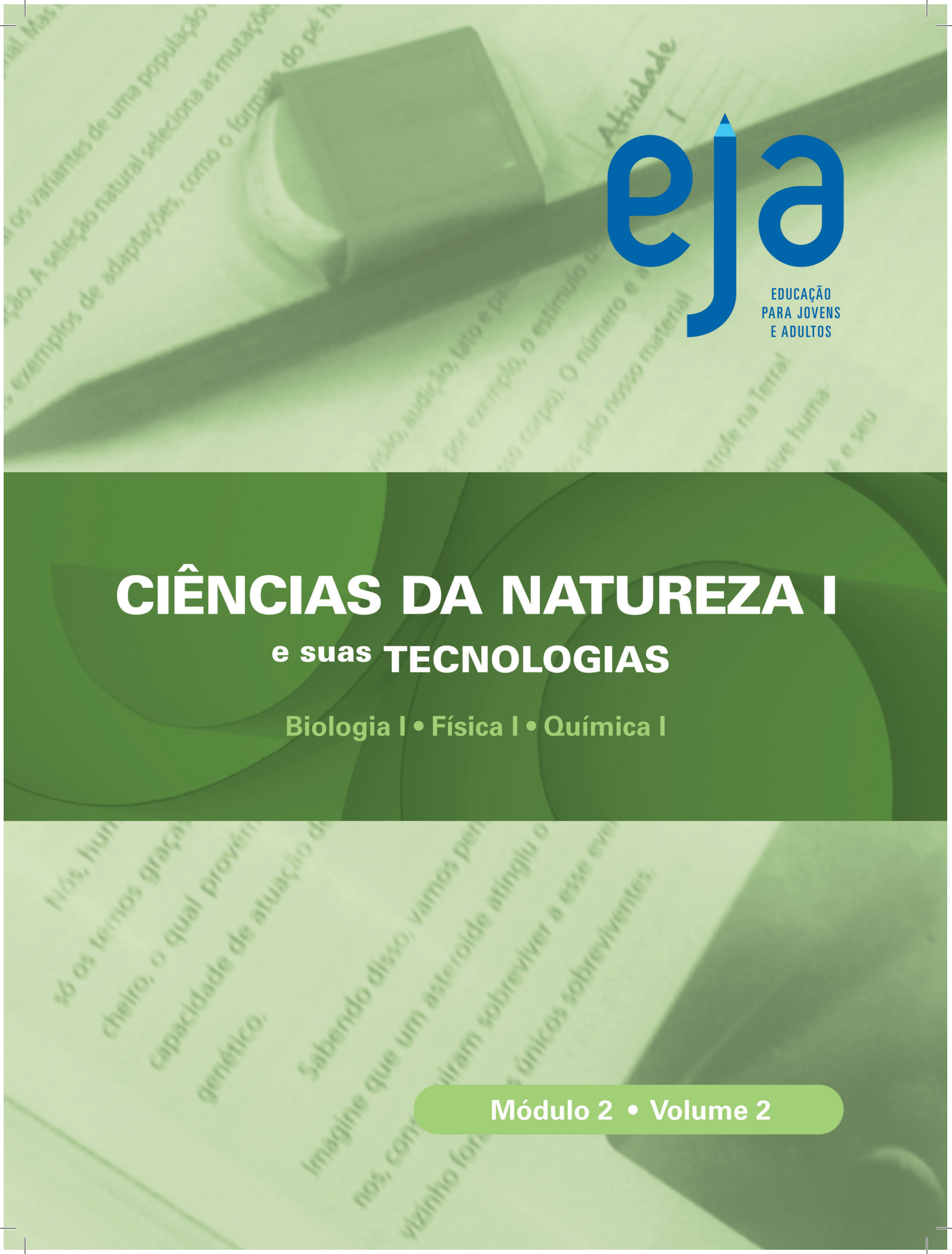


eja

EDUCAÇÃO
PARA JOVENS
E ADULTOS

CIÊNCIAS DA NATUREZA I
e suas TECNOLOGIAS

Biologia I • Física I • Química I

Módulo 2 • Volume 2

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Governador
Luiz Fernando de Souza Pezão

Vice-Governador
Francisco Oswaldo Neves Dornelles

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO

Secretário de Educação
Antônio José Vieira de Paiva Neto

Chefe de Gabinete
Caio Castro Lima

Subsecretaria Executiva
Amaury Perlingeiro

Subsecretaria de Gestão do Ensino
Patrícia Carvalho Tinoco

Superintendência pedagógica
Carla Bertânia Conceição de Souza

Coordenadora de Educação de Jovens e adulto
Rosana Mendes

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA,TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Secretário de Estado
Gustavo Reis Ferreira

FUNDAÇÃO CECIERJ

Presidente
Carlos Eduardo Bielschowsky

PRODUÇÃO DO MATERIAL EJA (CECIERJ)

Diretoria Adjunta de Extensão
Elizabeth Ramalho Soares Bastos

Coordenação de Formação Continuada
Carmen Granja da Silva

Gerência do Projeto
Michelle Casal Fernandes

Coordenação Geral de Design Instrucional
Cristine Costa Barreto

Elaboração
Andrea Borges
Clarissa Leal de Oliveira Mello
Claudia Augusta de Moraes Russo
Claudio Costa Vera Cruz
Jéssica Vicente
Marco Antonio da Costa
Marcus André

Revisão de Língua Portuguesa
Ana Cristina Andrade dos Santos
Paulo Cesar Alves

Revisão de Conteúdo de Física
Andreia M. Saguia
Bruno Lazarotto Lago
Cesar Bastos
Fábio Ferreira Luiz
Felipe Mondaine
Gabriela Aline Casas

Revisão de Conteúdo de Química
Ana Paula Bernardo dos Santos
Carmelita Portela
Esteban Lopez Moreno
Mauro Braga França
Valéria Pereira

Coordenação de Desenvolvimento Instrucional
Bruno José Peixoto
Flávia Busnardo
Paulo Vasques de Miranda

Desenvolvimento Instrucional
Aline Beatriz Alves
Rommulo Barreiro

Coordenação de Produção
Fábio Rapello Alencar

Assistente de Produção
Bianca Giacomelli

Projeto Gráfico e Capa
Andreia Villar

Imagem da Capa e da Abertura das Unidades
André Guimarães

Diagramação
Alexandre d' Oliveira
Alessandra Nogueira
Bianca Lima
Bruno Cruz
Carlos Eduardo Vaz
Juliana Fernandes
Juliana Vieira
Katy Araújo
Ricardo Polato
Ronaldo d' Aguiar Silva

Ilustração
Bianca Giacomelli
Clara Gomes
Fernando Romeiro
Jefferson Caçador
Sami Souza

Produção Gráfica
Patrícia Esteves
Ulisses Schnaider

Copyright © 2013, Brasilia

Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito.

C569

Ciências da natureza e suas tecnologias. módulo 2 volume 2 - Ciências humanas / Borges, Andrea. – Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2013.
422 p. ; 21 x 28 cm (Nova EJA)
ISBN: 978-85-7648-921-4

1. Biologia. 2. Física. 3. Química. 4. De um tão simples começo. Borges, Andrea. Série.

CDD: 300

Referências Bibliográficas e catalogação na fonte, de acordo com as normas da ABNT e AACR2.

Sumário

Biologia

Unidade 1 • De um tão simples começo... 7

Unidade 2 • Tudo se transforma 35

Unidade 3 • Membrana e organelas celulares 63

Unidade 4 • Núcleo e ciclo celular 91

Unidade 5 • Expressão gênica e diferenciação celular 111

Física

Unidade 1 • Aprendendo sobre energia 131

Unidade 2 • Quando mundos colidem 161

Unidade 3 • Quente ou frio? 191

Unidade 4 • Calor e Energia: a primeira lei da termodinâmica 215

Unidade 5 • Entropia e a segunda lei da termodinâmica 239

Química

Unidade 1 • Como os compostos químicos são formados 259

Unidade 2 • Transformando a matéria – as reações química 283

Unidade 3 • Funções Químicas Inorgânicas 311

Unidade 4 • Quantidades nas transformações Químicas 341

Unidade 5 • A Química tem solução! 373

Anexo 1 399

Anexo 2 415

Prezado Aluno,

Seja bem-vindo a uma nova etapa da sua formação.

Através da educação a pessoa toma a sua história em suas próprias mãos e consegue mudar o rumo de sua vida. Para isso, acreditamos na capacidade dos alunos de aprender, descobrir, criar soluções, desafiar, enfrentar, propor, escolher e assumir suas escolhas.

O material didático que você está recebendo pretende contribuir para o desenvolvimento destas capacidades, além de ajudar no acompanhamento de seus estudos, apresentando as informações necessárias ao seu aprendizado.

Acreditamos que, com ajuda de seus professores, você conseguirá cumprir todas as disciplinas dos quatro módulos da matriz curricular para Educação de Jovens e Adultos da Secretaria de Educação do Estado do Rio de Janeiro.

E assim, novas histórias acontecerão em sua vida.

Para ajudá-lo no seu percurso, segue abaixo uma tabela que apresenta a grade de disciplinas que irá cursar:

MÓDULO	NOME DISCIPLINA	CH SEMANAL	CARGA HORÁRIA TOTAL
MÓDULO I	LÍNGUA PORTUGUESA/LITERATURA I	4	80
MÓDULO I	MATEMÁTICA I	4	80
MÓDULO I	HISTÓRIA I	4	80
MÓDULO I	GEOGRAFIA I	4	80
MÓDULO I	FILOSOFIA I	2	40
MÓDULO I	SOCIOLOGIA I	2	40
MÓDULO I	ENSINO RELIGIOSO	1	20
CARGA HORÁRIA TOTAL DO MÓDULO I			420
MÓDULO II	LÍNGUA PORTUGUESA/LITERATURA II	4	80
MÓDULO II	MATEMÁTICA II	4	80
MÓDULO II	FÍSICA I	4	80
MÓDULO II	QUÍMICA I	4	80
MÓDULO II	BIOLOGIA I	4	80
MÓDULO II	ENSINO RELIGIOSO	1	20
CARGA HORÁRIA TOTAL DO MÓDULO II			420
MÓDULO III	LÍNGUA PORTUGUESA/LITERATURA III	4	80
MÓDULO III	MATEMÁTICA III	4	80
MÓDULO III	HISTÓRIA II	3	60
MÓDULO III	GEOGRAFIA II	3	60
MÓDULO III	FILOSOFIA II	2	40
MÓDULO III	SOCIOLOGIA II	2	40
MÓDULO III	EDUCAÇÃO FÍSICA	2	40
MÓDULO III	LÍNGUA ESTRANGEIRA OPTATIVA	2	40
MÓDULO III	ENSINO RELIGIOSO	1	20
CARGA HORÁRIA TOTAL NO MÓDULO III			460
MÓDULO IV	LÍNGUA PORTUGUESA/LITERATURA IV	4	80
MÓDULO IV	MATEMÁTICA IV	3	60
MÓDULO IV	FÍSICA II	3	60
MÓDULO IV	QUÍMICA II	3	60
MÓDULO IV	BIOLOGIA II	3	60
MÓDULO IV	LÍNGUA ESTRANGEIRA	2	40
MÓDULO IV	ARTES	2	40
MÓDULO IV	ENSINO RELIGIOSO	1	20
CARGA HORÁRIA TOTAL NO MÓDULO IV			420

Conte conosco.
Equipe da Fundação Cecierj e SEEDUC

“

Nada lhe posso dar que já não exista em você mesmo.

Não posso abrir-lhe outro mundo de imagens, além daquele que há em sua própria alma.

Nada lhe posso dar a não ser a oportunidade, o impulso, a chave.

Eu o ajudarei a tornar visível o seu próprio mundo, e isso é tudo.

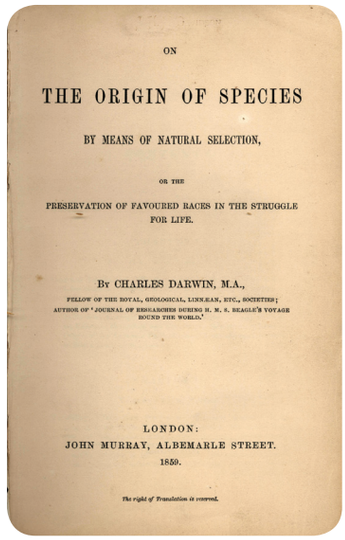
Hermann Hesse

”

De um tão simples começo...

Para início de conversa...

"De um tão simples começo, inúmeras e maravilhosas formas evoluíram e ainda evoluem." Essa é a última frase do livro a Origem das Espécies, de Charles Darwin. Com essa frase, Darwin indica que a diversidade biológica não surgiu da forma que a percebemos, hoje em dia. Os seres vivos atuais são muito mais complexos do que os primeiros organismos de nosso planeta.



ON

THE ORIGIN OF SPECIES

BY MEANS OF NATURAL SELECTION,

OR THE

PRESERVATION OF FAVOURED RACES IN THE STRUGGLE FOR LIFE.

By CHARLES DARWIN, M.A.,

FELLOW OF THE ROYAL, GEOLOGICAL, LINNEAN, ETC., SOCIETIES;
AUTHOR OF 'JOURNAL OF RESEARCHES DURING H. M. S. BEAGLE'S VOYAGE ROUND THE WORLD.'

LONDON:
JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.
1859.

The right of Translation is reserved.

Figura 1: Livro A origem das Espécies, de Charles Darwin. MNF1 A primeira edição foi publicada em 24 de novembro de 1859. Historiadores consideram o livro mais importante já escrito, pois explica nossa origem e nosso lugar no mundo biológico. Leitura muitíssimo recomendada, aliás!

Para entender o quão simples foram esses primeiros seres, precisamos saber onde é o limite entre a química complexa e a biologia simples. Já falamos das três propriedades básicas da vida e, portanto, começaremos por elas:

Mutabilidade + Herdabilidade + Reprodutibilidade

=

Sobrevivência e reprodução diferencial de mutantes

(Evolução por seleção natural)

A seleção natural aparece como uma propriedade secundária da vida. Isso significa que um sistema que tenhas as três propriedades básicas vai necessariamente evoluir por seleção natural. Consideramos essas três propriedades como básicas pois, com elas, qualquer sistema poderá evoluir todas as demais funções que observamos na diversidade biológica.

O conjunto das **funções proteicas** é o que mantém e reproduz o organismo vivo. Por outro lado, o DNA apresenta a informação herdável e mutável que passa de ancestral para descendentes. Como a vida é um somatório dessas três propriedades, a chave para a origem da vida, passa pela explicação da origem da síntese de proteínas.

Funções protéicas

Funções desempenhadas por proteínas e enzimas proteicas, promovendo a estruturação (queratina dos cabelos, por exemplo), a manutenção (enzimas digestivas) e a reprodução do sistema biológico.

Paradoxo

Algo aparentemente verdadeiro, mas que apresenta uma contradição lógica. Um exemplo de paradoxo famoso é "Quem veio primeiro: o ovo ou a galinha?" É um paradoxo, pois a galinha nasce de um ovo e quem bota o ovo é a galinha.

Entretanto, sem o DNA, a informação das proteínas não passa para os descendentes e, sem as proteínas, o DNA não se replica. Opa, temos um grande problema aqui! Aliás, temos um **paradoxo**. Como imaginar um processo evolutivo em que a complexidade do sistema vai aumentando gradualmente se, para a síntese de proteínas, precisamos de duas moléculas complexas e dependentes entre si?

Parece difícil a resposta. Mas não se preocupe: a solução para esse paradoxo está aqui nessa unidade, que aborda de uma outra perspectiva, a origem da vida e dos microrganismos. Na unidade 1 do módulo 1, você teve um breve olhar sobre esse tema do ponto de vista das grandes teorias que se propuseram a explicar como a vida surgiu - foi uma primeira aproximação. Agora que você já aprendeu o que é DNA, RNA, proteína e já acumulou uma série de conhecimentos, vamos para uma abordagem mais detalhada da hipótese mais aceita para explicar a origem da vida, e dos microorganismos, conhecendo alguns dos experimentos que nos levam a estas hipóteses.

Objetivos de aprendizagem

- Identificar as propriedades básicas da vida (herdabilidade, mutabilidade e reprodutibilidade) e a seleção natural, como propriedade secundária.
- Reconhecer o paradoxo ligado à origem da síntese de proteínas: "Quem veio primeiro as proteínas ou os ácidos nucleicos?".
- Relacionar argumentos que apresentam a teoria do Mundo do RNA como uma boa proposta para solucionar o paradoxo da origem da vida.
- Distinguir procariontes e eucariontes.
- Caracterizar os grupos de microrganismos: vírus, bactérias e arqueias
- Apresentar a teoria endossimbiôntica serial como possível explicação para a origem dos seres complexos, os eucariontes.

Seção 1
De um tão simples começo...

Meteorito

É um corpo celeste (fragmento de planetas ou estrelas) que cai na superfície terrestre. Ao atingir nossa atmosfera, o meteorito cria um efeito luminoso que podemos perceber no céu, à noite, como estrela cadente, como mostra a Figura 2. O efeito luminoso é chamado de meteoro

Se tivéssemos um meio de enxergar a Terra primitiva, há 4,5 bilhões de anos, veríamos um planeta bem diferente daquele que nós habitamos. Um planeta sem vida, com **meteoritos** gigantes, chocando-se na superfície e esterilizando o planeta, como se fossem 200 bombas atômicas explodindo ao mesmo tempo. Nosso planeta teve uma infância atribulada...

Figura 2: Reconstrução do ambiente inóspito de nosso planeta há 4,5 bilhões de anos.

Entretanto, depois de uns 500 milhões de anos, tudo se acalmou. A Terra, que era uma bola de lava, resfriou-se. Assim, foi possível a solidificação de uma crosta terrestre e os gases, do interior do planeta, foram liberados e formaram uma atmosfera mais estável. Os meteoritos foram ficando mais raros e aos poucos a Terra se tornaria um lugar cada vez menos turbulento.

Com a estabilidade, as moléculas simples (moléculas com poucos elementos químicos) podiam reagir, formando moléculas mais complexas (com muitos elementos químicos) e não seriam imediatamente degradadas. Porém, para tal, também seriam necessários um meio aquoso e uma fonte de energia.

Mas a água não era um problema. A atmosfera da Terra primitiva, além de alguns gases inorgânicos (metano, amônia), também continha vapor de água. Além disso, a água sob a forma de gelo é comum em corpos celestes, inclusive naqueles que caem na superfície terrestre atualmente. Afinal, o hidrogênio e o oxigênio estão entre os elementos mais comuns do universo. Assim, com a estabilidade do planeta, chuvas intensas formaram os imensos mares primitivos, que proviam um meio aquoso para tais reações.

E a fonte de energia para que as reações químicas acontecessem? Essa é fornecida pelos raios que caíam na superfície com as tempestades, ou seja, contribuíam com energia elétrica. Além disso, a luz solar e os vulcões submarinos proviam a energia térmica (calor), necessária para as reações químicas que formariam moléculas complexas a partir de simples.

Mas como moléculas simples podem se tornar complexas, sem o auxílio de **enzimas**? Vamos descobrir a seguir.

Enzimas
Como você viu na unidade 4 do módulo 1, são proteínas capazes de catalisar processos biológicos e químicos, ou seja, possibilitar que tais processos aconteçam no tempo que os organismos precisam que aconteçam, dentro das condições fisiológicas do organismo

Seção 2
A origem de moléculas complexas e o experimento de Miller e Urey

Você sabia que encontramos aminoácidos, as unidades que se unem para formar as proteínas em meteoritos, vindos do espaço? Vamos aproveitar esse momento para formalizar como uma teoria científica torna-se conhecimento a partir de um fato observado. Nesse caso, temos duas possibilidades (ou hipóteses) que explicam perfeitamente esse fato.

Fato observado: Aminoácidos são encontrados em meteoritos, vindos do espaço que caem na superfície da Terra.

Primeira hipótese: aminoácidos são formados espontaneamente em todo o universo e por isso estão presentes também nos corpos celestes, como os meteoritos.

Hipótese alternativa: os meteoritos vêm de **planetas habitados por uma forma de vida** que também possui proteínas, o que explicam os aminoácidos encontrados em meteoritos.

Experimento: os cientistas Stanley Miller e Harold Urey, em 1953, na Universidade de Chicago, nos Estados Unidos, desenharam um experimento para testar a primeira hipótese. Num frasco vedado, compostos inorgânicos (metano, amônia, água) e fontes de energia (eletrodos – que provêm energia elétrica – e calor) simulavam um provável ambiente da Terra primitiva. Eles queriam verificar se moléculas simples poderiam reagir e transformar-se em outras mais complexas.

Multimídia

Será que existe vida em outros planetas? Se quiser saber mais sobre algumas hipóteses para responder a esta pergunta, visite: http://www.observatorio.ufmg.br/Pas103.htm

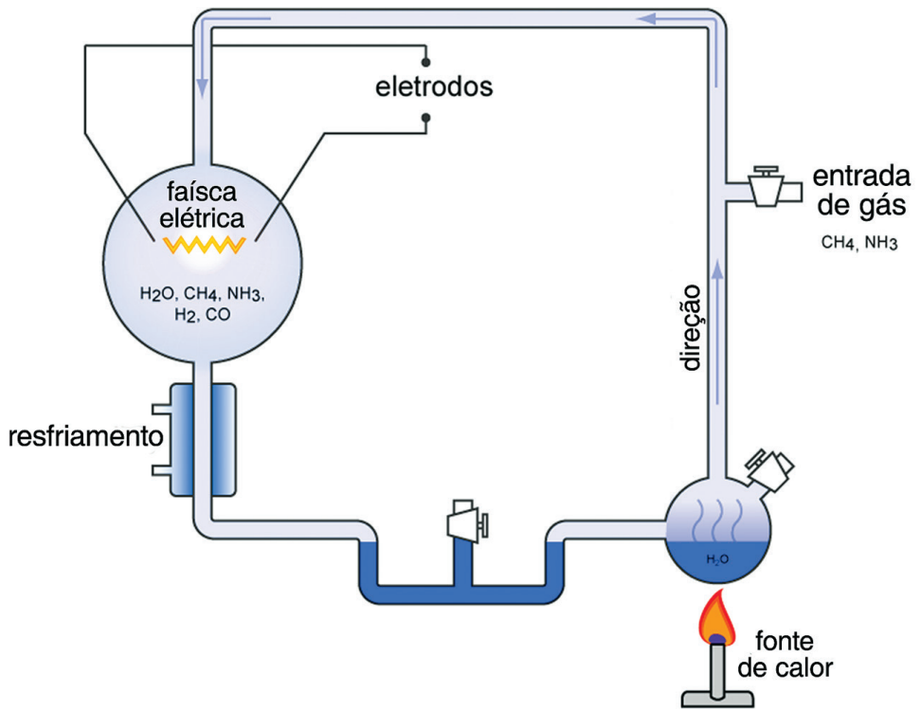


Figura 3: Esquema do frasco experimental de Miller e Urey para demonstrar a origem espontânea de moléculas orgânicas a partir de moléculas inorgânicas simples.

Resultado: Qual não foi a surpresa dos cientistas ao perceberem que, em uma semana, aminoácidos apareceram naturalmente nesse frasco.

Conclusão: a primeira hipótese não pode ser rejeitada, pois aminoácidos são formados espontaneamente e

por isso estão presentes nesses corpos celestes. Assim, a primeira hipótese continua cientificamente válida até que o próximo experimento ponha-a à prova novamente.

Dessa forma, foi possível estabelecer que os oceanos primitivos deveriam ter aminoácidos. Porém, para termos as propriedades básicas da vida, precisamos, além dessas moléculas, também dos nucleotídeos que, quando unidos entre si, formam os ácidos nucleicos (DNA e RNA).

Nucleotídeos não são formados em experimentos como o de Muller e Urey, pelo menos não facilmente. E para explicar a formação dessas moléculas mais complexas, outras experiências foram formuladas. As que melhor representaram esse evento envolviam um novo elemento, muito encontrado nos antigos oceanos: a argila.

A argila considerada uma enzima natural. Por sua porosidade, a argila pode alojar moléculas simples em seus poros, o que permite que elas fiquem mais próximas. Com a proximidade entre uma molécula e outra, aumenta a possibilidade de que haja uma reação química natural entre elas, de forma que se transformem em uma molécula complexa.

Dessa forma, por intermédio da argila, bases nitrogenadas podem ser formadas espontaneamente a partir de compostos simples. Fósforo, o outro elemento importante dos nucleotídeos, é encontrado em abundância na superfície terrestre. O açúcar, último componente dos nucleotídeos, também pode ser formado em experimentos semelhantes aos de Muller e Urey.

Entretanto, ter aminoácidos e nucleotídeos ainda não significa ter vida, pois a vida depende de uma relação de dependência entre essas moléculas. Apesar de não ser possível conceber uma vida biológica sem ácidos nucleicos, responsáveis pela herdabilidade e mutabilidade, o paradoxo desaparece, se os primeiros organismos não precisassem de proteínas para se reproduzir. Isto é, se o ácido nucleico conseguisse se multiplicar sozinho, nós solucionaríamos o paradoxo da origem da vida.

Seção 3
Quando o RNA dominava

Hoje, os ácidos nucleicos não conseguem se replicar sozinhos, mas um dia isso foi possível . Walter Gilbert, um físico americano, propôs a teoria do Mundo do RNA, nos anos 1970. Segundo sua teoria, os oceanos primitivos formavam um mundo no qual moléculas de RNA formavam o primeiro mundo biológico. Mas... por que o RNA?

Na unidade 4 do módulo 1, comentamos que o RNA é uma molécula bastante versátil e que está envolvido com a síntese proteica exercendo funções primordiais e diferentes:

- O RNA mensageiro (é o RNA que representa o molde do gene em DNA), carregando a informação genética do núcleo para o citoplasma da célula para que possa ser traduzido em proteína.
- O RNA ribossomal se liga à fita de RNAm para dar início ao processo de tradução, "lendo" esta fita.
- O RNA transportador é o que carrega consigo o anticódon, que se pareia com o códon da fita de RNAm para fornecer o aminoácido correto para a proteína, que está sendo sitentizada.
- Além desses, há ainda outros RNA menores, que foram descobertos recentemente e ainda não tiveram suas funções bem estabelecidas.

Segundo Gilbert, essa molécula apresenta as três propriedades da vida e por isso poderia evoluir sozinha por seleção natural, caracterizando um primeiro sistema biológico. Um exemplo que assegura isso são os vírus, cujos genes estão localizados em fitas de RNA e não de DNA, como em todos os outros organismos. Assim, o RNA apresenta as propriedades de herdabilidade e mutabilidade comuns ao material genético.

Seção 4
E nasce a Biologia...

Assim que a primeira molécula de RNA apresentou a função de autorreplicação, a química complexa transformou-se na biologia simples. Se pensarmos, então, podemos dizer que as regras do pareamento de bases nitrogenadas, encontradas nos ácidos nucleicos (relembrando: A pareia com T ou U e C pareia com G), definem o limite entre a Química e a Biologia. Ao surgir a Biologia, surgem a Genética, a Bioquímica e a Evolução ao mesmo tempo.

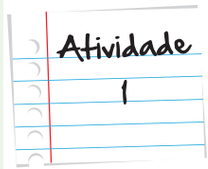
Repare que a partir desse organismo primordial (essa primeira molécula de RNA), a própria herdabilidade iria assegurar que a propriedade de autorreplicação passasse também aos seus descendentes. Depois de um tempo de mundo biológico só de RNA, a associação entre RNA e as proteínas pode ter evoluído, gerando o processo de tradução (lembre-se de que os aminoácidos provavelmente eram abundantes no ambiente primitivo).

De acordo com essa hipótese, o processo de tradução seria anterior ao de transcrição. Este último só surgiu, quando o DNA entrou na síntese proteica. O DNA, então, substituiu o RNA como armazenador de informação e as enzimas proteicas substituíram o RNA na estrutura e nas funções do metabolismo. Quando finalmente o DNA entra em cena, ocorre uma separação clara das propriedades de herdabilidade e mutabilidade (funções do DNA), da propriedade de reprodutibilidade (funções das proteínas).

A partir daí, o mundo do RNA foi substituído pelo mundo da síntese de proteínas, como conhecemos hoje. Assim, descendentes mais complexos foram surgindo, sobrevivendo e deixando descendentes com características cada vez mais complexas.

Figura 4: Mundo do RNA, o primeiro mundo biológico seria formado por moléculas de RNA autorreplicantes. Note o meio aquoso e as fontes de energia necessárias para promover reações químicas: o sol, os raios, e os vulcões.

Diversidade em cores!



As três propriedades básicas dos seres vivos são as únicas necessárias para evolução e, portanto, para gerar toda diversidade biológica com todas as outras propriedades que os sistemas biológicos apresentam. Vamos entender melhor esse conceito de "básico".

Azul, vermelho e amarelo são consideradas as três cores básicas. Sabe por quê? Porque, com essas cores, você poderá fazer todas as outras cores conhecidas. Quer experimentar? Então, pegue um pouco de tinta de cada uma dessas cores e teste você mesmo. Misture duas a duas e depois misture as misturas. Você verá a enorme variedade de cores a partir dessas três cores básicas.

De forma análoga, com as três propriedades da vida, podemos ter a infinidade de formas, cores e texturas que encontramos na diversidade biológica.

Seção 5
Microrganismos

Depois do mundo do RNA, vieram os organismos, melhor dizendo, os microrganismos. Tecnicamente, os microrganismos são seres que não conseguimos enxergar a olho nu; os vemos apenas com auxílio de um microscópio.

Vírus

Os primeiros microrganismos que iremos estudar são os vírus. Quando pensamos em vírus, pensamos em doenças. Mas veremos nessa unidade que isso não procede. Na realidade, a maioria dos vírus é inofensiva.

Os vírus estão no ar que respiramos a cada momento, eles estão no sistema digestório, quando ingerimos alimentos. Dentro do nosso corpo, existem representantes desses microrganismos em todos os locais. A maior parte deles é silenciosa e habita nosso organismo sem nos fazer qualquer tipo de mal. Aliás, podemos dizer que nosso corpo, mesmo saudável, é um reservatório de vírus.

No entanto, alguns vírus, os mais conhecidos, são causadores de doenças. O vírus da gripe, por exemplo, é um dos mais conhecidos. A cada ano, vacinas são desenvolvidas para combater essa doença. Porém, como a mutabilidade (capacidade de mudança do material genético) desse vírus é elevada, cada vacina serve apenas para uma determinada parcela da sua diversidade.

O vírus da gripe e o vírus do resfriado são vírus de RNA. Ou seja, o genoma constitui-se de moléculas de RNA. Outros vírus apresentam genoma de DNA.

Multimídia

Você sabia que existe diferença entre gripe e resfriado? Acesse o link: http://goo.gl/LW62u e descubra quais são!

Repare no esquema da Figura 5. Diferente de outros organismos, os vírus não apresentam membrana celular, mas sim uma estrutura que chamamos de envelope. Os vírus são tão simples e o genoma deles é tão pequeno que o mesmo não possui nem os genes necessários para garantir a sua replicação.

Por isso, os vírus são parasitas intracelulares obrigatórios, ou seja, eles não conseguem viver a não ser que habitem o interior de uma célula, usando as proteínas e enzimas do hospedeiro para se reproduzirem. Por esse motivo, alguns

cientistas não consideram os vírus organismos vivos, pois precisam de outros organismos para se reproduzir. O que você acha?

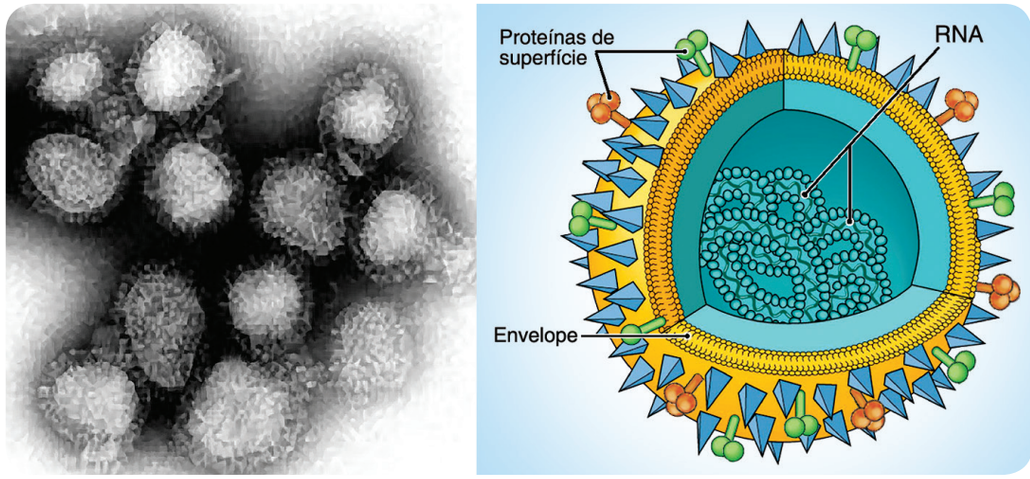


Figura 5: Fotografia em microscopia eletrônica (esquerda) e esquema (direita) de um vírus Influenza, o causador da gripe.

Bactérias

Certamente as bactérias são vivas! Esses são os mais simples organismos que apresentam as três propriedades da vida e são considerados vivos sem qualquer controvérsia. As bactérias apresentam uma membrana celular tão rígida que chamamos de parede celular. Além disso, apresentam poucas estruturas celulares, como o DNA bacteriano e DNA de plasmídeos (ou, simplesmente, plasmídeos) que fazem parte das células desses microrganismos.

Os plasmídeos geralmente estão presentes em bactérias, e podem estar também em alguns outros tipos de organismos, como em um fungo do tipo levedura. São formados por uma molécula de DNA que, em vez de se organizar na forma de cromossomos, se organiza em uma forma circular.

Os plasmídeos são independentes dos cromossomos da bactéria, e podem se multiplicar com uma maquinaria de replicação completamente diferente, em tempos diferentes. Eles estão ligados a algumas funções importantes dentro da bactéria, que podem ser: conferir resistência a antibióticos, participar na reprodução da bactéria ou até conformá-la como um agente causador de doenças.

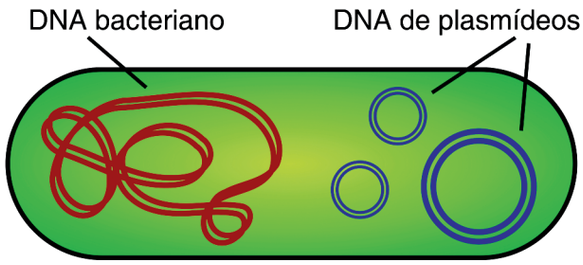


Figura 6: O esquema simplificado de uma célula bacteriana, mostrando o DNA bacteriano e o DNA plasmidial.

Embora os plasmídeos possam conferir essa capacidade de causar doenças a uma bactéria (torná-la um agente patogênico), assim ssim como os vírus, a maior parte das bactérias também não nos faz mal algum. Aliás, esses microrganismos são fundamentais para nossa digestão, por exemplo. A chamada flora intestinal nada mais é do que o nosso conjunto pessoal de bactérias, sem o qual não conseguimos digerir muitos alimentos.

Além de diversidade morfológica, observada na Figura 7, as bactérias apresentam variações metabólicas diversas, pois esses organismos são os mais evoluídos do planeta. Essa afirmação pode parecer estranha, mas realmente os primeiros fósseis são de bactérias de 3,5 bilhões de anos atrás. Assim, esses organismos estão desde então evoluindo, enquanto os humanos, por exemplo, há apenas 2 milhões de anos.

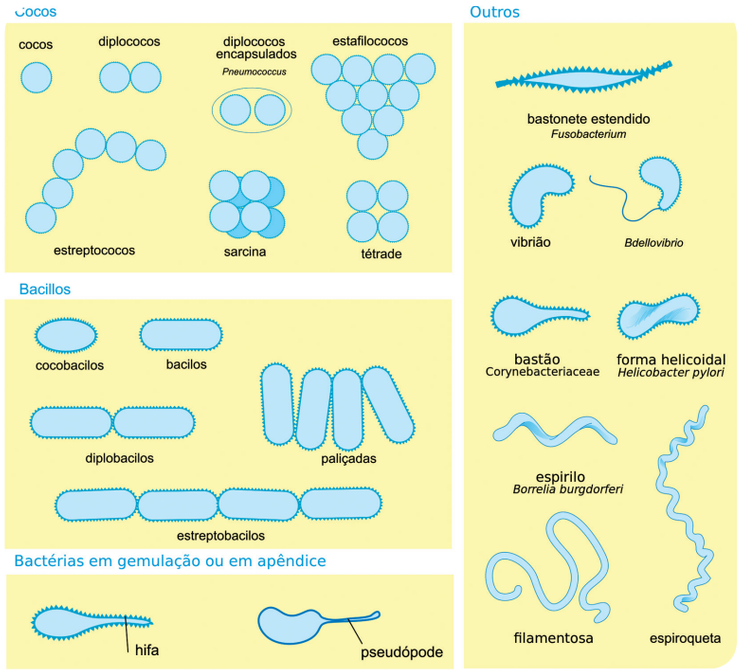


Figura 7: Existem bactérias de diversas formas! E cada uma delas possui um nome, como você vê na figura. Mas, pudera, esse tipo de organismo está sofrendo modificações há alguns bilhões de anos. Uma prova é o fóssil à direita, uma cianobactéria com 3,5 bilhões de anos.

Como fazemos para saber como esses primeiros organismos viviam? E para saber mais sobre o ambiente que eles habitavam? Se cavarmos no fundo do oceano ou no quintal de nossa casa, iremos perceber **estratos sedimentares** progressivamente mais antigos, quanto mais fundo cavamos. Se analisarmos tais extratos com cuidado, podemos saber muita coisa sobre o ambiente passado. Os extratos mais profundos são também os mais antigos.

Estratos sedimentares

São camadas sobrepostas (uma em cima da outra) de rochas, com características físicas e com fosseis diferenciados. Como regra, em uma sequência de estratos, os mais antigos estão mais abaixo.

Percebemos, por exemplo, que apesar de o oxigênio, hoje, compor 21% da nossa atmosfera, nem sempre foi assim. Se repararmos os pequenos pedaços de metais, contidos nas rochas que compõem os extratos, podemos inferir os níveis de oxigênio de determinada época. Quanto maior o nível de oxigênio na atmosfera a qual os metais estão expostos, mais eles estarão "enferrujados" (em Química, dizemos que eles estão oxidados).

Figura 8: Foto de uma rocha em que os estratos são distinguíveis. Os que se localizam mais embaixo (profundos) representam sedimentos de épocas mais antigas.

Pois bem, cavando fundo, sabemos que os metais não ficavam enferrujados em extratos anteriores há 2,5 bilhões de anos atrás, indicando que, à época, havia pouco oxigênio. Aliás, se usarmos oxigênio em experimentos como o de Muller e Urey, aminoácidos não serão formados. Portanto, evidências importantes convergem para uma atmosfera primitiva pobre em oxigênio.

Mas como era a vida sem oxigênio se, hoje, 99% dos organismos existentes precisam do oxigênio para sobreviver? Para entendermos, podemos procurar sabercomo existe vida hoje em locais com baixo teor de oxigênio. São raros, mas existem. Estudando os organismos que habitam tais locais poderemos entender um pouco mais sobre os primeiros habitantes do nosso planeta.

Para entendermos melhor, vamos pensar nos elementos necessários aos seres vivos. Por exemplo, para as reações necessárias ao metabolismo, os seres vivos precisam de hidrogênio. Ora, os primeiros organismos certamente eram marinhos, pois a vida surgiu nos oceanos primitivos. Ali, não existe nada mais abundante como fonte de hidrogênio do que a água (H_2O) que os cercava.

Só que havia um problema sério. Se usassem o hidrogênio da água, sobraria apenas o oxigênio, que, puro,

forma um gás altamente tóxico. Os primeiros organismos, bem como aqueles que habitam, hoje, locais sem oxigênio, não podiam sobreviver na presença do oxigênio tóxico. Dessa forma, eles tinham que usar outros compostos infinitamente menos abundantes no meio marinho, como o H2S, como fonte do precioso hidrogênio.

Mas eis que, em uma das antigas bactérias, surge uma mutação. O organismo mutante consegue transportar o oxigênio e excretá-lo para fora da célula com segurança. Esse primeiro organismo mutante foi uma cianobactéria. O processo é mediado pela luz solar e chamamos de **fotossíntese** e, por isso, o organismo que o pratica é chamado de fotossintetizante (ou fotossintético).

Fotossíntese

Processo em que a luz solar é usada para separar o hidrogênio da molécula de água, liberando o oxigênio para a atmosfera e produzindo açúcares. Na próxima unidade, você estudará melhor sobre isso.

Figura 9: Os estromatólitos são estruturas compostas por colônias imensas de cianobactérias. À direita, uma foto na Austrália e, à esquerda, uma reconstrução dos estromatólitos na Terra primitiva.

Claro que a mutação que permitiu à cianobactéria usar uma fonte abundante de hidrogênio (água do mar) com outra fonte inesgotável (luz solar) acabou por se tornar uma adaptação fundamental. O mutante logo deu origem a muitos descendentes que, como também eram fotossintéticos, também tinham maiores chances de sobreviver e deixar mais descendentes com a mesma adaptação.

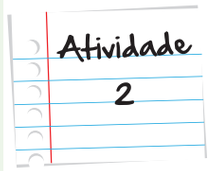
Os descendentes do mutante deram origem a bilhões de cianobactérias, cada uma excretando um pouquinho de oxigênio para o ambiente pela fotossíntese. O sucesso evolutivo do grupo teve como consequência o rápido acúmulo de oxigênio na atmosfera, como podemos perceber ao analisar os extratos rochosos mais antigos.

Para conseguirmos entender a importância da fotossíntese, pense que a maior parte da biodiversidade conhecida obtém energia, quebrando o alimento com o oxigênio, durante um processo chamado de respiração. Nele, o organismo, chamado de **aeróbico**, usa-se do gás oxigênio para produzir energia. Então, se não houvesse oxigênio em grandes quantidades em nossa atmosfera, essas aulas sobre a diversidade biológica seriam bem menores...

Aeróbicos

Ditos os organismos que usam oxigênio da respiração para quebrar alimento, resultando em energia para suas atividades. Os anaeróbicos, por outro lado, não usam o oxigênio em seu metabolismo.

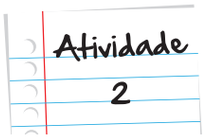
Sopa de letrinhas e evolução



As três propriedades básicas dVocê está achando que mesmo o ser vivo mais simples é muito complexo para ter sido originado a partir de reações espontâneas? Então essa atividade é para você! Para realizá-la, você precisará de 26 peças, cada uma com uma letra do nosso alfabeto, um pequeno saco plástico que não seja transparente (onde as peças deverão estar), além de um amigo ou irmão.

Agora, siga esses passos:

1. Pense numa palavra, mas não fale a seu amigo, informe-o apenas o número de letras que ela possui.
2. Peça para ele retirar do saco, sem olhar, tantas peças quanto for o número de letras da sua palavra. Ou seja, se eu pensar na palavra BIODIVERSIDADE, que tem 14 letras, peço para o amigo retirar 14 peças.
3. Alinhe as peças retiradas.



Dessa maneira, o seu amigo, sem saber quais são as cartas ou mesmo a palavra que você pensou, representa as mutações que ocorrem ao acaso, por erro da enzima que replica o material genético.

Seria pouquíssimo provável que o conjunto de letras retirado formasse a palavra correta não é verdade? Mesmo que o meu seu amigo repetisse esses 3 passos 1.000 vezes, a chance da palavra aparecer seria muito pequena.

Por outro lado, se adicionarmos uma forma de seleção, você verá que a palavra será formada em pouco tempo. Para testar essa hipótese, você fará o papel da seleção natural nessa outra fase da atividade.

As mutações são ao acaso, mas a seleção não é. A cada letra retirada, caso seu amigo tenha escolhido a letra correta para uma posição, a peça será virada para cima e não sofrerá mais mudança. Você verá que a palavra irá surgir à sua frente em pouco tempo. Dá uma olhada em uma das possibilidades:

1. T I W N D S O D I E G E Y F
2. L I D O I E Y G E B J W N B
3. W I K J I U W Y S E K N J X
4. Q I E W I E B K S C C V D W
5. B I F R I L K X S M D B D E
6. B I R D I V Q S S K D Z D E
7. B I O D I V T R S I D J D E
8. B I O D I V E R S I D Y D E
9. B I O D I V E R S I D A D E

Arqueias

Se você perguntar à sua avó, como ela divide os seres vivos, talvez ela diga: " – Ah, meu netinho! Existem os animais e as plantas". Mas, se você perguntar a um professor de Biologia bem atualizado, a resposta dele será "existem as bactérias, as arqueias e os organismos eucariontes".

As bactérias e as arqueias fazem parte do grupo dos procariontes. Esses são seres vivos unicelulares, cujo material genético (DNA) está contido em um único cromossomo, sem localização especial na célula procarionte. Em contraste, nos organismos eucariontes, os cromossomos encontram-se em uma região particular da célula, chamada de núcleo celular.

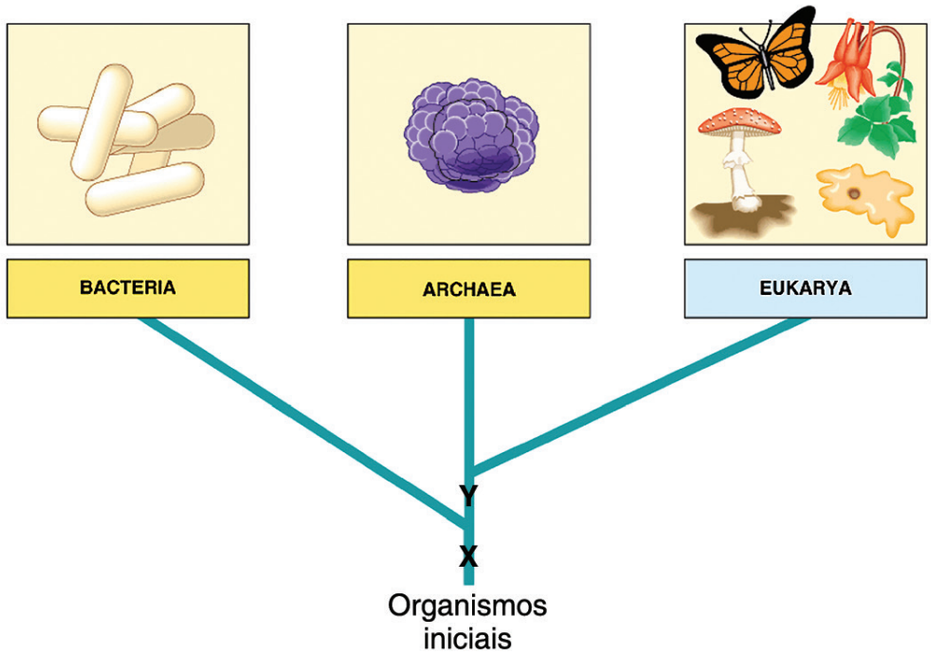


Figura 10: Árvore filogenética, mostrando os eventos de especiação que levaram à diversidade dos grandes grupos da vida. O ponto X marca o ancestral comum a todos os grupos que é descendente do Mundo do RNA. O ponto Y marca o ancestral exclusivo de Arqueias e Eucariontes.

Repare na tabela 1 que algumas características são compartilhadas entre arqueias e bactérias depois da especiação da linhagem das bactérias. As arqueias já foram classificadas como bactérias. Entretanto, depois de muitos estudos, os cientistas classificam-nas separadamente, devido a grandes diferenças entre esses dois grupos, como podemos visualizar.

Tabela 1: Principais diferenças entre os dois grupos de procariontes e os eucariontes.

	Bactéria	Arqueias	Eukarya
Classificação	Procariontes	Procariontes	Eucariontes
Número de células	Uma	Uma	Uma ou mais
DNA (cromossomo)	Solto	Solto	No núcleo
Antibiótico estreptomicina	Não crescem	Crescem	Crescem
Parede celular	Com peptidoglicanos	Sem peptidoglicanos	Sem peptidoglicanos

Fonte: Claudia Russo

As arqueias são chamadas de extremófilas, pois são microrganismos que habitam locais que acreditávamos que eram inabitados. Algumas arqueias, por exemplo, conseguem sobreviver a temperaturas de mais de 100º C, outras a uma salinidade altíssima ou nas **fossas abissais.** Sabendo mais sobre esses organismos, entendemos como a vida pode se adaptar a ambientes que nos parecem hostis.

Fossas abissais

Região de mar profundo presente nos oceanos., onde a pressão é muito alta e a luz é restrita, criando condições extremas para a sobrevivência dos organismos.

Figura 11: As arqueias habitam ambientes extremos, como essa fonte de águas hidrotermais no Parque Nacional de Yellowstone, nos Estados Unidos.

Seção 6
A origem dos eucariontes

As bactérias e as arqueias fazem parte do grupo dos procariontes. Como vimos, os procariontes apresentam poucas estruturas em suas células. Os demais organismos são chamados eucariontes. Além do núcleo diferenciado, os eucariontes diferem dos procariontes na complexidade de suas células.

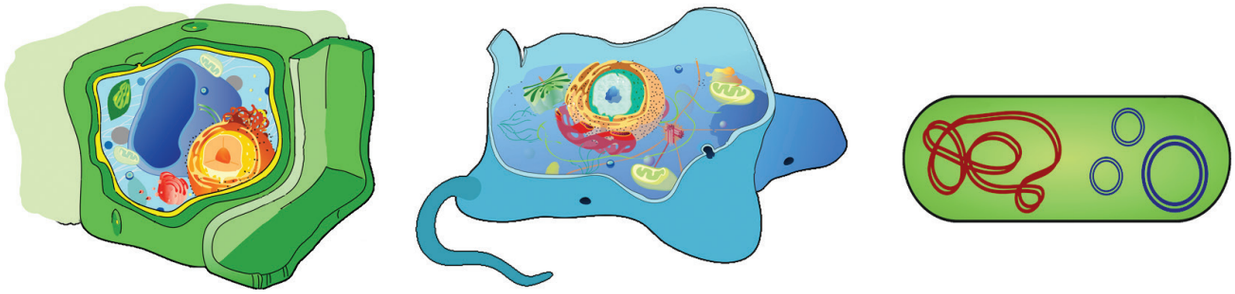


Figura 12: Comparação de uma célula vegetal (esquerda), uma célula animal (centro) e uma célula procarionte (direita). Observe que as células eucariontes possuem um número muito maior de estruturas do que as dos procariontes. Você irá ver a célula eucarionte em detalhes (estrutura e função) a partir da unidade 3 desse módulo.

Os procariontes surgiram primeiro, pois os primeiros fósseis são de organismos desse grupo. Isso também faz sentido, pois a evolução é gradual e as células procariontes são mais simples do que as eucariontes. Mas se os procariontes tiveram origem a partir do Mundo do RNA, como surgiram os eucariontes?

Os eucariontes surgiram a partir de uma fusão de procariontes. Com toda essa diversidade de procariontes, cada tipo de procarionte deu origem a um pedacinho da célula eucarionte. Bom.. é mais ou menos isso.

Para explicar, a origem dos eucariontes, a pesquisadora americana Lynn Margulis (1938 – 2011) propôs a teoria endossimbiôntica serial. A teoria sugere que o primeiro organismo eucarionte surgiu de uma **relação ecológica** de **endossimbiose** entre organismos procariontes.

Relação ecológica

Relação entre dois seres vivos. Dependendo do tipo, a relação pode ser benéfica a ambos (ex: endossimbiose) ou prejudicial a um deles (ex: parasitismo).

Endossimbiose

Relação ecológica na qual um organismo vive dentro do outro, sem causar prejuízo ao hospedeiro. Muitas vezes, tal relação é benéfica a ambos e será favorecida por seleção natural.

Lynn propôs que um determinado tipo de bactéria começou a viver como endossimbionte no interior de outras bactérias maiores. Essa associação foi tão proveitosa para ambas as espécies, que elas passaram a depender uma da outra. Uma evidência científica da teoria da pesquisadora é o fato de existirem não um, mas dois genomas no interior das células animais!

As células animais apresentam um genoma nuclear (em que uma metade foi herdada do pai e outra da mãe) e um genoma bem pequeno, que é o genoma mitocondrial. O genoma mitocondrial está dentro de uma organela especial da célula eucarionte chamada de **mitocôndria**. Agora, repare o mais interessante: o genoma mitocondrial apresenta sua própria maquinaria de reprodução, e portanto, é replicado independentemente do genoma nuclear. Isso nos lembra... os plasmídeos das bactérias!

Mitocôndria

Uma das organelas (órgãos pequenos) que aumentam a complexidade de células eucariontes. As mitocôndrias têm como função a produção de energia através do processo de respiração celular.

Por essas evidências, a teoria de Lynn já virou um **consenso** entre pesquisadores do mundo todo. Tal como a evolução, a gravidade, a relatividade, entre outras. E tem mais: ao analisar as mitocôndrias em detalhes e compará-las com os diferentes tipos de bactérias que existem hoje em dia, sabemos até o tipo de bactéria que deu origem às mitocôndrias: as bactérias purpuras.

Consenso

Em um consenso, as partes envolvidas estão de acordo em suas opiniões.

Sabendo que a respiração celular ocorre na mitocôndria, e relacionando isso ao seu conhecimento sobre a origem das mitocôndrias, repare o que esta associação entre células eucarióticas e mitocôndrias proporcionou. Graças a elas, conseguimos quebrar os alimentos com o auxílio do oxigênio e conseguir energia para nossas atividades diárias.

Não é a toa que tal associação foi benéfica para ambas as partes. Os eucariontes conseguiam energia e as bactérias purpuras (as que deram origem às mitocôndrias) estavam protegidas em um lugar para viver. Esses organismos, portanto, tinham a faca (as mitocôndrias) e o queijo (o oxigênio na atmosfera) nas mãos para conseguirem se multiplicar e diversificar do jeito que vemos hoje em dia!

Nas células das plantas, também encontramos mitocôndrias. Além das mitocôndrias, existem, em plantas, outras organelas que também apresentam seu próprio genoma, os cloroplastos. Aliás, são essas organelas que permitem às plantas fazerem a tão famosa fotossíntese. Qual não foi a surpresa dos pesquisadores, após analisarem os cloroplastos em maiores detalhes, ao virem que eles se parecem muito com as cianobactérias!!

Portanto, as mesmas cianobactérias que foram responsáveis pelo aumento dos níveis de oxigênio da atmosfera pela fotossíntese, são as responsáveis pela fotossíntese das plantas.

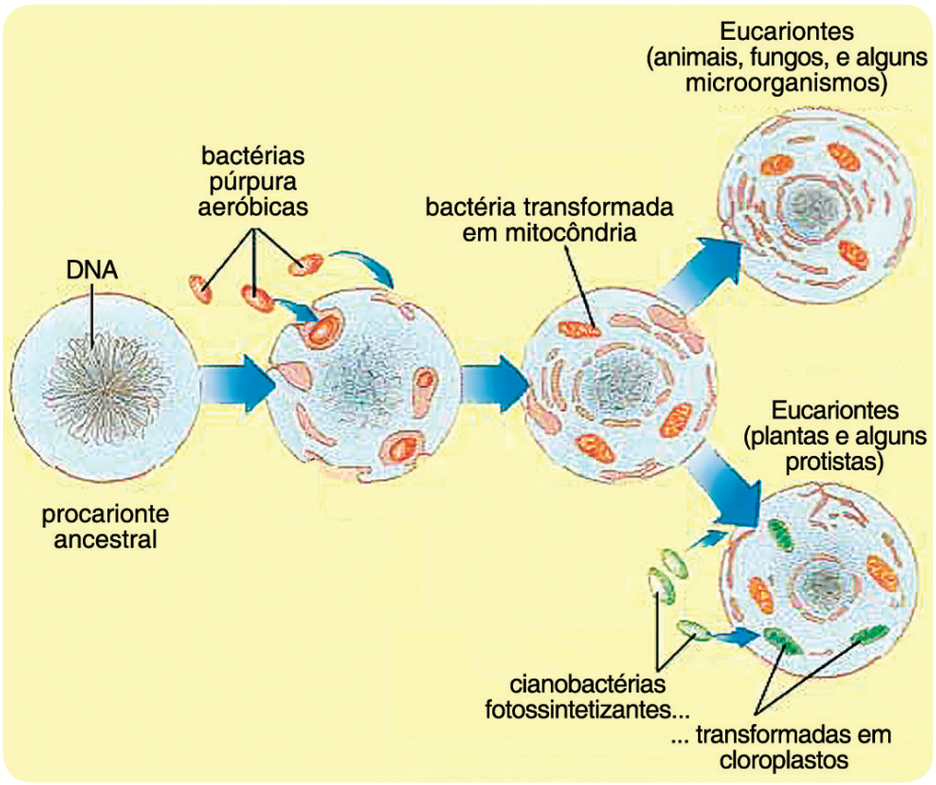
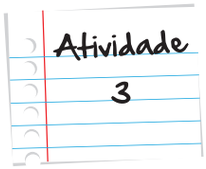


Figura 13: Teoria endossimbiôntica serial de Lynn Margulis. Por essa teoria, uma célula procarionte, engloba uma outra célula procarionte (bactéria purpura) que passa a habitar dentro da primeira.

Agora, para finalizar, pense em sua alimentação. Desde criança, você se alimenta para crescer de forma saudável e para produzir energia para realizar as suas atividades diárias. Em seu prato (ou no de muitas pessoas que você conhece), é possível encontrar um belo pedaço de carne de boi. Esse boi, ao contrário de você, come apenas plantas. Assim, podemos dizer que você constrói seu corpo, comendo a carne de boi e o boi constrói o corpo dele comendo o capim.

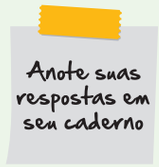
E as plantas? Elas não se alimentam como nós, então como constroem seu corpo? A resposta é por meio da fotossíntese. Para realizá-la, elas simplesmente retiram do ambiente luz solar, água e gás carbônico, além de outros nutrientes. Está curioso para conhecer esse fundamental processo mais a fundo? Então aguarde até próxima unidade deste módulo.



Imagine o seguinte cenário da Terra primitiva: um grande oceano, repleto de pequenas moléculas. Essas moléculas, então, passaram a se unir, formando outras maiores. Eis que um grande grupo de moléculas isola-se das outras e começa a ter vida própria: ela é capaz de:

1. Modificar-se, conforme o tempo;
2. Alimentar-se de moléculas menores do ambiente;
3. Reproduzir-se, produzindo seres como ela nos oceanos.

Dentro desse cenário, será que houve outros eventos de surgimento da vida? Por quê?



Resumo

- A mutabilidade, a herdabilidade e a reprodutibilidade são as propriedades básicas da vida, pois as demais funções poderão evoluir por seleção natural.
- Sem o DNA, a informação das proteínas não passa para os descendentes e, sem as proteínas, o DNA não se replica, o que apresenta um paradoxo! A solução é a teoria do Mundo do RNA que diz que o RNA pode apresentar as três propriedades.
- Assim que a primeira molécula de RNA conseguiu se replicar, a Química complexa transformou-se na Biologia simples, depois do pareamento de bases (A pareia com T e C pareia com G). Ao surgir a Biologia, surgem a Genética, a Bioquímica e a Evolução ao mesmo tempo.
- O vírus da gripe e o vírus do resfriado são vírus de RNA, isto é apresentam genoma em moléculas de RNA. Outros vírus apresentam genoma de DNA.
- Os vírus são constituídos de um envelope, do genoma e de proteínas acessórias. As bactérias e as arqueias fazem parte do grupo dos procariontes que são organismos unicelulares.

- As bactérias apresentam uma parede celular, o DNA bacteriano e DNA de plasmídeos. As arqueias são chamadas de extremófilas, pois são microrganismos que habitam locais que acreditávamos que eram inabitados.
- Todos os organismos visíveis e muitos não visíveis são os eucariontes.
- Os eucariontes surgiram a partir de uma fusão de procariontes. Com toda essa diversidade de procariontes, cada tipo de procarionte deu origem a um pedacinho da célula eucarionte: é a teoria endossimbiôntica serial. Duas organelas celulares são provavelmente resultado de uma endossimbiose com bactérias purpura (mitocôndrias) e com cianobactérias (cloroplastos) que promovem processos importantíssimos como a respiração celular e a fotossíntese, respectivamente.
- O primeiro organismo fotossintético conseguiu usar o hidrogênio da água e transportar o oxigênio para fora da célula com segurança. Tal organismo era uma cianobactéria que obteve vantagens adaptativas impressionantes e um sucesso evolutivo enorme. A fotossíntese é o processo pelo qual as plantas e as cianobactérias conseguem construir seu próprio corpo sem a necessidade de se alimentarem. Os animais, por outro lado, constroem seu corpo com a energia provida pelos alimentos.

Veja ainda...

- Se você tiver interesse pela obra do Darwin e quiser conhecer mais a fundo suas ideias, neste link, você encontra o livro Origem das espécies: http://ecologia.ib.usp.br/ffa/arquivos/abril/darwin1.pdf
- O livro "Microcosmos", escrito, inclusive, por Lynn Margulis, criadora da Teoria endossimbiótica, fala sobre a evolução da vida a partir de uma perspectiva microbiana. É uma leitura bastante recomendada!
- "Microcosmos". Lynn Margulis & Carl Sagan. 2004. 1ª edição, Editora Cultrix.
- Mais um pouquinho mais sobre a evolução das células e a teoria endossimbiôntica? Então, leia:
- http://super.abril.com.br/ciencia/bacterias-amebas-fungos-planeta-microbios-439611.shtml

Imagens

• http://en.wikipedia.org/wiki/File:Origin_of_Species_title_page.jpg

• http://ircamera.as.arizona.edu/NatSci102/NatSci102/lectures/lifeform.htm

• http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:MUexperiment.png

• http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Plasmid_(english).svg

• http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Bacterial_morphology_diagram_pt.svg

• http://www.ucmp.berkeley.edu/bacteria/bacteriafr.html

• http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Rock_Strata.jpg

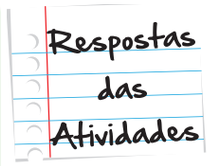
• http://ircamera.as.arizona.edu/NatSci102/NatSci102/lectures/lifeform.htm

• http://en.wikipedia.org/wiki/File:Stromatolites_in_Shark_Bay.jpg

• http://www.flickr.com/photos/cminato/6244991242/

• http://en.wikipedia.org/wiki/File:Grand_prismatic_spring.jpg • Jim Peaco

• http://en.wikipedia.org/wiki/File:Plant_cell_structure_svg.svg; http://en.wikipedia.org/wiki/File:Animal_cell_structure_en.svg; http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Plasmid_(english).svg



Atividade 1

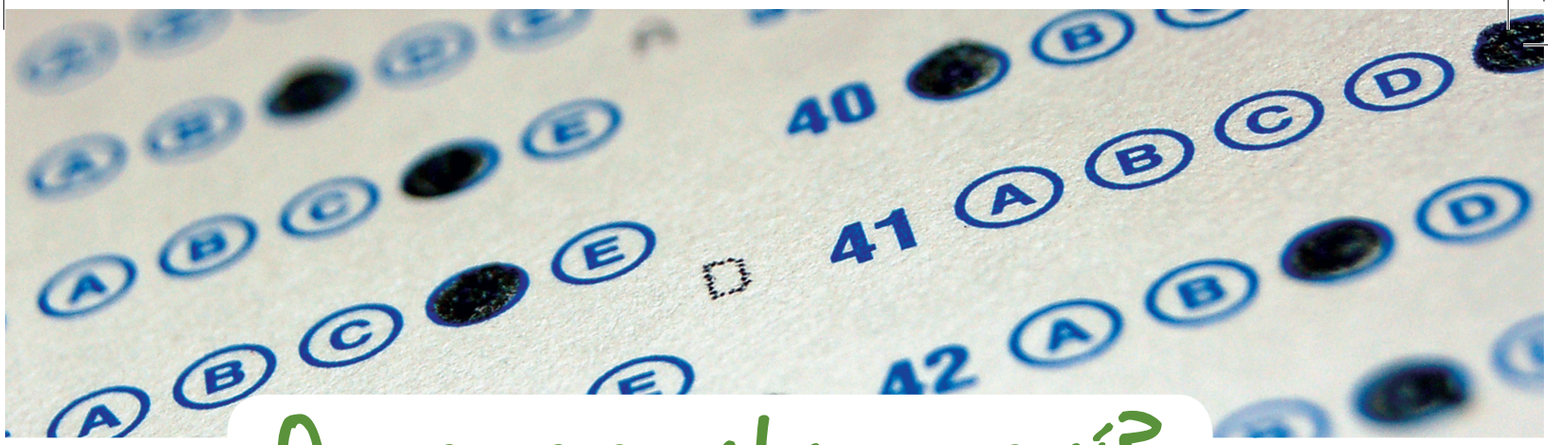
Nesta atividade, você irá descobrir que com as três cores básicas pode-se formar todas as outras cores. Dessa forma, a associação com evolução e as propriedades básicas da vida procede, pois com tais três propriedades, todas as outras funções podem vir a evoluir.

Atividade 2

Não há uma resposta fechada para esta atividade. A ideia era de que você pudesse perceber que a complexidade pode surgir gradual e até facilmente, com seleção natural atuando em cima dos variantes.

Atividade 3

A vida surgiu há 4 bilhões de anos, pois vimos que é possível formar moléculas mais complexas a partir de moléculas simples, mesmo em um ambiente instável. Entretanto, desde que o primeiro organismo capaz de gerar cópias de si mesmo surgiu, outros agregados de moléculas complexas provavelmente iriam servir de alimento para os organismos vivos, sendo muito pouco provável que tenha existido um novo evento de surgimento de vida.



O que perguntam por aí?

Questão 1 (ENEM 2010)

O uso prolongado de lentes de contato, sobretudo durante a noite, aliado a condições precárias de higiene representam fatores de risco para o aparecimento de uma infecção, denominada ceratite microbiana, que causa ulceração inflamatória da córnea. Para interromper o processo da doença, é necessário tratamento com antibiótico. De modo geral, os fatores de risco provocam a diminuição da oxigenação corneana e determinam mudanças no seu metabolismo, de um estado aeróbico para anaeróbico. Como decorrência, observa-se a diminuição no número e na velocidade de mitoses (divisões celulares) do epitélio, o que predispõe ao aparecimento de defeitos epiteliais e á invasão bacteriana.

CRESTA, F. Lente de contato e infecção ocular. Revista Sinopse de Oftamologia. São Paulo: Moreira Jr., v.04, n.04, 2002 (adaptado).

A instalação das bactérias e o avanço do processo infeccioso na córnea estão relacionados a algumas características gerais desses microorganismos, tais como:

a. A grande capacidade de adaptação, considerando as constantes mudanças no ambiente em que se reproduzem e o processo aeróbico como a melhor opção desses microorganismos para a obtenção de energia.

b. A grande capacidade de sofrer mutações, aumentando a probabilidade do aparecimento de formas resistentes e p processo anaeróbico de fermentação como a principal via de obtenção de energia.

c. A diversidade morfológica entre as bactérias, aumentando a variedade de tipos de agentes infecciosos e a nutrição heterotrófica, como forma de esses microorganismos obterem matéria-prima e energia.

d. O alto poder de reprodução, aumentando a variabilidade genética dos milhares de indivíduos e a nutrição heterotrófica, como única forma de obtenção de matéria-prima e energia desses microorganismos.

e. O alto poder de reprodução, originando milhares de descendentes geneticamente idênticos entre si e a diversidade metabólica, considerando processos aeróbicos e anaeróbicos para a obtenção de energia.

Gabarito: Letra E.

Comentário: As bactérias apresentam uma estratégia reprodutiva de gerar muitos descendentes que carregam o mesmo material genético de seu parental (se não considerarmos as mutações). Além disso, as bactérias apresentam formas muito diferentes de conseguir obter a energia necessária ao seu metabolismo.

Tudo se transforma

Para início de conversa

Na última unidade, vimos que a Biologia nasceu com as primeiras moléculas autorreplicadoras de RNA. Estas passavam suas características, incluindo a capacidade reprodutiva, para suas moléculas descendentes. Mais tarde, organismos complexos adquiriram mutações e desenvolveram novos conjuntos de funções biológicas além da reprodução. Essas novidades funcionais seriam realizadas por novas moléculas especializadas. Enquanto o DNA passou a ter um papel central na herdabilidade e na mutabilidade, as enzimas proteicas ficaram responsáveis pela manutenção (homeostase) e pela reprodução do sistema.

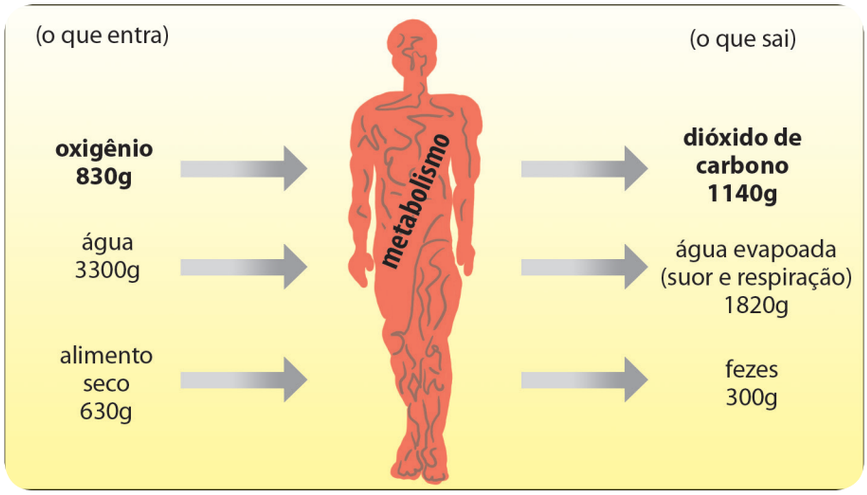


Figura 1. O nosso metabolismo é responsável pela homeostase do corpo, transformando o que inalamos (oxigênio) e ingerimos (água e alimentos) naquilo que exalamos (dióxido de carbono) e descartamos (fezes e urina).

De uma maneira formal, a **homeostase** é uma propriedade dos sistemas biológicos, ou seja, dos organismos que regulam o seu ambiente interno de forma a mantê-lo estável e funcionando. Tal estabilidade é atingida com a ação de enzimas proteicas que funcionam como as operárias dos sistemas biológicos.

Em um organismo, existem milhares de tipos diferentes de enzimas que são sintetizadas pelas células, na medida em que ele precisa executar determinada função. Por exemplo, quando temos um sangramento, uma enzima denominada trombina entra em ação e ativa moléculas que formam um coágulo, que irá interromper o sangramento. Nesse sentido, as enzimas podem ser consideradas como as facilitadoras das reações químicas necessárias ao funcionamento do corpo, incluindo as que ocorrem para a promoção da respiração, da circulação sanguínea, da reprodução, da digestão, entre outras...

Um organismo requer um fluxo constante de energia para sobreviver e se proliferar. De um ponto de vista energético, as reações químicas podem ser divididas em dois grupos básicos e complementares: o *ANABOLISMO* e o *catabolismo*. Ambos formam o conjunto das reações *METABÓLICAS* do organismo – o metabolismo.

As reações do anabolismo são aquelas que unem moléculas pequenas formando moléculas maiores. A ligação de uma molécula a outra é um processo custoso energeticamente, pois existe uma energia necessária para a nova ligação química ocorrer. Ou seja, para fabricar moléculas grandes é necessário energia, mas de onde vem essa energia?

A energia para as reações anabólicas vêm do segundo grupo de reações químicas que é justamente o catabolismo. O catabolismo inclui todas as reações que promovem a quebra de moléculas grandes. Com o rompimento da ligação química dessas moléculas, a energia da ligação é liberada e pode ser armazenada para uso nas reações anabólicas. Mas, se o anabolismo e o catabolismo são necessários um ao outro, de onde aparecem as moléculas grandes para serem quebradas no catabolismo?

A energia necessária para correr, andar e até pensar vem da quebra do alimento que ingerimos. Os alimentos são as moléculas grandes que as reações catabólicas vão quebrar para conseguir energia para as funções metabólicas. Entretanto, nem todos os seres vivos se alimentam. As plantas, por exemplo, não se alimentam como os animais. Então, como elas conseguem energia para as reações anabólicas?

Como vimos na unidade 1, o processo pelo qual eles conseguem tal feito é a fotossíntese. As plantas e as cianobactérias são exemplos de organismos **fotossintéticos** e podemos dizer que eles sintetizam o próprio corpo, ou seja, eles conseguem energia para o anabolismo por meio da energia solar.

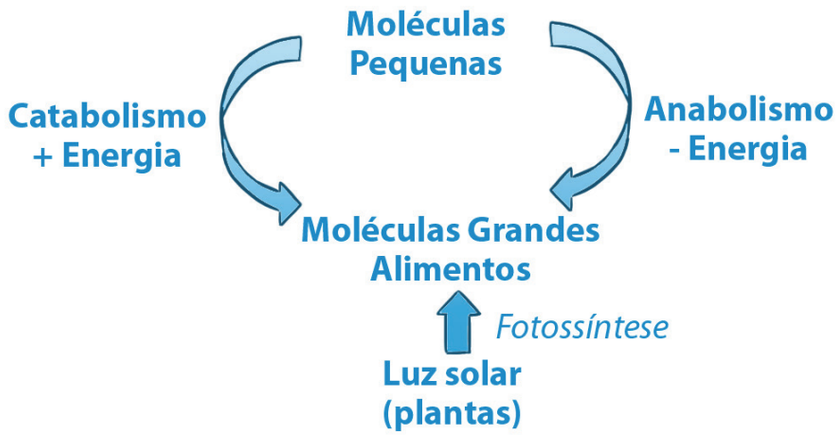


Figura 2. Relação entre catabolismo (reações que geram energia), anabolismo (que requerem energia para acontecer) e o papel da fotossíntese gerando as moléculas grandes.

Nesta aula, você irá conhecer melhor os processos metabólicos básicos que permitem adquirir a energia para a manutenção e para a reprodução dos organismos: a fotossíntese e a respiração celular.

Objetivos de aprendizagem

- Definir metabolismo, catabolismo e anabolismo e suas relações com a homeostase;
- Descrever os processos de fotossíntese e de respiração e a sua complementariedade;

Seção 1
Fotossíntese, o combustível da biodiversidade

Nosso planeta é vivo e a fotossíntese é o combustível que mantém a diversidade biológica. A fotossíntese é a responsável pela energia que promove a construção de um organismo de forma direta (plantas, algas e cianobactérias) e de forma indireta (outros organismos). Vamos explicar isso melhor. Se você tiver um aquário, terá de alimentar seus peixinhos, pois eles precisam de alimento. Mas as plantas, para crescerem, precisam apenas da luz do sol e de água, além de alguns nutrientes. Isso porque as plantas fazem um processo que está ausente nos animais, que é a fotossíntese. Por meio da fotossíntese, as plantas conseguem construir o próprio corpo com energia da luz solar.

A primeira dica para a descoberta dessa via metabólica veio ainda no século XVII. Jan van Helmont (1579-1644) era um químico belga que realizou um experimento muito importante. Ele mediu cuidadosamente a massa de uma planta e do solo em que ela se encontrava. Ao longo do tempo, ele adicionava apenas água. Qual não foi a surpresa dele ao perceber que a planta aumentava a sua massa enquanto o solo não perdia massa. Então, ele deduziu, corretamente, que o crescimento de uma planta não vem da absorção de matéria do solo. Mais tarde, outros pesquisadores provaram que o crescimento da planta se devia à transformação da energia luminosa em matéria.

Os organismos fotossintéticos conseguem fabricar moléculas grandes por meio de outros tipos de energia, por isso são chamados **autotróficos**. As plantas e as algas verdes são organismos autotróficos, e mais especificamente fotoautotróficos, pois necessitam da luz (*foto* significa luz) solar para conseguir produzir tais moléculas.

Autotrófico

Auto = próprio, trofos = alimento. Autotróficos são organismos que podem gerar seu próprio alimento. Para isso, tais organismos usam uma fonte de energia alternativa, como o sol. As plantas, as cianobactérias e alguns eucariontes unicelulares são exemplos de tais organismos. Com a energia captada pela luz do sol, por exemplo, as plantas conseguem sintetizar moléculas grandes. Auto = próprio, trofos = alimento.

Os animais herbívoros (aqueles que se alimentam de plantas, como vaca, cavalo, girafa), no final das contas, usam as plantas para construírem seu próprio corpo. Os animais carnívoros (os que se alimentam de outros animais, como onça e tigre) podem usar os herbívoros para isso. Repare, portanto, o quão importante é o processo fotossintético. Sem a fotossíntese, não existiria qualquer um dos organismos que podemos enxergar a olho nu. O nosso planeta seria um deserto povoado por alguns tipos de microorganismos apenas. A fotossíntese é a base de, praticamente, toda a rede biológica, como mostra a Figura 3.

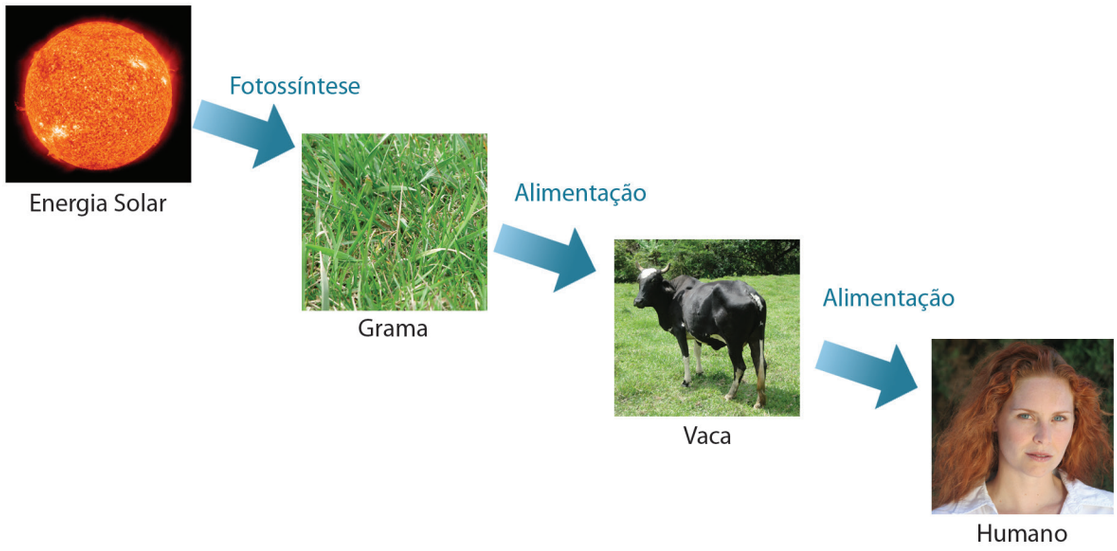


Figura 3. **Papel fundamental da fotossíntese e da luz solar na geração de matéria orgânica para toda a diversidade. O processo é responsável pela construção do corpo das plantas (e de outros organismos fotossintéticos). Os organismos que se alimentam de plantas e os que se alimentam deles também são dependentes, tanto da fotossíntese como das plantas que a realizam.**

Os animais, por outro lado, precisam se alimentar para conseguirem diretamente as moléculas grandes e por isso são chamados **heterotróficos**. Eles usam também um outro produto do processo fotossintético: o oxigênio. Tal gás participa da quebra dos alimentos através do processo de respiração celular. Como já vimos, é por meio da quebra (catabolismo) de moléculas grandes que os organismos conseguem energia.

Heterotrófico

Organismo que não possui a capacidade de gerar seu próprio alimento e deve se alimentar para conseguir moléculas grandes. *Hetero*= diferente, *trofos*= alimento.

Durante bilhões de anos, os organismos fotossintéticos modificaram nosso planeta, injetando oxigênio na atmosfera. Os primeiros desses organismos, as cianobactérias, desenvolveram adaptações para a manipulação segura de oxigênio, conforme vimos na última unidade. As algas verdes e as plantas são outros organismos que apresentam fotossíntese e que contribuem para a injeção de oxigênio na nossa atmosfera. Verifique, no gráfico a seguir, como os níveis de oxigênio aumentaram depois do aparecimento de organismos fotossintetizantes.

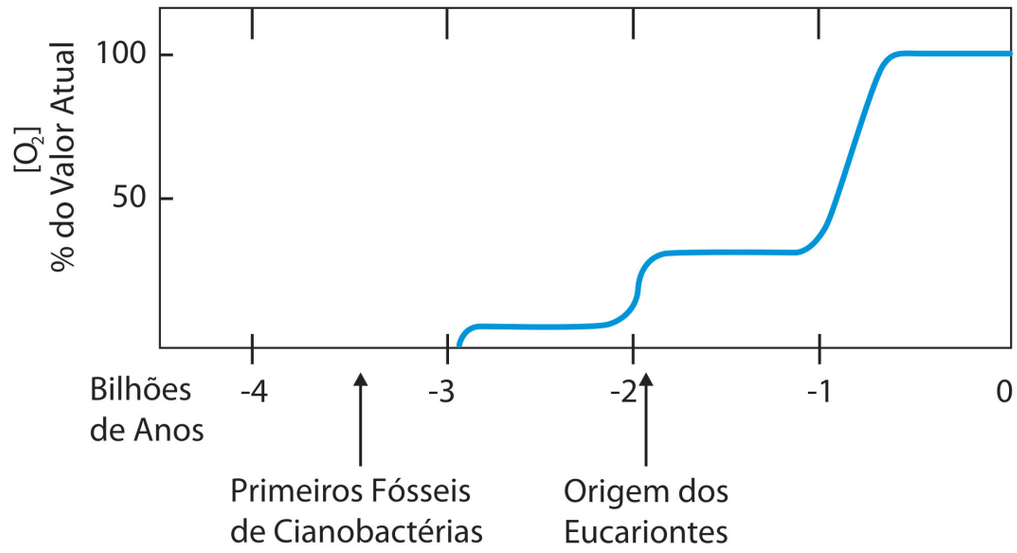
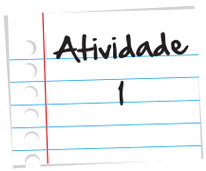


Figura 4. Gráfico ilustrando mudanças na concentração de oxigênio atmosférico ao longo do tempo. As expansões denotam grandes eventos de surgimento de grupos de organismos ligados à fotossíntese direta ou indiretamente.

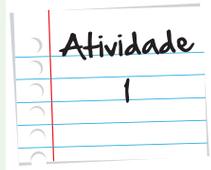


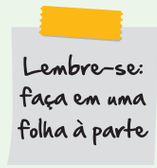
Fotossíntese e a hora do almoço.

Reconhece este prato?

Este é um típico prato brasileiro: arroz, feijão, carne de frango e salada. Observando a nossa alimentação, eu afirmo: no fim das contas, nós humanos também dependemos da energia do Sol para construirmos e mantermos o nosso corpo.

Com o que você aprendeu sobre fotossíntese, nesta unidade e na anterior, diga se a minha afirmação é verdadeira ou falsa. Justifique a sua resposta , abordando o conceito de fotossíntese e as implicações desse processo para o anabolismo e o catabolismo de plantas e demais seres vivos.





Seção 2
Luz do sol

Luz do sol
Que a folha traga e traduz.
Em ver de novo
Em folha, em graça
Em vida, em força em luz
Céu azul
Que venha até
Onde os pés
Tocam a terra
E a terra inspira
E exala seus azuis

Caetano Veloso

Ao ler esse belíssimo poema de Caetano Veloso, você se pergunta: como a folha traga e traduz a luz do Sol? E a resposta para essa pergunta eu posso te dar em uma só palavra: fotossíntese!

A luz do sol é necessária para que a primeira fase da fotossíntese aconteça. Para entender bem o processo de captura de energia solar, começamos por compreender melhor o que é luz. A luz branca (do sol) é uma mistura de luzes de todas as cores. Na unidade anterior, vimos que misturando tintas diferentes podemos produzir cores diferentes. O somatório de todas as cores de tintas é a tinta preta, mas o somatório de todas as cores de luz é a luz branca. Para testar isso, basta observarmos um arco-íris que é o belo resultado da separação da luz do sol (branca) em todas as luzes componentes, após ter passado por gotículas de vapor d'água presentes na atmosfera em um dia de chuva.

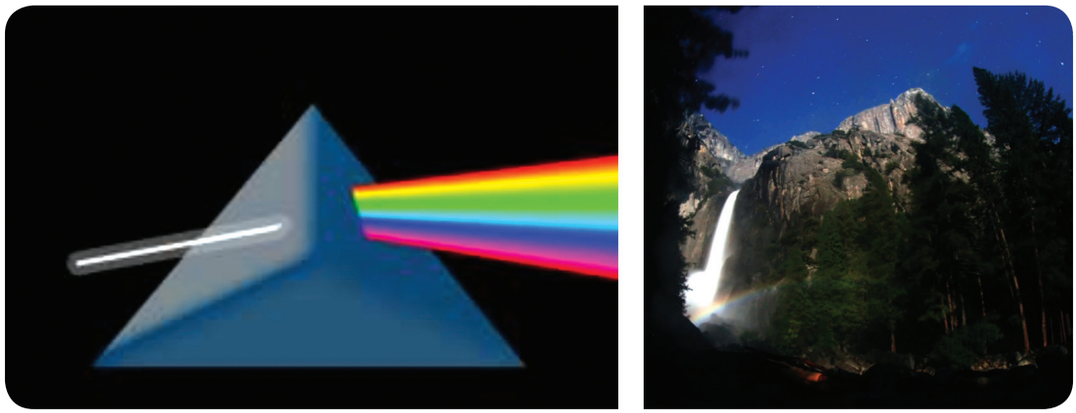
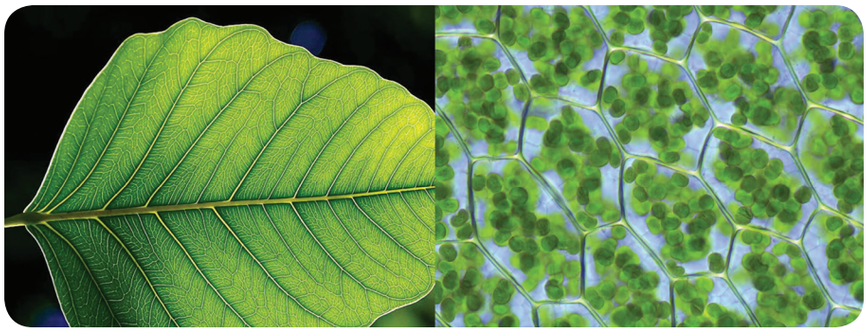


Figura 5. Um prisma promovendo a separação da luz branca em todas as cores visíveis (à esquerda). O mesmo fenômeno ocorre quando a luz do sol passa pelas gotículas de água na atmosfera depois de uma chuva ou em uma cachoeira, como mostra a foto à direita. A luz visível é uma pequena parcela da radiação luminosa que provém do Sol.

Todas as partes verdes de uma planta possuem **cloroplastos**. Os cloroplastos são verdes, pois contêm pigmentos que refletem e transmitem luz verde. É,exatamente, graças às moléculas de **clorofila** dos cloroplastos que as plantas são verdes. A clorofila é um pigmento que está presente na membrana dos tilacóides dos cloroplastos, exatamente onde a fotossíntese ocorre. Mas, vamos explicar melhor.

Cloroplastos
São organelas presentes no interior de algumas células de plantas e de outros organismos que realizam fotossíntese.



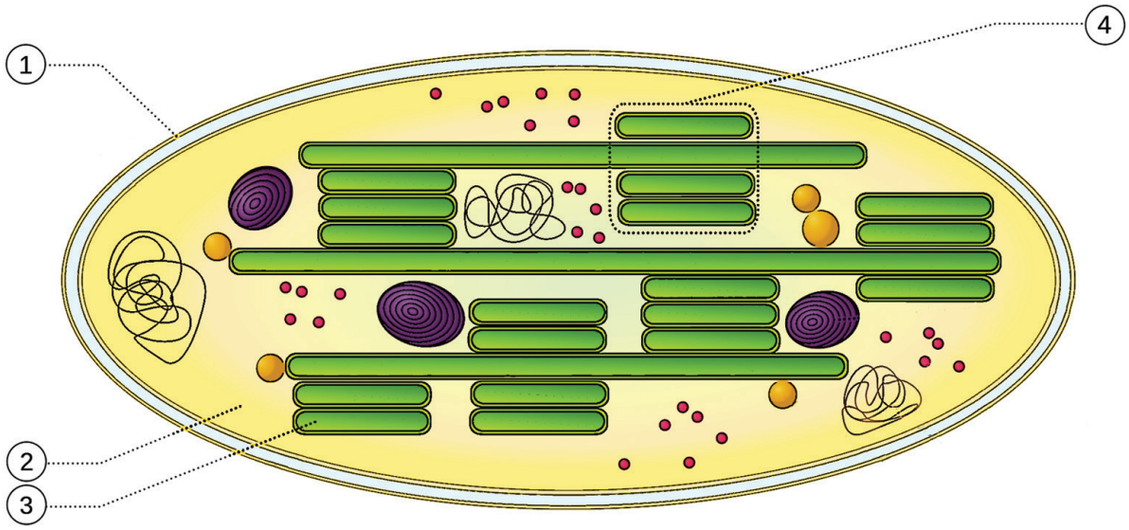


Figura 6. Os cloroplastos promovem a coloração verde das folhas e da planta. É nas folhas que a maior parte da fotossíntese ocorre. Cada célula vegetal contém de 10 a 100 cloroplastos. Na fotografia ao microscópio, podemos observar os cloroplastos de cada célula. A seguir, podemos ver um esquema da estrutura interna de cada um dos cloroplastos de uma célula, com algumas de suas estruturas. As mais importantes são: 1 – membrana do cloroplasto. 2 – estroma (fluido aquoso em que as estruturas estão mergulhadas). 3 – tilacóide (estruturas achatadas verdes que contêm a clorofila). 4 – grana (pilhas de tilacóides).

A luz do sol (**fótons**) é uma partícula que "caminha" pelo espaço como se fosse uma onda. Essa onda, quando decomposta, apresenta diferentes comprimentos (ou extensões), dependendo de sua energia. Cada cor que vemos no arco-íris, por exemplo, possui um comprimento de onda diferente, sendo o vermelho o menor dentre essas cores, o que significa que essa coloração tem maior energia.

Os fótons, então, penetram nas folhas das plantas em três comprimentos de onda principais: o verde, o vermelho e o azul. Os comprimentos que não são absorvidos pela clorofila são na faixa do verde. Eles são refletidos e é por isso que essa é a cor que podemos ver. A casca da maçã vermelha absorve o comprimento de onda azul, mas reflete o vermelho, por isso vemos a casca dessa cor.

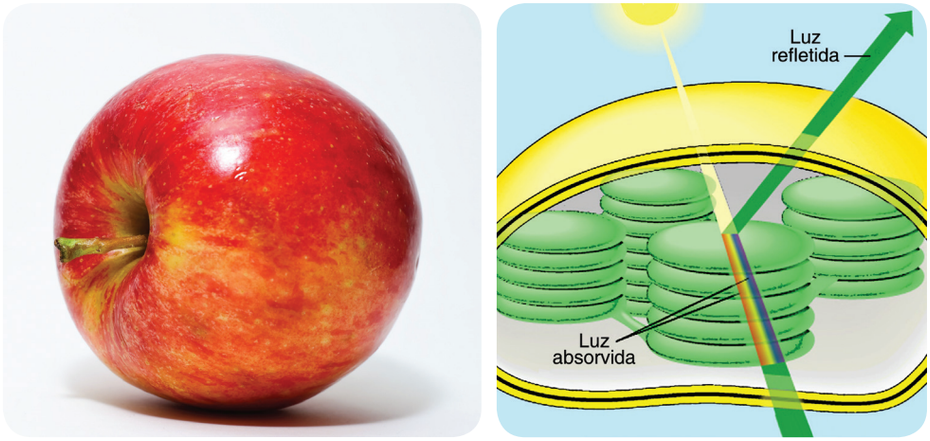


Figura 7. A casca da maçã absorve outros comprimentos de onda e reflete apenas o vermelho, portanto é assim que a vemos. Dentro dos cloroplastos, o pigmento clorofila reflete o comprimento de onda verde, enquanto usa o vermelho e o azul como energia para fabricar moléculas grandes.

As plantas conseguem energia absorvendo fótons de certos comprimentos de onda. Dentre os absorvidos, estão o azul (principalmente) e o vermelho. Quanto maior a absorção do comprimento de onda, maior a energia disponível para a planta. Com a absorção, a planta consegue energia para sintetizar as moléculas grandes. Por outro lado, o comprimento de onda verde não é absorvido, é refletido, dando às plantas, a cor verde.

Em países frios, existe uma redução na produção de clorofila no outono. Dessa forma, apenas outros pigmentos (que refletem luz vermelha ou amarela) persistem nas células das plantas, como mostra a Figura 8. Plantas e algas de outras cores também são reflexos de outros pigmentos que não a clorofila.

Figura 8. Detalhe de vegetação que no outono perde a cor verde, pela baixa produção de clorofila quando o clima começa a esfriar. Só conseguimos observar isso realmente em regiões mais frias. No inverno, as plantas de países mais frios praticamente não crescem por não fazerem fotossíntese.

Seção 3
Detalhes químicos do processo

Na fotossíntese, seis moléculas do gás carbônico (da atmosfera) e seis moléculas de água (retiradas principalmente do solo, por isso é importante regar as suas plantinhas) são convertidas em uma molécula de glicose ($C_6H_{12}O_6$) e em seis moléculas de gás oxigênio, as quais são liberadas para a atmosfera.

A fórmula de conversão da fotossíntese é a seguinte.

$6\ CO_2 + 6\ H_2O + Luz\ solar \Rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$

A fotossíntese é um processo metabólico que pode ser dividido em duas fases distintas. A primeira é a fase fotoquímica, antigamente chamada fase clara, pois depende da luz para ocorrer, ou seja, envolve a captura da energia solar. A segunda parte é a chamada etapa química, pois sua ocorrência independe das condições luminosas.

Na primeira etapa, quando uma molécula de clorofila absorve um fóton, ela perde um elétron. O elétron é encaminhado para uma **cadeia de transporte de elétrons**. Ao passar pela cadeia, energia suficiente é gerada de forma a transformar uma molécula de adenosina difosfato (ADP) em adenosina trifosfato (ATP) – calma, já vamos explicar o que é isso. A molécula de clorofila recupera o elétron perdido a partir de uma molécula de água: para isso ela é quebrada e oxigênio é liberado. É importante você saber que todas essas reações envolvem a participação de uma enzima determinada que faz o papel de acelerador da reação química.

Cadeia de transporte de elétrons

É uma sequência de reações químicas que transferem o elétron de um composto doador para um composto receptor. Um gradiente de prótons (íons H^+), então, é criado para gerar energia na forma de moléculas de ATP.

A etapa fotoquímica da fotossíntese obedece à seguinte fórmula:

$2\ H_2O + 2\ NADP^+ + 3\ ADP + 3\ Pi + Luz\ solar \Rightarrow 2\ NADPH + 2\ H^+ + 3\ ATP + O_2$

NADP

É uma molécula que funciona como um cofator de diversas reações químicas nos seres vivos, por suas propriedades de ceder e aceitar um próton (átomo de hidrogênio que perdeu um elétron).

Vamos voltar ao ATP. O ATP é um nucleotídeo responsável pelo armazenamento de energia entre as ligações dos fosfatos. Ele varia, das formas com 2 fosfatos (ADP – adenosina difosfato, menos energética) para a forma com 3

fostatos (ATP – adenosina trifosfato, mais energética). Repare que a etapa fotoquímica gera moléculas de ATP, a partir de molécula de ADP com a adição de um fósforo (Pi). A ligação do terceiro fósforo com o ADP (que já tem dois fósforos) requer muita energia para ser feita. Por outro lado, a reação libera muita energia quando é quebrada. Por isso, dizemos que o ATP é a moeda energética dos organismos, uma vez que quando estão precisando de energia, ATP é degradado em ADP. Quando temos energia sobrando, moléculas de ATP são formadas.

Já a etapa química e independente da luz solar tem a fórmula a seguir:

$3\ CO_2 + 9\ ATP + 6\ NADPH + 6\ H^+ \Rightarrow C_3H_6O_3P + 9\ ADP + 8\ Pi + 6\ NADP^+ + 3\ H_2O$

Nessa etapa, uma enzima chamada de Rubisco captura CO_2 da atmosfera e usa o NAPDH para formar moléculas orgânicas com três átomos de carbono. Essa conversão de várias moléculas de um carbono (CO_2) em uma molécula grande de três carbonos ($C_3H_6O_3$) é realizada em uma sequência de reações químicas chamada **ciclo de Calvin**.

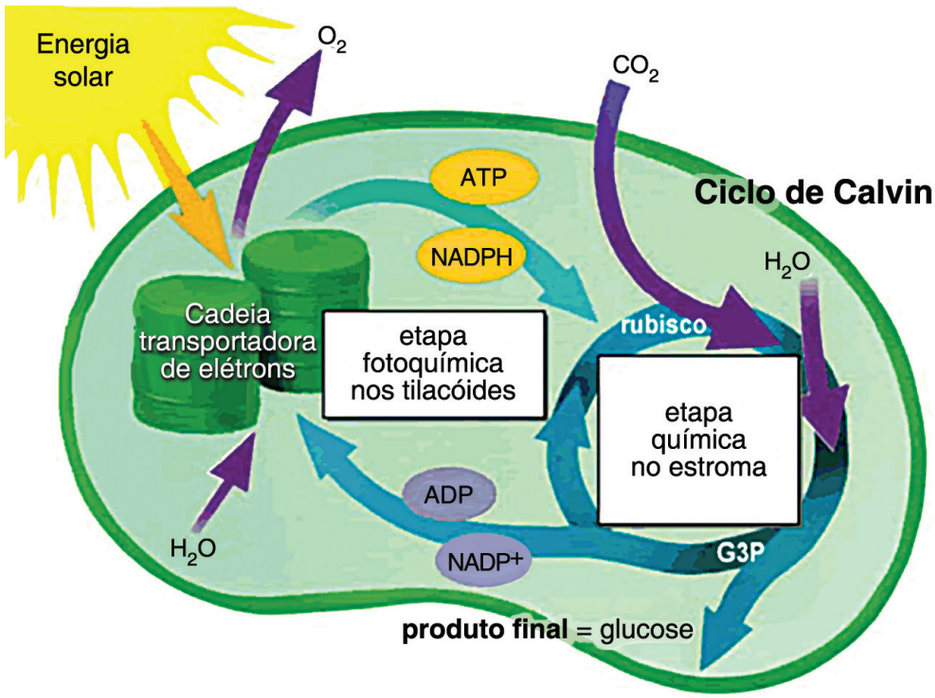


Figura 9. As duas etapas (fotoquímica e química) da fotossíntese e a localização de suas ocorrências. As estruturas verdes são as tilacóides.

Em seguida, moléculas grandes são combinadas para formar moléculas orgânicas ainda maiores, como o amido, a celulose, açúcares, entre outras que as plantas necessitam no dia a dia. E não só as plantas aproveitam essa energia solar capturada e convertida em energia química, mas também aqueles que se alimentam das plantas (animais herbívoros) e os que se alimentam deles (carnívoros) e os que se alimentam desses últimos, e assim vai...

É importante você observar que as moléculas de ATP formadas na etapa fotoquímica da fotossíntese são usadas na etapa seguinte para formar as moléculas orgânicas, durante o ciclo de Calvin. Isso significa que não existe formação de energia extra para suas necessidades diárias. O processo que irá fabricar essa energia é a respiração celular, o qual você conhecerá logo a seguir.

Outra coisa fundamental deste processo é que, como disse, os organismos fotossintéticos capturam CO2 da atmosfera para realizar a etapa química, na qual eles convertem esse gás carbônico em compostos orgânicos que os demais organismos podem usar em seu anabolismo. São as moléculas grandes formadas pela fotossíntese que servem de nutriente para que os demais seres, que não são fotossintéticos, sintetizem outras moléculas importantes nos seus organismos. Em outras palavras, são os "esqueletos" de carbono desta produção da fotossíntese que vão construir todo o nosso corpo!

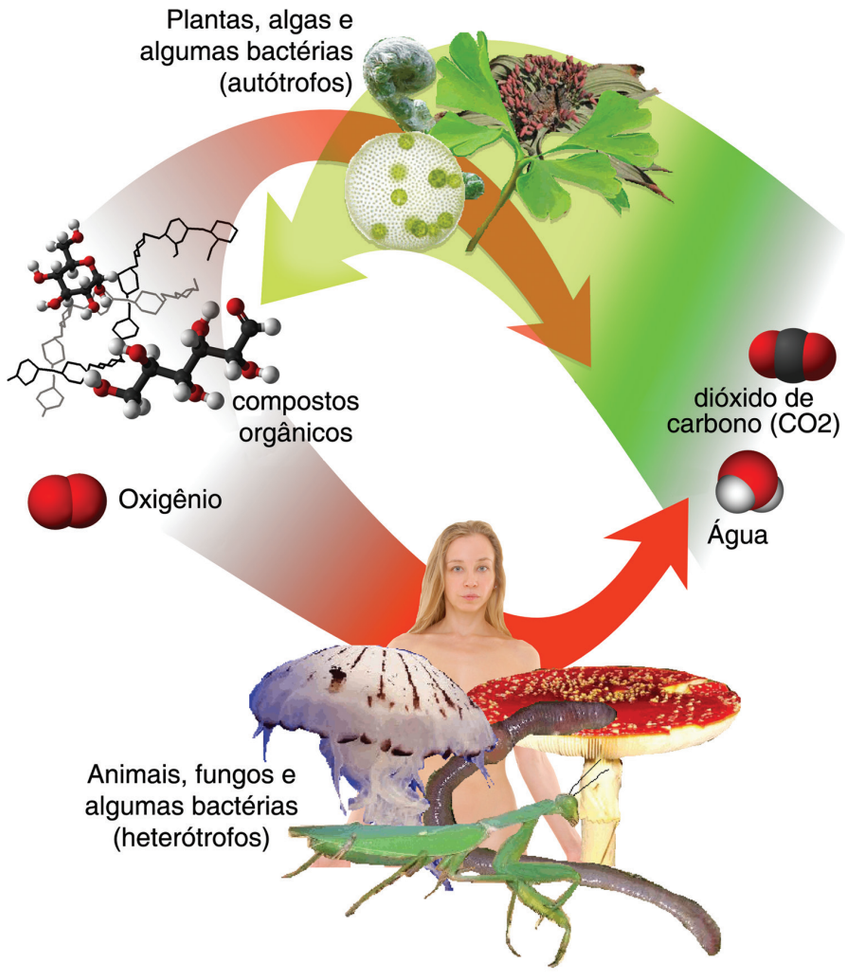


Figura 10. A seta verde da figura indica a produção de moléculas orgânicas pelos organismos autotróficos (plantas, algas e algumas bactérias), pela fotossíntese. A seta vermelha é a quebra dos alimentos (compostos orgânicos) para produzir energia para o metabolismo, pela respiração celular.

Multimídia

Para te ajudar a visualizar este processo de fotossíntese que estamos descrevendo nas páginas anteriores, veja as seguintes animações:

http://teca.cecierj.edu.br/popUpVisualizar.php?id=44886

http://teca.cecierj.edu.br/popUpVisualizar.php?id=46181

http://bee.cederj.edu.br/popUpVisualizar.php?id=47411

http://bee.cederj.edu.br/popUpVisualizar.php?id=47412

http://bee.cederj.edu.br/popUpVisualizar.php?id=45776

Atividade 2

Verdadeiro ou falso?

( ) Os cloroplastos são organelas que produzem energia para a planta realizar suas atividades celulares.

( ) Durante o processo de fotossíntese, moléculas de água e gás carbônico são utilizadas para produzir glicose e gás oxigênio.

( ) Algumas das etapas da fotossíntese são chamadas: glicólise e ciclo de Calvin.

( ) A fotossíntese pode ser dividida em duas fases: uma dependente da luz e outra que independe desta.

( ) Todos os seres fotossintetizantes são vegetais.

Lembre-se: faça em uma folha à parte

Seção 4
A respiração celular

Nós nos alimentamos de plantas e de outros animais, não é? Quando comemos um bife com arroz, feijão e salada, estamos ingerindo moléculas como as proteínas, as gorduras e açúcares. Estas moléculas funcionam, no nosso organismo, como esqueletos de carbono, que podem ser quebrados para nos dar energia ou serem reaproveitados para a síntese de outras moléculas que nosso corpo estiver precisando. Uma das etapas deste processo de gerar energia a partir de quebra de moléculas obtidas pela alimentação nos organismos aeróbicos é a respiração celular.

A respiração celular é uma troca em que oxigênio é consumido para quebrar o alimento e produzir gás carbônico e água. É importante você lembrar que as plantas também fazem a mesma respiração celular para conseguir energia. Entretanto, os animais ingerem o alimento a ser quebrado enquanto as plantas geram as moléculas orgânicas (na fotossíntese) a serem quebradas na respiração celular.

O oxigênio vem da atmosfera e é absorvido pelas células pulmonares durante a inspiração pulmonar, enquanto o gás carbônico é liberado na expiração pulmonar (no caso do organismo humano). No próximo módulo, você irá saber em maiores detalhes como ocorre a respiração pulmonar. Já as plantas podem utilizar o oxigênio de seus tecidos, produzido na fotossíntese, ou o absorver da atmosfera.

A fórmula geral da respiração celular é

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \Rightarrow 6\ CO_2 + H_2O + \text{calor}$$

Importante

Amazônia é o pulmão do mundo?

Na fotossíntese, existe uma troca de gases atmosféricos (gás carbônico entra e oxigênio sai) dentro da planta. No interior de nossos pulmões, essa troca também ocorre. Quando inspiramos, absorvemos ar atmosférico rico em oxigênio, esse gás é incorporado nas células pulmonares que estão saturadas de gás carbônico resultante da respiração celular. E ocorre uma troca. O gás carbônico é liberado na nossa expiração.

Nesse sentido, as plantas, por meio da fotossíntese, funcionariam como a expiração da nossa respiração pulmonar: um pulmão para o planeta, pois o gás carbônico atmosférico é incorporado e o gás oxigênio é liberado. Por isso, algumas pessoas até dizem que a Amazônia é o pulmão do mundo. Mas isso não é verdade.

Importante

A Amazônia é um bioma muito importante, pois abriga milhares de espécies endêmicas, ou seja, que habitam somente ali. Além de ser uma floresta linda e de abrigar muitas espécies, o Rio Amazonas é o maior reservatório de água doce no estado líquido do mundo. Aliás, o Brasil também abriga o maior reservatório subterrâneo de água, o aquífero Guarani, no Sul do Brasil e no Paraguai.

Entretanto, as plantas também fazem a respiração celular, ou seja, elas produzem oxigênio, mas também o consomem, como a gente. Por isso, o pulmão do mundo está, na realidade, nos oceanos e são as cianobactérias que, na realidade, prestam esse serviço inestimável para a gente.

A fórmula geral da respiração celular é

$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 => 6\ CO_2 + H_2O$ + calor

Ou seja:

Glicose + Oxigênio => Gás Carbônico + calor

Saiba Mais

Repare, então, como, na Natureza, as coisas se transformam em um ciclo. Os compostos gerados na fotossíntese são os usados na respiração celular, e vice-versa!

Para quebrar cada molécula de glicose, o organismo deve usar 2 moléculas de ATP que já têm de estar formadas anteriormente. Entretanto, ao final do processo são sintetizadas novas 38 moléculas de ATP. O que quer dizer que o ganho líquido na respiração celular é de 36 ATP!

Repare que esta é a fórmula da respiração celular aeróbica, ou seja, usando oxigênio. Quando o oxigênio está presente, o restante da respiração celular vai ocorrer na mitocôndria. As reações subsequentes formam o chamado **ciclo de Krebs** ou **ciclo do ácido cítrico**. Esse ciclo se inicia com o *piruvato.* molécula formada durante a glicólise, que é transformado em *Acetil-Coenzima A*.

As coenzimas são moléculas que ativam enzimas. Essa coenzima, então, vai reagir com o *oxaloacetato, uma molécula* que já foi formada no ciclo de Krebs. Uma longa sequência de reações irá promover a quebra do *piruvato* e a geração de 36 moléculas adicionais de ATP, que serão armazenadas para quando o organismo venha a precisar de energia.

Existe também um outro tipo de respiração celular, que pode acontecer na ausência de oxigênio. O nome do processo, em geral, é fermentação, e ele é o que proporciona energia a alguns microorganismos, como as leveduras que participam da produção da cerveja e do pão (mas isso é papo para uma outra unidade...). Acontece que, na gente, em condições específicas, também pode acontecer fermentação – a fermentação lática.

Funciona mais ou menos assim: por algum motivo, nossos músculos, por exemplo, são demandados a fazer tanto esforço que precisam de uma forma mais rápida do que a respiração celular que acontece na mitocôndria, com oxigênio, para gerar energia.

Nesses casos, a via metabólica para gerar energia que é acionada é a fermentação, por um processo chamado glicólise.

A glicólise consiste em quebra de uma molécula de glicose (glico=açúcar; lise = quebra). Na glicólise, uma série de reações acontecem até se chegar ao piruvato, que, como mencionamos, é incluído no ciclo de Krebs e será oxidado para gerar energia na mitocôndria – ou seja, um pedaço da glicólise e da respiração celular aeróbica são comuns. A diferença acontece quando, na ausência de oxigênio, o piruvato continua na via da glicólise, e é convertido em um composto chamado ácido lático, ou lactato. O lactato, quando acumula nos nossos músculos, pode nos dar a sensação de caimbra.

Com a glicólise, o saldo da reação de quebra da glicose é de apenas 2 ATP. Ou seja, na respiração anaeróbica (sem oxigênio) são gastos os mesmos 2 ATP e gerados apenas 4 para cada molécula de glicose quebrada.

A capacidade de usar oxigênio na respiração celular para gerar grande quantidade de energia conferiu a muitos seres vivos a possibilidade de aumentar consideravelmente de tamanho e de também ocupar outros espaços no planeta.

Multimídia

Indicamos as seguintes animações para te ajudar a compreender o que é e como funciona a respiração celular:

http://teca.cecierj.edu.br/popUpVisualizar.php?id=47509

http://teca.cecierj.edu.br/popUpVisualizar.php?id=24413

http://teca.cecierj.edu.br/popUpVisualizar.php?id=47540

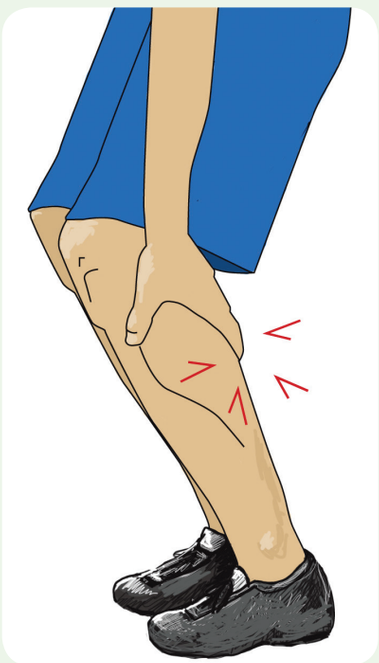
http://teca.cecierj.edu.br/popUpVisualizar.php?id=47543

Atividade 3

Ai, que câimbra!

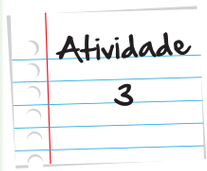
Você já reparou quando está exausto, o corpo e as pernas começam a falhar?

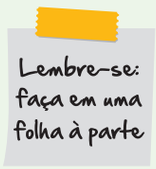
O dia para João, um pedreiro, foi cheio: acordou cedo, foi para o trabalho de trem, andou até o serviço, ficou o dia inteiro trabalhando no Sol. Quando estava voltando para casa, dessa vez de ônibus, deu aquela corridinha para pegá-lo e... Câimbra!



João sentiu uma dor grande na perna após um exercício leve... Mas também pudera! Gastou tanta energia o dia todo!

Qual a relação entre a câimbra e os processos de respiração celular na presença e na ausência de oxigênio? Em outras palavras, por que via João gerou energia durante todo o seu dia de trabalho e agora no final do dia, quando correu para pegar o ônibus?





Bom, como você viu, tanto o processo de fotossíntese quanto o de respiração celular envolvem partes das células, chamadas cloroplastos (nos seres fotossintéticas) e mitocôndrias, respectivamente.

Além dessas organelas, a célula apresenta outras que exercem as mais variadas funções. Curiosa(o)? Na próxima unidade, você vai aprender um pouco mais sobre isso!

Resumo

- As enzimas proteicas são responsáveis pela manutenção (homeostase) e pela reprodução do sistema biológico por meio de reações metabólicas, divididas no anabolismo e no catabolismo.
- Pelo anabolismo, as moléculas pequenas se unem formando moléculas maiores, o que é custoso energeticamente, pois existe uma energia necessária para a nova ligação química ocorrer. Tal energia vem do catabolismo, que são as reações que promovem a quebra de moléculas grandes em moléculas menores. Com o rompimento da ligação química de moléculas grandes, a energia da ligação é liberada e pode ser armazenada para uso, nas reações anabólicas.
- As plantas e as algas verdes são organismos autotróficos, mais especificamente fotoautotróficos, pois necessitam da luz (=foto) solar para conseguir produzir tais moléculas.

- Os animais, por outro lado, precisam se alimentar para conseguir diretamente as moléculas grandes e por isso são chamados heterotróficos.
- A fotossíntese é o processo responsável pela energia que promove a construção dos organismos, de forma direta (plantas, algas e cianobactérias) e, de forma indireta (animais que se alimentam de plantas e de outros animais).
- A luz do sol é necessária para a primeira fase da fotossíntese. Os fótons penetram nas folhas das plantas em três comprimentos de onda principais, o verde, o vermelho e o azul. Os comprimentos de ondas que não são absorvidos são refletidos. Os comprimentos de onda refletidos promovem a cor que vemos nas plantas. Os absorvidos são usados para gerar energia e moléculas construtoras do corpo das plantas.
- A respiração celular é uma troca em que oxigênio é consumido para quebrar o alimento e produzir gás carbônico, água e energia..
- Na respiração aeróbica (com oxigênio), são sintetizadas novas 38 moléculas de ATP para cada molécula de glicose quebrada com gasto de 2 moléculas de ATP no processo (saldo de 36 ATP). Na respiração anaeróbica (sem oxigênio – a glicólise), são gastos os mesmos 2 ATP e gerados apenas 4 ATP para cada molécula de glicose quebrada (saldo de 2 ATP no processo)..
- Todos os animais e todas as plantas (além de muitos outros organismos) fazem a respiração celular quando precisam de energia. A diferença é apenas na fonte de compostos orgânicos para os grupos.

Imagens

- André Guimarães

- Fonte: Autora Claudia Russo.

- http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:The_Sun_by_the_Atmospheric_Imaging_Assembly_of_NASA%27s_Solar_Dynamics_Observatory_-_20100819.jpg. Fonte: conteúdo livre.

- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Uncut_grass.jpg. Autor: Jeremy C. Schultz.

- Fonte conteúdo livre. http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Vaca2.jpg.

- http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/03/Woman_redhead_natural_portrait_1.jpg.

- http://www.flickr.com/photos/cidadevazia/2774452175/ – Gustavo Mandú.

- Fonte: conteúdo livre. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a8/Prisma.jpg.

- Fonte: Autor Brocken Inaglory. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Moonbow_at_lower_Yosemite_fall.jpg.

- Fonte: Domínio público. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Leaf_1_web.jpg.

- Fonte: Autor GFDL. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Plagiomnium_affine_laminazellen.jpeg.

- Fonte cloroplasto: autor: SuperManu. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Chloroplast.svg.

- Fonte: (maçã, conteúdo livre) http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Red_Apple.jpg.

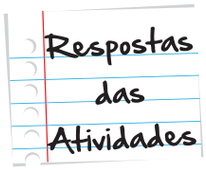
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Auto-and_heterotrophs.png Autor: Mikael Häggström.

- http://www.flickr.com/photos/pnash/6985861739/ – Pacific Northwest Safety and Health Center.

- http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Anavilhanas1.jpg.

- http://www.sxc.hu/photo/517386 • David Hartman.

- http://www.sxc.hu/985516_96035528.



Atividade 1

A afirmação é verdadeira: nós, humanos, também dependemos da energia solar para a construção e manutenção do nosso corpo.

A energia solar captada pelos vegetais é transformada em glicose através de processo de fotossíntese; em outras palavras, a energia física (luz) é transformada em energia química (a molécula de glicose). Essa molécula de açúcar é usada para a construção do corpo vegetal.

Ao nos alimentarmos dos vegetais (ou de animais herbívoros, como as aves), nós estamos usando essa mesma energia química para produzirmos as moléculas que nos dão energia e constroem o nosso corpo.

Atividade 2

(F) Os cloroplastos são organelas que produzem moléculas de glicose.

(V)

(F) A glicólise não faz parte do processo de fotossíntese.

(V)

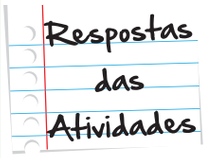
(F) Outros grupos de seres vivos além dos vegetais fazem fotossíntese. Um exemplo deles são as cianobactérias e as algas.

Atividade 3

As mitocôndrias de nossas células musculares realizam o processo de respiração para produzir energia. Neste, elas utilizam o gás oxigênio e a glicose, que provêm do sangue.

No entanto, quando a necessidade energética é muito alta, o oxigênio que chega não é suficiente e as células têm de produzir energia através de outro processo que não utiliza o O2 (ou seja, ele é anaeróbico). O resultado desse processo, nas células humanas, é uma substância chamada ácido lático que, quando se acumula no músculo, gera a cãibra.

Sendo assim, João sentiu câimbra porque seus músculos, ao longo do dia, demandaram muita energia e, por isso, suas células musculares precisaram produzir energia através do processo anaeróbico. Durante a sua corridinha até o ônibus, mais uma vez esse processo predominou e o nível de ácido lático muscular chegou a um ponto que gerou a dor característica da cãibra.



- O livro "Microcosmos", escrito, inclusive, por Lynn Margulis, criadora da Teoria endossimbiótica, fala sobre a evolução da vida a partir de uma perspectiva microbiana. É uma leitura bastante recomandada!

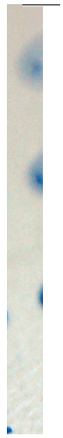
  "*Microcosmos*". Lynn Margulis & Carl Sagan. 2004. 1ª edição, Editora Cultrix.

- Mais um pouquinho mais sobre a evolução das células e a teoria endossimbiôntica? Então, leia:

  http://super.abril.com.br/ciencia/bacterias-amebas-fungos-planeta-microbios-439611.shtml

- Vamos fazer um experimento sobre a fotossíntese? Entre nessa página e siga as instruções corretamente.

  http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=16&SEM+CLOROFILA+NADA+DE+FOTOSSINTESE



O que perguntam por aí?

Questão 1 (ENEM 2011)

Moradores sobreviventes da tragédia que destruiu aproximadamente 60 casas no Morro do Bumba, na Zona Norte de Niterói (RJ), ainda defendem a hipótese de o deslizamento ter sido causado por uma explosão provocada por gás metano, visto que esse local foi um lixão entre os anos 1960 e 1980.

Jornal Web. Disponível em: http://www.ojornalweb.com. Acesso em: 12 abr. 2010 (adaptado).

O gás mencionado no texto é produzido

a. Como subproduto da respiração aeróbia bacteriana.

b. Pela degradação anaeróbia de matéria orgânica por bactérias.

c. Como produto da fotossíntese de organismos pluricelulares autotróficos

d. Pela transformação química do gás carbônico em condições anaeróbias.

e. Pela conversão, por oxidação química, do gás carbônico sob condições aeróbias.

Gabarito: Letra B.

Comentário: Algumas células, como a de algumas bactérias e fungos, não fazem respiração celular, a qual utiliza oxigênio e açúcares para produzir energia. Algumas delas produzem energia a partir de substâncias químicas orgânicas ou inorgânicas, processo chamado quimiossíntese. Dependendo de qual substância química é metabolizada pela célula, o metano pode ser formado ao final desse processo.

Questão 2 (ENEM 2009)

A fotossíntese é importante para a vida na Terra. Nos cloroplastos dos organismos fotossintetizantes, a energia solar é convertida em energia química que, juntamente com água e gás carbônico (CO_2), é utilizada para a síntese de compostos orgânicos (carboidratos). A fotossíntese é o único processo de importância biológica capaz de realizar essa conversão. Todos os organismos, incluindo os fotossintetizantes, aproveitam a energia armazenada nos carboidratos para impulsionar os processos celulares, liberando CO_2 para a atmosfera e água para a célula por meio da respiração celular. Além disso, grande fração dos recursos energéticos do planeta, produzidos tanto no presente (biomassa) como em tempos remotos (combustível fóssil), é resultante da atividade fotossintética.

As informações sobre obtenção e transformação dos recursos naturais por meio dos processos vitais de fotossíntese e respiração, descritas no texto, permitem concluir que

a. O CO_2 e a água são moléculas de alto teor energético.

b. Os carboidratos convertem energia solar em energia química.

c. A vida na Terra depende, em última análise, da energia proveniente do Sol.

d. O processo respiratório é responsável pela retirada de carbono da atmosfera.

e. A produção de biomassa e de combustível fóssil, por si, é responsável pelo aumento de CO_2 atmosférico.

Gabarito: Letra C.

Comentário: A energia física (luz) é captada pelos seres fotossintetizantes e, através, da fotossíntese, transformada em energia química. Essa dinâmica é o ponto inicial para uma cadeia de processos que culminam na construção das moléculas que constituirão os corpos dos seres vivos. E isso é válido tanto para aqueles que produzem inicialmente a energia química, quanto para os que se alimentarão posteriormente desses seres.

Questão 3 (ENEM 2007)

Ao beber uma solução de glicose ($C_6H_{12}O_6$), um corta-cana ingere uma substância

a. Que, ao ser degradada pelo organismo, produz energia que pode ser usada para movimentar o corpo.

b. Inflamável que, queimada pelo organismo, produz água para manter a hidratação das células.

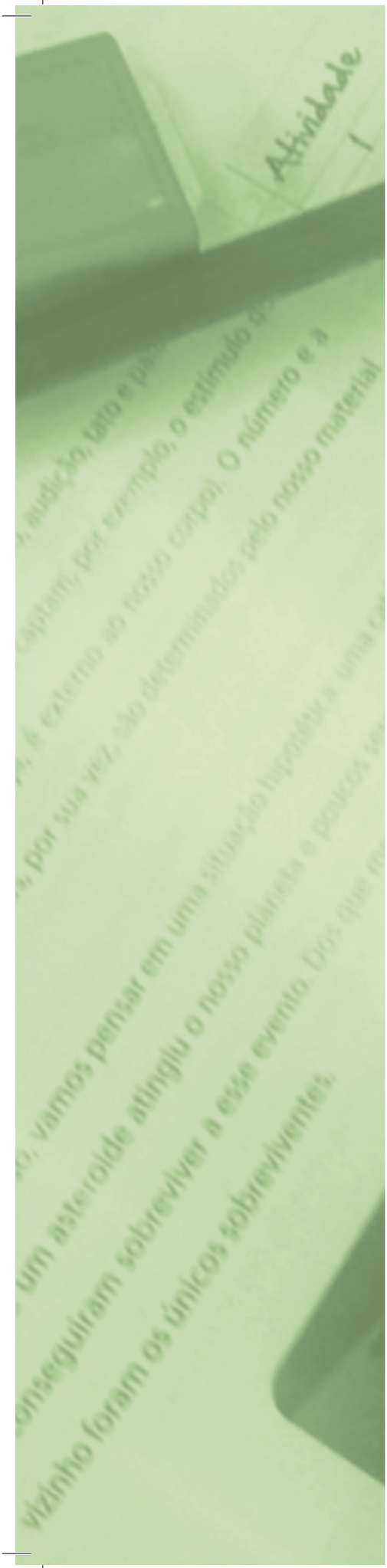
c. Que eleva a taxa de açúcar no sangue e é armazenada na célula, o que restabelece o teor de oxigênio no organismo.

d. Insolúvel em água, o que aumenta a retenção de líquidos pelo organismo.

e. De sabor adocicado que, utilizada na respiração celular, fornece CO_2 para manter estável a taxa de carbono na atmosfera.

Gabarito: Letra A.

Comentário: A molécula de glicose é degradada pelas células, mais especificamente pelas mitocôndrias, através do processo de respiração celular. Ao final deste, moléculas de ATP são produzidas, as quais são consideradas moléculas de energia, pois são os processos metabólicos celulares só ocorrem se elas estiverem presentes.



Membrana e organelas celulares

Para início de conversa...

Cada um no seu quadrado...

Se você já morou em uma vila ou em uma cidade pequena, com famílias diversas, uma morando próxima às outras, vai entender bem o que eu vou comentar agora.

Já ouviu o seu vizinho brigando com o filho porque ele não quer estudar? Eu já. E nessa briga, para tentar amenizar o castigo, meteu-se a avó do menino. E começou o bate-boca, no qual também entrou a mãe da criança.

A coisa ficou feia e a vizinhança começou a tocar na casa da família, mas o patriarca não deixou ninguém passar pela porta. De dentro de sua casa, ele gritou para quem quisesse ouvir:

"- Cada um no seu quadrado, minha gente! No meu, só entra quem eu convido."

Que bom que a casa dele tem muros e porta! Imagina se não tivesse?! A discussão, inicialmente pequena, não ia ter fim e a desordem seria total.

Mas você pode se perguntar: o que essa "fofocagem" tem a ver com a unidade? Eu respondo: na célula, seja ela procarionte ou eucarionte, ocorre a mesma situação.

Uma célula, assim como uma casa, para se tornar individualizada, precisa que algo delimite o seu espaço interno. Na casa, as paredes e as portas exercem essa função e, na célula, é a membrana plasmática quem a separa do ambiente externo.

Dentro da célula, ainda, há diversas estruturas cujas atividades objetivam a manutenção da vida celular. Essas são as organelas, que estão mergulhadas em um líquido celular, chamado citoplasma.

Figura 1: Uma casa, assim como a célula, é individualizada das outras ao seu redor. Na célula, no entanto, quem exerce essa função não é a parede e as portas e sim, a membrana plasmática.

Nessa unidade, você vai adentrar no mundo celular, conhecendo a composição e o funcionamento da membrana, e das organelas citoplasmáticas. Então se prepare para uma viagem ao mundo microscópico!

Objetivos de aprendizagem

- Reconhecer as principais características componentes das membranas biológicas;
- Identificar as diferentes organelas celulares com base em suas características funcionais e morfológicas.

Seção 1
Ao redor da célula, uma membrana

Como você sabe, as células organizam-se, formando tecidos, que, por sua vez, organizam-se dando origem aos órgãos. E embora as células trabalhem em conjunto para o correto funcionamento dos órgãos no organismo, cada célula mantém-se como um indivíduo único. Mas como isso é possível?

A individualização celular dá-se graças à membrana plasmática, que envolve as células, definindo seus limites e permitindo que cada unidade seja distinguida do meio ao seu redor.

Além de garantir a individualidade da célula, a membrana plasmática é responsável pela organização dos compartimentos internos e é muito importante para **sua** proteção e comunicação com o meio externo, e com outras células, controlando a entrada e saída de diversas substâncias.

Nesta seção, você vai conhecer os principais componentes da membrana plasmática, entender qual a importância dessa estrutura para a célula e como permite que ela se comunique com o meio ao seu redor.

Estrutura da membrana plasmática

Na década de 1970, os pesquisadores Singer e Nicolson propuseram um modelo de membrana plasmática que é o mais aceito até os dias de hoje e é denominado *Modelo do Mosaico Fluido.* Um mosaico é uma estrutura composta por diversas peças justapostas, ou seja, uma colocada do lado da outra.

Assim, segundo os cientistas, é a membrana plasmática. Ela seria formada por uma dupla camada de lipídeos (bicamada lipídica), onde estão "encaixadas" moléculas de proteínas. As proteínas não teriam posição fixa e sim, seriam capazes de se deslocar ao longo dessa estrutura. Por isso, a denominação de mosaico "fluido", já que as estruturas possuiriam movimentos livres (Figura 2).

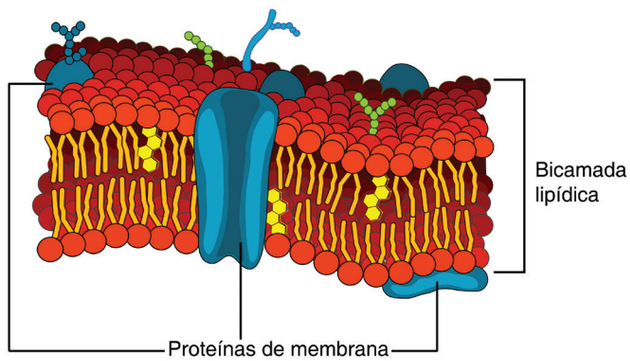


Figura 2: Segundo o modelo do mosaico fluido, diversos tipos de proteínas (na imagem, em azul ou verde) estariam entremeados na bicamada de lipídeos, podendo se deslocar livremente ao longo da estrutura.

Mas quem são e como se organizam os principais componentes das membranas plasmáticas? Bem, as principais moléculas de gordura (lipídeos) que compõem a bicamada lipídica de células eucariotas são os fosfolipídeos e o colesterol. Os fosfolipídios têm a função de manter a estrutura da membrana. Eles são moléculas de gordura associadas ao fosfato, em uma estrutura com a que apresentamos na Figura 3. Parece um exagero de Química mencionar isso, mas essa é umas das coisas mais importantes das propriedades das membranas plasmáticas, que explica, inclusive, o motivo de ser uma bicamada, e não uma camada única a formá-las.

Os lipídios são moléculas apolares, o que significa, dentre outras coisas, que eles repelem moléculas de água, por exemplo, que são moléculas polares. É mais ou menos o mesmo que água e óleo, que não se misturam porque, quimicamente, se repelem. O problema é que os nossos fluidos corporais e as nossas células são repletos de água. Assim, como seria possível uma membrana que repelisse a água?

Aqui, que entra o fosfato. O fosfato é uma molécula polar e, por isso, que interage bem com a água. A ligação do fosfato com o lipídeo faz com que o fosfolipídeo formado tenha uma parte polar (que pode ficar em contato tanto com o citoplasma das células quanto com o meio extracelular) e uma parte apolar.

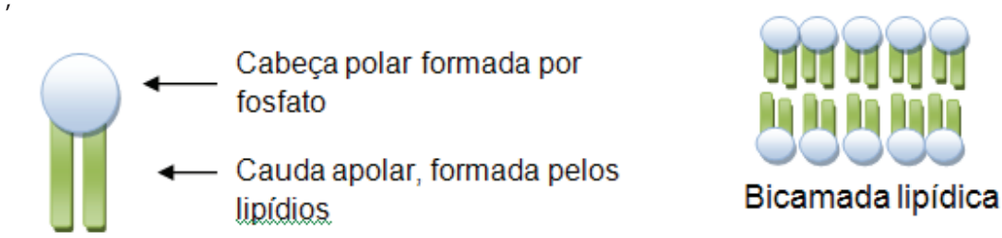


Figura 3:Estrutura básica de um fosfolipídio, composto pela cabeça polar e cauda apolar. Na formação da bicamada, as caudas apolares ficam "no miolo" da bicamada e as cabeças polares em contato com o citoplasma e com o meio extracelular.

Como já apontado, as proteínas também são partes estruturais da membrana plasmática. Elas possuem diferentes estruturas e exercem grandes variedades de funções. Dessa maneira, podem atravessar completamente a bicamada lipídica (sendo chamadas de proteínas transmembrana), ou atravessar apenas uma das camadas, ou apenas estar ancorada em um dos lados da bicamada.

O conjunto proteico da membrana pode atuar nos mecanismos de transporte, organizando verdadeiros túneis, que permitem a passagem de substâncias para dentro e/ou para fora da célula (canal de proteínas), como por exemplo, os canais que permitem a entrada de glicose na célula. Podem funcionar como receptores de membrana, encarregadas de receber sinais de substâncias que levam alguma mensagem para a célula, como por exemplo, o receptor de insulina, que ao se ligar a insulina, envia sinal para a célula de que a glicose tem que entrar. É possível ainda que favoreçam a adesão de células adjacentes em um tecido ou servir como ponto de ancoragem para o citoesqueleto

O citoesqueleto é uma parte importante da estruturação da célula: ele é formado por uma rede de filamentos de proteínas que dá forma às células, auxiliando, inclusive, no transporte das coisas dentro das células. Vamos voltar a ele mais adiante, quando estivermos falando de outras organelas.

Voltando ás proteínas de membrana, existem também moléculas de açúcares (carboidratos), que podem se associar tanto às proteínas como aos lipídios, dando origem a glicoproteínas e glicolipídios, respectivamente. Essas estruturas são bastante importantes para algumas interações célula-célula, pois permitem a ligação transitória entre os açúcares e assim mantêm as células aderidas momentaneamente. Essa adesão ocorre, por exemplo, entre o espermatozoide e o óvulo, e extremamente importante para a fecundação (**Figura 3**).

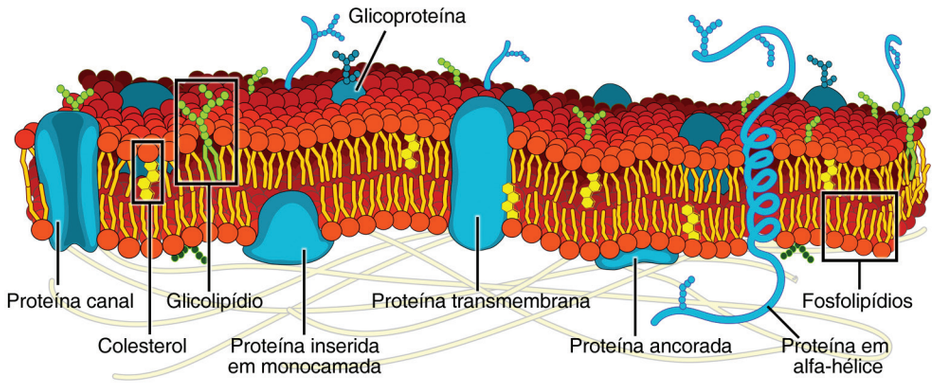
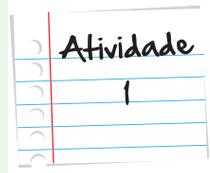


Figura 4: Distribuição dos componentes da membrana celular e os diferentes tipos de proteínas presentes nas membranas plasmáticas.

Membrana plasmática

Faça um desenho esquemático do modelo de mosaico fluido da membrana plasmática, indicando seus principais componentes. Lembre-se de identificar onde está o citoplasma (parte interior da célula) e o meio extracelular (parte exterior à célula).



Anote suas respostas em seu caderno

Transporte através da membrana plasmática

Se existe uma "barreira" que individualiza a células, como a célula faz para "driblá-la" e interagir com o meio ao seu redor? Bem, para que você compreenda essa dinâmica, é importante saber que a membrana plasmática é uma estrutura que permite a passagem apenas de certas substâncias químicas. Isso promove uma seleção de quem entra e quem sai da célula.

A membrana plasmática, portanto, é seletivamente permeável, uma vez que permite a passagem livre de solvente (como por exemplo, a água) e de apenas alguns tipos de solutos (partícula dissolvida, como por exemplo, sal de cozinha).

A passagem de substâncias pela membrana plasmática pode ocorrer por diferentes mecanismos, sendo os mais importantes:

- osmose;
- difusão simples;
- difusão facilitada;
- bomba de sódio e potássio;
- endocitose;
- exocitose.

Os três primeiros são classificados como transporte passivo, uma vez que ocorrem sem gasto de energia pela célula. Já os outros três são classificados como transporte ativo, pois requerem gasto de energia para acontecerem.

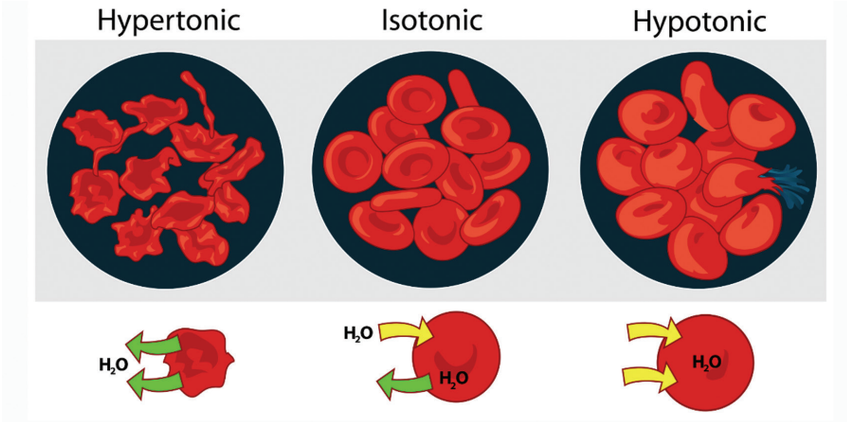
A osmose consiste na passagem de solvente de um meio menos concentrado para um meio mais concentrado. Uma solução mais concentrada, ou seja, com mais soluto do que solvente é chamada de hipertônica, enquanto uma solução menos concentrada é chamada de hipotônica.

Imagine a seguinte situação: duas soluções, uma hipertônica (mais concentrada) em relação à outra, em um recipiente no qual elas fiquem separadas por uma membrana semipermeável. O que acontecerá com o solvente?

Eu lhe respondo: por osmose, a água vai atravessar a membrana no sentido da solução hipotônica para a hipertônica até que as duas apresentem concentrações iguais, tornando-se assim *isotônicas.* A pressão com a qual a água é forçada a atravessar a membrana é chamada de *pressão osmótica* (Figura 5A).

Saiba Mais

Osmose e a deformação celular



A osmose pode provocar alterações de volume celular. Uma hemácia humana é isotônica em relação a uma solução de cloreto de sódio (sal de cozinha) a 0,9% ("solução fisiológica").

Caso ela seja colocada em um meio com maior concentração (hipertônico), perderá água e murchará. Se, no entanto, estiver em um meio mais diluído (hipotônico), absorverá água por osmose e aumentará de volume, podendo romper sua membrana (hemólise).

A difusão simples consiste na passagem de solutos de um meio mais concentrado para um meio menos concentrado. A esta diferença de concentração é dado o nome de gradiente de concentração. O processo de difusão simples é normalmente bastante lento e só vai cessar, quando se atingir um equilíbrio na concentração do soluto (Figura 5B).

Já a difusão facilitada é a passagem de solutos de um meio mais concentrado para um meio menos concentrado, através da membrana plasmática, com o auxílio de proteínas, como proteínas carreadoras e proteínas canal. Muitas moléculas importantes para o metabolismo celular entram na célula por este mecanismo, como por exemplo, a glicose, outros açúcares, algumas vitaminas e aminoácidos. Tais substâncias não conseguiriam passar pela membrana sem as proteínas facilitadoras, pois ou são muito grandes ou são insolúveis em lipídios (Figura 5C).

A bomba de sódio e potássio consiste na passagem de solutos de um meio menos concentrado para um meio mais concentrado, ou seja, ela se dá contra gradiente de concentração. O transporte dos íons sódio e potássio ocorre com as suas associações a proteínas especiais presentes na membrana plasmática, *com gasto de energia* (Figura 5D).

A proteína chamada de bomba de sódio e potássio liga-se aos íons Na^+ (sódio) e K^+ (potássio), bombeando Na^+ para fora da célula e K^+ para dentro dela. A energia para o transporte ativo vem da quebra do ATP, a nossa moeda energética, sobre a qual falamos na unidade passada.

A endocitose consiste na captação de grandes moléculas, substâncias particuladas, e em casos especiais, até outras células do meio extracelular para o intracelular. Esse transporte ocorre através de vesículas formadas pela própria membrana plasmática, podendo ser de três tipos: fagocitose, pinocitose ou mediada por receptor (Figura 5E).

A fagocitose é uma forma especial de endocitose pela qual grandes partículas, tais como microrganismos e células mortas, são ingeridas por meio de grandes vesículas endocíticas chamadas *fagossomos*. Nos *protozoários,* a fagocitose é uma forma de alimentação, entretanto, para a maioria dos animais, é principalmente executada por células especializadas, chamadas de fagócitos profissionais.

Protozoários

Organismos constituídos de uma única célula (unicelulares), encontrados tanto no ambiente como parasitando animais, situação na qual podem causar doenças.

A exocitose consiste na excreção e secreção de substâncias do meio intracelular para o extracelular, através de vesículas formadas a partir da membrana de organelas da própria célula. A secreção ocorre por meio de duas rotas, a rota secretora **constitutiva**, a qual é realizada por todas as células, sendo essencial para o fornecimento de novos componentes para a membrana plasmática e para a excreção de proteínas solúveis. A outra rota é a secretora regulada, encontrada principalmente em células especializadas, na qual proteínas solúveis e outras substâncias são inicialmente estocadas em vesículas secretoras para posterior liberação. Alguns exemplos são células que secretam hormônios, neurotransmissores e enzimas digestivas (Figura 5F).

Constitutiva

Forma parte essencial de algo.

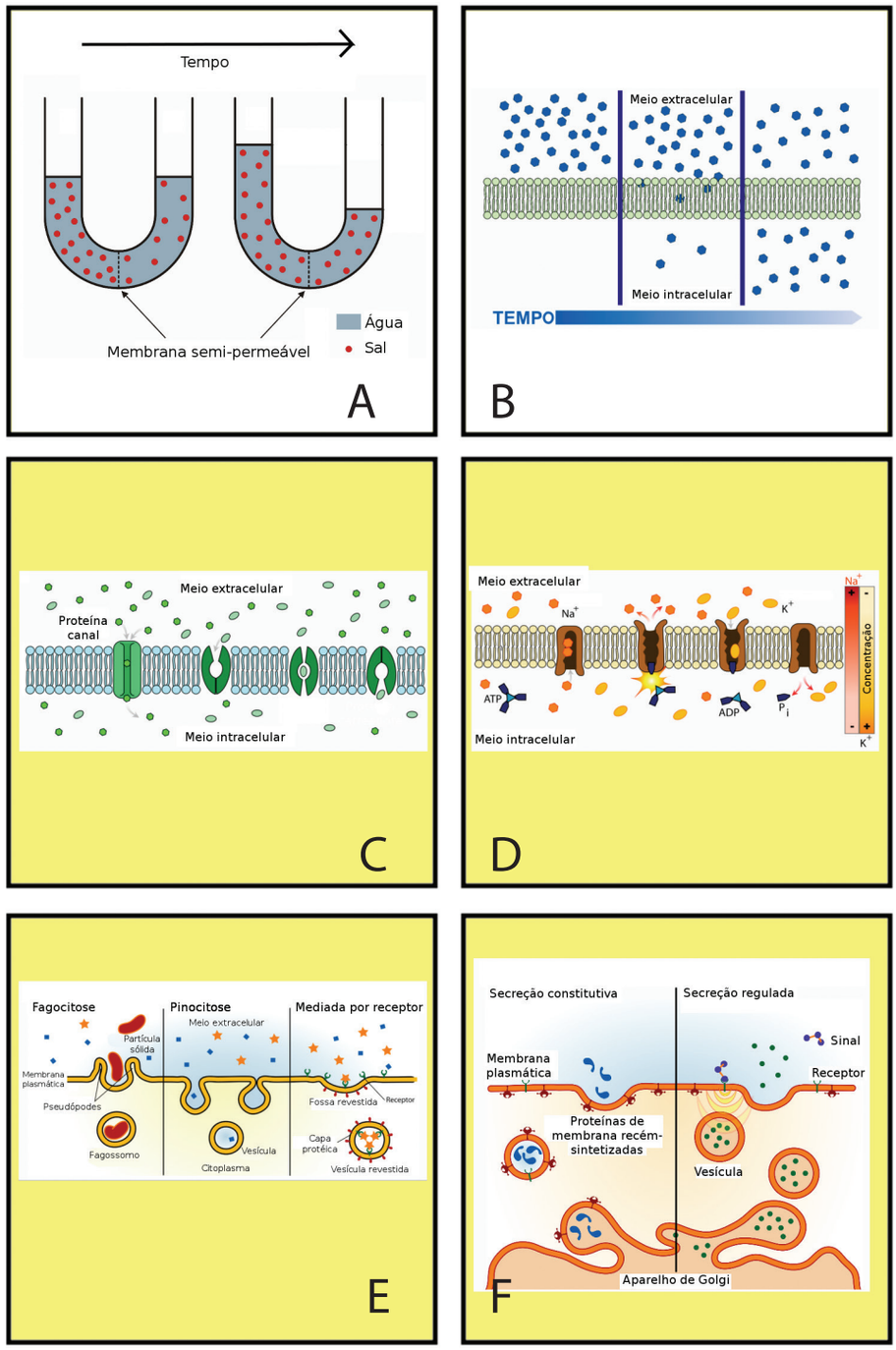
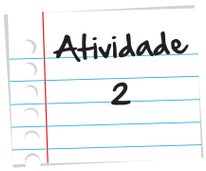
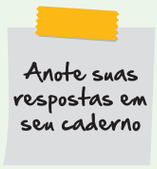


Figura 5: Diferentes mecanismos de transporte através de membranas celulares. **A)** Osmose: passagem de água do meio menos concentrado para o meio mais concentrado até que se atinja a mesma proporção água soluto (bolinha vermelha) em ambas soluções. **B)** Difusão simples: passagem de soluto (bolinhas azuis) do meio mais concentrado para o menos concentrado. **C)** Difusão facilitada: passagem de soluto (bolinhas verdes claro e escuro) do meio mais concentrado para o menos concentrado com auxílio de proteínas (canal ou carreadoras). **D)** Bomba sódio e potássio: passagem de sódio (Na^+ = bolinha laranja) e potássio (K^+ = bolinha amarela) contra gradiente de concentração, ou seja, do meio menos concentrado para o meio mais concentrado, com gasto de energia. **E)** Endocitose: captação de partículas sólidas como, alimentos, organelas e até outras células (estrutura em vermelho), com formação de vesículas a partir da membrana plasmática – o fagossomo . **F)** Exocitose: secreção de substâncias a partir de vesículas do aparelho de Golgi, como proteínas de exportação (rota constitutiva), ou hormônios e enzimas digestivas (rota regulada).



Sem comunicação não há solução!

A membrana plasmática que delimita as células permite a passagem seletiva de substâncias do meio extracelular para o meio intracelular e vice-versa. Cite três exemplos de mecanismos de transporte de substâncias pela membrana plasmática, identificando-os como passivo ou ativo e definindo pelo menos um deles.



Seção 2
Diga-me o que tens e te direis quem és...

Como você viu na seção anterior, as membranas celulares são muito importantes para proteger e permitir a comunicação entre as células, controlando a entrada e saída de diversas substâncias. Mas o que acontece no interior da célula depois que substâncias entram? E por que substâncias saem da célula?

As células eucarióticas possuem diversos compartimentos internos, envoltos por membranas biológicas semelhantes à membrana plasmática. Esses compartimentos são chamados de organelas. Cada organela possui uma estrutura e função única, o que permite à célula realizar todas as suas funções básicas**:** respirar, alimentar-se, manter suas próprias estruturas.

Nesta seção, você vai conhecer as principais organelas celulares, aprender sua morfologia e entender como elas funcionam.

Retículo endoplasmático

O retículo endoplasmático é uma organela exclusiva de células eucariontes, sendo constituído por uma rede de túbulos e vesículas achatadas e interconectadas, que se comunica com o núcleo.

Existem dois tipos de retículos, classificados de acordo com a presença ou ausência de ribossomos em sua superfície externa (voltada para o citoplasma): rugoso (também chamado granular) ou liso (também chamado agranular), respectivamente.

O retículo endoplasmático rugoso (RER), também chamado de ergastoplasma, tem aspecto granuloso devido à presença de ribossomos aderidos à sua superfície. Já o retículo endoplasmático liso (REL) é formado por estruturas membranosas tubulares, sem ribossomos aderidos, e, portanto, de superfície lisa (Figura 6).

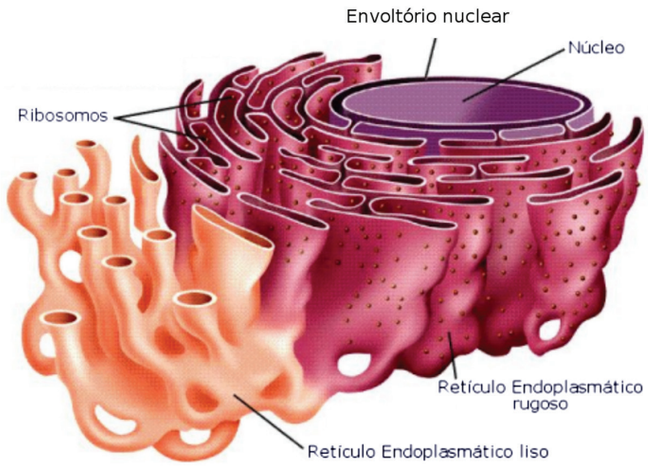


Figura 6: Retículo endoplasmático rugoso e liso.

Os REL e RER são muito importantes para a manutenção das funções celulares, pois atuam como uma rede de transporte, armazenamento e síntese de substâncias no interior da célula e para o seu exterior.

O retículo endoplasmático liso (REL) é responsável pela síntese de lipídios, como o colesterol (um dos componentes da membrana plasmática) e de hormônios sexuais, como a **testosterona** e o **estrogênio**. Além disso, o REL é responsável em parte pelo processo de desintoxicação das células, quando diante do consumo excessivo de álcool e alguns medicamentos. O REL absorve essas substâncias, modificando-as ou destruindo-as, impedindo que causem danos ao organismo.

Testosterona

Hormônio responsável pelas características secundárias masculinas, tais como voz grossa e pelos no corpo. Voltaremos a falar desse hormônio na Unidade 4 do Módulo 3!

Estrogênio

Estrogênio: hormônio responsável pelas características secundárias femininas. Voltaremos a falar desse hormônio na Unidade 4 do Módulo 3!

Já o retículo endoplasmático rugoso (RER), devido a sua associação com os ribossomos, é responsável pela síntese de proteínas. Estas serão encaminhadas: para a membrana plasmática; para as membranas de outras organelas; para fora da célula, como por exemplo, os anticorpos (que nos defendem de microorganismos e de algumas substâncias nocivas) e algumas enzimas.

Ribossomos

Os ribossomos são compostos por duas subunidades: uma grande, chamada de 60S em eucariotos, e outra pequena, chamada de 40S em eucariotos, que se encaixam entre si para formar o ribossomo completo (Figura 7). A subunidade pequena é responsável por orientar a adição de aminoácidos, durante a síntese proteica, enquanto a subunidade maior é responsável por catalisar a formação das cadeias peptídicas, ligando os aminoácidos entre si, originando uma nova cadeia polipeptídica (a proteína em si).

Os ribossomos podem ser encontrados livres no citoplasma ou, como você já sabe, associados às membranas do retículo endoplasmático.

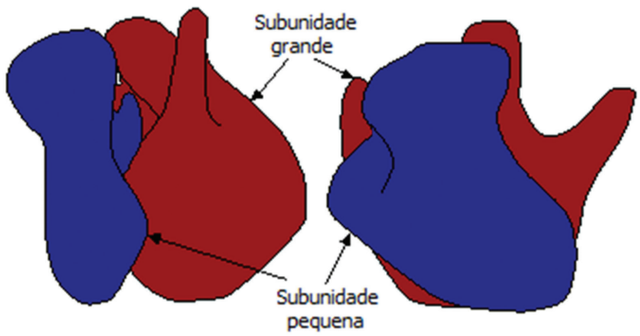


Figura 7: Estrutura dos ribossomos. Os ribossomos possuem duas subunidades, uma subunidade pequena, representada em azul, e uma subunidade grande, representada em vermelho.

Quando a síntese de proteínas não está ativa, as duas subunidades do ribossomo encontram-se separadas. O mesmo ocorre quando essa organela libera a proteína finalizada. Ou seja, as subunidades ribossomais unem-se somente durante a síntese proteica, quando estão ligadas a uma fita de RNA mensageiro (RNAm) (Figura 8). Ao processo de síntese de proteínas é dado o nome de tradução.

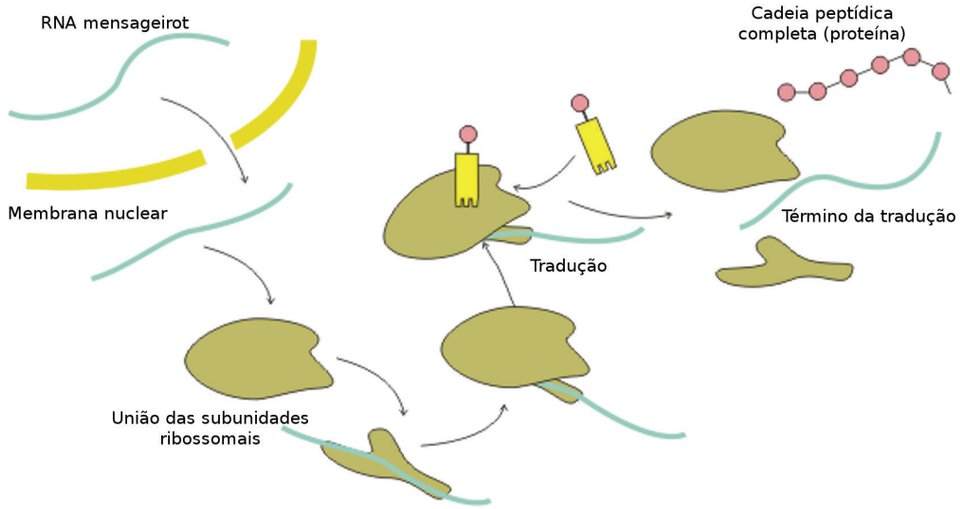


Figura 8: Síntese proteica. As subunidades ribossomais unem-se para se ligarem ao RNA mensageiro, levando, assim, à formação de novas proteínas. Mas ao término da tradução, as subunidades separam-se novamente.

Aparelho de Golgi

O aparelho de Golgi consiste de uma coleção de sacos achatados (chamados cisternas) definidos por membranas lipoproteicas, assemelhando-se, de certa forma, a uma pilha de panquecas. Normalmente, está localizado próximo ao núcleo celular. Cada cisterna do Golgi possui duas faces distintas: uma face *cis*, ou face de entrada, e uma face *trans*, ou face de saída (Figura 9).

O aparelho de Golgi atua como centro de armazenamento, transformação, empacotamento e distribuição de substâncias na célula. Muitas das substâncias que passam pelo aparelho de Golgi serão eliminadas da célula, indo atuar em diferentes partes do organismo. É o que ocorre, por exemplo, com as enzimas digestivas produzidas e eliminadas pelas células de diversos órgãos (estômago, intestino, pâncreas etc.).

O principal papel dessa organela é a eliminação de substâncias que atuam fora da célula, processo genericamente denominado secreção celular. Além disso, essa organela é responsável pela formação de lisossomos primários, que são vesículas liberadas pelo Golgi repletas de enzimas digestivas. Elas atuarão no interior da célula, promovendo a **digestão intracelular**.

Digestão intracelular
Quebra das macromoléculas provenientes provinientes dos alimentos, ou de outras estruturas celulares em moléculas menores; ocorre no interior das células.

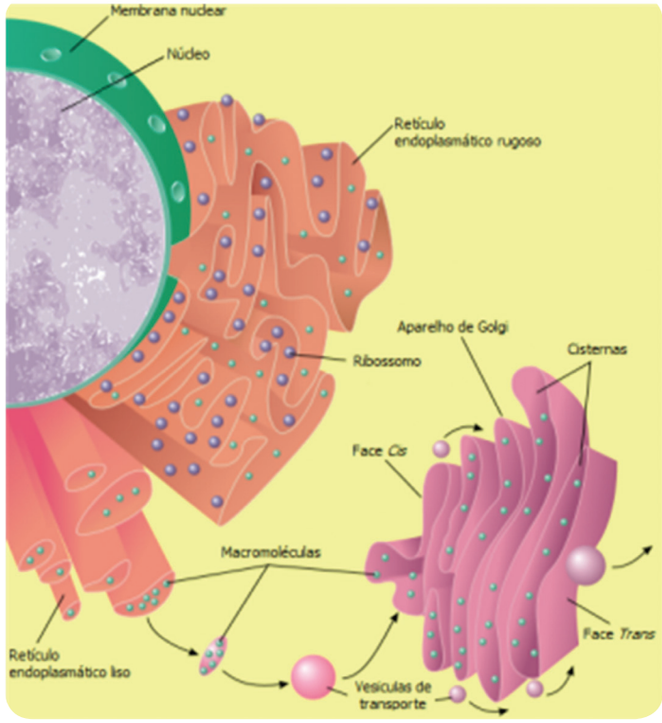


Figura 9: Estrutura e localização do aparelho de Golgi. O aparelho de Golgi é formado por uma pilha de sacos achatados e normalmente se localiza próximo ao núcleo. Macromoléculas produzidas no REL, como os hormônios sexuais, por exemplo, são encaminhados para o Golgi em vesículas de transporte. No Golgi, essas moléculas são preparadas para serem secretadas.

Lisossomos

Os lisossomos são organelas definidas por membranas oriundas do aparelho de Golgi e preenchidas por enzimas digestivas, produzidas pelo retículo endoplasmático rugoso. A principal função dos lisossomos é realizar a digestão intracelular, que pode ocorrer de duas maneiras: como heterofagia ou como autofagia.

A heterofagia é a digestão de substâncias que penetram na célula por endocitose. AQuebra das macromoléculas provenientes provinientes dos alimentos, ou de outras estruturas celulares em moléculas menores; ocorre no interior das células. As moléculas geradas serão utilizadas na fabricação de novas substâncias e no fornecimento de energia à célula. O que não for utilizado sofrerá posterior eliminação.

Já a autofagia é a digestão das próprias estruturas celulares, que ocorre em casos de insuficiência nutricional e, em condições normais, para a renovação das organelas citoplasmáticas . Veja a Figura 10, a seguir, para entender melhor estes dois processos

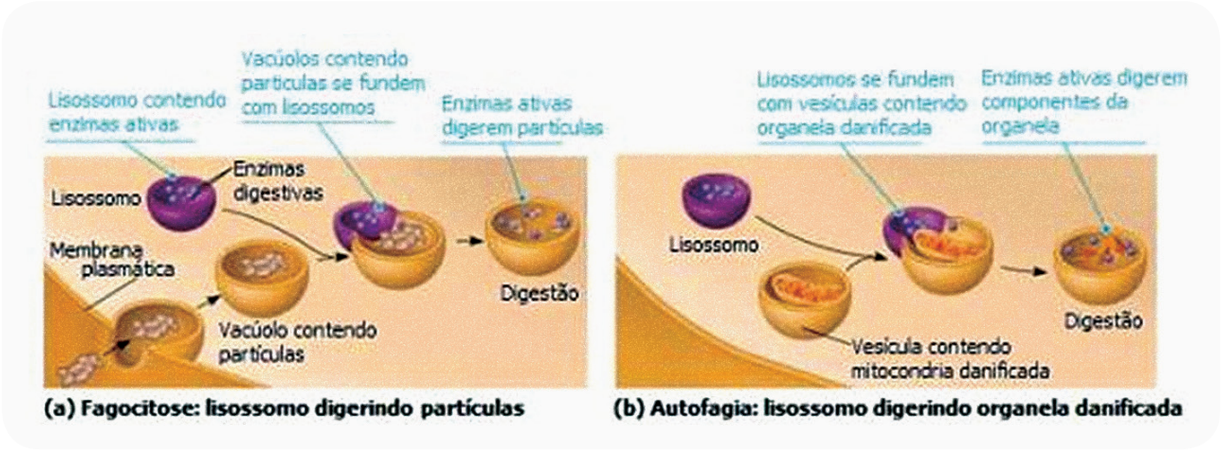


Figura 10: Lisossomos e a digestão intracelular. (a) Fagocitose: após a captação de partículas sólidas, a vesícula formada – o fagossomos ou vacúolo – funde-se ao lisossomo, que está repleto de enzimas ativas. Após essa fusão, as enzimas irão digerir as partículas captadas, convertendo-as em moléculas menores. (b) Autofagia: quando uma organela na célula está muito velha ou danificada, essa estrutura é envolvida por vesículas que se fundem com o lisossomo. Essa fusão permite a digestão, ou seja, a ação das enzimas ativas sobre a organela contida na vesícula.

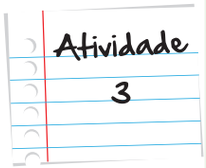
O tráfego dentro das células

Uma das maiores surpresas para quem inicia, assim como você, o estudo de biologia celular é saber que as organelas dentro da célula não estão simplesmente "boiando" no citoplasma, mas sim que há uma rede de filamentos orientando o movimento dessas coisas.

Para saber um pouco mais sobre o citoesqueleto (que, como você verá na próxima unidade, tem papel super importante na divisão das células), indico este link:

- http://www.ufrgs.br/biologiacelularatlas/cito.htm.

Saiba Mais



Como as coisas funcionam.

Relacione as organelas listadas abaixo com suas respectivas funções.

1. Retículo endoplasmático ( ) Responsável principalmente pela secreção celular
2. Lisossomos ( ) Responsável pelo digestão intracelular
3. Ribossomos ( ) Responsável pela síntese, transporte e armazena mento de substâncias
4. Aparelho de Golgi ( ) Responsável pela síntese de proteínas

Anote suas respostas em seu caderno

As organelas que você conheceu, juntamente à membrana, estruturam a unidade da vida. Elas, em conjunto, exercem todas as atividades que permitem aos seres vivos manterem o seu metabolismo.

Uma parte fundamental da célula, e que já mencionamos em outras unidades, é o núcleo, onde fica o material genético. Sobre este componente tão importante da célula e como ela se divide para dar origem a outras células é o que você vai aprender na próxima unidade. Até já!

Resumo

- As células possuem um envoltório, chamado membrana plasmática, que lhes conferem proteção e comunicação com outras células e com o meio que as cerca;
- A membrana plasmática é uma estrutura lipoproteica, ou seja, constituída basicamente de lipídios e proteínas, que se organizam em uma bicamada de lipídios com as proteínas inseridas nesta estrutura, lembrando um mosaico fluido;
- Os principais lipídios encontrados em membranas de células animais são os fosfolipídios e o colesterol;

- As proteínas presentes nas membranas celulares possuem diferentes funções e estruturas e podem estar inseridas completamente na bicamada lipídica, em apenas uma monocamada, ou mesmo apenas ancoradas;
- A comunicação das células umas com as outras e com o meio externo se dá por diferentes mecanismos, que compreendem desde a passagem livre de água pela membrana até a passagem de grandes moléculas como açúcares e aminoácidos através de proteínas que funcionam como canais ou carreadoras;
- No interior da célula encontramos estruturas bem organizadas e delimitadas por membranas biológicas, chamadas organelas. As organelas são fundamentais para que a célula possa exercer suas funções básicas, como se alimentar, respirar e manter suas estruturas;
- O retículo endoplasmático é essencial para a síntese de proteínas (retículo endoplasmático rugoso) e lipídios (retículo endoplasmático liso) que irão garantir a manutenção, por exemplo, da membrana plasmática, enquanto o aparelho de Golgi vai garantir o correto endereçamento dessas proteínas e lipídios.
- Os ribossomos são importantes durante o processo de tradução das proteínas.
- Os lisossomos são organelas responsáveis pelo processo de digestão intracelular, digerindo com as enzimas que carregam coisas que são endocitadas pela célula ou restos da própria célula que precisam ser destruídos para que haja renovação.

Veja ainda

- vídeo-aula que faz uma revisão mais aprofundada sobre a função e estrutura da membrana plasmática: http://goo.gl/QrZek.
- vídeo-aula sobre difusão simples e facilitada que contém animações: http://goo.gl/pA3M3.
- vídeo-aula sobre osmose e transporte ativo que contém animações: http://goo.gl/tloVY.
- vídeo animado que ajuda a visualizar melhor como funcionam os lisossomos: http://goo.gl/lkQLl.
- vídeo feito por alunos do Ensino Médio, do Colégio Heitor Villa-Lobos, sobre as organelas celulares. Bastante criativo! http://goo.gl/1pYb3.

Referências

Alberts, B.; Johnson, A.;Lewis, J.; Raff, M.;Roberts, K.; Walter, P. **Molecular Biology of the Cell**. 4th edition. New York: Garland Science, 2002. 1400p.

Imagens

• André Guimarães

• http://www.flickr.com/photos/dhammza/3912611323/ • Daniel Horacio Agostini.

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kanalprotein_01.png.

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cell_membrane_detailed_diagram_blank.svg

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Osmotic_pressure_on_blood_cells_diagram.svg

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Osmose_en.svg

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scheme_simple_diffusion_in_cell_membrane-fr.svg

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scheme_facilitated_diffusion_in_cell_membrane-en.svg

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scheme_sodium-potassium_pump-en-2.svg

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Endocytosis_types.svg

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Exocytosis_types.svg

• http://www.escuelapedia.com/reticulo-endoplasmatico/

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ribosome_structure.png

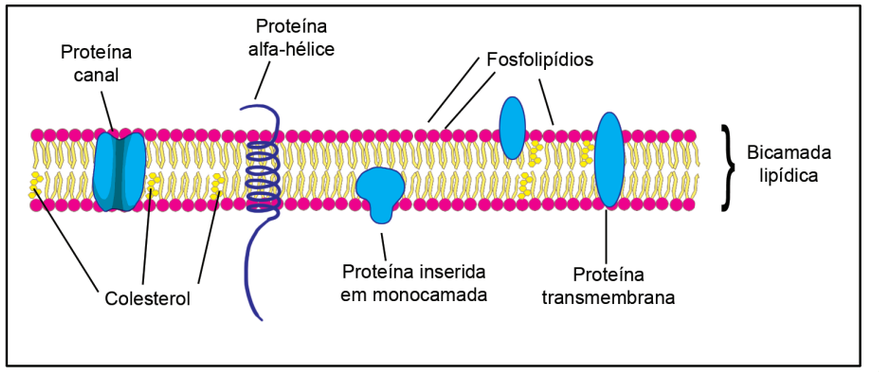
- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Peptide_syn1.png

- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nucleus_ER_golgi.svg

- (adaptada): http://cellspd5spering.wikispaces.com/Lysosome

Respostas das Atividades

Atividade 1



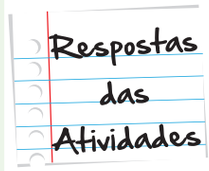
Atividade 2

Transportes passivos, ou seja, sem gasto de energia pela célula: osmose, difusão simples e difusão facilitada. Transportes ativos, ou seja, requerem gasto de energia pela célula: bomba sódio e potássio, endocitose e exocitose.

Definições:

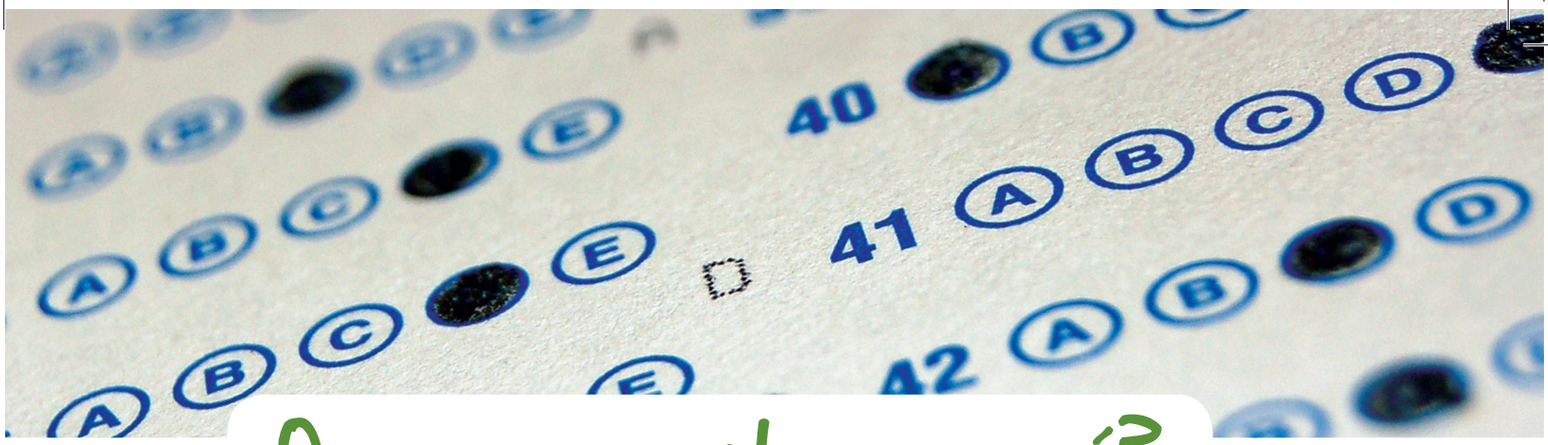
1. Osmose: consiste na passagem de solvente de um meio menos concentrado para um meio mais concentrado;
2. Difusão simples: consiste na passagem de solutos de um meio mais concentrado para um meio menos concentrado (gradiente de concentração);
3. Difusão facilitada: consiste na passagem de solutos insolúveis em lipídios de um meio mais concentrado para um meio menos concentrado através da associação com proteínas presentes na membrana plasmática, como proteínas carreadoras e proteínas canal;
4. Bomba sódio e potássio: consiste na passagem de solutos de um meio menos concentrado para um meio mais concentrado (contra gradiente de concentração) através da associação com proteínas presentes na membrana plasmática, com gasto de energia;

5. Endocitose: consiste no transporte de grandes moléculas ou até partículas constituídas por agregados moleculares do meio extracelular para o intracelular através de vesículas formadas pela própria membrana plasmática, podendo ser de três tipos: fagocitose, pinocitose ou mediada por receptor;
6. Exocitose: consiste na excreção e secreção de substâncias do meio intracelular para o extracelular através de vesículas formadas a partir da membrana de organelas da própria célula.



Atividade 3

Ordem da numeração: 4; 2; 1; 3.



O que perguntam por aí?

Questão 1 (UFAC)

Quimicamente, a membrana celular é constituída principalmente por;

a. Acetonas e ácidos graxos

b. Carboidratos e ácidos nucleicos.

c. Celobiose e aldeídos.

d. Proteínas e lipídios.

e. RNA e DNA.

Gabarito: Letra D.

Comentário: A membrana plasmática é uma estrutura lipoproteica, organizada como uma bicamada lipídica, contendo proteínas inseridas nesta bicamada.

Questão 2 (UFF 1994)

A membrana plasmática é constituída de uma bicamada de fosfolipídios, onde estão mergulhadas moléculas de proteínas globulares. As proteínas aí encontradas:

a. Estão dispostas externamente, formando uma capa que delimita o volume celular e mantém a diferença de composição molecular entre os meios intra e extracelular.

b. Apresentam disposição fixa, o que possibilita sua ação no transporte de íons e moléculas através da membrana.

c. Têm movimentação livre no plano da membrana, o que permite atuarem como receptores de sinais.

d. Dispõem-se na região mais interna, sendo responsáveis pela maior permeabilidade da membrana a moléculas hidrofóbicas.

e. Localizam-se entre as duas camadas de fosfolipídios, funcionando como um citoesqueleto, que determina a morfologia celular.

Gabarito: Letra C.

Comentário: A membrana plasmática possui uma estrutura de mosaico fluido, onde a bicamada lipídica é fluida e as proteínas ali inseridas podem movimentar-se livremente nesta estrutura, realizando das mais variadas funções.

Questão 3 (UFES 1990)

As moléculas de glicose atravessa a membrana celular das células intestinais, combinadas com moléculas transportadoras, denominadas permeases. Esse processo é denominado:

a. Transporte de massa.

b. Difusão facilitada.

c. Endocitose.

d. Transporte passivo.

e. Ormose.

Gabarito: Letra B.

Comentário: A difusão facilitada consiste na passagem de moléculas maiores como açúcares (por exemplo, glicose) e aminoácidos pela membrana plasmática com o auxílio de proteínas canal ou carreadoras. Permeases são proteínas carreadoras (ou transportadoras).

Questão 4 (FESP)

É prática comum temperarmos a salada com sal, pimenta-do-reino, vinagre e azeite. Porém, depois de algum tempo, observamos que as folhas vão murchando. Isto se explica porque:

a. O meio é mais concentrado do que as células.

b. O meio é menos concentrado do que as células.

c. O meio apresenta concentração igual à das células vegetais.

d. As células do vegetal ficam túrgidas quando colocadas em meio hipertônico.

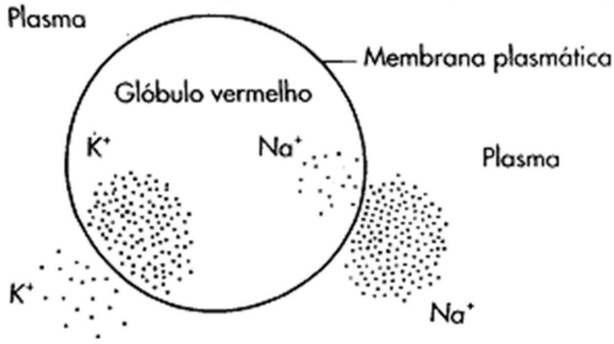
e. Por uma razão diferente das citadas acima.

Gabarito: Letra A.

Comentário: O mecanismo de osmose consiste na passagem de água livremente do meio hipotônico (menos concentrado) para o meio hipertônico (mais concentrado). Assim, quando adicionamos tempero a uma salada, estamos tornando o meio hipertônico em relação ao meio intracelular das folhas.

Questão 5 (UFMG)

12) (UFMG-MG) O esquema abaixo representa a concentração de íons dentro e fora dos glóbulos vermelhos. A entrada de K^+ e a saída de Na^+ dos glóbulos vermelhos pode ocorrer por:



a) transporte passivo.
b) plasmólise.
c) osmose.
d) difusão.
e) transporte ativo.

Gabarito: Letra E.

Comentário: O transporte ativo representado aqui é a bomba de sódio e potássio. Esse mecanismo permite a troca de substâncias entre a célula e o meio externo contra o gradiente de concentração, ou seja, as substâncias passarão do meio menos concentrado para o meio mais concentrado, e assim, o K^+ entra na célula e o Na^+ sai dela.

Questão 6 (PUC-RJ)

Um material sintetizado por uma célula é "empacotado" para ser secretado para o meio externo no:

a. Retículo endoplasmático

b. Complexo de Golgi

c. Lisossomo

d. Nucléolo

e. Vacúolo secretor

Gabarito: Letra B.

Comentário: O complexo de Golgi, também chamado de aparelho de Golgi é a organela responsável pela secreção celular.

Questão 7 (U. Londrina)

Os grânulos que, ao microscópio eletrônico, são vistos sobre o retículo endoplasmático são:

a. Ribossomos.

b. Mitocôndrias.

c. Cito cromos.

d. Complexos de Golgi.

e. Vacúolos de pinocitose.

Gabarito: Letra A.

Comentário: Os ribossomos encontram-se associados ao reticulo endoplasmático rugoso (ou granular), que recebe este nome justamente por causa dessa associação.

Questão 8 (PUC-RS)

A inativação de todos os lisossomos de uma célula afetaria diretamente a:

a. Síntese proteica.

b. Digestão celular.

c. Síntese de aminoácidos.

d. Circulação celular.

e. Secreção celular.

Gabarito: Letra B.

Comentário: Os lisossomos são organelas responsáveis pela digestão celular, pois possuem em seu interior enzimas ativas oriundas do retículo endoplasmático.

Questão 9 (PUC-RJ)

Células do fígado possuem até duas mil mitocôndrias, ocupando cerca de 1/5 do seu volume. O número alto de mitocôndrias nestas células pode ser explicado porque as células hepáticas:

a. São maiores que as demais células do corpo.

b. Apresentam respiração aeróbica.

c. Têm grande atividade metabólica.

d. Têm volume citoplasmático maior que o nuclear.

e. Produzem enzimas digestivas em grande quantidade.

Gabarito: Letra C.

Comentário: As mitocôndrias são as organelas responsáveis pelo processo de respiração celular, que fornece energia para a célula, assim, células que possuem grande atividade metabólica, requerem maior gasto de energia e, portanto, possuem maior número de mitocôndrias.

Núcleo e ciclo celular

Para início de conversa...

Era como mágica. O ambiente estava preenchido, a música tomava conta do ar e das pessoas. Violinos, violoncelos, flautas... cada um perfeitamente encaixado na sua função de criar aquela "massagem para os ouvidos". Foi assim que me senti quando, pela primeira vez, ouvi uma orquestra se apresentando – a sensação de preenchimento e de bem-estar era enorme, emocionante.

Mas, para muito além das sensações, há uma coisa concreta sobre as orquestras que vale a pena observar: todos os músicos sabem e desempenham perfeitamente os seus papéis, a partir da orientação de um maestro. Com aqueles gestos supostamente simples dos seus braços e a "varetinha" em mãos, o maestro coordena aqueles vários músicos para que o produto final – a música – seja harmônico.

Figura 1: A apresentação de uma orquestra requer elevadíssima especialização dos músicos e fabulosa condução do maestro.

Uma analogia ao maestro de uma orquestra a gente pode fazer em relação ao núcleo da célula. Da mesma forma como o maestro determina, com seus gestos, o que os músicos da orquestra vão fazer e, ao cabo, que música tocarão e como a tocarão, o núcleo da célula determina, com seus genes, o que as diferentes partes da célula deverão realizar.

Nas células eucariontes, existe individualização de um núcleo celular. O núcleo é a organela responsável por guardar todas as informações essenciais à vida das células e é a partir dessas informações que pode desencadear uma série de processos que levam à passagem das informações de forma hereditária, conservando uma das importantes propriedades da vida, que vimos em unidades passadas. Essa passagem é explicada por como acontecem as divisões das células de um organismo – e este é o tema dessa nossa unidade!

Objetivos de aprendizagem

- Identificar as diferentes conformações e estruturas de um cromossomo;
- Reconhecer o fenômeno de crossing over e sua implicação para a diversidade biológica;
- Diferenciar mitose de meiose.

Seção 1
Viagem ao centro do meu ser

O núcleo é o centro de controle das atividades celulares e o "arquivo" das informações hereditárias (aquelas passadas de pai para filho), que a célula transmite às suas filhas ao se multiplicar. O comando do funcionamento celular, desempenhado pelo núcleo, deve-se à presença de moléculas de ácido desoxirribonucleico (DNA) em seu interior.

A função mais importante do DNA é guardar os genes. Neles estão as receitas para todas as proteínas que constituem um organismo, incluindo a informação sobre qual tipo de célula será produzido, e em que quantidade, e quando cada proteína deverá ser produzida.

Nesta seção, portanto, você conhecerá os principais componentes do núcleo celular. E estudará como a informação genética organiza-se e é guardada no núcleo e, também, como as células dividem-se e transmitem suas informações para os descendentes.

Carioteca

O núcleo, a maior organela das células animais, é envolto por duas membranas: uma externa, em contato com o citoplasma, e outra interna a esta. Cada uma delas, tal qual a membrana plasmática (que vimos na unidade anterior), é constituída de uma bicamada de fosfolipídios e muitos tipos diferentes de proteínas. A esse envoltório (ou envelope) nuclear é dado o nome de carioteca. Apenas células eucariotas possuem carioteca!

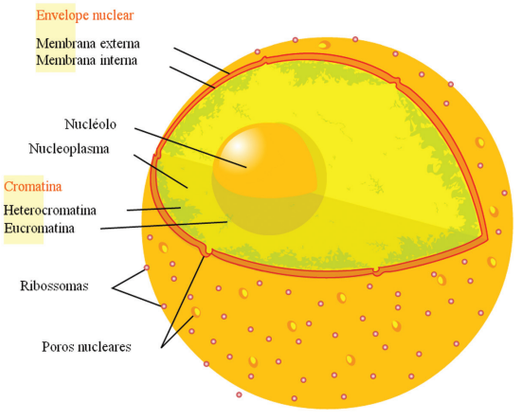


Figura 2: O núcleo celular possui um envoltório membranoso, chamado carioteca, que separa o conteúdo do núcleo do restante da célula, além de controlar a passagem de substâncias do núcleo para o citoplasma e vice-versa.

A carioteca é perfurada por milhares de poros, através dos quais determinadas substâncias entram e saem do núcleo. Os poros nucleares são mais do que simples aberturas. Em cada poro. existe uma complexa estrutura proteica que funciona com o uma válvula, abrindo-se para dar passagem a determinadas moléculas, fechando-se em seguida. Dessa forma, a carioteca, assim como a membrana plasmática para a célula, pode controlar a entrada e a saída de substâncias no núcleo (Figura 2).

Cromossomos e Cromatina

Cada célula humana contém aproximadamente dois metros de DNA de uma ponta à outra. No entanto, o núcleo celular, que abriga o DNA, tem somente cerca de seis micrometros! Considerando que um micrometro é um milhão (1.000.000) de vezes menor que um metro, você deve estar se perguntando: como o DNA é guardado no núcleo da célula?

Bem, o empacotamento do DNA é possível graças à presença de proteínas nucleares que se ligam à molécula de DNA, fazendo com que esta se enrole ao seu redor, como uma linha em torno de um carretel. Estas estruturas, então, enrolam-se umas nas outras, compactando-se ainda mais. A essa conformação compactada do DNA é dado o nome de cromossomo, que mencionamos lá na Unidade 4 do Módulo 1 (abordando como foram descobertos e doenças ligadas a eles, lembra?). E ao complexo "DNA + proteínas" é dado o nome de cromatina (Figura 3).

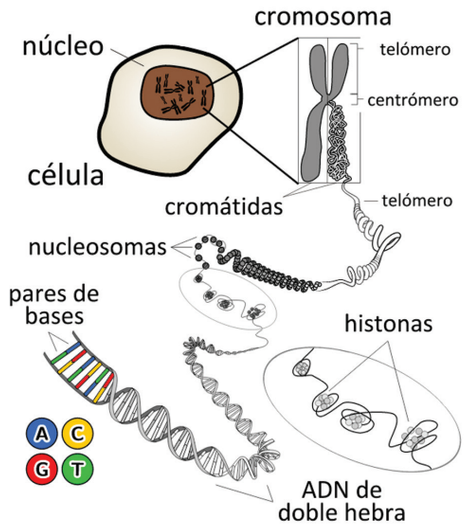


Figura 3: Compactação do DNA. À molécula de DNA associam-se proteínas nucleares que dirigem um processo de dobramento da molécula de maneira organizada até a formação de uma estrutura compacta – o cromossomo.

Ao longo de sua estrutura, um cromossomo apresenta uma ou mais **constrições**. A constrição primária (ou centrômero) está presente em todos os cromossomos, representando um estrangulamento que origina os seus braços. Os cromossomos de uma célula que não está em divisão apresentam apenas dois braços, enquanto o cromossomo de uma célula que se prepara para se dividir apresenta quatro. Isso é o resultado da duplicação do cromossomo (processo que você conhecerá mais adiante). Cada braço duplicado de um mesmo cromossomo recebe o nome de cromátide irmã (Figura 4).

Constrições

Pressão em torno de algo, que faz diminuir a amplidão ou o seu diâmetro. Sinônimos: aperto, estreitamento.

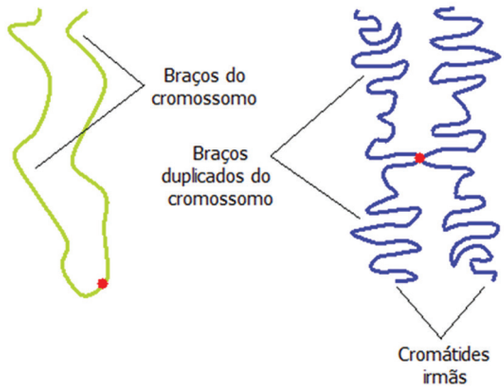
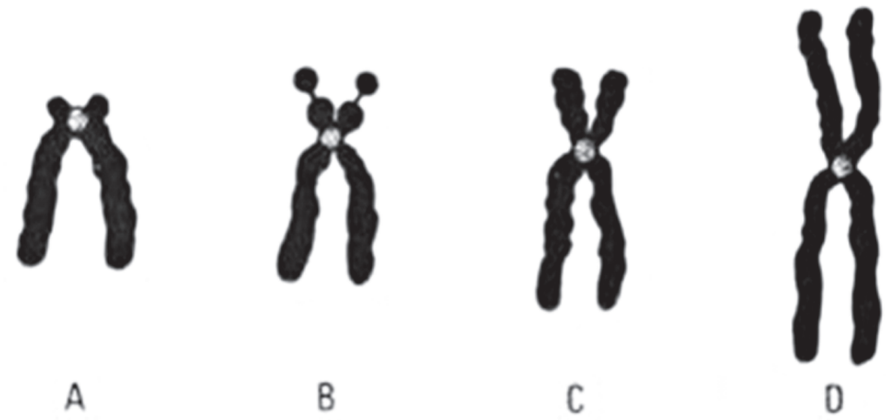


Figura 4: Cromossomos de células que não estão em processo de divisão celular apresentam somente dois braços (em verde), enquanto células que se preparam para entrar em divisão apresentam quatro braços (em azul). Os braços duplicados são chamados de cromátides irmãs.

A posição ocupada pelo centrômero dá origem a quatro classes de cromossomos: Veja a Figura 5.



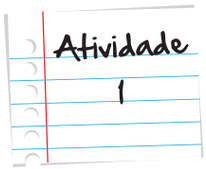
A	B	C	D
Cromossomo Telocêntrico	**Cromossomo Acrocêntrico**	**Cromossomo Submetacêntrico**	**Cromossomo Metacêntrico**
O centrômero é terminal e o cromossomo apresenta apenas um braço. É o único tipo que não ocorre na espécie humana	O cromossomo apresenta um braço bem maior que o outro	O centrômero é quase mediano e o cromossomo apresenta dois braços desiguais de dimensões próximas	O centrômero é mediano e o cromossomo apresenta os dois braços do mesmo tamanho

Figura 5: Classificação dos cromossomos de acordo com a posição ocupada pelo centrômero.

Nos cromossomos, encontramos os genes. Cada gene cde a uma sequência da molécula de DNA que é responsável pela receita para a produção de uma proteína. As proteínas são moléculas que compõem praticamente todas as estruturas celulares, desde organelas a membranas e até o próprio núcleo.

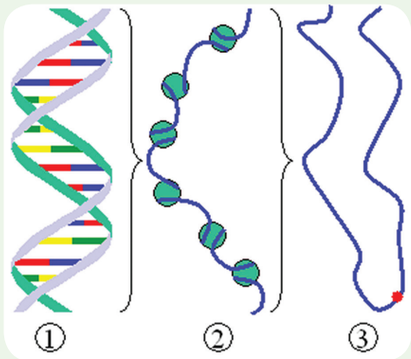
Como você viu lá na Unidade 4 do Módulo 1, o número de cromossomos é constante em indivíduos de mesma espécie, mas varia de espécie para espécie. As células que formam o corpo (chamadas células somáticas) da espécie humana possuem 46 cromossomos em seus núcleos. Desses, 2 cromossomos são sexuais, XX para mulheres e XY para homens e 44 cromossomos são autossomos, ou seja, iguais para ambos os sexos. Você também viu que esse número se conserva, e que, para isso, sua mãe e seu pai passaram a você 23 cromossomos (1 de cada tipo) cada um.

Para complementar seu conhecimento, uma pergunta importante é: como acontecem as divisões celulares que mantêm o numero de cromossomos ou que geram os gametas, com a metade?



Compactação!

Considerando o que você aprendeu sobre cromossomos e cromatina, identifique as estruturas indicadas pelos números 1, 2 e 3. Justifique a sua resposta.



Anote suas respostas em seu caderno

Seção 2
O começo, o meio e o fim...

Ao longo da vida de uma célula, ela gera novas células filhas, idênticas a ela, que carregam consigo todas as informações da célula mãe. Isso acontece através do processo de ciclo celular, o qual envolve a duplicação do material celular e a divisão da célula.

Nesta seção, então, você vai aprender sobre os mecanismos através dos quais as células podem se dividir e vai entender a importância desses para a sobrevivência delas.

Mitose e meiose

A função básica do ciclo celular das células somáticas é duplicar todo o conteúdo de DNA nos cromossomos e, com precisão, separar essas cópias dentro de cada uma das duas células filhas idênticas.

Mas como a célula faz isso? Bem, o ciclo celular é dividido em quatro fases sequenciais: G1, S, G2 e M (Figura 6). As três primeiras fases, consideradas em conjunto, são chamadas de interfase. Elas são essenciais para permitir o crescimento celular, pois a interfase dura um período grande de tempo, no qual as células crescem, duplicam a sua massa proteica e preparam-se para a divisão. Assim, a interfase pode ocupar 23 horas das 24 horas de um ciclo, enquanto a fase M dura uma hora restante.

A fase G1 é muito importante para que a célula faça as verificações necessárias para decidir se deve ou não continuar o ciclo celular. Durante a fase S, a célula duplica todo o seu conteúdo celular, incluindo seu DNA. A fase G2 constitui uma fase de controle do ciclo celular, pois é nesta fase que a célular verifica se a replicação do DNA ocorreu corretamente e pode interromper o ciclo e permitir que a célula volte para a fase S.

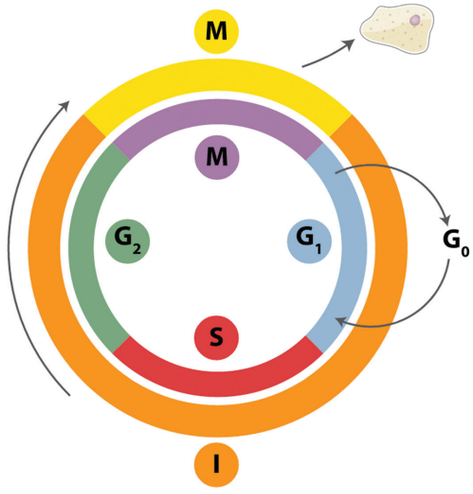


Figura 6: Fases do ciclo celular. O ciclo celular possui quatro fases sequenciais: G1, S, G2 e M. Durante o ciclo celular, a célula duplica todo seu conteúdo para dar origem às duas células filhas idênticas.

A fase M envolve uma série de eventos que dão início a divisão nuclear (mitose) e terminam com a citocinese, um processo que implica na divisão do citoplasma, finalizando assim a divisão das duas células filhas.

A mitose é composta por cinco etapas:

1ª) Prófase: a cromatina condensa-se ainda mais, originando cromossomos mais compactos, o que favorecerá a separação das cromátides irmãs;

2ª) Pró-metáfase: o envoltório nuclear (carioteca) é rompido e os cromossomos vão fixar-se em uma estrutura do citoesqueleto chamada de microtúbulos do **fuso mitótico**;

Fuso mitótico

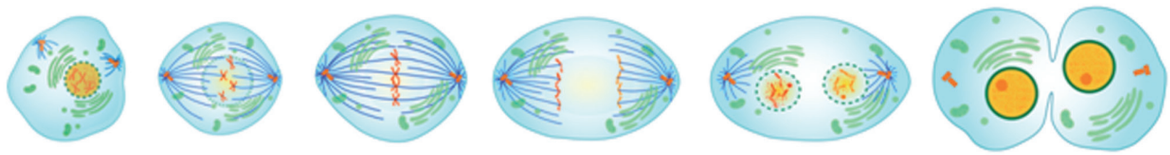
É uma estrutura do citoesqueleto das células eucariotas, envolvida na mitose e na meiose. A sua função é a de separar os cromossomos, durante a divisão celular.

3ª) Metáfase: os cromossomos são alinhados na região equatorial (no meio) da célula, posicionando-se para a separação;

4ª) Anáfase: ocorre a separação das cromátides irmãs e movimentação dos cromossomos para os polos formados;

5ª) Telófase: os cromossomos sofrem uma descondensação e organizam-se em dois núcleos intactos.

Seguida da última etapa da mitose, ocorre a citocinese, com a divisão da célula em duas, completando a divisão celular (Figura 7).



Prófase (4n) | Pró-metáfase (4n) | Metáfase (4n) | Anáfase (4n) | Telófase (4n) | (Citocinese) (2n)

Figura 7: Eventos da fase M. A fase M é divida em cinco etapas, e termina com a citocinese e o "nascimento" de duas células filhas idênticas. As etapas da mitose são: prófase, pró-metáfase, metáfase, anáfase e telófase.

2n

É a terminologia que usamos, em Biologia, para designar uma célula diploide, ou seja, uma célula que possui um par de cada cromossomo.

4n

É a terminologia que usamos, em Biologia, para designar uma célula que apresenta o dobro da quantidade de cromossomos que, normalmente, apresenta, por estar em fase de divisão celular. A quantidade de cromossomos se dobra na fase S, que acontece no ciclo celular para preparar a célula para a fase M.

Ok, então todas as células se dividem por mitose? A resposta é não! Apenas as células somáticas dividem-se por mitose, pois as células reprodutoras – os óvulos e os espermatozoides – reproduzem-se por um tipo especial de divisão celular, chamado meiose.

Enquanto ao final da mitose são geradas duas células filhas idênticas à célula mãe, ao final da meiose são geradas quatro células filhas com a metade das informações contidas na célula mãe. Por isso ela é denominada divisão reducional.

A meiose consta de duas divisões: na primeira, há duplicação dos cromossomos e na segunda, não.

Assim como na mitose, a interfase precede a meiose, promovendo a duplicação dos cromossomos. Terminada a interfase, inicia-se a meiose propriamente dita. Cada divisão da meiose é composta por quatro etapas sequenciais:

- prófase (I e II);
- metáfase (I e II);
- anáfase (I e II);
- telófase (I e II), seguidas de citocinese.

Na primeira divisão da meiose, a etapa de prófase I é a mais longa de todo o processo. Durante esta etapa, ocorre a quebra do envoltório nuclear e o fenômeno chamado *crossing over*, o qual permite a troca de genes entre cromossomos homólogos. Este fenômeno é muito importante para a manutenção das espécies, uma vez que aumenta a variedade do conteúdo genético das células, sendo considerado um fator de variabilidade genética.

Cromossomos homólogos

São aqueles que possuem sequencias de DNA muito semelhantes, mas não idênticas.

Na maioria dos eucariotos, uma célula carrega duas versões de cada gene (2n), chamadas de alelos. Um descendente recebe cada um de seus alelos de cada um de seus pais. Isso é passado a você porque a cada par de cromossomos que você tem, um veio do seu pai e outro da sua mãe. Cada cromossomo do par é o que chamamos cromossomo homólogo; os cromossomos homólogos possuem os alelos de cada gene.

Durante o fenômeno de *crossing over*, os alelos de um mesmo gene trocam figurinhas entre si, ou seja, um alelo que originalmente veio do pai troca informações com um alelo que veio originalmente da mãe, gerando um gene recombinante em um mesmo cromossomo. Isso significa que o indivíduo que herdar este cromossomo vai possuir um gene com informações misturadas do pai e da mãe, e assim vai possuir informação variada – diferente – dos indivíduos que receberem cromossomos, contendo o mesmo gene, oriundo de apenas um dos pais.

Importante

O *crossing over*, assim como as mutações, é um importante mecanismo de geração de variação genética. Consequentemente, ele contribui para a diversidade dos seres vivos.

Durante a metáfase I, há o pareamento dos cromossomos e na anáfase I, os cromossomos duplicados (4n) movem-se para os polos celulares. Diferente da mitose, na primeira anáfase da meiose não há separação dos cromossomos duplicados pelo centrômero. Na telófase I, então, os novos núcleos, contendo os cromossomos duplicados, são formados e ao final da citocinese duas células filhas (2n) são formadas.

A segunda divisão da meiose só ocorre após um período de repouso das células, chamado de intercinese.

A prófase II da meiose é muito semelhante à prófase da mitose: quebra da carioteca e ligação dos centrômeros às fibras do fuso, o que favorecerá a separação. Durante a metáfase II, os cromossomos são alinhados na região equatorial da célula e agora sim ocorre a separação dos cromossomos duplicados pelo centrômero. Na anáfase II, os cromossomos separados migram para os polos da célula e descondensam. Na telófase II, então, são formados os novos núcleos das células filhas e ao final da citocinese, quatro células filhas **(n)** são originadas (Figura 8).

n

É a terminologia que usamos, em biologia, para designar uma célula haploide, ou seja, uma célula que possui um cromossomo de cada tipo. No nosso corpo, nossos gametas são células haploides.

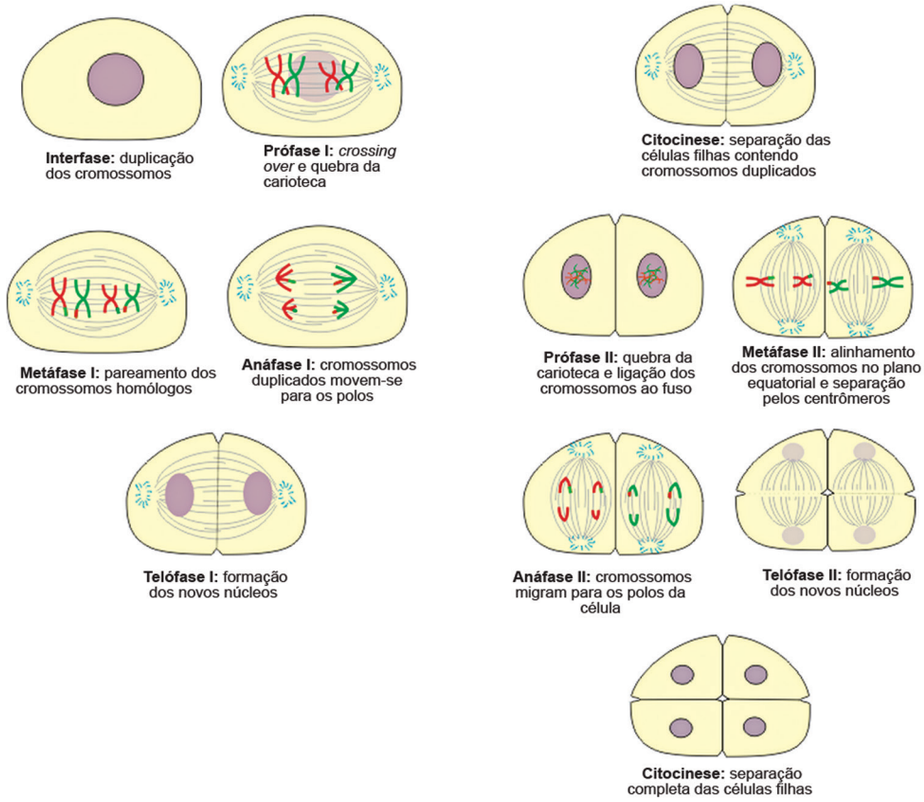
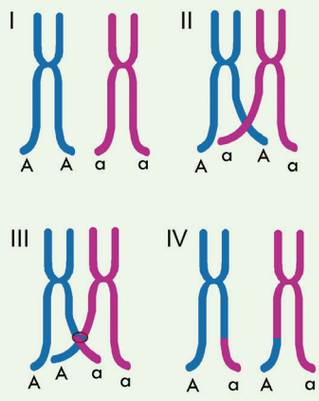


Figura 8: As etapas das divisões meióticas.

Trocando figurinhas...



Atividade 2

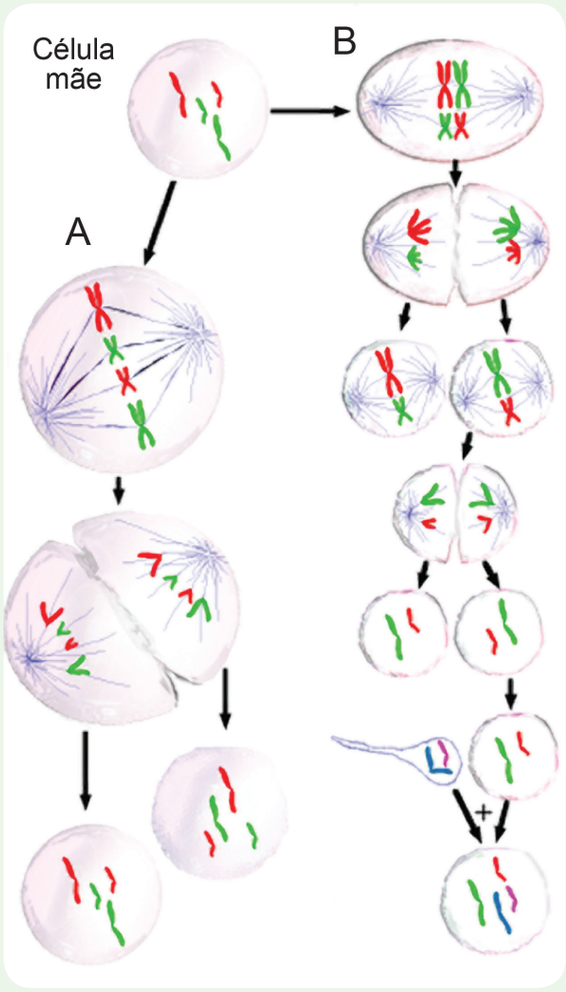
A figura a seguir representa um fenômeno muito importante para a manutenção das espécies que ocorre durante a divisão celular. Que fenômeno é esse? Por que ele é tão importante? E em qual tipo de divisão celular ele ocorre?

Anote suas respostas em seu caderno

Atividade 3

Dividir é preciso!

Para que as células não percam suas informações ao morrerem, ao longo de sua vida elas se dividem, transmitindo essas informações às suas células filhas. Como você aprendeu nesta seção, existem dois tipos de divisão celular. Analisando a figura a seguir, identifique quem é A e quem é B, justificando sua resposta.



Anote suas respostas em seu caderno

Você acabou de estudar, então, que o núcleo é considerado o centro de comando de uma célula por conter todas as informações necessárias para o correto funcionamento da mesma. É através do ciclo celular, mais precisamente da divisão celular (mitose ou meiose), que as células passam todas essas informações – contidas em seus genes – para seus descendentes. Na próxima unidade, a gente vai ver um pouco sobre como as células, a partir das informações do núcleo, podem se dividir e se especializarem nas mais diversas funções do nosso organismo.

Resumo

- O conteúdo do núcleo celular é separado do restante da célula por duas membranas semelhantes à membrana plasmática, chamada de envoltório nuclear ou carioteca;
- No núcleo estão guardadas todas as informações essenciais para a manutenção e geração dos organismos. Essas informações são os chamados genes e encontram-se nos cromossomos – conformação compactada da molécula de DNA;
- As células somáticas (que compõem todo o corpo) transmitem suas informações pela divisão celular mitótica, gerando duas células filhas idênticas;
- Células reprodutoras, como os ovócitos e os espermatozoides, dividem-se por meiose, gerando quatro células filhas que possuem a metade da informação genética das células mães;
- A meiose é muito importante para a variabilidade genética das células, pois durante seu processo ocorre o fenômeno de crossing over, no qual cromossomos homólogos trocam genes entre si.

Veja ainda:

- Uma revisão bastante completa sobre cromossomos: http://goo.gl/m0UcL
- Um vídeo super legal de menos de dois minutos, mostrando como ocorrem a mitose e a meiose: http://goo.gl/tdvcz

Bibliografia Consultada

Livro

- Alberts, B.; Johnson, A.;Lewis, J.; Raff, M.;Roberts, K.; Walter, P. **Molecular Biology of the Cell**. 4th edition. New York: Garland Science, 2002. 1400p.

Imagens

- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orchestra_of_the_18th_Century.jpg

- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diagram_human_cell_nucleus_oc.svg

- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chromosome-es.svg

- : http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chromatin_chromosome.png

- http://bioglossario2.wikispaces.com/Centrômero

- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chromatin_chromosome.png

- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cell_Cycle_2.svg

- http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b7/MITOSIS_cells_secuence.svg/2000px-MITOSIS_cells_secuence.svg.png

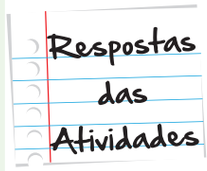
- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Meiosis.png

- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Crossing-over.PNG

- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Three_cell_growth_types.png

Atividade 1

1 = Molécula de DNA; 2 = cromatina, pois representa a molécula de DNA associada às proteínas nucleares; 3 = cromossomo, que é a conformação compactada da mólecula de DNA realizada pela ação das proteínas nucleares.



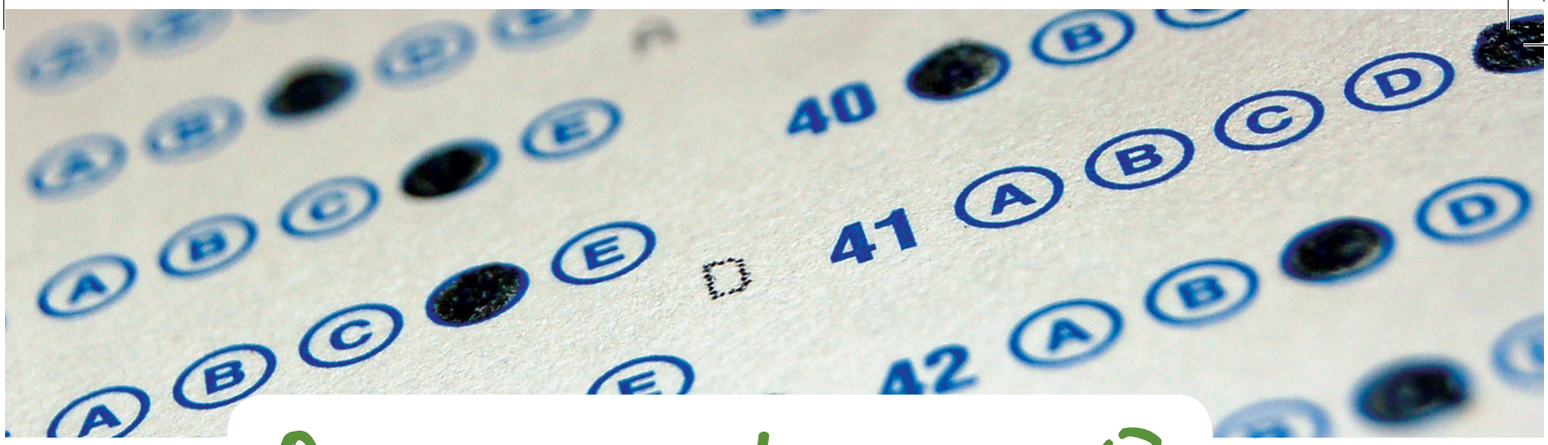
Atividade 2

O fenômeno representado pela figura é o *crossing over* e ele é muito importante para a manutenção das espécies por conferir maior variabilidade genética, ou seja, uma variação do material genético que as células mães possuíam. Este fenômeno ocorre durante a primeira divisão da meiose, mais especificamente durante a etapa de prófase I. Ele é importante porque contribui para a diversidade, na medida em que gera gametas que originarão seres descendentes diferentes dos seus pais.

Atividade 3

A = mitose, pois ao final da divisão celular foram geradas duas células filhas idênticas à célula mãe.

B = meiose, pois ocorreram duas divisões ao longo do processo e no final da segunda divisão foram geradas quatro células filhas contendo a metade das informações da célula mãe.



O que perguntam por aí?

Questão 1

1) (UFRN-90) A carioteca é formada por:

a) duas membranas proteicas com poros.
b) uma membrana proteica sem poros.
c) uma membrana lipoproteica com poros.
d) duas membranas lipoproteicas com poros.
e) duas membranas lipoproteicas sem poros.

Gabarito: Letra D.

Comentário: A carioteca ou envoltório nuclear é formado por duas membranas semelhantes à membrana plasmática, sendo compostas principalmente por proteínas e lipídios.

Questão 2

6) (CESGRANRIO-RJ) Dos constituintes celulares abaixo relacionados, qual está presente somente nos eucariontes e representa um dos critérios utilizados para distingui-los dos procariontes?

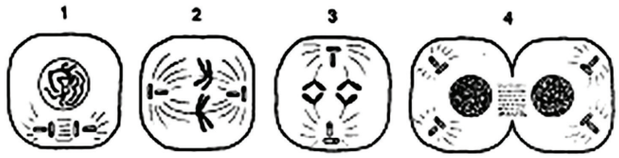
a) DNA.
b) Membrana celular.
c) Ribossomo.
d) Envoltório nuclear.
e) RNA.

Gabarito: Letra D.

Comentário: Apenas células eucarióticas possuem carioteca.

Questão 3

1) (UF-GO)



Relacione as fases da mitose: anáfase, telófase, metáfase e prófase, com os respectivos números das figuras acima:

a) 4 - 3 - 2 - 1
b) 3 - 4 - 2 - 1
c) 1 - 2 - 3 - 4
d) 2 - 3 - 4 - 1
e) 3 - 1 - 2 - 4

Gabarito: Letra B.

Comentário: Durante a anáfase, as cromátides irmãs migram para os polos celulares; durante a telófase os novos núcleos celulares são completamente formados; durante a metáfase os cromossomos são alinhados na região equatorial da célula; durante a prófase há a condensação dos cromossomos e a quebra do envoltório nuclear.

Questão 4

3) (UF-RN) A conseqüência mais importante da mitose é:

a) determinar a diferenciação celular.
b) a produção de gametas e esporos haplóides.
c) a produção de células iguais à célula mãe.
d) aumentar a variabilidade genética dos seres vivos.
e) aumentar a taxa de mutação.

Gabarito: Letra C.

Comentário: Ao final da mitose são geradas duas células filhas idênticas à célula mãe, pois apresentam o mesmo conteúdo genético, proteico e de organelas.

Questão 5

13) (CESGRANRIO) Durante a prófase da primeira divisão meiótica, ocorre a troca de fragmentos entre cromossomas homólogos, possibilitando uma maior variabilidade genética. A esse evento dá-se o nome de:

a) formação de bivalentes.
b) formação de tétrades.
c) citocinese.
d) intercinese.
e) "crossing-over"

Gabarito: Letra E.

Comentário: O crossing over é o fenômeno no qual os cromossomos homólogos trocam de figurinhas entre si e assim, permite que as informações originalmente vindas do pai e as originalmente vindas da mãe estejam presentes no mesmo cromossomo. Aumentando a informação contida no mesmo, aumentando a variabilidade genética dos indivíduos que possuem esse cromossomo.

Questão 6

22) (FATEC-SP) Das afirmativas abaixo:
I- O *crossing-over* permite a recombinação dos genes localizados em cromossomos homólogos.
II- Meiose é um tipo de divisão celular na qual uma célula diplóide dá origem a quatro células haplóides.
III- A intérfase é um período de grande atividade metabólica no núcleo. É nessa fase que o DNA se duplica e o RNA é sintetizado.

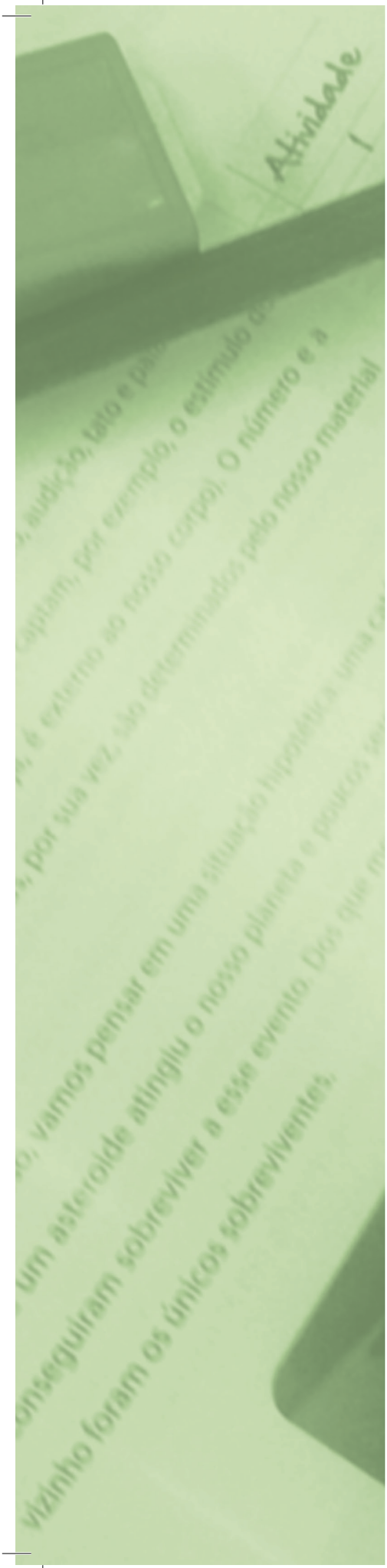
a) apenas a afirmativa I é correta.
b) apenas a afirmativa II é correta.
c) apenas a afirmativa III é correta.
d) apenas duas afirmativas são corretas.
e) todas as afirmativas são corretas.

Gabarito: Letra E.

Comentário: Por meio do crossing over, cromossomos homólogos trocam genes entre si, processo chamado de recombinação gênica.

Ao final da segunda divisão meiótica, são geradas quatro células filhas, contendo a metade do conteúdo da célula mãe.

A interfase compreende as fases G1, S e G2 consideradas em conjunto. Durante a fase S, ocorre a duplicação de todo o material da célula, incluindo seu DNA e sua massa de proteínas e organelas.



Expressão gênica e diferenciação celular

Para início de conversa...

Quando você olha para as pessoas ao seu redor ou para você mesmo em frente ao espelho, é capaz de perceber como as pessoas são diferentes umas das outras e como no seu próprio rosto existem tantos detalhes.

São diferentes cores de olhos, cabelos e pele, e em tantos diferentes tons e tudo isso se deve à expressão de nossos genes – as unidades de informação dos organismos. Mas sabendo-se que todas as células de um mesmo organismo possuem os mesmos genes, por que as células do olho são diferentes das células da boca?

Bem, isso acontece, porque existe um controle sobre a expressão dos genes. Mesmo que todas as células de um mesmo organismo possuam todos os genes iguais, alguns grupos celulares irão formar tecidos e órgãos diferentes, pois terão certos genes expressos, enquanto outros não terão expressão. A esse processo dá-se o nome de diferenciação celular.

Como veremos, a diferenciação celular é um processo fundamental para a formação dos seres humanos e ocorre nos estágios iniciais da vida.

Figura 1: A diversidade de características observada em uma população é devido à diferente expressão dos genes presentes em cada indivíduo. O controle sobre essa expressão em diferentes conjuntos de células dá origem aos diferentes tecidos e órgão presentes no corpo humano.

Objetivos de aprendizagem

- Relembrar o conceito e a importância da expressão gênica;
- Relacionar o processo de expressão gênica à formação dos diferentes tipos celulares existentes em um organismo multicelular;
- Conceituar células-tronco humanas e reconhecer a sua importância para a cura de muitas doenças degenerativas.

Seção 1
Por que a gente é assim?!

Você alguma vez se perguntou por que seu cabelo é cacheado, por que o olho do seu vizinho é azul, ou por que a conhecida de uma amiga sua tem o cabelo ruivo? Ou já se perguntou por que seu braço tem pelos, mas as palmas das mãos não?

A resposta para todas essas perguntas é a mesma e está em nossos genes. Como você já viu anteriormente, os genes são as unidades de informação dos organismos que determinam as características de uma espécie como um todo, bem como as de um mesmo indivíduo. Os genes são segmentos das moléculas de DNA, a qual abriga milhares deles.

Nesta seção, então, você vai relembrar como as informações contidas nos genes são transformadas nas características que vemos nos indivíduos. Vamos, portanto, trabalhar um pouquinho mais sobre a importância da expressão gênica, ou seja, da manifestação das informações contidas nos genes?

Decifrando o código da vida

No módulo 1, você conheceu a estrutura do DNA e do RNA e descobriu como as sequências de bases transformam-se na cor do olho do seu vizinho, no seu cabelo cacheado ou no cabelo ruivo da conhecida da sua amiga. Vamos relembrar?

Bem, a transformação das informações ocorre em duas etapas: a primeira consiste na produção de moléculas de RNA a partir do DNA; e a segunda etapa consiste na produção de proteínas a partir desse RNA. As proteínas são as responsáveis de fato pela cor dos olhos, da pele, pelo formato do cabelo, pela presença ou ausência de pelos numa dada região do corpo.

O processo no qual a molécula de RNA é produzida a partir da molécula de DNA é chamado de transcrição. A transcrição ocorre no núcleo da célula pela ação de uma enzima específica para esta tarefa: a RNA polimerase. Utilizando uma das fitas de DNA como molde, a RNA polimerase constrói a fita simples de RNA, que é complementar à fita molde de DNA.

Importante

Cada molécula de RNA produzida equivale a um gene transcrito, ou seja, à informação contida em uma sequência específica do DNA.

A segunda etapa que decifra o código da vida consiste na síntese de proteínas, que são os produtos finais e os objetivos reais da expressão gênica. A síntese de proteínas ocorre no citoplasma das células e é feita a partir das moléculas de RNA mensageiros (RNAm).

Importante

Cada molécula de RNA contém a informação de um gene e assim cada proteína sintetizada a partir dele é produto deste gene!

Ao processo de síntese de proteínas a partir de moléculas de RNAm, é dado o nome de tradução. Ao final dele, os RNAm que já foram lidos algumas vezes são degradados. Caso seja necessária a síntese dessas proteínas novamente, novos RNAm serão transcritos. Assim, a célula pode controlar a quantidade de proteínas que são sintetizadas (Figura 2).

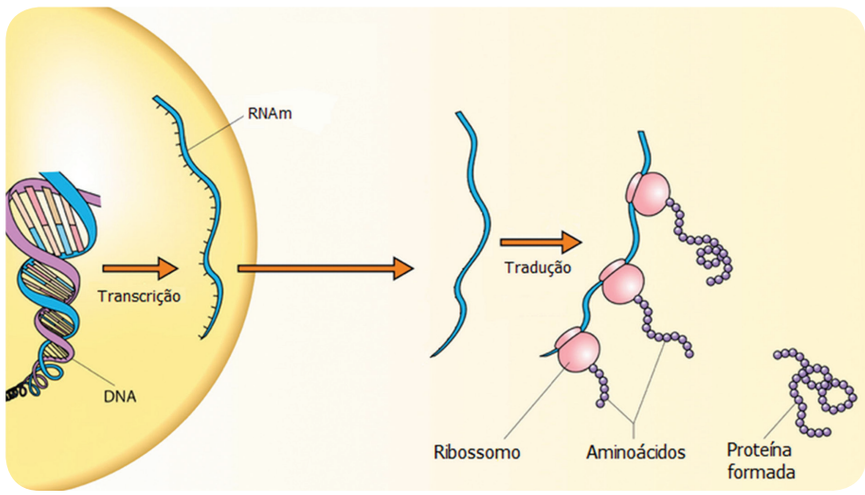


Figura 2: Decifrando o código da vida. Moléculas de DNA são transcritas em RNA mensageiros (RNAm) no núcleo celular. Eles, então, são transportados para o citoplasma, onde juntamente aos ribossomos, participam do processo de síntese das proteínas.

Seção 2
Eu tenho, você não tem...

Você já se perguntou por que as células no seu olho fazem você ver, enquanto as células do seu coração fazem-no bater? Considerando que todas elas são células do mesmo organismo e, portanto possuem os mesmos genes, por que elas são tão diferentes?

As células de um mesmo organismo tornam-se diferentes umas dos outras porque sintetizam e acumulam moléculas de RNA e, consequentemente, de proteínas diferentes. É por isso que elas diferem tanto em suas estruturas e em suas funções.

Ao fenômeno que permite a variedade de tipos celulares em um mesmo organismo chamamos diferenciação celular. A diferenciação celular geralmente depende de mudanças na expressão gênica.

Nesta seção, você vai conhecer os possíveis mecanismos que as células utilizam para controlar a expressão de seus genes e vai aprender um pouquinho sobre o desenvolvimento de um indivíduo multicelular complexo: o homem.

Controle da expressão gênica

Uma célula pode controlar as proteínas que produz por diferentes mecanismos:

1. controlando quando e como um determinado gene é transcrito;
2. controlando o processamento de seus RNA já transcritos;
3. controlando a saída dos RNA do núcleo para o citoplasma;
4. controlando quais RNAm, presentes no citoplasma, serão traduzidos;
5. controlando a degradação dos RNAm;
6. controlando a atividade, a estrutura e a degradação de proteínas formadas ou em formação.

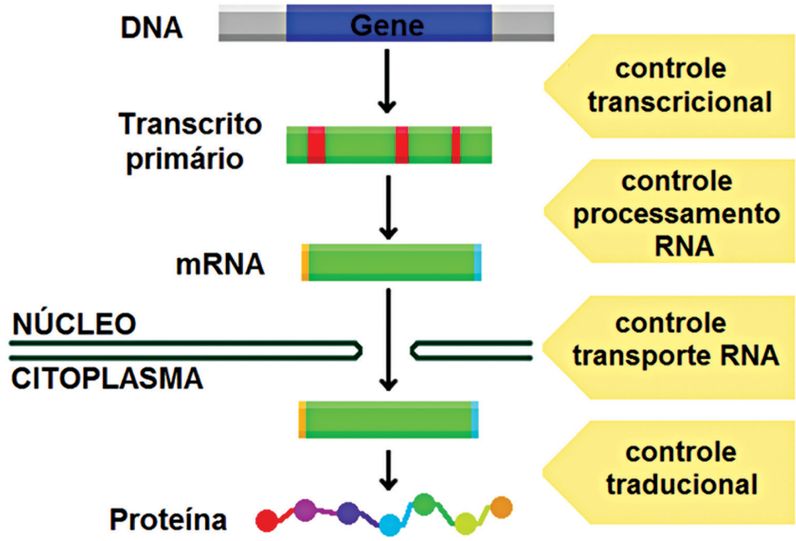


Figura 3: Diferentes níveis de controle da expressão gênica. Diferentes mecanismos podem controlar quais proteínas serão produzidas por uma célula. O controle transcricional implica na decisão de quando e como um gene será transcrito. Tendo sido transcrito um RNAm, existem mecanismos que controlam tanto a forma final deste, como sua saída do núcleo para o citoplasma, sendo chamados de controle de processamento e de transporte, respectivamente. Uma vez que este RNAm tenha chegado ao citoplasma, a síntese da proteína pode ainda ser controlada de diversas maneiras: degradação do RNA, inibição da tradução, entre outros.

Todos esses mecanismos controlam a expressão gênica e, assim, permitem que as células possam ser diferenciadas em todos os tipos celulares que existem em um organismo multicelular: desde as células que formam seus olhos, até as que fazem o seu coração bater.

A origem do todo

Iniciamos nossa vida como uma célula única: um óvulo fertilizado, também chamado de zigoto. Durante o desenvolvimento, esta célula divide-se repetidamente, produzindo muitas outras células, diferentes entre si, que se organizam de forma complexa e espetacular até formar o corpo do ser humano.

O corpo humano possui mais de 200 tipos celulares diferentes, com funções e formas diversas. Sabendo que todas elas se originaram de uma única célula inicial e, portanto, possuem o mesmo genoma, você pode se perguntar: como elas se tornaram tão diferentes?

Bem, as células diferem não porque contenham informações genéticas diferentes, mas porque expressam conjuntos diferentes de genes.

Esta expressão gênica diferenciada controla os quatro processos essenciais para que aquela célula inicial origine um embrião perfeito. São eles:

1. proliferação celular, ou seja, a produção de muitas células a partir de uma;

2. especialização celular, gerando células com características diversas (pois expressam diferentes conjuntos de genes), em diferentes posições do corpo;

3. interações entre células, o que permite a coordenação do comportamento de uma célula em relação ao de suas vizinhas;

4. movimentos celulares, possibilitando a organização próxima das células com características comuns ou afins para formar tecidos e órgãos.

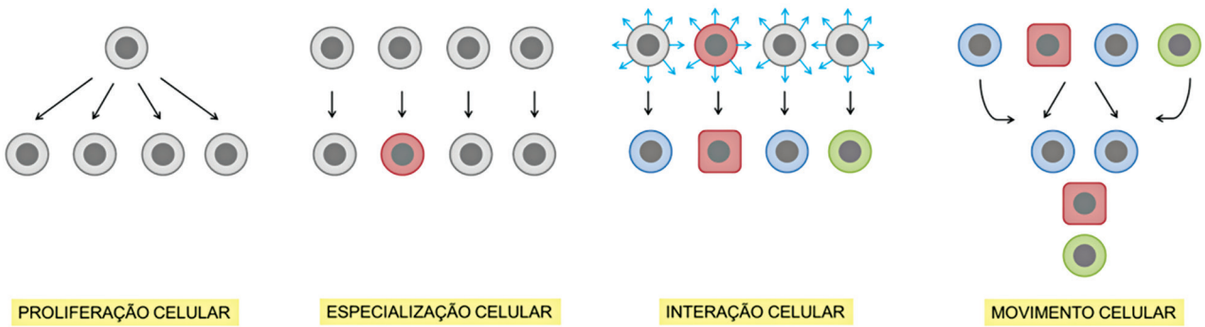


Figura 4: Os quatro processos essenciais para a formação de um embrião. Durante a proliferação celular, uma mesma célula é capaz de se dividir várias vezes, originando células-filhas idênticas a ela. Essas células-filhas vão controlar de maneira diferente a expressão de seus genes, originando células mais especializadas – como a célula ilustrada em vermelho. Além disso, as células interagem entre si, ou seja, conversam umas com as outras, e esse processo induz a diferenciação das células vizinhas a ela – ilustradas pelas células em azul e verde e mudança de forma da célula vermelha. Após essas modificações, as células movem-se, agrupando-se de acordo com suas características (cor e forma), originando as estruturas teciduais do futuro bebê. Fonte: Clarissa Leal de Oliveira Mello

As células originadas pelas primeiras divisões do zigoto são classificadas como *células-tronco totipotentes*, pois podem dar origem a todos os diferentes tecidos e órgãos que compõem um ser humano. Elas também dão origem ao cordão umbilical, à placenta e ao saco amniótico – os chamados anexos embrionários – estruturas que possibilitam a nutrição e o desenvolvimento do futuro bebê dentro da barriga da mãe.

Cerca de cinco dias após a formação do zigoto, as células em divisão apresentam a primeira diferenciação, então chamada de estágio de blastocisto (Figura 5). Nesse estágio, as células externas vão dar origem aos **anexos embrionários** enquanto as células da massa interna podem dar origem a todos os tecidos e órgãos de um ser humano. Às células da massa interna é dado o nome de *células-tronco embrionárias*, e elas são classificadas como *pluripotentes*.

Anexos embrionários

São estruturas formadas durante o desenvolvimento do embrião para possibilitar que ele se desenvolva com segurança. No caso dos humanos, os mais conhecidos são o líquido amniótico (a famosa bolsa que estoura quando as grávidas estão para ter bebê) e a placenta.

Conforme as células do embrião vão se especializando e se organizando, surgem as primeiras células comprometidas com um destino celular. Essas são as células-tronco tecido específicas, que podem dar origem apenas aos diferentes tipos de células de um mesmo tecido. Por isso, elas são classificadas como *células-tronco multipotentes*.

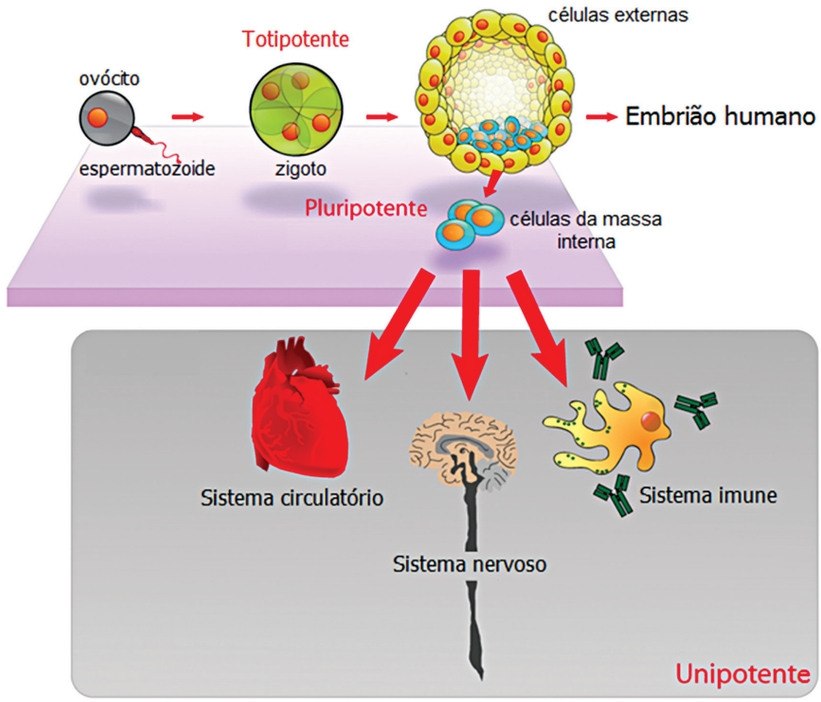


Figura 5: Os diferentes tipos de células-tronco presentes no desenvolvimento do embrião. Durante as primeiras divisões do zigoto, as células-tronco são extremamente capazes de se proliferar, sendo consideradas totipotentes; em estágio de blastocisto, são capazes de produzir os anexos embrionários e as diferentes células do futuro bebê, por isso são consideradas pluripotentes. E quando já se diferenciaram, elas não mais podem gerar outros tipos celulares se não o seu próprio, por isso são chamadas unipotentes.

Mas o que é um tecido? Um tecido corresponde a um conjunto de células que desempenham determinadas funções no corpo. Como por exemplo, as células do coração, que são responsáveis por ele bater em seu peito; as células da sua pele, que cobrem seu corpo; as células dos seus olhos, que permitem que você veja as coisas.

Uma vez que uma célula passa a expressar determinados genes e outros não, ela se compromete com um tipo celular ou um tipo de tecido (*células-tronco multipotentes*). Alguns exemplos desse tipo celular são as células-tronco **hematopoiéticas**. Elas são encontradas na **medula óssea** e podem dar origem a todos os tipos celulares presentes no sangue (como as células vermelhas e brancas). Existem também as células-tronco neurais, encontradas, por exemplo, na **retina**. Elas podem dar origem às células ganglionares (neurônios da retina) e aos fotorreceptores. Ainda, podemos citar as células-tronco encontradas no coração humano, que podem dar origem à musculatura dos vasos sanguíneos e aos cardiomiócitos (as células musculares do coração) (Figura 6).

As células-tronco multipotentes são responsáveis principalmente pela renovação e manutenção dos tecidos, pois promovem a substituição de células que morrem, permitindo que a estrutura e função tecidual não sejam perdidas.

Hematopoiéticas

Que dá origem às células do sangue.

Medula óssea

Tecido encontrado no interior de ossos, onde são encontradas as células hematopoiéticas.

Retina

Tecido localizado no interior do olho resposável pela visão.

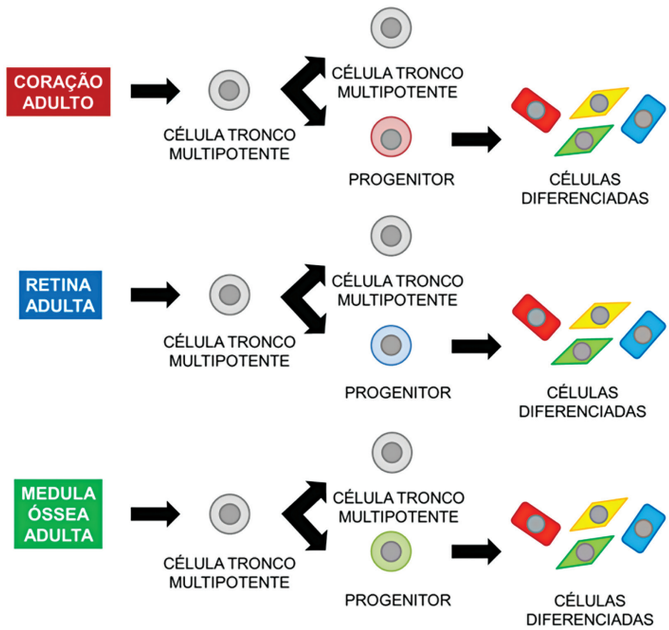


Figura 6: As células-tronco multipotentes estão presentes em diferentes órgãos e são importantes para a renovação e manutenção dos tecidos. No coração, encontramos as células-tronco multipotentes que podem gerar outras células-tronco multipotentes e também os progenitores dos diferentes tipos celulares encontrados nesse tecido: células da musculatura de vasos e os cardiomiócitos (células já diferenciadas). Existem também as células-tronco hematopoiéticas presentes na medula óssea e que vão originar todas as células do sangue e as células-tronco neurais retinianas, que vão originar todos os diferentes tipos celulares presentes na retina.
Fonte: Clarissa Leal de Oliveira Mello

No organismo adulto, encontramos apenas as células-tronco multipotentes e as células-tronco unipotentes. Essas últimas são aquelas que já sofreram diferenciação quase completa e não dão origem a nenhum outro tipo celular a não ser o seu próprio, quando se dividem. Muitas dessas células têm capacidade muito pequena para se dividir, como é o caso dos neurônios e das células musculares. Assim, uma vez que grandes quantidades dessas células morram, como acontece graças a algumas doenças, o indivíduo perde a função do tecido. O que pode ser feito para mudar isso? É o que vamos descobrir a seguir!

Relacione os itens da primeira coluna com os da segunda.

(1) Células-tronco totipotentes

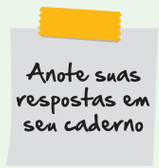
(2) Células-tronco pluripotentes

(3) Células-tronco multipotentes

( ) São capazes de originar todos os tecidos e órgãos do corpo humano.

( ) São capazes de originar apenas os diferentes tipos celulares de um mesmo tecido.

( ) São capazes de originar todos os tecidos e órgãos do corpo humano, e mais os anexos embrionários.



Seção 3
A luz no começo do túnel

A capacidade das células em se dividir para substituir células que morreram ou ficaram muito velhas, a fim de manter a estrutura e função de um tecido em perfeito estado, é chamado de *renovação tecidual ou autorreparo*.

A incapacidade de alguns tipos celulares em proliferar e, assim, realizar o autorreparo é o grande obstáculo enfrentado por médicos e cientistas diante de muitas doenças **degenerativas**. Como por exemplo, a doença de Alzheimer, que é uma doença degenerativa do cérebro, caracterizada por morte em grandes quantidades dos neurônios. Uma vez que as células desse tecido têm pouquíssima capacidade de renovação, a pessoa portadora dessa doença perde, dia a dia, as funções desse órgão. Ela perde primeiro a memória, a capacidade de aprender novas tarefas, depois a capacidade de entender as coisas e a de falar, por exemplo. Assim, a geração de células que possam substituir as que foram perdidas (que possam exercer as mesmas funções) é de extrema importância para a cura dessas doenças.

Degenerativas

Diz-se de doenças que levam a destruição do tecido atingido por induzir morte das células ali presentes.

Por terem a capacidade de se autorrenovar infinitamente e diferenciarem-se em todos os tipos celulares, as células-tronco tornaram-se o personagem principal de pesquisas no mundo todo como a luz para a cura dessas doenças. Nós vamos voltar a isso quando falarmos de biotecnologia, na Unidade 5 do Módulo 4, mas, para você começar a entender as células tronco, é preciso saber que a terapia com células-tronco envolve o transplante dessas células no órgão doente, oferecendo esperança para o tratamento de milhares de pessoas pelo mundo.

As células-tronco embrionárias são as mais adequadas para a geração de qualquer tipo de célula, por serem capazes de se diferenciar em todos os tecidos e órgãos do corpo humano. Mas seu uso levanta questões éticas e religiosas, uma vez que essas células são obtidas da massa celular interna do embrião em formação, levantando a questão de quando começa a vida.

Tumor

É o aumento exagerado de uma parte ou de todo um tecido devido à proliferação não controlada das células alí presentes.

Como essas células têm a capacidade de se dividir infinitamente, há grande risco de formação de **tumores**, por falta de mecanismos de controle do ciclo celular no ambiente onde foram injetadas. Além disso, sabendo que essas células são originadas durante a formação de embriões, e que este embrião originaria outro ser vivo, pode ocorrer a **rejeição** dessas células após o transplante.

Rejeição

Ocorre quando o organismo receptor não reconhece o material transplantado como próprio a si e ataca o mesmo na tentativa de destruí-lo.

Devido a esses problemas, médicos e pesquisadores voltaram sua atenção para as células-tronco adultas (multipotentes). Mas devido à dificuldade em achar essas células no corpo e à pouca quantidade de células obtidas, os problemas ainda estavam longe de serem resolvidos.

Em 2006, a luz finalmente brilhou com o desenvolvimento da técnica de reprogramação gênica. A partir da manipulação da expressão de genes específicos, células adultas da pele foram transformadas em células-tronco pluripotentes. Essas células receberam o nome de "células-tronco de pluritpotência induzida" ou iPS.

Estas células exibem propriedades de células-tronco embrionárias, tais como a pluripotência e a capacidade de proliferação ilimitada. Elas não apresentam problemas de rejeição, uma vez que as células são retiradas do próprio paciente.

Diversas doenças já começaram a ser tratadas pela terapia com as células-tronco e, em muitos casos, alguns avanços têm sido observados. É o caso de lesões na medula espinhal, causadas por acidentes de carro ou moto, por exemplo. O paciente perde os movimentos das pernas e/ou braços devido à destruição de células presentes na medula espinhal. O transplante de células-tronco no local da lesão foi capaz de reparar o tecido, induzindo a proliferação de novas células que substituíram as perdidas pelo acidente, e assim, o tratamento permitiu a volta de movimentos em alguns pacientes. Muitas outras doenças tem sido alvo de estudos com células-tronco (Figura 7).

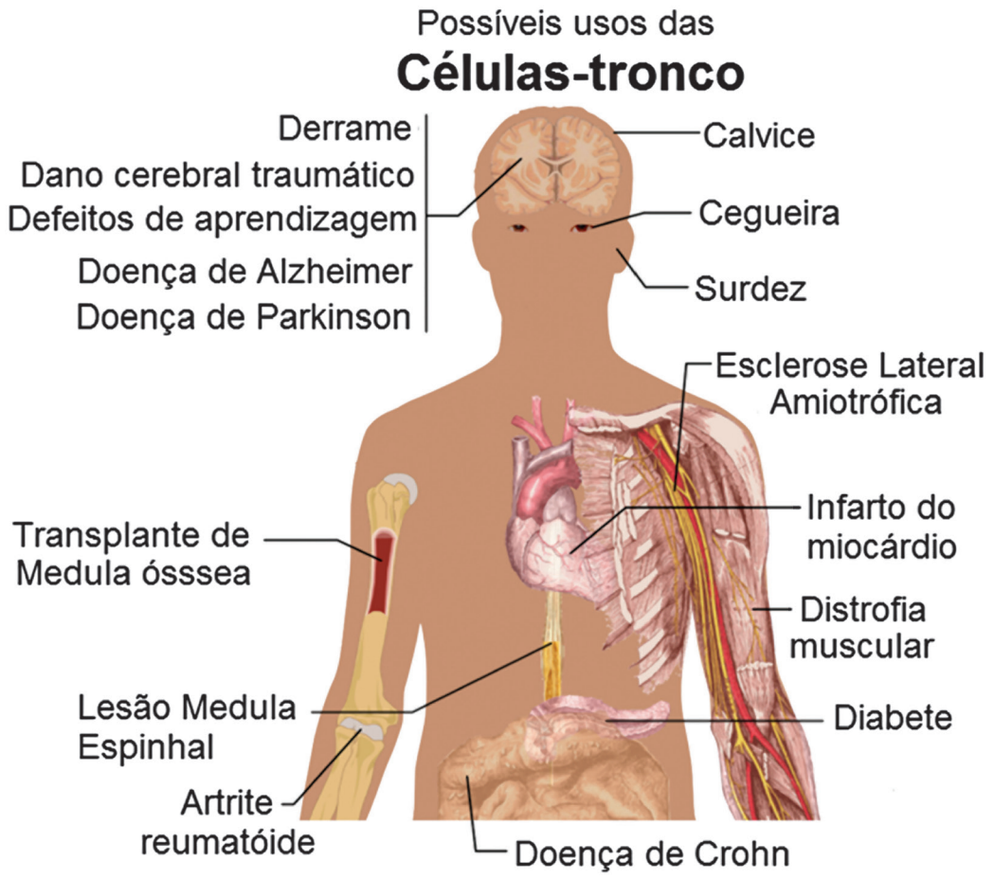


Figura 7: **Possíveis usos terapêuticos das células-tronco. Atualmente, diversas doenças têm sido alvo de testes com terapia com células-tronco multipotentes e células-tronco de pluritpotência induzida.**

Qual a relação entre as células-tronco e a cura de doenças?

Atividade 2

As células-tronco embrionárias trouxeram esperança para a cura de muitas doenças causadas pela perda excessiva de células em diversos tecidos.

Tendo por base a afirmativa acima e o que você aprendeu nesta unidade, responda:

a. Quais as principais características das células-tronco embrionárias que as tornam tão interessantes para o tratamento de doenças degenerativas?

b. Quais as principais barreiras enfrentadas no uso das células-tronco embrionárias?

Anote suas respostas em seu caderno

Verdadeiro ou falso?

Atividade 3

Marque verdadeiro (V) ou falso (F) nas afirmativas abaixo, justificando sua resposta.

( ) As células-tronco adultas ou multipotentes podem dar origem a todos os tecidos e órgãos do corpo humano.

( ) As células-tronco de pluripotência induzida (iPS) são originadas da massa celular interna do embrião e por isso quando transplantadas em um paciente podem sofrer rejeição.

( ) As células-tronco embrionárias podem causar tumores quando transplantadas em um paciente, devido sua característica de pluripotentes.

Anote suas respostas em seu caderno

Resumo

- A expressão gênica pode ser controlada em diferentes níveis e esses mecanismos garantem que tipos celulares diferentes possuam morfologia e funções diferentes;
- As células-tronco embrionárias são o melhor exemplo do controle sobre a expressão gênica e diferenciação celular, pois elas podem se tornar qualquer célula do organismo;
- As células-tronco podem ser classificadas de acordo com sua capacidade de geração de outros tipos celulares: células-tronco embrionárias são consideradas pluripotentes, pois podem dar origem a todos os tipos celulares do corpo humano; as células-tronco multipotentes podem dar origem a todos os tipos celulares de um único tipo de tecido; e as células do zigoto são células-tronco totipotentes, pois podem dar origem a todas as células, tecido e órgãos do corpo, além dos anexos embrionários;
- As células-tronco tornaram-se alvo de pesquisas por seu potencial terapêutico na cura de diversas doenças. Mas as células-tronco embrionárias levantam questões éticas e religiosas, enquanto células-tronco multipotentes apresentam fonte difícil, quantidade reduzida e limitação nos tipos celulares gerados;
- As iPS (células-tronco de pluritpotência induzida) mostraram-se como a melhor solução para combater esses problemas, sendo originadas a partir de células já diferenciadas do próprio paciente.

Veja ainda

- Uma reportagem da Folha de S. Paulo sobre a importância das células-tronco: http://goo.gl/V6w6n
- Uma matéria da ciência hoje comentando sobre as potencialidades das iPS: http://goo.gl/P0Iyp

Bibliografia

- Alberts, B.; Johnson, A.;Lewis, J.; Raff, M.;Roberts, K.; Walter, P. **Molecular Biology of the Cell**. 4th edition. New York: Garland Science, 2002. 1400p.
- G.U. Gurudutta, Neeraj Kumar Satija, Vimal Kishor Singh, Yogesh Kumar Verma, Pallavi Gupta, and R.P. Tripathi. **Stem cell therapy: A novel & futuristic treatment modality for disaster injuries**. Indian J Med Res. 2012 January; 135(1): 15–25.

Imagens

• http://www.flickr.com/photos/perpetualplum/3864724077/ • Sue Clark

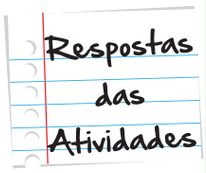
• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antisense_DNA_oligonucleotide.png

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gene_expression_control.png

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stem_cells_diagram.png

• Clarissa Leal de Oliveira Mello

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stem_cell_treatments.png



Atividade 1

Ordem da numeração: 3; 1; 2.

Atividade 2

a. As células-tronco embrionárias são pluripotentes, ou seja, podem dar origem a todos os órgãos e tecidos que formam o corpo humano, e possuem a capacidade de se dividir infinitamente, o que garante a autorrenovação tecidual.

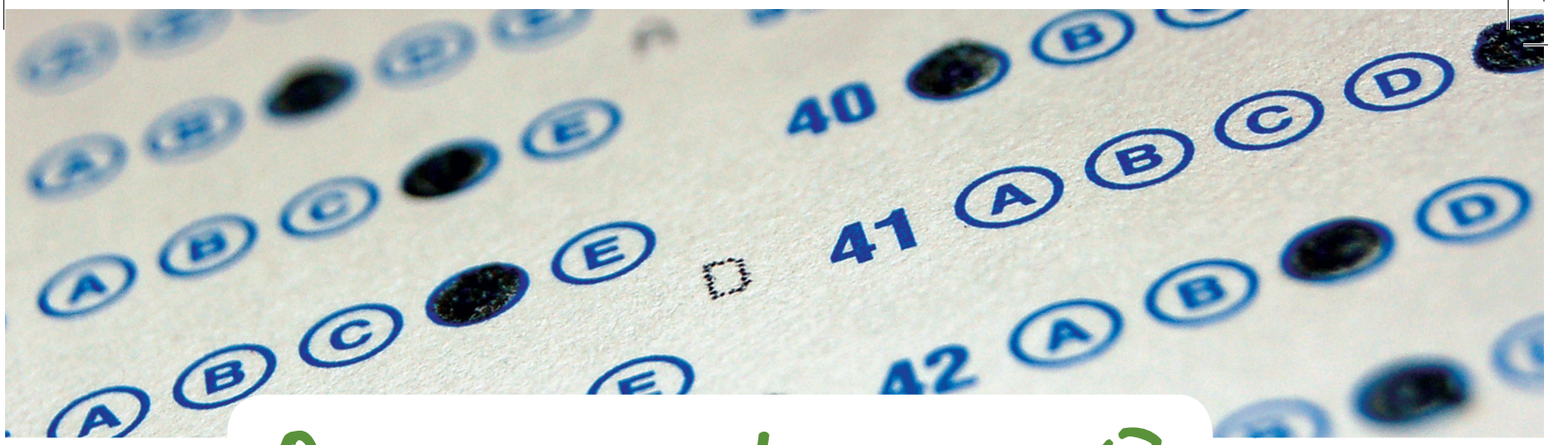
b. As principais barreiras enfrentadas no uso das células-tronco embrionárias são: questões éticas e religiosas, uma vez que essas células dariam origem a outro ser humano se permitido seu desenvolvimento, além de que essas células poderem levar a formação de tumores, uma vez que não existem mecanismos de controle do ciclo celular adequados no local de transplante. Elas também podem sofrer rejeição após o transplante, uma vez que essas células não são do próprio paciente e sim de um outro indivíduo.

Atividade 3

(F) As células-tronco adultas ou multipotentes podem dar origem APENAS a tipos celulares de um tecido específico.

(F) As células-tronco de pluripotência induzida (iPS) são originadas por reprogramação gênica de células adultas, como as da pele, do próprio paciente e portanto não causam rejeição quando transplantadas.

(F) As células-tronco embrionárias podem causar tumores quando transplantadas em um paciente devido à sua capacidade de proliferação ilimitada e à falta de mecanismos de controle do ciclo celular no local da transplante.



O que perguntam por aí?

Questão 1 (FUVEST)

(FUVEST) Células-tronco são células indiferenciadas que têm a capacidade de se diferenciar em diversos tipos celulares.
Para que ocorra tal diferenciação, as células-tronco terão necessariamente que alterar
a) o número de cromossomos.
b) a quantidade de genes nucleares.
c) a quantidade de genes mitocondriais.
d) o padrão de atividade dos genes.
e) a estrutura de genes específicos por mutações.

Gabarito: letra D.

Comentário: O padrão de atividades dos genes nada mais é do que a expressão dos mesmos Assim, como as células-tronco indiferenciadas não se comprometeram com nenhum tipo celular podem se tornar qualquer célula de qualquer tecido do corpo humano.

Questão 2 (UFRS)

(PUCMG) UMA CÉLULA QUE MUDOU DE TIME

O biólogo Jerry Borges relata um surpreendente resultado obtido por cientistas da Universidade de Guelph, no Canadá: eles mostraram que gametas femininos podem ser formados a partir de células da pele. Publicado na "Nature Cell Biology", o estudo desafia um pilar da biologia do desenvolvimento.
(Fonte: "Ciência Hoje online", 21 de abril de 2006.)

Sobre esse assunto, assinale a afirmativa INCORRETA.
a) A técnica descrita poderia ser útil para a produção de gametas em mulheres que não possuem ovários.
b) Os gametas femininos originados de células da pele de um mesmo indivíduo devem apresentar um mesmo patrimônio genético.
c) O sucesso do processo descrito dependeu da indução de meiose em uma célula somática.
d) Em condições normais, as crianças do sexo feminino apresentam, em seus ovários, ovócitos no início da primeira divisão meiótica.

Gabarito: letra E.

Comentário: As células-tronco embrionárias são pluripotentes, ou seja, podem dar origem a todos os tecidos e órgãos do corpo humano. Além disso, elas possuem alta capacidade de proliferação, ou seja, de se dividir infinitamente e devido a essas duas características elas têm sido alvo de pesquisas buscando o tratamento de diversas doenças.

Questão 3 (PUCMG)

(PUCMG) UMA CÉLULA QUE MUDOU DE TIME

O biólogo Jerry Borges relata um surpreendente resultado obtido por cientistas da Universidade de Guelph, no Canadá: eles mostraram que gametas femininos podem ser formados a partir de células da pele. Publicado na "Nature Cell Biology", o estudo desafia um pilar da biologia do desenvolvimento.
(Fonte: "Ciência Hoje online", 21 de abril de 2006.)

Sobre esse assunto, assinale a afirmativa INCORRETA.
a) A técnica descrita poderia ser útil para a produção de gametas em mulheres que não possuem ovários.
b) Os gametas femininos originados de células da pele de um mesmo indivíduo devem apresentar um mesmo patrimônio genético.
c) O sucesso do processo descrito dependeu da indução de meiose em uma célula somática.
d) Em condições normais, as crianças do sexo feminino apresentam, em seus ovários, ovócitos no início da primeira divisão meiótica.

Gabarito: letra B.

Comentário: Todas as células de um mesmo indivíduo APRESENTAM o mesmo patrimônio genético, ou seja, a mesma coleção de genes. O que permite que células de tecidos diferentes sejam diferentes é o controle sobre a expressão desses genes.

Questão 4 (ENEM 2010)

(ENEM 2010 - Prova Reaplicada) A utilização de células-tronco do próprio indivíduo (autotransplante) tem apresentado sucesso como terapia medicinal para a regeneração de tecidos e órgãos cujas células perdidas não têm capacidade de reprodução, principalmente em substituição aos transplantes, que causam muitos problemas devidos à rejeição pelos receptores. O autotransplante pode causar menos problemas de rejeição quando comparado aos transplantes tradicionais, realizados entre diferentes indivíduos. Isso porque as

a) células-tronco se mantêm indiferenciadas após sua introdução no organismo do receptor.

b) células provenientes de transplantes entre diferente indivíduos envelhecem e morrem rapidamente.

c) células-tronco, por serem doadas pelo próprio indivíduo receptor, apresentam material genético semelhante.

d) células transplantadas entre diferentes indivíduos se diferenciam em tecidos tumorais no receptor.

e) células provenientes de transplantes convencionais não se reproduzem dentro do corpo do receptor.

Gabarito: letra C.

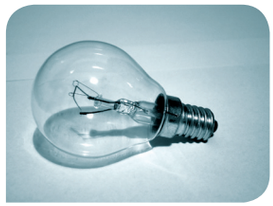
Comentário: Uma vez que todas as células de um mesmo organismo possuem os mesmos genes, isso significa que elas podem produzir as mesmas proteínas. Assim, células do próprio paciente transplantadas nele não vão apresentar proteínas diferentes e assim não serão reconhecidas como estranhas.

Aprendendo sobre energia

Para início de conversa...

Quando percebemos que estamos acima do peso, ou abaixo, costumamos ir ao médico para que ele nos oriente em relação à nossa dieta. Em geral, essa dieta é definida em função da quantidade de energia (calorias) contida em tudo que ingerimos. A conta de luz que pagamos no final do mês também é definida em função da quantidade de energia elétrica que consumimos naquele período para iluminar nossas casas, conservar alimentos em geladeiras e freezers, preparar refeições em fornos elétricos ou de micro ondas, para aquecer água, aclimatizar ambientes por meio de aparelhos de ar condicionados, etc. Também no caso dos automóveis, a energia obtida a partir da queima do combustível, é a responsável pela movimentação dessas máquinas, assim como a energia proveniente do processo de queima do gás de cozinha possibilita o cozimento dos alimentos.

Logo, se fizermos uma reflexão sobre a importância da energia na sociedade contemporânea vamos verificar que, na maior parte dos casos, os processos que



envolvem transformações de energia estão associados a melhoria da qualidade de vida e a promoção do bem-estar. Entretanto, não podemos dizer que isso seja sempre verdade, se levarmos em conta, por exemplo, os efeitos nefastos do uso da energia nuclear na indústria bélica e os inúmeros problemas socioambientais que os diferentes processos de transformação de energia podem causar.

Você deve ter percebido que nem sempre o termo energia aparece aplicado somente ao contexto científico. É comum a sua utilização em diferentes situações no dia a dia. Nessa unidade vamos estudar o conceito de energia, pois ele é um dos conceitos centrais, não só para a física como para outras ciências da natureza.

Objetivos de aprendizagem

- Reconhecer o conceito de energia e o seu caráter universal nas ciências da natureza.
- Descrever o teorema do trabalho – energia.
- Conceituar energia cinética.
- Conceituar trabalho.
- Diferenciar os conceitos de energia potencial elástica e gravitacional.
- Reconhecer o princípio da conservação da energia.
- Identificar sistemas conservativos e não conservativos.
- Avaliar os processos de transformação de energia envolvidos em diferentes tipos de usina para a produção de energia elétrica.

Seção 1
Energia, um conceito universal

Apesar do homem e da sociedade como um todo dependerem tanto da energia, sobretudo daquela que chega à Terra proveniente do Sol, não existe uma definição exata para este conceito segundo **FEYNMAN.** Assim, estamos lidando com uma entidade física que manipulamos, processamos, transformamos, e até pagamos por ela, sem que seja possível atribuir-lhe uma definição muito exata. A forma mais utilizada para definir a energia de um sistema é associá-la à *propriedade que o sistema possui de realizar trabalho*.

Muitos processos naturais envolvem transformações de energia. Por isso, é comum a utilização de complementos associados ao termo com o objetivo de identificar ou especificar esses processos. Termos como energia elétrica, energia nuclear e energia solar, exemplificam alguma dessas situações onde se especifica um contexto para um conceito que, na verdade, é universal.

No sistema internacional de unidades (SI), a unidade atribuída à grandeza energia é o Joule, cujo símbolo é J, em homenagem a James **PRESCOTT JOULE (1818 – 1889)** , físico britânico que muito contribuiu para este campo do conhecimento com seus estudos sobre o calor, considerado uma das formas de energia.

Conversão das unidades de medida

A diversidade de contextos onde a energia se encontra presente possibilita diferentes formas de expressar esta grandeza. Na termodinâmica, por exemplo, é comum o uso da caloria (cal), na física de partículas o elétron-volt (eV), na área da engenharia elétrica o quilowatt-hora (kWh), e na indústria do petróleo a tonelada equivalente de petróleo (tep). Tomando como referência o Joule (J), essas unidades guardam as seguintes relações de equivalência:

$1\ cal = 4{,}1868\ J$

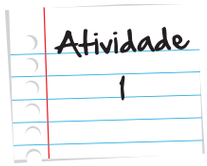
$1\ eV = 1{,}602.10^{-19}\ J$

$1\ kWh = 3{,}6.10^{6}\ J$

$1\ tep = 4{,}2.10^{10}\ J$

A partir daqui serão introduzidas três atividades (1, 2 e 3) ao longo do texto, cujo objetivo é auxiliá-lo no processo de construção dos conceitos de energia cinética, trabalho de uma força, e no reconhecimento da relação que existe entre estes dois conceitos por meio do teorema do trabalho-energia.

A introdução das atividades obedece a uma sequência planejada para que esta construção ocorra de forma gradativa. Logo, não se preocupe em extrair todas as conclusões das atividades antes de concluída a atividade 3.



De olho na queda dos corpos

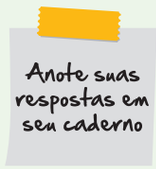
Procure obter o seguinte material:

- Uma caixa quadrada de papelão sem tampa, de aproximadamente 2 cm de profundidade e 15 cm de lado;
- Massa de modelar em quantidade suficiente para encher toda a caixa;
- Duas esferas de aço dessas que se encontra em lojas de ferro velho, com diâmetros de aproximadamente 0,5 cm e 1,5 cm;
- Uma régua.

Siga os sete passos a seguir e depois relate o que ocorreu:

1. Inicialmente, encha a caixa com a massa e cuide para que a superfície fique bem regular (lisa).
2. Posicione a esfera menor a uma altura de 15 cm da superfície da massa e solte fazendo com que a esfera caia em algum lugar da caixa.
3. Remova a esfera com cuidado para não mudar as características da deformação provocada.
4. Repita o procedimento com a mesma esfera, a partir de uma altura de 25 cm, tomando o cuidado para que a esfera não caia no mesmo local onde foi feita a marcação da primeira queda.
5. Retire a esfera e registre as marcas deixadas em fotografia digital.
6. Agora, repita os cinco passos anteriores com as esferas diferentes (menor e maior) partindo da mesma altura de 15 cm nos dois casos.
7. Cuidado ao remover as esferas e registre as novas marcas em fotografia digital.

Faça um pequeno relato (em seu caderno) por escrito sobre a deformação causada na massa em cada caso.



Como já havia sido discutido anteriormente, a energia pode receber diferentes complementos em sua denominação em função do contexto ou da forma segundo a qual ela se manifesta, embora seja este um conceito universal. Vamos agora introduzir alguns desses casos começando por analisar a chamada energia cinética.

Seção 2
Energia cinética

A energia cinética de um corpo é definida como aquela que está associada ao seu estado de movimento. Sendo assim, é possível fazermos estimativas sobre a quantidade de energia cinética do móvel a partir da sua velocidade. Esta definição pode ser melhor compreendida promovendo-se aplicações em situações que nos são familiares.

Por exemplo, se um automóvel que se encontra parado é atingido por outro de mesma massa que se encontra em movimento, o dano provocado irá depender da velocidade do segundo automóvel antes da colisão. Nesse caso, dizemos que o automóvel em movimento possuía a energia cinética suficiente para realizar trabalho (amassar o carro que estava parado). Se a velocidade do segundo automóvel fosse maior as deformações provocadas após a colisão seriam ainda maiores, já que a quantidade de energia cinética seria maior. Logo, podemos dizer que, dois corpos de mesma massa, deslocando-se com **VELOCIDADES DIFERENTES POSSUEM ENERGIAS CINÉTICAS DIFERENTES**, sendo maior a energia daquele com maior velocidade. Fonte: http://www.sxc.hu/photo/748825, jason conlon.

3

Agora, suponhamos que um automóvel de massa equivalente a 1 tonelada esteja parado e seja atingido por dois veículos em duas situações diferentes.

- No primeiro caso, um automóvel de massa também equivalente a 1 tonelada, deslocando-se com uma velocidade de 80 Km/h é quem colide com o primeiro.
- No segundo caso, a colisão é provocada por uma carreta carregada que também se desloca com 80 Km/h, mas que possui massa equivalente a 60 toneladas.

Não é difícil imaginar que o dano provocado na segunda situação será maior. Portanto, o trabalho realizado (amassar o primeiro automóvel) será maior no segundo caso. Isso nos leva a concluir que a energia cinética também é função da massa, e que por esse motivo a energia cinética da carreta é maior devido a sua massa ser maior, já que nas duas situações as velocidades são iguais.

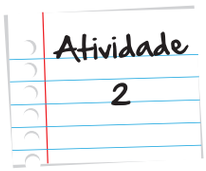
De acordo os exemplos apresentados, foi possível observar que a energia cinética de um corpo depende tanto da sua velocidade quanto da sua massa, e essa dependência pode ser confirmada experimentalmente. No entanto, no caso da velocidade, não se trata de uma dependência linear, e sim quadrática.

O modelo matemático que descreve a relação entre a energia cinética do corpo, a sua massa e a sua velocidade, é traduzido pela expressão:

$$Ec = \frac{mv^2}{2}$$

onde Ec é a energia cinética, v a velocidade e m a massa do corpo.

A atividade 2 dá segmento à sequência previamente citada e tem como ponto de partida os resultados da atividade 1.



Analisado a energia cinética

A partir das suas observações realizadas nos ensaios da atividade 1, e utilizando como apoio a expressão matemática da energia cinética que você aprendeu, faça uma análise qualitativa e apresente suas considerações por escrito sobre os valores da energia cinética para cada caso isoladamente.

Seção 3
Trabalho de uma força

No dia a dia o termo trabalho pode estar associado a uma série de significados. Aqui vamos nos ater ao significado que o termo adquire no contexto da física.

Trabalho pode também ser definido em termos da força aplicada a um corpo e do deslocamento a ele transmitido, pois quando um corpo em movimento se encontra sob a ação de uma força resultante ele experimenta o efeito de uma aceleração que provoca uma variação na sua velocidade. A esta variação na velocidade está associada uma variação na energia cinética, como vimos na seção anterior.

O chamado teorema do trabalho – energia apresenta a definição de trabalho de uma força em função da variação de energia cinética que o corpo sofre devido à ação desta força ao longo do trecho em que ocorre o deslocamento. Segundo este teorema,

> o trabalho que a força realiza equivale à variação da energia cinética sofrida pelo corpo.

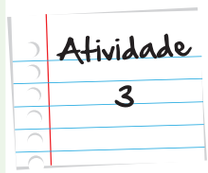
Utilizando a letra *W* para representar o trabalho realizado pela força e Δ*Ec* para representar a variação da energia cinética, teremos:

$W = \Delta Ec$

Sendo o trabalho de uma força definido a partir de uma variação de energia pelo teorema do trabalho – energia, a sua unidade no sistema internacional de unidades (SI) também será o Joule (J).

Na atividade 1 você observou as distintas deformações que as esferas causaram na massa, A partir da atividade 2 você analisou qualitativamente a energia cinética associada ao movimento de cada uma delas. Na próxima atividade, sugerimos que você avance mais um pouco elaborando conclusões acerca do trabalho realizado pela força peso sobre as esferas. Mãos à obra!

O trabalho realizado sobre as esferas



A partir das conclusões obtidas nas atividades 1 e 2, e dos seus conhecimentos sobre o teorema do trabalho – energia, faça uma análise qualitativa por escrito sobre os valores do trabalho realizado pela força peso em cada caso.

Agora que já sabemos associar o trabalho com a variação da energia cinética, vamos analisar o trabalho realizado por uma força constante que atua horizontalmente sobre um bloco em movimento horizontal.

Considere a ilustração apresentada na figura a seguir, onde um móvel, representado pelo bloco de massa m, encontra-se na posição inicial S_i em relação ao sistema de referência, com uma velocidade inicial v_i, sofrendo a ação de uma força horizontal e constante F. Aqui estamos desconsiderando a ação de forças de atrito.

Depois de certo intervalo de tempo Δt, o móvel alcança a posição S_f com velocidade final v*f*, após ter percorrido uma distância total ΔS, sofrendo uma aceleração igual a *a*.

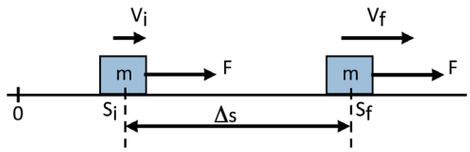


Figura 1: Móvel se deslocando sob a ação de uma força horizontal.

Segundo o teorema do trabalho – energia:

$W = \Delta Ec$

Podemos escrever a variação da energia cinética como a diferença entre a energia cinética alcançada no instante final (*Ecf*) e aquela que o corpo possuía no instante inicial (*Eci*).

$\Delta Ec = Ec_f - Ec_i$

onde

As energias cinéticas final e inicial são escritas respectivamente da seguinte maneira: $Ec_f = \frac{mv_f^2}{2}$ e $Ec_i = \frac{mv_i^2}{2}$

Logo, substituindo essa relação na primeira expressão ($\Delta Ec = Ec_f - Ec_i$) temos:

$$\Delta Ec = \frac{mv_f^2}{2} - \frac{mv_i^2}{2}$$

ou, isolando $\frac{m}{2}$ da expressão anterior temos:

$$\Delta Ec = \frac{m}{2}\left(v_f^2 - v_i^2\right)$$

Utilizando a expressão de Torricelli já conhecida:

$$v_f^2 = v_i^2 - 2a\Delta S$$

E substituindo na expressão anterior:

$$\Delta Ec = \frac{m}{2}\left(v_i^2 + 2a\Delta S - v_i^2\right)$$

$$\Delta Ec = \frac{m}{2}\left(2a\Delta S\right)$$

$$\Delta Ec = \frac{m}{2}\left(2a\Delta S\right)$$

Como o produto m.a representa a força F (2ª Lei de Newton), e o trabalho é igual a variação de energia cinética ($W = \Delta Ec$), teremos:

$W = F\Delta \boldsymbol{S}$

A expressão obtida possibilita calcular o trabalho diretamente a partir dos valores da força constante que é aplicada e das posições final e inicial (deslocamento).

$$W = F\left(S_f - S_i\right)$$

A notação vetorial das grandezas físicas envolvidas foi omitida porque o problema ocorre em apenas uma dimensão, situação onde esta simplificação é permitida. Entretanto, cabe ressaltar o caráter vetorial de grandezas como: posição, deslocamento, velocidade, aceleração e força. Por outro lado, as grandezas energia e trabalho são de natureza escalar – não vetorial, embora estejam relacionados com grandezas de natureza vetorial.

Importante

Calculando o trabalho

Um bloco encontra-se apoiado sobre uma superfície perfeitamente lisa (sem atrito). Sobre ele atua uma força horizontal de 5 N, que provoca um deslocamento horizontal de 3 m no bloco. Determine o trabalho realizado pela força.

Atividade 4

Anote suas respostas em seu caderno

E quando há mais forças envolvidas no movimento de um corpo? Como calculamos o trabalho?

O teorema do trabalho-energia aplicado ao caso do corpo que se move sob ação de uma força horizontal constante, que acabamos de estudar, possibilitou a definição do conceito de trabalho, mas representa uma simplificação de um problema mais complexo onde poderíamos ter considerado outras forças também presentes, como o peso do bloco e o atrito.

Em alguns casos, e dependendo da complexidade do problema, o **CARÁTER VETORIAL DE GRANDEZAS COMO A FORÇA**, a velocidade e o deslocamento, precisa ser levado em conta. Entretanto, embora a introdução do peso e do atrito aumente a complexidade, ainda é possível tratar o problema sem precisar lançar mão do cálculo vetorial, analisando separadamente cada caso.

Considerando isoladamente o caso da força peso que atua no bloco, verificamos que esta age perpendicularmente à direção do deslocamento e não provoca mudanças na velocidade nesta direção. Sendo assim, não há variações na energia cinética provocadas pelo peso e, portanto, não há trabalho realizado.

No caso de isolarmos a força de atrito com o solo, que atua em sentido contrário ao do movimento, observamos que ela provoca uma diminuição na velocidade do bloco e, portanto, uma variação negativa na energia cinética, já que $v_f < v_i$, o que significa a realização de trabalho negativo.

Como podemos ver, é sempre possível realizar uma série de considerações baseadas em argumentos qualitativos. Por outro lado, é necessário lançar mão de recursos matemáticos que nos permitam obter uma expressão para o cálculo do trabalho que seja geral e possa prever as diferentes situações que se apresentam como problemas.

A figura a seguir mostra mais um exemplo onde um bloco de massa m é puxado por uma força constante F, que atua em uma direção inclinada de um ângulo θ em relação á direção horizontal do deslocamento.

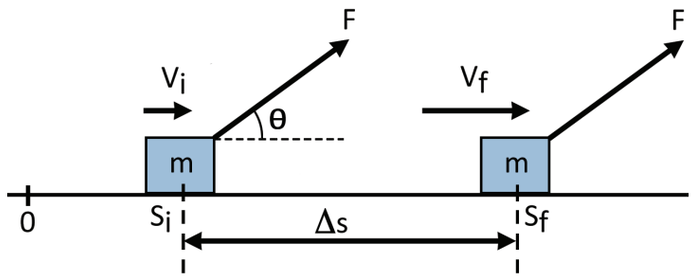


Figura 2: Móvel se deslocando sob a ação de uma força inclinada

É possível demonstrar que o trabalho realizado pela força F sobre o bloco é dado pela expressão geral:

$$W = F\Delta S\cos\theta$$

A partir da expressão geral apresentada, os três casos anteriormente analisados podem ser verificados quantitativamente.

No primeiro caso, o sentido e a direção da força F coincidem com os do deslocamento. Logo:

$$\theta = 0^o$$
$$\cos\theta = \cos 0^o = 1$$
$$W = F\Delta S(1)$$
$$W = F\Delta S$$

O trabalho realizado pela força que uma locomotiva exerce sobre um vagão de trem quando o sistema (locomotiva + vagão) encontra-se acelerado exemplifica esta situação.

No segundo caso, a força presente é o peso (F = P), que atua perpendicularmente ao movimento. Assim:

$$\theta = 270^o$$
$$\cos\theta = \cos 270^o = 0$$
$$W = P(0)$$
$$W = 0$$

Se considerarmos a mesma situação cotidiana da locomotiva que exerce força sobre o vagão provocando neste uma aceleração, o trabalho realizado pelo peso do vagão ao longo do deslocamento será nulo, e exemplifica o presente caso.

No terceiro caso, a força presente é o atrito (F = f_{at}), que atua em sentido contrário ao do movimento e na mesma direção. Logo:

$$\theta = 180^o$$
$$\cos\theta = \cos 180^o = -1$$
$$W = f_{at}\Delta S(-1)$$
$$W = -f_{at}\Delta S$$

Quando um caixote é arrastado sobre uma superfície não lisa em um supermercado, por exemplo, o trabalho realizado sobre o caixote pela força de atrito entre o caixote a superfície do solo ao longo do deslocamento, exemplifica este caso.

Como calcular o trabalho de uma força quando ela não é constante?

As expressões matemáticas apresentadas anteriormente não preveem o cálculo do trabalho quando a força F não é constante. Problemas que envolvem forças que variam ao longo do deslocamento demandam cálculos mais avançados. Então, que tal avançarmos um pouco mais em nossa analise?

Na situação representada na figura a seguir, o gráfico que mostra o comportamento da força (F) em função da posição do móvel (S) é conhecido.

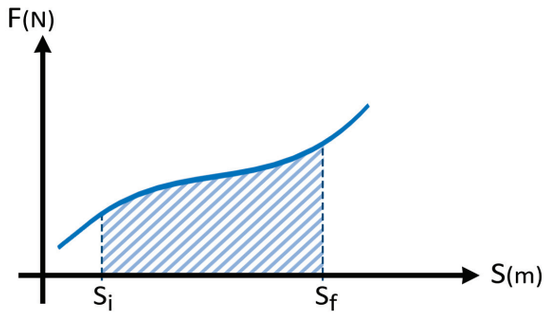


Figura 3: Comportamento da força em função da posição ao longo do deslocamento

A partir de cálculos matemáticos sofisticados é possível mostrar que a área hachurada, compreendida entre a curva que representa o comportamento da força e o eixo horizontal, no intervalo entre Si e Sf, possui valor numérico igual ao trabalho realizado pela força.

$$W = ÁREA$$

Apesar da dificuldade de se calcular áreas como aquela que está representada na figura, o resultado obtido é geral, e pode ser aplicado em qualquer situação. Logo, esse cálculo pode ser simples, dependendo do gráfico que representa o comportamento da força e, consequentemente, da figura geométrica que ele proporciona.

A figura a seguir ilustra o caso particular estudado anteriormente, onde a força F se mantém constante ao longo de todo o deslocamento. Seu comportamento é representado graficamente por uma reta paralela ao eixo horizontal.

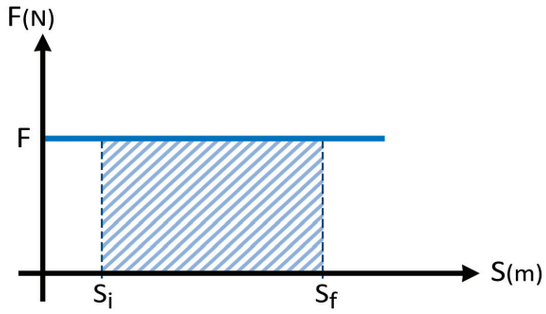


Figura 4: Comportamento de uma força de módulo igual a F, que se mantém constante ao longo do deslocamento.

Nesse caso, a expressão apresentada anteriormente pode ser obtida diretamente a partir do calculo da área do retângulo hachurado.

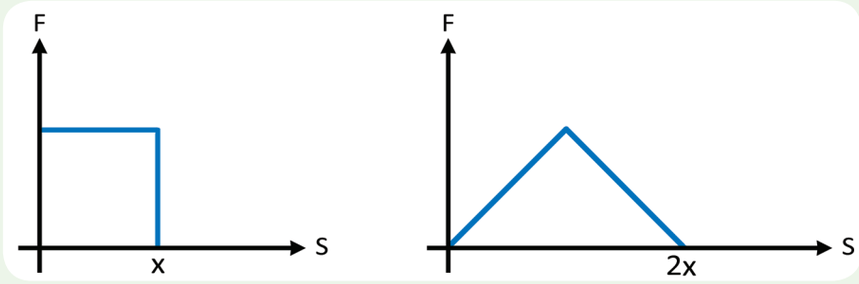
$$W = \acute{A}REA$$
$$\acute{A}REA = F(S_f - S_i)$$
$$\acute{A}REA = F\Delta S$$
$$W = F\Delta S$$

A atividade 5 a seguir apresenta um interessante desafio cuja solução pode ser obtida partindo-se da ideia de que a área sob o gráfico traduz numericamente o valor do trabalho realizado pela força.

Constante e inconstante

Atividade 5

A figura a seguir mostra o comportamento de uma força F que, no primeiro caso, se mantém constante enquanto atua sobre um móvel que percorre uma distância = x. No segundo caso, a força varia enquanto o móvel percorre uma distância = 2 x.



Faça uma fotocópia dos gráficos e, com o auxílio de uma tesoura, descubra em qual dos casos o trabalho realizado foi maior.

Anote suas respostas em seu caderno

Seção 4
Energia potencial

Diz-se que um sistema possui energia potencial quando ele está potencializado para realizar trabalho. Em geral, a percepção imediata da presença de energia potencial em um sistema não é tão fácil como no caso da energia cinética, que pode ser verificada pela simples observação do corpo em movimento. A seguir, vamos lançar mão de dois sistemas bem simples com o objetivo de auxiliar na compreensão do conceito de energia potencial. O primeiro deles é o sistema massa – mola, onde atua apenas a força elástica da mola, e o segundo é uma massa que realiza movimento vertical, onde atua somente o peso.

Energia potencial elástica

A figura a seguir mostra um sistema massa – mola livre de atrito. No primeiro caso observamos a mola relaxada, no segundo caso temos a mola totalmente comprimida exercendo uma força Fel no bloco, e no terceiro caso, a mola está totalmente distendida, exercendo a mesma força Fel no bloco, agindo em sentido contrário.

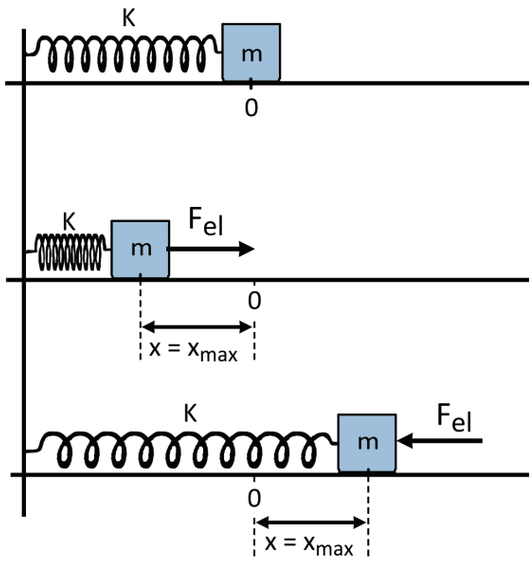


Figura 5: Sistema massa – mola

Mesmo estando em repouso – totalmente comprimida ou distendida –, a mola possui as condições para movimentar a massa m, e com isso, realizar trabalho. Essa parcela de energia acumulada no sistema e que o potencializa para a realização do trabalho é denominada **ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA** do sistema.

Para pequenas deformações, que não comprometam as propriedades elásticas da mola, a relação entre a força elástica que a mola exerce no bloco (Fel) e a deformação da mola (x) pode ser considerada linear e representada pela expressão:

$$F_{el} = Kx$$

onde K é uma constante denominada constante elástica da mola.

Ao estudar as relações entre as deformações provocadas em uma mola pela ação de forças aplicadas, Robert Hooke (1635-1703), verificou que a deformação aumenta proporcionalmente à força. Daí estabeleceu-se a chamada Lei de Hooke que acabamos de conhecer, traduzida pela seguinte expressão matemática: $F_{el} = Kx$

Hooke foi um cientista inglês, essencialmente mecânico e meteorologista nascido em em Freshwater, na Isle of Wight, que formulou a *teoria do movimento planetário* e a primeira teoria sobre as propriedades elásticas da matéria.

Fonte: http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/RoberHoo.html

Saiba Mais

Graficamente, a relação entre F_{el} e x é mostrada na figura a seguir:

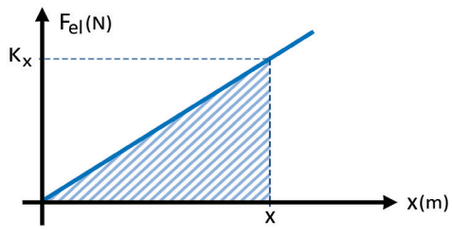


Figura 6: Comportamento linear da força elástica

A partir do gráfico, é possível determinar a quantidade de energia potencial elástica mínima que o sistema precisa para que a força realize o trabalho de deslocar o bloco da origem (0), até um ponto distante x da origem. Essa energia tem valor igual ao trabalho que a força realiza.

$$W = Ep$$

O cálculo do trabalho pode ser feito a partir da área do triângulo hachurado. Logo:

$$W = \acute{A}REA$$

$$\acute{A}REA = \frac{Kx.x}{2}$$

$$\acute{A}REA = \frac{Kx^2}{2}$$

$$W = \frac{Kx^2}{2}$$

$$Ep = \frac{Kx^2}{2}$$

Energia potencial gravitacional

A figura a seguir ilustra uma situação onde uma esfera de massa m se encontra posicionada em duas situações. Na primeira, ela está apoiada sobre a superfície de uma mesa e na segunda ela encontra-se elevada até uma altura h em relação ao nível de referência (0) que coincide com a superfície. Sobre ela está representada a ação da força peso (P).

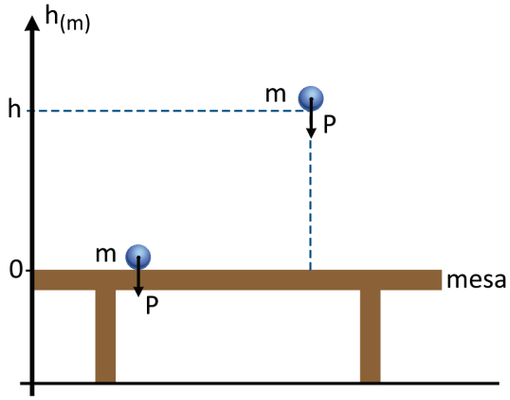


Figura 7: Esfera de massa m elevada em relação à superfície de uma mesa.

Mesmo estando em repouso, no ponto mais alto o sistema se encontra em condições de realizar trabalho. Nesse caso, diz-se que a energia acumulada potencializa o sistema, ou que o sistema está carregado de energia potencial gravitacional. Uma vez liberada, a esfera irá se deslocar para baixo, percorrendo uma distância h sob a ação da força peso (P).

Esta quantidade de energia potencial gravitacional tem valor igual ao trabalho que o peso realiza quando a esfera percorre o trajeto do ponto mais alto até a superfície da mesa. Logo:

$$W = Ep$$

O cálculo do trabalho pode ser feito a partir da expressão geral anteriormente apresentada, uma vez que estamos aqui considerando o peso uma força constante, para pontos próximos à superfície da Terra. Assim:

$$W = F\Delta S\cos\theta$$

onde

$$\theta = 0^o$$
$$\cos\theta = 1$$
$$\Delta S = h$$
$$F = P = mg$$

Substituindo todos esses valores na expressão geral, teremos:

$$W = mgh(1)$$
$$W = mgh$$
$$Ep = mgh$$

De onde se conclui que, para pontos próximos à superfície da Terra, a energia potencial gravitacional que a massa acumula é definida pela altura em que ela se encontra em relação ao nível de referência.

Forças conservativas e dissipativas

Você deve estar familiarizado com forças de diferentes naturezas. A força de tração, por exemplo, é um tipo de força que se propaga ao longo de cordas e cabos, enquanto a força gravitacional é um tipo de ação à distância que não necessita de qualquer tipo de contato entre os corpos envolvidos.

Podemos realizar uma classificação para as forças que se define em função do trabalho que ela realiza sobre o corpo. Quando uma força atua sobre um sistema sem provocar qualquer tipo de dissipação da energia do sistema, ela é chamada de conservativa. Os exemplos mais comuns de força conservativas são a força gravitacional (peso) e a força elástica exercida por uma mola ou por um sistema elástico.

Uma força é chamada de dissipativa quando, ao contrário, provoca a dissipação da energia do sistema. O exemplo mais comum é a força de atrito, cujo trabalho realizado sobre o sistema é transformado em calor e se perde.

Atividade 6

Na palma das mãos

Encoste as palmas de suas duas mãos e esfregue bem uma na outra. Você irá perceber um aumento na temperatura em ambas as mãos. Baseado no conceito de força dissipativa, explique por que ocorre o aumento da temperatura.

Anote suas respostas em seu caderno

Seção 5
Princípio da conservação da energia

Considerado como um dos princípios mais importantes da física, o princípio da conservação da energia encontra aplicação em muitas situações do cotidiano onde ocorrem processos que envolvem transformações de energia

No dia a dia é comum a ocorrência de processos de transformação de energia. No motor do automóvel, por exemplo, a energia química acumulada no combustível é transformada em energia de movimento (cinética); a energia contida nos alimentos que ingerimos sofre transformações, sendo utilizadas nas diversas tarefas que desempenhamos; a energia elétrica que recebemos da concessionária é transformada em nossas casas em calor, trabalho, energia de movimento (cinética), e etc., dependendo do eletrodoméstico que estamos utilizando.

Para auxiliar na compreensão deste importante princípio vamos utilizar o exemplo do sistema massa – mola apresentado na figura 5, considerando que não há forças de atrito presentes no sistema.

Iniciamos nossas reflexões a partir da situação onde a mola encontra-se totalmente comprimida. Nesse instante, a **ENERGIA POTENCIAL DO SISTEMA É MÁXIM**A, já que a deformação da mola é máxima ($x = x_{max}$) e o corpo está em repouso. Portanto, não há energia cinética e a energia total do sistema (E) encontra-se acumulada na forma de energia potencial elástica, dada pela expressão:

6

$$E = Ep$$

onde

$$Ep = K\frac{x_{max}^2}{2}$$

ou

$$E = K\frac{x_{max}^2}{2}$$

Uma vez liberada, a mola passa a exercer uma força decrescente Fel sobre o corpo com sentido voltado para a direita e este inicia um deslocamento também para a direita. Durante este percurso a velocidade vai aumentando até que o corpo chegue ao ponto x = 0 (ponto de referência), onde não haverá mais força elástica atuando ($F_{el} = 0$) e nem energia potencial acumulada (Ep = 0). Nesse instante, a velocidade do corpo será máxima ($v = v_{max}$) e toda energia do sistema será cinética:

$$E = Ep$$

onde

$$Ec = \frac{mv_{max}^2}{2}$$

ou

$$E = \frac{mv_{max}^2}{2}$$

Depois que o corpo ultrapassa a origem, o movimento continua ocorrendo para a direita e, a partir deste instante, a força Fel começa a crescer e age sobre o corpo em sentido contrário ao do movimento, provocando uma diminuição na velocidade até que o corpo chegue à outra extremidade com a mola totalmente distendida ($x = x_{max}$). Nesse instante, toda a energia está acumulada pelo sistema na forma de energia potencial. Logo:

$$E = Ep = K\frac{x_{max}^2}{2}$$

Na ausência de forças dissipativas como o atrito, este ciclo será periodicamente repetido, indefinidamente, e a energia total conservada.

Quando não estão submetidos a forças de natureza dissipativa, esses sistemas são chamados de conservativos, porque preservam (conservam) a sua energia total.

Importante

O princípio da conservação da energia afirma que, na ausência de forças dissipativas, a energia total do sistema se conserva.

Saiba Mais

Produção da energia elétrica

Desde que foi possível a produção de energia elétrica em larga escala a partir do século XIX, houve uma mudança radical, não só na forma de vida das sociedades – sobretudo naquelas mais desenvolvidas –, mas também nos meios de produção.

Isso foi possível graças ao desenvolvimento do eletromagnetismo e das usinas geradoras de energia. De maneira geral, essas usinas funcionam baseadas em sucessivos processos de transformação da energia que é obtida de uma fonte natural em energia elétrica. A transformação final se dá no interior de geradores elétricos.

Para que o gerador elétrico funcione (gere energia elétrica), é necessário que ele esteja acoplado a um mecanismo que deve provocar o movimento de rotação do conjunto. Nas usinas hidrelétricas, termelétricas e termonucleares, esses mecanismos são chamados de turbinas e podem se movimentar a partir da queda d'água no caso das hidrelétricas, ou a partir do vapor d'água em alta pressão, produzido nas termelétricas e termonucleares. No caso dos geradores eólicos, o mecanismo é um conjunto de pás mecânicas que giram acopladas às unidades geradoras propriamente ditas a impulsionadas pelo movimento do vento.

Independentemente da fonte ou da tecnologia utilizadas, o processo envolve uma série de transformações e culmina com a transformação de energia cinética de rotação em energia elétrica.

As reflexões anteriormente apresentadas se referem a situações limite. Você deve estar se perguntando: o que ocorre nos pontos intermediários da trajetória do corpo?

Nesses casos, parte da energia presente no sistema será potencial e parte será cinética, já que teremos a presença da força elástica e da velocidade concomitantemente, e o valor da energia total será partilhado entre as duas parcelas – potencial e cinética – e representado pela expressão matemática a seguir, que traduz o princípio da conservação da energia:

$$E = Ep + Ec$$

ou ainda

$$E = K\frac{x^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

Podemos ainda, refletir sobre o exemplo anteriormente apresentado, que trata do momento vertical da massa que desce sob a **AÇÃO DO PESO** e sem atrito. A energia total do sistema se conserva, já que o peso é uma força conservativa. Também neste caso, a expressão matemática que traduz o princípio da conservação da energia para pontos intermediários da trajetória será:

$$E = Ep + Ec$$

ou ainda

$$E = mgh + \frac{mv^2}{2}$$

A atividade 7 a seguir permite que você reflita sobre a aplicação do princípio da conservação da energia em problema hipotético inspirado na atividade 1 anteriormente analisada.

Exercitando o princípio da conservação da energia

Atividade 7

Vamos imaginar, que no lugar da massa de modelar da atividade 1, tivéssemos uma mola vertical, onde cada esfera poderia se chocar no final da queda.

A partir das suas observações realizadas nos ensaios da atividade 1, utilizando seus conhecimentos sobre o princípio da conservação da energia, e a expressão matemática da energia potencial elástica, faça uma análise qualitativa e apresente suas considerações sobre os valores da energia potencial elástica acumulada no sistema para cada caso isoladamente.

Anote suas respostas em seu caderno

O princípio da conservação da energia que acabamos de estudar nos afirma que um corpo pode exibir somente energia do tipo cinética, somente energia potencial, ou os dois tipos concomitantemente, desde que o balanço energético previsto pelo princípio seja obedecido.

Quando o corpo encontra-se acelerado, a variação da energia cinética deste corpo corresponde ao trabalho que a força realiza sobre ele durante o intervalo de tempo que este gasta para realizar o deslocamento.

Recursos Complementares

Guia rápido

Assunto: Resumo de quem foi Richard Philips Feynman

Link: http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/RichaPhi.html

A vida e o trabalho de James Prescott Joule

O físico inglês James Prescott Joule tornou-se famoso por suas experiências envolvendo a "transformação trabalho em calor". Seu nome está associado à possibilidades de conversão de trabalho mecânico e de eletricidade em calor.Quer saber mais sobre a vida e os experimentos de Joule? Então, acesse o site da Unicamp e mergulha em sua biografia: http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/person/joule.htm

Link: http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/person/joule.htm

Descrição: Site da Unicamp descrevendo a biografia do físico James Prescott Joule

Energia cinética

Link: http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=22174

Descrição: experimento que ilustra como a energia cinética de um corpo, que está em movimento é transferida a outro.

Força

Link: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/17577/index.html?sequence=115

Descrição: A animação tem o objetivo de Mostrar que forças são grandezas físicas que dependem, além da intensidade, da direção e do sentido da aplicação. Ou seja, forças são grandezas vetoriais.

Energia elástica

Link: http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=36886

Descrição: Neste experimento, é possível verificar o armazenamento de energia potencial elástica em uma mola através de um sistema lançador de projéteis.

conservação de energia

Link: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/2242/index.html?sequence=8

Descrição: A animação apresenta, através da atividade salto da ponte, os conceitos de energia potencial elástica, potencial gravitacional, energia cinética e conservação.

Assunto: Conservação de energia potencial em cinética.

Link: http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=13625

Descrição: O experimento pretende mostrar que quanto maior a energia potencial gravitacional no início do movimento de queda de um objeto, maior será sua energia cinética ao final da queda: a transformação da energia, através do movimento de uma bolinha que escorrega numa rampa.

Resumo

Na unidade que acabamos de estudar você teve a oportunidade de discutir o caráter universal do conceito de energia, grandeza física muito importante que é expressa em Joule (J) no sistema internacional de unidades. Além disso, foram discutidos os conceitos de energia cinética, trabalho de uma força, energia potencial gravitacional e energia potencial elástica. A partir do teorema do trabalho – energia, que relaciona o trabalho realizado por uma força coma variação da energia cinética do móvel, foi possível a introdução de discussões e fórmulas matemáticas que possibilitam o cálculo do trabalho realizado por uma força constante que atua sobre um móvel. Além disso, foram estudados métodos gráficos que permitem o cálculo do trabalho em algumas situações particulares onde a força varia em função da posição do móvel. Foram estudados ainda, a chamada Lei de Hooke, os conceitos de força conservativa e força dissipativa, além do princípio da conservação da energia para sistemas conservativos.

Veja ainda

Se você tem interesse em se atualizar e ampliara seus conhecimentos acerca da temática que envolve questões energéticas, poderá ler os seguintes títulos:

Energia: uma abordagem multidisciplinar. Autores: de Maria Paula de castro Burattini e Claudio Zaki Dib. Editora Livraria da Física, 2008.

Energia e meio ambiente. Autor: Samuel Murgel Branco. Editora Moderna, 2004.

Bibliografia consultada

Livros

- FEYNMAN, Richard; LEIGHTON, Robert; SANDS, Matthew. **The Feynman Lectures on Physics**, v.1, London: Ed. Addison-Wesley, 1977.
- GUIMARÃES, Luiz Alberto; FONTE BOA, Marcelo. **Física Ensino Médio**, v. 1, São Paulo: Ed. Futura, 2004.

Imagens

• http://www.sxc.hu/photo/1161645, Zsuzsanna Kilian

• http://www.sxc.hu/photo/1382253,

• http://www.sxc.hu/photo/805175,

• http://www.sxc.hu/photo/1095723, Kriss Szkurlatowski

• http://www.sxc.hu/photo/748825, jason conlon

• http://www.sxc.hu/photo/965820, autor: Billy Alexander

• http://www.sxc.hu/photo/1084630, Svilen Milev

• http://www.sxc.hu/photo/1145532, Svilen Milev.

• http://www.sxc.hu/photo/131304

• http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/RoberHoo.html

• http://www.sxc.hu/photo/1178035

• http://www.sxc.hu/photo/1147438

Atividade 1

Respostas das Atividades

No primeiro caso, a esfera que partiu do ponto mais alto vai provocar maior deformação na massa e no segundo caso, a esfera maior é quem vai causar a maior deformação.

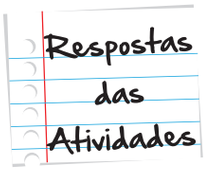
Atividade 2

No primeiro caso a segunda esfera chega ao ponto mais baixo da trajetória (superfície da massa de modelar) com maior energia cinética. No segundo caso, a segunda esfera possui maior massa e, consequentemente chega ao ponto mais baixo da trajetória com maior energia cinética.

Atividade 3

No primeiro caso a variação da energia cinética sofrida pela segunda esfera até que ela entre em repouso é maior. Por isso, o peso realiza mais trabalho provocando uma maior deformação da superfície.

No segundo caso a segunda esfera passa pelo mesmo processo e o peso realiza mais trabalho.



Atividade 4

Podemos resolver o problema utilizando a expressão que possibilita o cálculo do trabalho a partir da força e do deslocamento que ela provoca.

$$W = F\Delta S$$

Substituindo os valores fornecidos pelo problema, teremos:

$$W = 5.3$$
$$W = 15J$$

Atividade 5

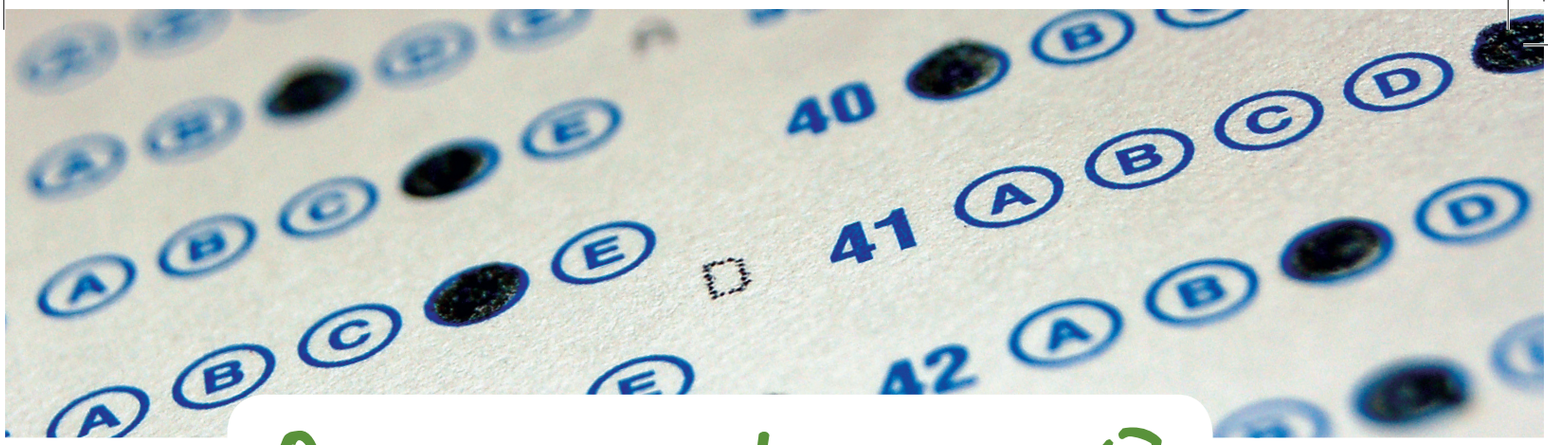
Recortando o retângulo do primeiro gráfico e o triângulo do segundo com o auxílio da tesoura, é possível, a partir de um segundo corte no triângulo seguido de uma simples montagem, verificar que as áreas se equivalem. Logo, os trabalhos são iguais.

Atividade 6

A temperatura aumenta devido à dissipação de calor que a força de atrito (dissipativa) provoca durante o processo de fricção entre as mãos.

Atividade 7

Em ambos os casos, desconsiderando-se as forças dissipativas, a energia potencial elástica acumulada na mola, será igual a que estava acumulada na massa no alto da trajetória na forma de energia potencial gravitacional, já que o sistema é conservativo. Logo, no primeiro caso, a deformação da mola provocada pela segunda esfera será maior e, consequentemente, será maior a energia potencial elástica acumulada na mola quando ela estiver totalmente comprimida. Da mesma forma, no segundo caso, a deformação provocada pela segunda esfera será maior e, consequentemente, será maior a energia potencial elástica acumulada na mola no instante de compressão máxima.



O que perguntam por aí?

Questão 1. (ENEM 2005)

Um problema ainda não resolvido da geração nuclear de eletricidade é a destinação dos rejeitos radioativos, o chamado "lixo atômico". Os rejeitos mais ativos ficam por um período em piscinas de aço inoxidável nas próprias usinas antes de ser, como os demais rejeitos, acondicionados em tambores que são dispostos em áreas cercadas, ou encerrados em depósitos subterrâneos secos, como antigas minas de sal. A complexidade do problema do lixo atômico, comparativamente a outros lixos com substâncias tóxicas, se deve ao fato de

a. emitir radiações nocivas, por milhares de anos, em um processo que não tem como ser interrompido artificialmente.

b. acumular-se em quantidades bem maiores do que o lixo industrial convencional, faltando assim locais para reunir tanto material.

c. ser constituído de materiais orgânicos que podem contaminar muitas espécies vivas, incluindo os próprios seres humanos.

d. exalar continuamente gases venenosos, que tornariam o ar irrespirável por milhares de anos.

e. emitir radiações e gases que podem destruir a camada de ozônio e agravar o efeito estufa.

Gabarito: Letra A

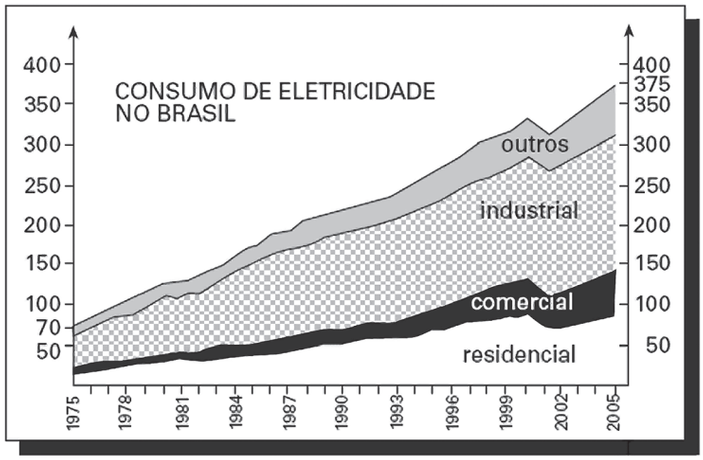
Comentário

Os rejeitos radiativos não são orgânicos e nem emitem gases. Entretanto, permanecem emitindo radiação perigosa para a saúde durante muitos anos. Logo, a resposta correta é o item A.

(ENEM 2008)

Texto para as questões 2 e 3

O gráfico a seguir ilustra a evolução do consumo de eletricidade no Brasil, em GWh, em quatro setores de consumo, no período de 1975 a 2005.



Balanço Energético Nacional. Brasília: MME, 2003 (com adaptações)

Questão 2.

A racionalização do uso da eletricidade faz parte dos programas oficiais do governo brasileiro desde 1980. No entanto, houve um período crítico, conhecido como "apagão", que exigiu mudanças de hábitos da população brasileira e resultou na maior, mais rápida e significativa economia de energia. De acordo com o gráfico, conclui-se que o "apagão" ocorreu no biênio

a. 1998 – 1999.

b. 1999 – 2000.

c. 2000 – 2001.

d. 2001 – 2002.

e. 2002 – 2003.

Gabarito: Letra C.

Comentário:

Observando o gráfico, é possível verificar a queda acentuada no período entre os anos de 2000 e 2001. Logo, a resposta correta é o item C.

Questão 3.

Observa-se que, de 1975 a 2005, houve aumento quase linear do consumo de energia elétrica. Se essa mesma tendência se mantiver até 2035, o setor energético brasileiro deverá preparar-se para suprir uma demanda total aproximada de

a. 405 GWh.

b. 445 GWh.

c. 680 GWh.

d. 750 GWh.

e. e) 775 GWh.

Gabarito: Letra C

Comentário:

Para resolver essa questão é necessário construir uma equação matemática que represente o comportamento aproximadamente linear que o gráfico exibe.

Seja E = E0 + a.Δt a expressão que representa o crescimento da energia (E) em função do tempo (Δt), onde E0 é a energia inicial e a o coeficiente angular da reta que mais se aproxima da rampa característica.

Do gráfico podemos obter, com razoável aproximação,

$$E_0 = 70GWh$$

e

$$a = \frac{400 - 100}{2005 - 1975}$$

$$a = \frac{300}{30}$$

$$a = 10$$

Logo:

$$E = 70 + 10.\Delta t$$

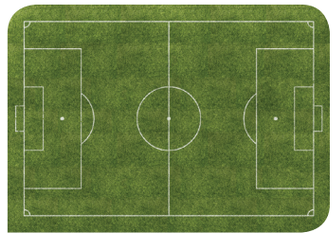
Entre 1975 e 2035 teremos anos. Logo:

$$E = 70 + 10.60$$
$$E = 670GWh$$

A resposta que mais se aproxima está no item C.

Quando mundos colidem

Para início de conversa...



Certamente você já vivenciou ou presenciou um jogo de futebol. Esse é sem dúvida um ótimo esporte coletivo e uma verdadeira paixão nacional. Qual é o indivíduo com mais de 60 anos que não se gaba em dizer que viu Pelé ou garrincha nos gramados? E quem não conta com entusiasmo as crônicas esportivas escritas por Nelson Rodrigues todos os domingos? Com certeza esse esporte não é como antes, mas a física envolvida nessa bela e complexa atividade é a mesma! Podemos utilizar a física para entender inúmeras situações vividas dentro das quatro linhas. Mas, convido-os a tentarmos entender fisicamente o momento mais tenso de uma partida: a cobrança de pênalti!

Por motivo de falta sofrida nos limites da grande área o time atacante tem o direito de posicionar a bola em local específico e chutá-la diretamente para o gol, com apenas o goleiro para impedir a entrada da bola. Nessa situação o jogador tem que bater na bola a fim de lhe dar grande velocidade e em uma direção específica. De preferência uma trajetória que o goleiro não será capaz de alcança-la! Mas, pensando especificamente na bola e no pé do jogador, o que tem que acontecer é que a bola que está parada tem que entrar em movimento rapidamente. E isso ocorre porque o batedor impulsiona o seu pé com muita intensidade em direção a bola. Esse choque faz com que a bola atinja grande aceleração, uma vez que há um grande aumento em sua velocidade em um intervalo de tempo muito curto.

Objetivos de aprendizagem

- Construir o conceito de velocidade média e instantânea;
- Escrever as equações que fornecem o Impulso e a Quantidade de Movimento;
- Relacionar estas quantidades ao fenômenos de colisões;
- Relacionar o Impulso e a Quantidade de movimento às Leis de Newton;
- Determinar a Força Média exercida por um objeto sobre o outro, quando ambos colidem;
- Descrever de maneira simplificada as condições necessárias para aplicação da conservação da Quantidade de Movimento;
- Resolver problemas simples que envolvam a conservação da Quantidade de Movimento em colisões unidimensionais.

Seção 1
Pegando Impulso

Pensando no que foi explicado no texto inicial dessa aula e lembrando do que foi estudado na aula anterior, podemos concluir que um objeto (no exemplo inicial, a bola) só muda de velocidade quando uma força é aplicada sobre ele. Veja a figura 1: ela mostra uma imagem estroboscópica, onde podemos acompanhar quatro momentos distintos de um chute.

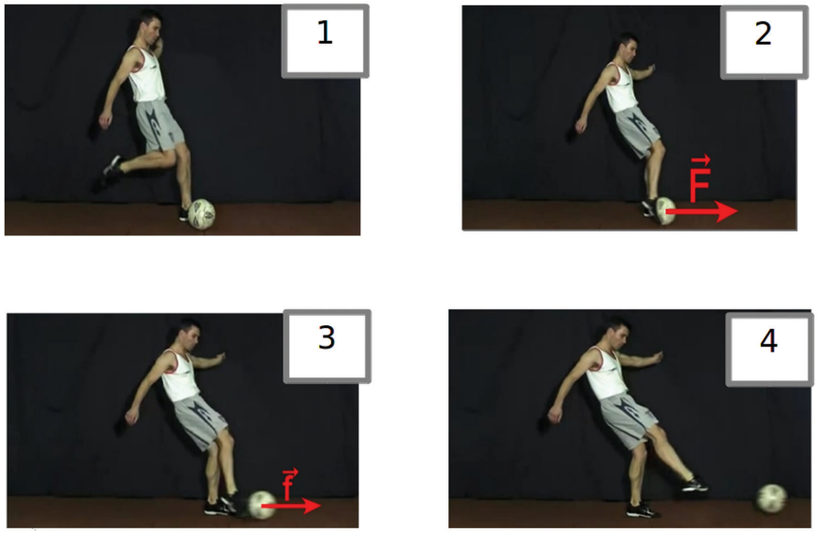


Figura 1: Imagem estroboscópica, com a representação de 4 instantes diferentes.

No primeiro momento, o jogador acelera a sua perna em direção a bola. No segundo momento, o jogador atinge. Note que a bola até se deforma com a pressão causada pelo pé do jogador. No terceiro momento, a bola perde contato com o pé do atleta. Por fim, a bola segue na direção escolhida pelo jogador.

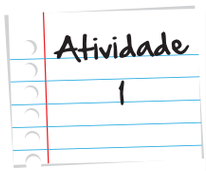
Observando a **Figura 1**, devemos ter total clareza de que a bola só tem a sua velocidade alterada enquanto está em contato com o pé do jogador. Tente pensar no tempo que o pé do jogador fica em contato com a bola... é muito pequeno, não é? Isso mesmo! Esse intervalo de tempo não passa de poucos décimos de segundo. Então, vemos que a bola ganha alta velocidade em pouquíssimo tempo. A esse tipo de fenômeno damos o nome de *colisão*.

Para estudar este tipo de fenômeno, podemos definir uma grandeza física muito importante chamada *impulso*. O impulso é definido como a multiplicação entre a força aplicada (f) e o intervalo de tempo em que esse força foi aplicada (t), portanto podemos escrever:

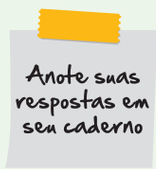
$$I = F \times \Delta t \qquad (1)$$

Note que a unidade dessa grandeza é N x s,pois pelo Sistema Internacional (SI) a unidade de força é Newton (N) e de tempo é segundos (s) (veja a equação 1). Vamos pensar um pouco. Se queremos fazer com que um corpo atinja grandes velocidade rapidamente, ou seja, num curto intervalo de tempo, precisamos aplicar uma grande força. Caso contrário, o impulso gerado será pequeno, por que o impulso é definido como a multiplicação da força pelo intervalo de tempo.

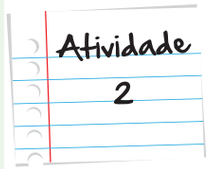
Vamos aplicar agora um pouco do que discutimos até aqui. Nas atividades a seguir, você precisará aplicar a equação 1, e discutir um pouco o seu significado físico.

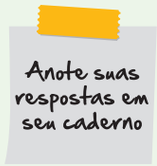


Considere que um objeto é sujeito a uma força constante que vale 10 N. Se esta força for aplicada durante 5 segundos, determine o Impulso adquirido por este objeto. Se desejamos aumentar o impulso aplicado por esta força, o que devemos fazer?



Considerando a expressão do Impulso (equação 1), temos que o Impulso é igual ao produto da força aplicada pelo intervalo de tempo durante o qual a força atuou. Quando algum jogador de futebol aplica uma força em uma bola, a força aplicada atua num curto intervalo de tempo. Assim, a equação que nos fornece o Impulso determina que o Impulso adquirido pela bola será pequeno. O que você acha desta afirmação? Ela está correta? Justifique.





Tente lembrar da aula que discutimos a Segunda Lei de Newton. Lá, mostramos à você que FR = m x a, ou seja, que a soma de todas as forças aplicadas sobre um corpo é igual ao produto da massa desse corpo pela aceleração adquirida por ele. Nós podemos utilizar a fórmula do impulso, que aplicamos nas duas atividades anteriores, para qualquer força. Se desejamos determinar o impulso realizado pela força resultante, basta substituir a expressão da força resultante (F_R = m x a) na equação que nos fornece o impulso:

$$F = m \times a \quad \text{e} \quad I = F \times \Delta t \qquad (2)$$

Lembre que a aceleração é igual a $\Delta v/\Delta t$, o que nos permite escrever a equação da força resultante da seguinte forma:

$$F = m \times \left(\Delta v/\Delta t\right), \qquad (3)$$

e em seguida substituir na equação do impulso:

$$I = F \times \Delta t$$
$$I = m \times a \times \Delta t$$
$$I = m \times \left(\Delta v/\Delta t\right) \times \Delta t \qquad (4)$$

Deste modo, podemos cortar Δt com Δt nesta nova expressão, e teremos:

$$I = m \times \Delta v \qquad (5)$$

Você deve se lembrar que o prefixo Δ indica variação, logo temos que o impulso é igual a massa multiplicada pela variação de velocidade sofrida pelo corpo:

$$I = m \times (v_F - v_I), \qquad (6)$$

ou seja, temos dentro do parênteses a velocidade final menos a velocidade inicial. Continuando o desenvolvimento dessa expressão matemática e multiplicando a massa (m) pela velocidade final (v_F) e inicial (v_I), podemos dizer que:

$$I = mv_F - mv_I \qquad (7)$$

Desta forma, vemos que o impulso pode ser expresso como a variação de uma certa quantidade, o produto de massa por velocidade. Chamamos esse produto de *momento linear* ou *quantidade de movimento*.

Esta também é uma grandeza física muito importante. Além disso, deve-se destacar que a quantidade de movimento é uma grandeza vetorial, e portanto que tem módulo direção e sentido. A quantidade de movimento (RC1:) (Q = m x v) possui muita importância, pois, conforme veremos, ela se conserva (isto é, ela não se altera) quando corpos colidem. E quando a força não é constante? Como calcular o impulso?

Seção 2
Quando Mundos Colidem

Bom, a equação (1) desta aula nos permite calcular o impulso gerado uma força constante. Entretanto, essa fórmula tem uma grande limitação: ela só é válida para o caso em que a força F é constante.

O que podemos fazer no caso em que a força aplicada não é constante? Para responder esse questionamento, observe os gráficos da figura 2:

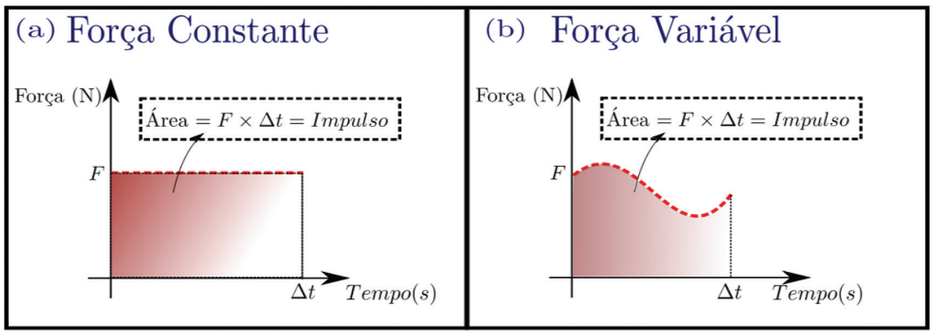


Figura 2: Em ambos os gráficos, temos o gráfico de força versus tempo. Em (a), a força aplicada é constante. Em (b), a força aplicada é variável.

Na figura 2 (a), temos o caso que já começamos a discutir. Se a força aplicada é F, e se a mesma atua durante um intervalo de tempo (Δt), temos que o Impulso gerado é dado pela equação (1). Veja que se calcularmos a área do gráfico da curva da figura 2 (a) (Área = base x altura), teremos exatamente o mesmo resultado dado pela equação.

Se a força não for constante, ainda podemos calcular o Impulso através da área, mesmo que a equação (1) não se aplique. Da mesma maneira que calculamos o deslocamento (ΔS) através do gráfico v x t.

Caso você sinta a necessidade de recordar como calculamos a variação do deslocamento através do gráfico v x t, recomendamos a releitura da aula de cinemática.

Vamos analisar agora um caso bastante interessante em que podemos aplicar a área do gráfico F x t para obter o Impulso.

Força média

Imagine que temos uma mesa de sinuca. Para facilitar seu entendimento veja a ilustração da figura a seguir.

Figura 3: Imagem vista de cima de uma mesa de sinuca.

Se você acertar a bola branca, quando a mesma colidir com alguma outra bola, certamente esta outra bola entrará em movimento. Quem é responsável por colocar esta bola em movimento? A resposta desta pergunta é

bastante simples. Durante a colisão, a bola branca exerce uma força de contato sobre a bola vermelha (e vice-versa). É exatamente esta força que põe a bola vermelha em movimento. Mas, veja que o tempo em que as bolas ficam em contato é muito curto, sem dúvida é bem menor que um segundo. Na verdade, o tempo de contato entre colisões deste tipo é da ordem de 0,01 - 0,001 s. Já a força de contato deve ser grande, por que quanto menor o intervalo de tempo em que a força atua, menor será o Impulso. Deste modo, para compensar, a força deve ser grande.

Como seria um gráfico de força contra tempo neste caso? Bom, seria algo parecido com o que se pode ver na figura 4.

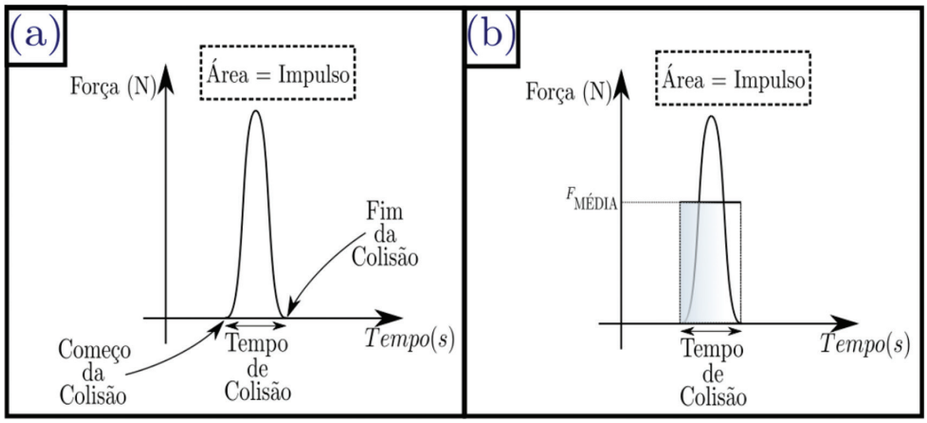


Figura 4: Em (a), temos um gráfico que representa como é a força entre as duas bolas de sinuca durante a colisão. Em (b) temos o mesmo, com o acréscimo da força média.

Analisando os gráficos na Figura 4, podemos chegar a três conclusões importantes:

1. Antes da colisão, as bolas não estão em contato, e por isto, uma não exerce força alguma na outra.

2. Durante a colisão, que ocorre num curto intervalo de tempo, a força exercida por uma bola sobre a outra deve aumentar, atinge um valor máximo, e volta a cair.

3. Depois da colisão, as bolas não estão mais encostadas uma na outra, novamente não há força de contato entre as duas bolas.

Importante

Lembre-se do que diz a *Terceira Lei de Newton*: sempre que um objeto exerce uma força sobre um outro corpo, este corpo reage, exercendo sobre o primeiro uma força de mesmo módulo e direção, mas de sentidos contrários. Assim, temos que a força que a bola branca faz na bola vermelha tem o mesmo módulo e direção que a que a bola vermelha faz na branca. Por isto,não especificamos qual bola sofre a força.

Conforme vimos anteriormente, a área do gráfico F x t nos fornece o Impulso de uma força. Só que não é tão simples determinar a área de uma curva como a que temos na figura 4. Como podemos contornar este problema?

Você já deve ter visto em algum lugar o valor da extensão territorial (área) de diversos países. O formato das fronteiras da maioria dos países, cidades e estados do mundo não é o de uma figura geométrica simples, como um quadrado ou triângulo. Ao contrário, as fronteiras são cheias de curvas e pontas. Entretanto, podemos utilizar uma figura geométrica simples, tal como um retângulo, que tenha a mesma área que a de um país. Por exemplo, a área do território brasileiro vale 8.514.876 km^2. Assim, um retângulo cujos lados valem respectivamente 1000 km x 8.514,876 km terá a mesma área que a do território nacional (lembre-se que a área de um quadrado é calculado multiplicando o valor de sua base pela sua altura, ou seja, A = b x h).

O mesmo raciocínio pode ser aplicado no caso da figura 4. Podemos representar um retângulo, cuja base é igual à variação do tempo (Δt). Existe um valor para a altura deste retângulo que fará com que ele tenha a mesma área que a da curva da figura 4. É exatamente isto que temos representado na figura 4 (b). Esta altura corresponde à uma determinada força, que chamaremos de força média. A interpretação desta força é bastante simples. Embora a força varie, o impulso gerado por esta força é o mesmo que o impulso gerado pela força média, por que as áreas, tanto da curva quando do retângulo, são iguais. Assim, se no lugar da força variável, aplicássemos a força média, teríamos ao fim o mesmo impulso!

Deste modo, temos que a força média respeitará a seguinte equação:

$$I_M = F_M \times \Delta t = Q - Q_0 \qquad (8)$$

Ou seja, o impulso é igual a variação da quantidade de movimento. Logo, isolando a força média temos:

$$F_M = (Q - Q_0)/\Delta t \qquad (9)$$

Vejamos alguns exemplos que nos ajudarão a entender um pouco mais a fundo o que acontece no momento de uma colisão (RC2).

Considere que duas pessoas estão jogando Tênis. Um dos jogadores prepara-se para fazer seu saque. Para tanto, ele arremessa a bolinha para cima, e no exato instante em que a bolinha atinge seu ponto mais alto, o jogador acerta a bolinha com a raquete (veja a figura 5).

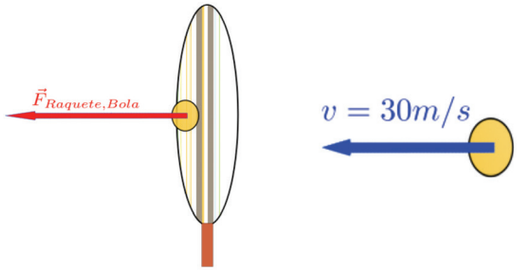


Figura 5: À esquerda, imagem da bola de Tênis, num instante da colisão da mesma com a raquete de Tênis. À direita, temos a bolinha, que adquire uma velocidade horizontal de 30 m/s após a colisão.

Como a bola de Tênis estava em repouso, sua quantidade de movimento antes da colisão é nula, ou seja, vale $Q_0 = m \times v = 0$.

Agora, imagine que após a colisão, a bola de Tênis tenha adquirido uma velocidade horizontal de módulo v = 50 m/s. Vamos considerar que a bolinha de Tênis tem uma massa de aproximadamente 60 g (0,06 kg). Se o tempo de contato entre a raquete e a bolinha vale Δs = 0,005 s, como faremos para determinar a força média aplicada pela raquete sobre a bolinha?

Bem, para fazer isto, vamos utilizar a equação (9):

$$F_M = (Q - Q_0)/\Delta t = m \times v/\Delta t, \qquad (10)$$

Como a bolinha estava em repouso antes da colisão, a quantidade de movimento inicial é nula, ou seja, Q0 = 0. Assim, substituindo os valores na expressão acima, temos que

$$F_M = (0{,}06 \times 50)/0{,}005 = 600 \text{ N}.$$

A fim de comparações, a força média aplicada pela raquete sobre a bola de Tênis, neste caso, é 1000 vezes maior que a força Peso exercida pelo planeta Terra sobre a bolinha (P = m x g = 0,06 x 10 = 0,6 N)!

Outro exemplo interessante é o seguinte. Considere a existência de um super-herói, desses de histórias em quadrinhos e filmes, tal como o Superman. Como todos sabemos, a pele do Superman é impenetrável, e as balas de revólver ricocheteiam sobre o corpo do homem de aço (veja a figura 6).

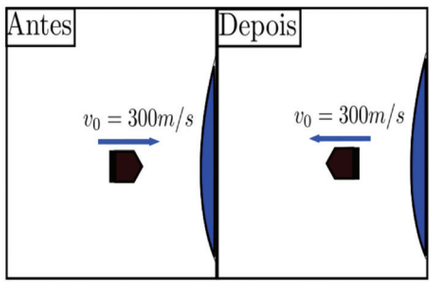


Figura 6: À esquerda, temos uma bala que atinge a pele do Superman, de tal modo que ela ricocheteia, e sua velocidade passa a apontar no sentido oposto, com o mesmo módulo que tinha antes da colisão (v = 300 m/s).

Se a massa da bala vale m = 8 g (0,008 kg) e o tempo de colisão da mesma com a pele do Homem de Aço vale Δt = 0,001 s, quanto valerá a força média que o projétil exerce sobre o corpo do Superman?

Utilizaremos novamente a equação 9. Desta vez, entretanto, a quantidade de movimento da bala antes da colisão não é nula. Como sabemos, a quantidade de movimento é uma grandeza vetorial. Assim, teremos (veja a figura 7):

$$\Delta Q = Q - Q_0 = m \times v - (-m \times v_o) = 2 \times m \times v = 2 \times 0{,}008 \times 300 = 4{,}8 \text{ kg x m/s}$$

Como o tempo de colisão é de 0,001 s, temos então que a força exercida pelo projétil sobre a pele do Homem de Aço vale:

$$Fm = \Delta Q/\Delta t = 4{,}8/0{,}001 = 4.800 \text{ N}$$

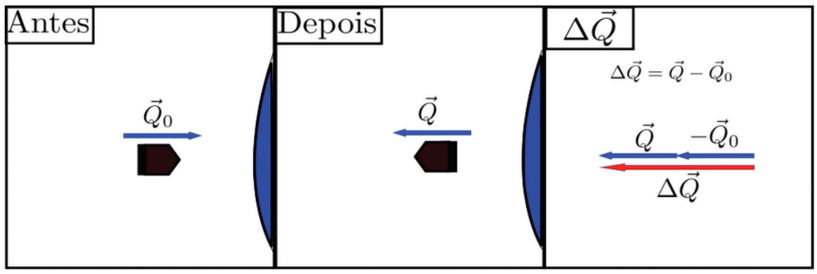


Figura 7: Representação da quantidade de movimento da bala, antes e depois da colisão. Temos também a representação da variação da quantidade de movimento da bala.

A força exercida equivale ao Peso de um objeto de 480 kg! Isto se torna ainda mais incrível se levarmos em conta que a área de contato entre a bala e a pele do Homem de Aço é muito pequena, o que levaria a uma enorme pressão exercida (lembre-se que p = F/A)!

Saiba Mais

Antigamente é que era bom...

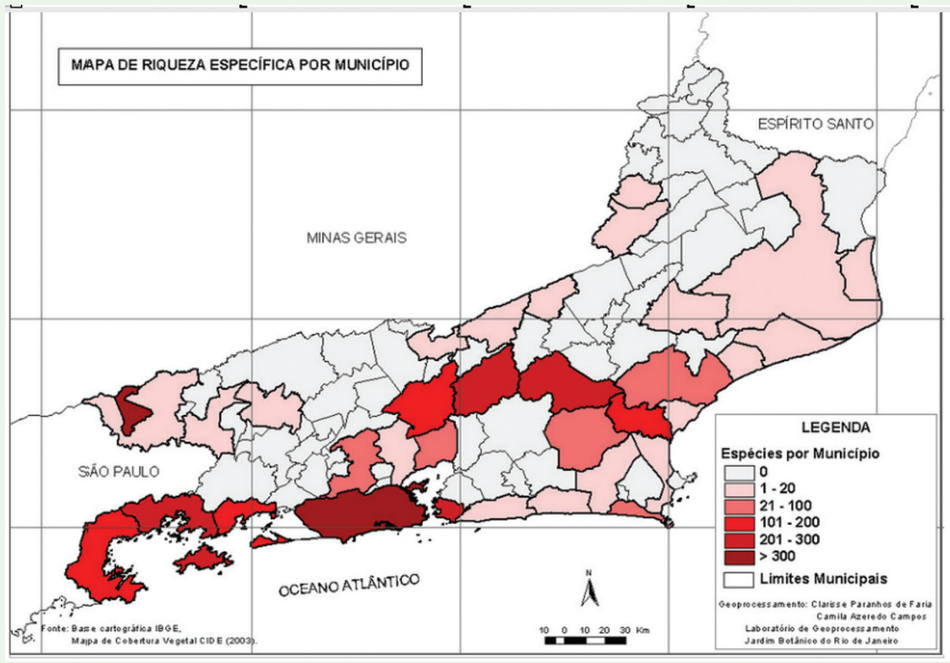
Em nosso dia a dia, frequentemente ouvimos alguma pessoa que entoa frases nostálgicas, que remetem a tempos antigos, onde as coisas eram melhores. Frases como, "Ah, não se fazem mais cervejas como antigamente!", ou "Os produtos de hoje em dia são muito vagabundos! A qualidade caiu muito!", são exemplos típicos.

Uma das situações onde se costuma empregar alguma frase deste tipo é aquela onde se comparam os carros atuais com os carros de antigamente. Os mais velhos dizem que os carros de antigamente eram muito mais resistentes, enquanto que os de hoje em dia, são feitos de um material mais frágil.

Isto é bem verdade, mas em parte, deve-se a questões de segurança. Quanto mais rígida for a lataria de um carro, menos ele se deformará numa colisão. Isto faz com que o tempo em que ocorre a colisão seja muito pequeno, e portanto, a força média deverá aumentar (lembre-se da área do retângulo na figura 4). Entretanto, caso o material seja mais maleável, ele se deformará mais, aumentando o tempo de colisão, e deixando-a um pouco mais suave para as vítimas de um acidente, uma vez que a força média diminuirá.

Agora vamos exercitar um pouco o que acabamos de discutir. Nestas atividades, você aplicará um pouco do que vimos com relação à Força Média e fará novamente Isolamento de Corpos (lembre-se das aulas de Leis de Newton). A partir daí, relacionaremos as Leis de Newton à Quantidade de Movimento e ao Impulso. Caso você sinta muita dificuldade em algumas das atividades, dê uma olhada na resolução. Entretanto, recomendamos fortemente que você só faça isso depois de pensar nos problemas e tentar resolvê-los.

Atividade 3



Sabendo que a área do Estado do Rio de Janeiro vale 43.696.054 km^2, obtenha as dimensões de um retângulo que tenha a mesma área do que a do nosso Estado.

Anote suas respostas em seu caderno

Refaça o exemplo resolvido da bola de Tênis, considerando que a quantidade de movimento da bola não é nula. Suponha que a velocidade da bolinha antes da colisão é de 30 m/s, apontando no sentido da raquete.

Atividade 4

Anote suas respostas em seu caderno

Suponha que a bola de futebol da figura 1 estava em repouso antes do chute. Se a bola adquire uma velocidade de 20 m/s numa colisão que dura 0,01 s, determine a força média exercida pelo pé do jogador sobre a bola (a massa da bola vale 500 g). Como esta força se compara à força exercida pela bola sobre o pé do jogador?

Atividade 5

Anote suas respostas em seu caderno

Considere que um bloco A é arremessado sobre uma mesa sem atrito, de modo a obter uma certa velocidade inicial v0A. No primeiro caso, o bloco A colide com um bloco que chamamos de (1). O bloco (1) tem uma massa de 10 kg. Após a colisão entre A e 1, sabemos que o bloco A bate e recua, como podemos ver na figura a seguir.

O mesmo experimento é repetido, mas desta vez, colocamos no lugar do bloco (1) o bloco (2), que também tem massa igual a 10 kg. Entretanto, desta vez o bloco A fica parado após a colisão.

Atividade 6

Anote suas respostas em seu caderno

a. Embora a massa dos blocos (1) e (2) sejam iguais (ambas valem 10 kg), a velocidade obtida pelo bloco A depois da colisão foi diferente para cada um deles. O que poderia explicar essa diferença?

b. Represente os diagramas de força para ambas as colisões, entre A e 1 e entre A e 2, em um instante qualquer da colisão.

c. Sabemos que o tempo de colisão entre os corpos em geral é bem pequeno (veja o link http://www.youtube.com/watch?v=Qhn3zvlJjyo). Suponha que neste caso, o tempo de colisão foi de "dt". Durante a colisão, o bloco A faz uma força de contato em (1) [e em (2)], e pela Terceira Lei de Newton, o bloco (1) [ou o (2)] também fará uma força de contato no bloco A. Considere agora a resultante das forças que atuam em A ($F_{R,A}$) e a resultante das forças que atuam em (1) [(2)] [$F_{R,(1)}$ ($F_{R,(2)}$)] durante a colisão. Compare o Impulso $I_{R,A} = F_{R,A}dt$ e o Impulso $I_{R,(1)} = F_{R,(1)}dt$ ($I_{R,(2)} = F_{R,(2)}dt$) [lembrando que o Impulso é uma grandeza vetorial, você deverá comparar o módulo, a direção e o sentido destes dois vetores].

d. Utilize a relação entre impulso resultante e variação da quantidade de movimento (equação 8) para comparar a variação da quantidade de movimento dos blocos que colidem em ambos os casos. Quanto vale a variação da quantidade de movimento do sistema A e 1 (e do sistema A e 2)?

Anote suas respostas em seu caderno

Seção 3

Atenção! Quantidade de movimento conservada a frente!

O resultado mais importante da atividade 6 é o seguinte:

"Quando dois (ou mais) corpos colidem, a quantidade de movimento do sistema composto pelos 2 (ou mais) corpos se conservará se a resultante das forças que atuam sobre o sistema for nulo."

Podemos sintetizar essa frase através da seguinte relação:

$$Q_{Antes} = Q_{depois}, \qquad (11)$$

onde Q_{antes} representa a quantidade de movimento do sistema antes da colisão (RC3), e Q_{depois} representa a quantidade de movimento do sistema depois da colisão.

Vejamos novamente o caso da Atividade 6. Cada um dos blocos que compõe o sistema sofre a ação da força Peso, da força Normal e da força que um exerce no outro (e vice-versa). A força Peso cancela-se com a força Normal para cada um dos blocos; já a força que A exerce em (1) [ou (2)] é igual à força que (1)[ou (2)] exerce em a. Quando consideramos o sistema formado por ambos os blocos que colidiram, este par ação-reação se anulará, da mesma maneira que ocorreu com o Barão de Munchausen, na aula 2 deste módulo. Assim, podemos dizer que em uma colisão, a quantidade de movimento de um sistema se conserva.

Agora que sabemos quando que a quantidade de movimento de um sistema não se altera quando ocorrem colisões, podemos aplicar este conhecimento para analisar o que ocorrem em diversos tipos de colisões. Por exemplo, considere que um projétil é arremessada sobre um bloco de madeira, de tal maneira que ambos os corpos fiquem juntos após a colisão (veja a figura 8). Os dados do exemplo são: $m_{BALA} = 10$ g, $m_{BLOCO} = 500$ g e $v_0 = 500$ m/s.

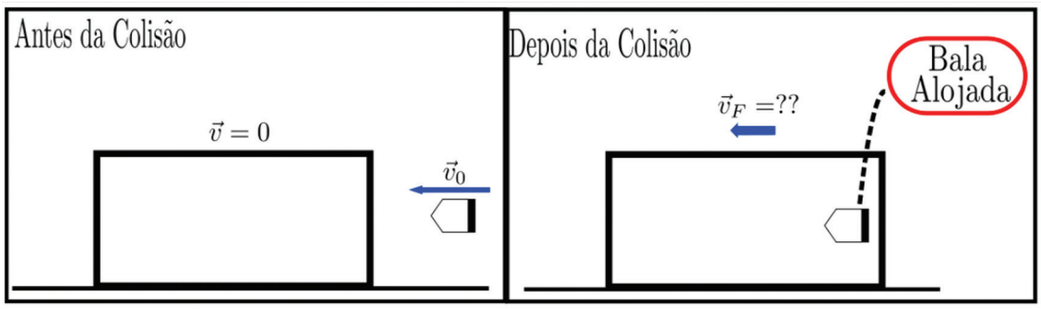


Figura 8: À esquerda, temos a bala, num instante um pouco anterior ao instante da colisão. Já na imagem da direita, temos a situação final, onde a bala fica alojada sobre o bloco.

Se considerarmos o que acontece um pouco antes da colisão, temos que a velocidade do projétil vale 500 m/s, e portanto, para o sistema bala e caixa, temos que a quantidade de movimento antes da colisão é de

$$Q_{ANTES} = m_{BLOCO} \times 0 + m_{BALA} \times v_0 = 10 \times 500 = 5.000 \text{ g x m/s}, \qquad (12)$$

uma vez que o bloco estava em repouso. Repare que deixamos ambas as unidades de massa em gramas ao invés de quilogramas. Neste caso podemos fazer isto. Veremos o motivo a seguir.

Durante a colisão, a bala exerce uma força sobre a caixa. Pela Terceira Lei de Newton, esta força deve ser igual à força que a caixa exerce na caixa. Isto significa que a quantidade de movimento total deve ser a mesma, tanto antes da colisão, quanto depois. Logo após a colisão, a bala fica encrustada na caixa. Deste modo, podemos imaginar que agora temos apenas um único corpo, cuja massa é a soma da massa da caixa mais a massa da bala. Assim, a quantidade de movimento ao final da colisão é

$$Q_{DEPOIS} = (m_{BLOCO} + m_{BALA}) \times v_F = (510 \text{ g}) \times v_F, \qquad (13)$$

Igualando a equação (12) à (13), temos:

$$5.000 \text{ g x m/s} = 510 \text{ g x } vF \longrightarrow vF = 5.000/510 \text{ m/s} = 9,80 \text{ m/s}, \qquad (14)$$

(deixamos as massas em gramas por que, conforme pode-se ver na equação 14, as unidades se cancelam). Repare que a velocidade do sistema bloco + projétil é consideravelmente alta! Imagine agora que esse bloco tivesse uma massa de um ser humano. Para facilitar as contas, vamos considerar uma massa de 80 kg (80.000 g). Basta substituir este número no lugar de 500 g (como fizemos na equação 5) e refazer as contas. Você descobrirá que a velocidade final é de fato bem pequena quando comparada ao resultado da equação 14. Por este motivo, armas de baixo calibre não projetam alvos para trás, conforme comumente se retrata em filmes de ação (e as balas tem uma massa e velocidade um pouco menores do que os das estimativas que fizemos).

Outro exemplo bastante interessante e simples, que nos permite entender um pouco como se dá o processo de fragmentação de explosivos e similares é o seguinte. Considere que uma granada explode em apenas dois pedaços, onde um dos pedaços tem massa $m_1 = 150$ g, e o outro, $m_2 = 250$ g (veja a figura 9). Conhecemos a velocidade final adquirida pela massa m_1 ($v_1 = 1500$ m/s) , mas desconhecemos v_2.

Antes de explodir, a velocidade da granada é nula, e portanto temos:

$$Q_{ANTES} = (m_{GRANADA}) \times 0 = 0 \text{ g x m/s} \qquad (15)$$

Como a quantidade de movimento também se conserva neste caso (uma vez que o movimento da granada se deve apenas a forças internas, que se anulam por causa da Terceira Lei de Newton), temos que

$$Q_{DEPOIS} = Q_1 + Q_2 = - m_1 \times v_1 + m_2 \times v_2 = - (150\ g) \times 1500\ m/s + (250\ g) \times v_2 \qquad (16)$$

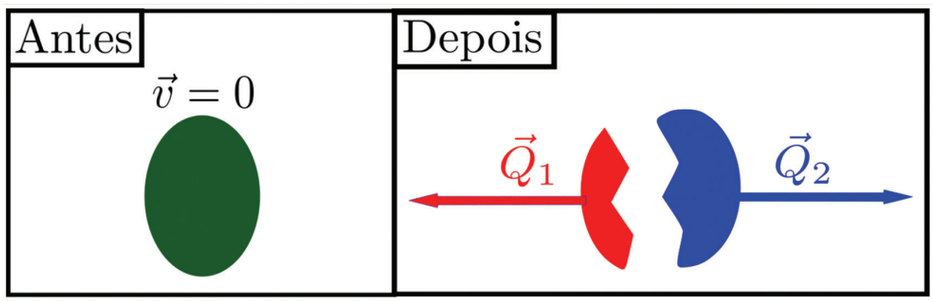


Figura 9: À esquerda, temos uma granada, que estava em repouso alguns instantes antes da sua explosão. À direita, temos os dois fragmentos da granada, logo após a explosão.

Repare que Q_1 foi escrito como sendo negativo na equação 16. Fizemos isto por que a quantidade de movimento é uma grandeza vetorial. Deste modo, escolhemos como positivo o sentido da esquerda para a direita (para esta escolha, temos que Q_2 é positivo e Q_1 é negativo).

Como temos que a quantidade de movimento é a mesma tanto antes quanto depois de uma colisão (lembre-se da equação 11), igualaremos 15 e 16, de modo que

$$- 2{,}25 \times 10^5\ g \times m/s + 250\ g \times v_2 \longrightarrow v_2 = 900\ m/s \qquad (17)$$

Importante

Devemos nos lembrar, entretanto, que a quantidade de movimento é uma grandeza vetorial, e, portanto, tem módulo, direção e sentido.

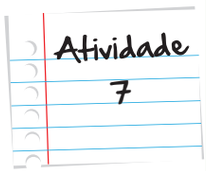
Neste caso, assim como no exemplo anterior, o movimento dos corpos ocorre em apenas uma dimensão: os corpos só podem se movimentar para a esquerda ou para a direita. Deste modo, precisamos escolher uma orientação para resolver o exemplo. Se escolhermos que o sentido positivo é o que aponta para a direita, a quantidade de movimento Q_2 será positiva, enquanto que a quantidade de movimento Q_1 será negativa. Escolhendo como positivo o sentido que aponta para a esquerda, teremos o inverso: Q_2 será negativo e Q_1, positivo.

Escolhendo como positivo o sentido que aponta da direita para a esquerda, teríamos:

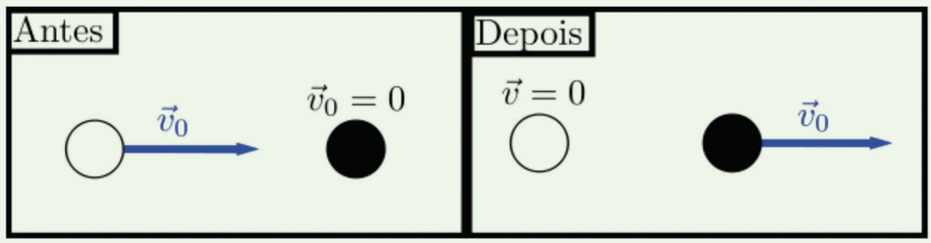
$$Q_{DEPOIS} = Q_1 + Q_2 = m_1 \times v_1 - m_2 \times v_2 = +(150\ g) \times 1500\ m/s - (250\ g) \times v_2 \qquad (18)$$

Agora, refaça as contas deste exemplo utilizando a equação 18 ao invés da equação 16. O resultado é diferente? Como você interpreta este resultado?

Feita esta discussão, propomos à você algumas atividades, onde aplicaremos os conceitos físicos que estamos estudando a mais alguns exemplos de colisões aos quais o leitor também possa estar familiarizado.



Imagine que estamos jogando sinuca. Um dos jogadores faz uma tacada, arremessando a bola branca na direção da bola preta. Veja a seguir a representação esquemática das bolas de bilhar, antes e depois da colisão entre ambas.



Considerando que a colisão é unidimensional (as bolinhas só se movimentam em uma linha reta), sabendo que a velocidade inicial da bola branca é de 50 cm/s e que após a colisão a bola branca fica em repouso, utilize a conservação da quantidade de movimento para determinar qual será a velocidade final da bola preta.

Considere dois casos:

a. A massa das bolas são iguais e ambas valem 150 g.

b. A massa da bola branca vale 200 g e a da preta vale 150 g.

Anote suas respostas em seu caderno

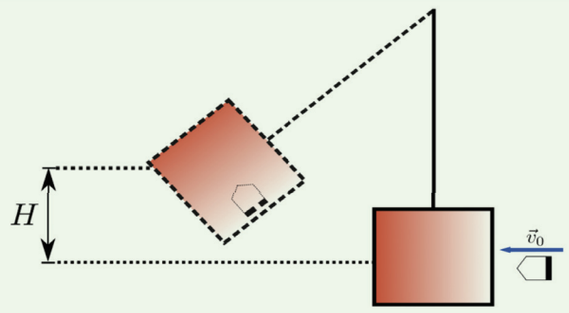
Atividade 8

Algumas crianças estão jogando bola de gude. Suponha que as massas das bolas de gude são iguais e valem 10 g. A colisão entre as bolas é unidimensional. Antes da colisão a velocidade inicial da bola verde vale 1 m/s e a bola azul inicialmente está parada. Sabendo que a velocidade final da bola verde vale 0,4 m/s, determine a velocidade que a bola azul adquire após a colisão. Veja a seguir a representação esquemática das velocidades das bolinhas antes e depois da colisão.

Anote suas respostas em seu caderno

Atividade 9

Considere que uma empresa armamentícia deseja fazer alguns testes balísticos. Para isto, ela amarrou um bloco de madeira de 5 kg a uma corda, e a prendeu no teto do laboratório onde serão feitos os testes. Em seguida, um projétil é disparado em direção ao bloco. Sabendo que antes de penetrar no bloco a velocidade da bala é de 500 m/s, e que a massa do projétil é de 10 g, determine a altura que o sistema projétil + bloco atingirá após a colisão (veja a figura a seguir). Dica: Para resolver essa atividade você pode considerar útil estudar novamente a aula de conservação de energia mecânica.



Anote suas respostas em seu caderno

Recursos Complementares

Impulso e quantidade de movimento

Link: http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/19192/index.htm?sequence=105

Descrição: Esta plataforma de aprendizagem contempla o estudo relacionado ao conceito de impulso e quantidade de movimento. O conceito do impulso foi analisado na ótica da 2ª Lei de Newton, com uma pequena discussão do que acontece no processo de interação do ponto de vista microscópico. Logo a seguir, relembramos o conceito sobre quantidade de movimento. Mostramos que na ausência de forças externas que atuam num determinado sistema, existe a conservação da quantidade de movimento. No nosso dia a dia existem inúmeras aplicações que envolvem os conceitos relacionados a impulso e quantidade de movimento.

Informações adicionais: O recurso apresentado se trata de uma mídia complexa que contém um simulador(interativo), elementos de vídeo(que também servem de canal de acessibilidade aos usuários que tenham deficiência visual ou auditiva) e referenciais teóricos que são apresentados como forma de possibilitar o avanço no entendimento dos problemas que são propostos e na própria avaliação, como elementos de aprendizagem

Colisões e quantidade de movimento.

Link: http://www.labvirt.fe.usp.br/simulacoes/fisica/sim_energia_trombadas.htm

Descrição: Esse recurso trabalha o conceito de quantidade de movimento antes e depois de um choque ocorrido entre carros/caminhões de diferentes massas e velocidades.

Conservação da quantidade de movimento

Link: http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=30414

Descrição: Esse software tem por objetivo desenvolver habilidades para relacionar aspectos do entorno social à fenomenologia da Física, vencendo expectativas meramente propedêuticas; desenvolver capacidade para delinear o contorno de problemas e buscar, por via investigativa, suas possíveis soluções; elaborar intelectualmente a modelagem do conhecimento, ou sua produção, à medida que ao serem apresentados problemas, de forma contextualizada, o usuário é convidado/desafiado a resolvê-los; oportunizar uma maior abrangência dos aspectos tecnológicos relacionados ao desenvolvimento da Física, sem perder de vista sua historicidade. Complementar lacuna tecnológica e técnica devida à inexistência de equipamentos dedicados à experimentação em Física, com vistas a uma Educação Científica e Tecnológica de qualidade.

Resumo

Neste módulo, introduzimos duas grandezas físicas, o Impulso e a Quantidade de movimento, que são bastante importantes no estudo das colisões. Vimos também o conceito de Força Média, que nos permite fazer algumas estimativas a respeito da força que os objetos exercem entre si conforme colidem.

Além disto, realizamos uma análise a respeito do que acontece com a quantidade de movimento dos objetos quando eles colidem. Vimos que a Terceira Lei de Newton e o curto intervalo de tempo de grande parte das colisões nos permite dizer que a Quantidade de Movimento de todo o Sistema se conserva, isto é, a Quantidade de Movimento total inicial (antes da colisão) deve ser igual à final (após a colisão).

Veja ainda...

Caso o leitor deseje aprofundar-se ainda mais no tema, dispomos à seguir alguns links com vídeos e discussões interessantes.

- **Pato Donald no país da Matemágica** – *http://www.youtube.com/watch?v=TphWfs_OXkU*: Uma animação muito divertida, que discute de maneira lúdica a importância da matemática, bem como a existência de padrões matemáticos em fenômenos naturais e humanos. Ele discute o caso da sinuca, que discutimos aqui do ponto de vista físico.
- **Vídeo aula de colisões unidimensionais** – *http://www.geograficamentecorreto.com/2011/09/geograficamente-vestibulando-video-aula_1314.html*: Vídeo aula que discute um pouco do que vimos nesta unidade, bem como alguns tópicos que não exploramos. Discute-se o motivo de as colisões conservarem a Quantidade de Movimento do Sistema, dentre outros detalhes. Pode servir para que você reveja alguns dos conceitos que discutimos.

Referências

- HEWITTT, P. G. **Física Conceitual**. Ed. Bookman, 2008.
- GUIMARAES, L. A. M., FONTE BOA, M. C. **Física Mecânica**, Ed. Futura, 2004.

Imagens

• André Guimarães

• http://www.sxc.hu/photo/1326077 - Alfredo Camacho

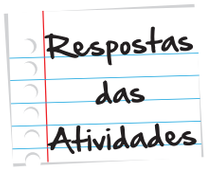
- http://www.sxc.hu/photo/1115083 - Andrzej Skwarczyński

- http://www.sxc.hu/photo/1013903

- http://www.sxc.hu/photo/1166518 - Michal Zacharzewski

- http://www.sxc.hu/photo/1104313

- http://www.jbrj.gov.br/pesquisa/div_tax/briofitas/mapas.htm



Atividade 1

Utilizando a equação (1), temos:

$I = F \times \Delta t = 10\ N \times 5\ s = 50\ N \times s$.

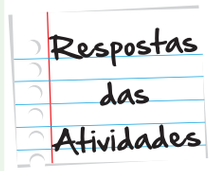
Se desejamos aumentar o Impulso, das duas uma (ou ambas): ou aumentamos a força, ou o intervalo de tempo durante o qual aplicamos esta força.

Atividade 2

Considerando a expressão do Impulso (equação 1), temos que o Impulso é igual ao produto da força aplicada pelo intervalo de tempo durante o qual a força atuou. Quando algum jogador de futebol aplica uma força em uma bola, a força aplicada atua num curto intervalo de tempo. Assim, a equação que nos fornece o Impulso determina que o Impulso adquirido pela bola será pequeno. O que você acha desta afirmação? Ela está correta? Justifique.

Justifique. Embora pareça razoável à primeira vista, esta afirmação não está correta. De fato, o intervalo de aplicação da força é pequeno. Entretanto, a Força Média é grande, e a variação da Quantidade de Movimento (e por consequência, o Impulso) da bola também é.

Atividade 3



Há diversas possibilidades de resposta, uma vez que a área de um retângulo vale A = b x h. A seguir, dispomos algumas delas.

b = 10.000 km h = 4.369,6054 km ($A = 43.696.054\ km^2$)

b = 1.000 km h = 43.696,054 km ($A = 43.696.054\ km^2$)

b = 100 km h = 436.960,54 km ($A = 43.696.054\ km^2$)

...

Na verdade, há uma infinidade de combinações. Não perca muito tempo tentando enumerar todas elas.

Atividade 4

A resolução desta atividade é muito similar à do exemplo do Superman. Em ambos os casos, os objetos que colidem invertem os sentidos de suas velocidades, porém mantendo o mesmo módulo. Aplicando a equação 10 (lembrando-se novamente do caráter vetorial da Quantidade de Movimento, escolhemos como positivo o sentido da direita para a esquerda - veja a figura 5), temos que:

$$F_{MEDIA} = (Q - Q_0)/\Delta t = (2 \times m \times v)/\Delta t = (2 \times 0{,}06 \times 50)/0{,}005 = 1200\ N$$

Atividade 5

Aplicaremos a equação 10 para os dados deste problema. Para a bola, temos que

$$F_{MEDIA} = \Delta Q/\Delta t = (\ m_{BOLA} \times v - m_{BOLA} \times 0)/0{,}01\ s = 0{,}5 \times 2000 = 1000\ N$$

Esta força equivale ao Peso de um objeto de 100 kg! Finalmente, devido à Terceira Lei de Newton, a força que o pé do jogador exerce na bola é igual à força que a bola exerce sobre o pé do jogador.

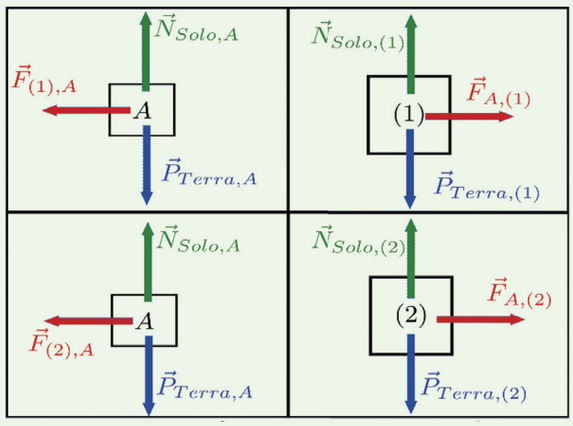
Respostas das Atividades

Atividade 6

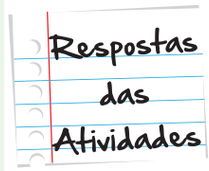
a. Bem, podemos fazer um experimento muito simples que elucidará essa questão. Pegue um dessas bolinhas pula-pula (também conhecidas como bolinha pererecа). Faça uma bolinha de papel alumínio, amassando uma folha, acrescentando mais alumínio, até que as massas de ambas as bolinhas sejam muito próximas (você pode inclusive utilizar uma balança para determinar se as massas estão mesmo parecidas). Eleve-as de uma mesma altura e deixe-as cair simultaneamente sobre uma mesma superfície. Embora ambas cheguem juntas, você notará que uma delas quica muito mais alto que a outra. Isso ocorre por que a bolinha de alumínio se deforma ao entrar em contato com o chão.

Entretanto, após deformar-se, a bolinha de alumínio não retoma a sua forma original, absorvendo grande parte da energia associada à colisão. Pelo material da perereca ser diferente (ela é feita de um polímero) o efeito é diferente. A bolinha perereca também se deforma, porém, ela volta a seu estado original, mantendo a sua energia cinética quase intacta.

Deste modo, podemos dizer que os materiais dos blocos 1 e 2 devem ser diferentes, embora ambos tenham a mesma massa. Um deles absorve uma pequena parte de energia e o outro grande parte dela.



Se numa colisão, os corpos não absorvem nenhuma parcela da energia cinética para si mesmos, dizemos que esta colisão é elástica (a energia mecânica se conserva). Quando os corpos absorvem parte da energia, dizemos que a colisão é inelástica (a energia mecânica não se conserva).



b. Na parte de cima da figura a seguir, temos o isolamento de forças dos corpos A e (1), durante a colisão de ambos. Na parte de baixo, na mesma figura, temos o mesmo, só que para os corpos A e (2).

No item c, discutiremos a relação entre as forças que os corpos exercem um no outro durante a colisão.

c. Podemos aplicar a Terceira Lei de Newton para analisar a figura do item anterior. Em ambas as colisões, a força que A faz em 1 (e 2) é igual à força que 1 (e 2) exerce em A. Como podemos ver na figura 5, a força varia com o tempo. Entretanto pela terceira lei podemos dizer que em qualquer instante da colisão, as duas forças citadas acima são sempre iguais [por exemplo, se em t = 0,01 a força que A exerce em (1) vale 10 N, a força que (1) exerce em A também valerá 10 N. Se em t = 0,02 a força que A exerce em (1) vale 40 N, a força que (1) exerce em A também valerá 40 N. O mesmo se aplica à colisão entre A e (2)]. Desse modo, podemos comparar o impulso resultante sobre cada uma delas (veja a figura abaixo).

Vemos que os impulsos são iguais em módulo e direção, porém os sentidos desses impulsos são contrários (tem o mesmo sentido das forças resultantes em cada bloco). As forças que cada um dos corpos exerce sobre o outro devem ser sempre iguais em módulo e direção. Só representamos o caso da colisão entre A e (1), mas algo similar ocorre com a colisão entre A e (2). Vemos que os impulsos são iguais em módulo e direção, porém os sentidos desses impulsos são contrários (tem o mesmo sentido das forças resultantes em cada bloco).

d. Conforme vimos no item c, o módulo do impulso resultante sobre A é sempre igual ao módulo do impulso resultante em 1 (e 2). Lembre-se da equação 9:

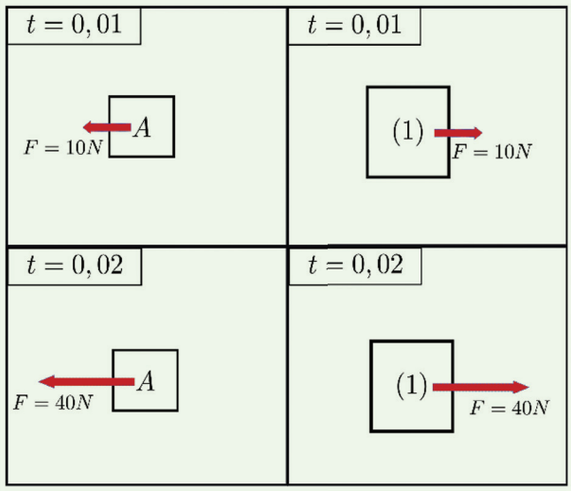
$$I_R = \Delta Q$$

Respostas das Atividades

Já que os impulsos resultantes são iguais, para ambas as partículas que colidem [tanto A e (1) quanto A e (2)], temos que a variação da quantidade de movimento de ambos os blocos que colidem se comportará da mesma maneira que o impulso: para os blocos que colidem, as variações de quantidade de movimento de ambos serão iguais em módulo e direção, mas seus sentidos serão contrários.

Por fim, se desejamos saber a variação da quantidade de movimento do sistema, devemos somar dQ para cada um dos elementos que compõe este sistema. Assim, temos:

$$\Delta Q_{SISTEMA} = \Delta Q_A + \Delta Q_1 = 0,$$



Atividade 7

Aplicando a equação 11 (e escolhendo como positivo o sentido da esquerda para a direita) temos:

$$Q_{ANTES} = Q_{DEPOIS}$$

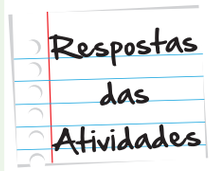
$$m_{BRANCA} \times v_0 + m_{PRETA} \times 0 = m_{BRANCA} \times 0 + m_{PRETA} \times v$$

$$m_{BRANCA} \times v0 = m_{PRETA} \times v$$

$$m_{BRANCA} \times 50\ cm/s = 150\ g \times v$$

Agora, basta substituir de m_{BRANCA} como sendo 150 g em (a) e 200 g em (b).

Atividade 8



Esta atividade é bastante similar à atividade anterior. Utilizaremos novamente a equação 11:

$$Q_{ANTES} = Q_{DEPOIS}$$

$$m_{VERDE} \times v_0 + m_{AZUL} \times 0 = m_{VERDE} \times v_1 + m_{AZUL} \times v_2$$

$$10\ g \times 1\ m/s = 10\ g \times 0{,}4\ m/s + 10\ g \times v2$$

$$v_2 = 0{,}6\ m/s.$$

Atividade 9

Primeiramente, podemos determinar a velocidade do sistema projétil + bloco utilizando a equação 11:

$$Q_{ANTES} = Q_{DEPOIS}$$

$$m_{BLOCO} \times 0 + m_{PROJETIL} \times v_0 = (m_{BLOCO} + m_{PROJETIL}) \times v$$

$$10\ g \times 500\ m/s = (5010\ g) \times v$$

$$v = 0{,}998 \sim 1{,}0\ m/s.$$

Agora, para determinar a altura máxima que o sistema atingirá, utilizaremos a Conservação da Energia Mecânica (veja a unidade 4), que diz que na ausência de forças dissipativas, a Energia Mecânica de um sistema se conserva. Escolhendo o ponto mais baixo da trajetória do Sistema projétil + bloco como sendo o ponto em que a Energia Potencial Gravitacional é nula, temos, escolhendo o ponto final o mais alto da trajetória, que:

$$E_{MECANICA\ INICIAL} = E_{MECANICA\ FINAL}$$

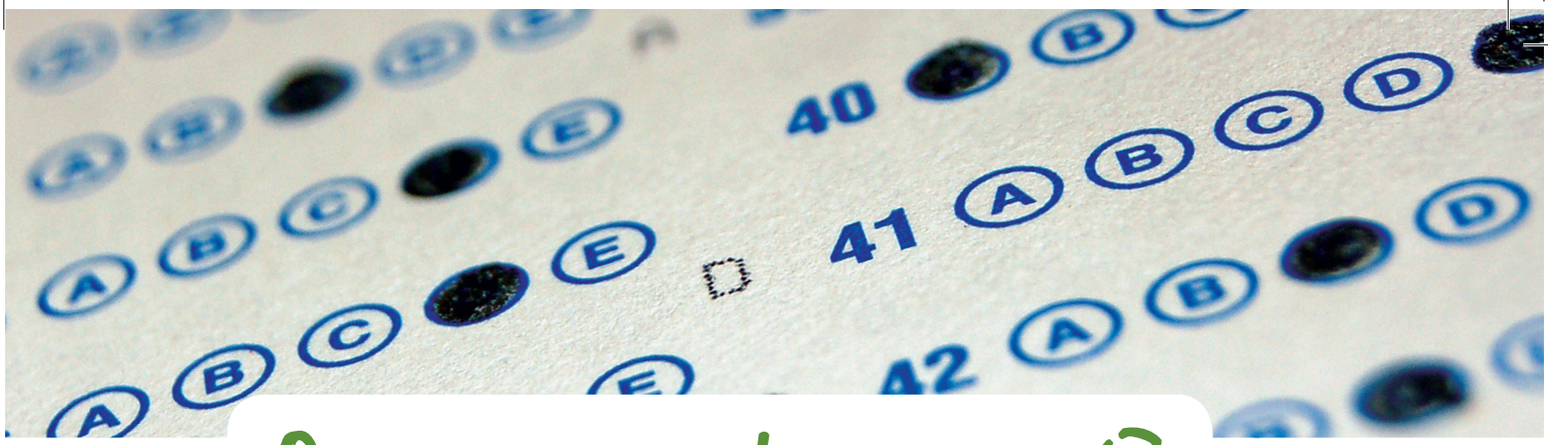
$$E_{CINETICA\ INICIAL\ DO\ SISTEMA} = E_{POTENCIAL\ FINAL\ DO\ SISTEMA}$$

$$(1/2) \times (m_{BLOCO} + m_{PROJETIL}) \times v_2 = (m_{BLOCO} + m_{PROJETIL}) \times g \times h$$

$$(1/2) = 10 \times h$$

$$h = 0{,}05\ m = 5\ cm$$

Utilizamos também o fato de que no ponto mais alto de sua trajetória, a velocidade do sistema projétil + bloco vale 0 (e portanto, sua energia cinética também é nula).



O que perguntam por aí?

Seguem a seguir alguns problemas de vestibular, para o aprofundamento do leitor interessado.

Questão 1 (VUNESP)

Um bloco de madeira de 6,0kg, dotado de pequenas rodas com massa desprezível, repousa sobre trilhos retilíneos. Quando uma bala de 12g disparada horizontalmente e na mesma direção dos trilhos se aloja no bloco, o conjunto (bloco + bala) desloca-se 0,70m em 0,50s, com velocidade praticamente constante. A partir destes dados, pode-se concluir que a velocidade escalar da bala é, em m/s, aproximadamente igual a:

a. $5{,}0 \cdot 10^2$

b. $6{,}0 \cdot 10^2$

c. $7{,}0 \cdot 10^2$

d. $8{,}0 \cdot 10^2$

e. $9{,}0 \cdot 10^2$

Questão 2 (FUVEST)

Um vagão A, de massa 10t, move-se com velocidade escalar igual a 0,40m/s sobre trilhos horizontal sem atrito até colidir com um outro vagão B, de massa 20t, inicialmente em repouso. Após a colisão, o vagão A fica parado. A energia cinética final do vagão B vale:

a. 100J

b. 200J

c. 400J

d. 800J

e. 1 600J

Quente ou frio?

Para início de conversa...

Todos nós vivemos reclamando: no verão, que está muito calor; no inverno, que está muito frio. Quando adoecemos é comum ficarmos com febre, quando nosso corpo torna-se mais quente do que o normal. As sensações de quente e frio estão presentes em todos os momentos de nossas vidas. Temperatura é a propriedade física da matéria que se manifesta pelas sensações de quente ou frio.

Para ser útil cientificamente, a noção de temperatura precisa ser quantificada. Nossas sensações individuais de quente ou frio são apenas qualitativas e, ainda por cima, altamente subjetivas, variam muito de pessoa para pessoa. Há gente calorenta e gente friorenta.

Pessoas friorentas experimentam uma sensação de frio muito mais intensa do que as outras pessoas nas mesmas condições atmosféricas; já as calorentas sentem muito mais calor. Uma mesma pessoa pode ter sensações contraditórias de calor ou frio, dependendo da situação.

Faça a seguinte experiência: encha três panelas, uma com água fria, uma com água morna e outra com água quente. Se você primeiro mergulhar uma das mãos na panela de água fria e, em seguida, mergulhar essa mão na panela de água morna, esta parecerá quente. Se, agora, você mergulhar uma das mãos na panela de água quente e em seguida a introduzir na panela de água morna, esta parecerá fria. Portanto, nossas sensações corporais ou táteis não são confiáveis para medir temperatura. Para atribuir um único valor numérico à temperatura precisamos de um termômetro.

Estudaremos de que maneira são construídas escalas termométricas que permitem associar um único número à temperatura de um corpo por meio de um termômetro. Já que existem diversas escalas termométricas, veremos como se faz para converter a temperatura medida numa escala em temperatura medida em outra escala. Por fim, veremos de que maneira a temperatura de um corpo está relacionada com o movimento incessante dos átomos ou das moléculas do referido corpo.

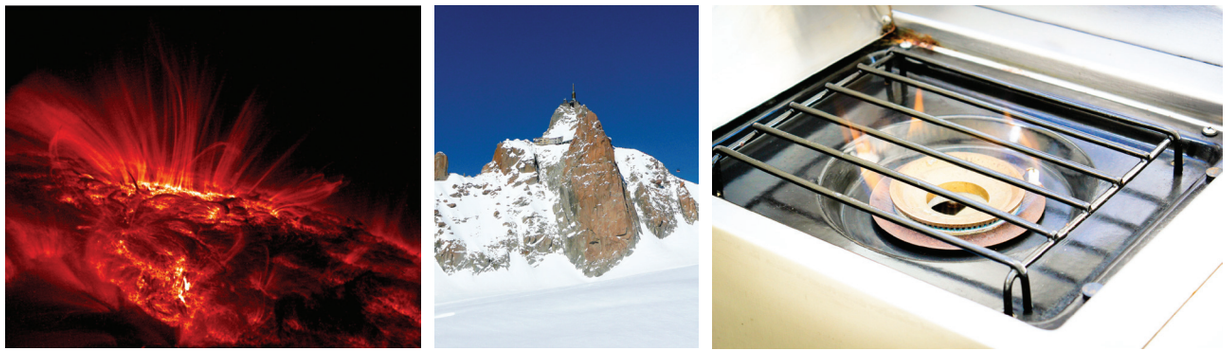


Figura 1: Exemplos de situações e objetos que nos remetem a algo quente e frio. Da esquerda para a direita, temos: uma mancha solar, neve e um fogão a gás.

Objetivos de aprendizagem

- Aplicar a noção física de temperatura;
- Reconhecer a construção e o funcionamento de termômetros;
- Reconhecer as escalas termométricas mais importantes;
- Converter temperaturas entre diferentes escalas termométricas;
- Associar temperatura aos movimentos microscópicos dos átomos ou das moléculas dos corpos materiais;
- Conceituar equilíbrio térmico;
- Relacionar temperatura e equilíbrio térmico.

Seção 1
A Escala celsius

Em 1742, o astrônomo sueco Anders Celsius propôs à Academia Real de Ciências da Suécia uma escala termométrica que se tornaria conhecida como escala Celsius. Essa escala, que é usada em quase todos os países, é baseada na fixação de 0°C para a temperatura de fusão do gelo e de 100°C para a temperatura da água em ebulição, ambas as situações sob a pressão atmosférica normal (1 atmosfera, no nível do mar), e na subdivisão desse intervalo em 100 partes iguais, cada uma dessa partes representando a variação de temperatura de 1°C.

Saiba Mais

Anders Celsius (1701-1744) foi um astrônomo sueco. Ele organizou uma coleção de centenas de observações da aurora boreal, feitas por ele próprio e por outros estudiosos. Também fez parte de uma expedição à Lapônia, dirigida por Pierre-Louis de Maupertuis, que realizou medições de um arco de meridiano correspondente a um grau e confirmou o achatamento da Terra nos polos. Celsius foi um dos fundadores do Observatório Astronômico de Uppsala e tornou-se universalmente conhecido pela escala de temperatura que leva o seu nome.

Os termômetros mais simples, para medição da temperatura ambiente, exploram a dilatação térmica de mercúrio ou de álcool (etanol) colorido num tubo fino de vidro preso a uma escala graduada, como o termômetro mostrado na Figura 2.

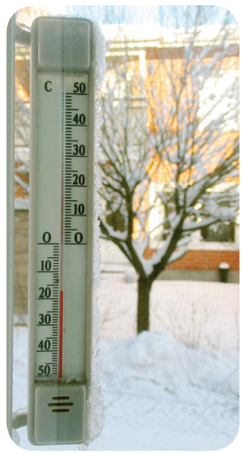


Figura 2: Termômetro na escala Celsius marca –17 oC num dia de inverno no hemisfério norte.

Para construir um termômetro, precisa-se de: (a) uma substância termométrica, tal como mercúrio ou álcool colorido; (b) uma propriedade da substância termométrica que varie fortemente com a temperatura - por exemplo, dilatação térmica; (c) dois valores fixos da temperatura para duas situações facilmente reprodutíveis; (d) uma escala obtida pela subdivisão num certo número de partes iguais do intervalo entre os dois pontos fixos escolhidos.

Termômetro Clínico de Mercúrio

Saiba Mais

Um termômetro clínico convencional, usado para medir a temperatura do nosso corpo, usa mercúrio como substância termométrica. Quando o bulbo do termômetro, cheio de mercúrio, é posto em contato durante alguns minutos com o corpo de uma pessoa com febre, o mercúrio no bulbo se expande e avança no tubo fino graduado. Na posição ocupada pela extremidade do filete de mercúrio, pode-se ler a temperatura.

A temperatura normal do corpo humano situa-se entre 36,5ºC e 37,0ºC. Por causa de um estreitamento proposital no tubo de saída de mercúrio do reservatório, o mercúrio não retorna à sua posição original depois de desfeito o contato com o corpo, continua marcando a temperatura do corpo. Por isso, antes de ser usado, deve-se sacudir o termômetro para forçar o recuo do filete de mercúrio para o reservatório, para marcações inferiores a 36,0ºC. Os termômetros clínicos de mercúrio têm sido cada vez mais substituídos por termômetros clínicos digitais porque o mercúrio é um metal tóxico.

A Importância da Pressão

Os pontos de fusão e de ebulição da água dependem da pressão. Por exemplo, sob pressão mais alta que a normal (1 atmosfera) a água ferve a uma temperatura maior que 100oC; o contrário também acontece, sob uma pressão mais baixa que a normal a água ferve a uma temperatura menor que 100oC. Como a pressão diminui com a altitude, em lugares acima do nível do mar a água ferve numa temperatura inferior a 100oC. Numa mina muito profunda, o ponto de ebulição da água é bem maior que 100oC. Eis aqui uma pequena tabela com o ponto de ebulição da água em diversas altitudes (temperaturas calculadas em http://www.csgnetwork.com/h2oboilcalc.html):

Altitude (m)	*Ponto de Ebulição da Água (oC)*	*Pressão (atm)*
-4000	***112,4***	***1,8***
-2000	***106,3***	***1,3***
-1000	***103,2***	***1,2***
0	***100,0***	***1,0***
1000	***96,7***	***0,9***
2000	***93,4***	***0.8***
5000	***82,8***	***0,5***
10000	***63,3***	***0,2***

Para sua referência: a mina mais profunda, na África do Sul, tem 3.700 m de profundidade; La Paz, a capital da Bolívia, está a 3.600 metros de altitude; o pico da montanha mais alto (Monte Everest) está 8.848 metros acima do nível do mar.

Termômetro de Lâmina Bimetálica

Este tipo de termômetro, assim como os de mercúrio ou álcool, também explora a dilatação dos materiais, porém de um modo bastante especial. A "substância termométrica" não é uma substância no sentido estrito do termo, mas uma lâmina bimetálica, isto é, uma lâmina formada por duas fitas muito finas de dois metais diferentes, soldadas uma na outra, como na Figura 3 (a espessura das fitas está muito exagerada para facilitar a explicação do funcionamento). O metal da camada superior se dilata mais do que o da camada inferior. Se as fitas metálicas não

estivessem soldadas uma na outra, um aumento da temperatura provocaria a mudança ilustrada na parte superior da figura 3. Com as fitas soldadas uma na outra, o conjunto encurva-se, como na parte inferior da figura, por um motivo geométrico simples: a lâmina é obrigada a se encurvar de tal modo que a parte externa da curva seja mais longa do que a parte interna. Se a temperatura diminuir, a lâmina bimetálica encurva-se no sentido oposto ao representado na figura. O grau de encurvamento depende da variação da temperatura.

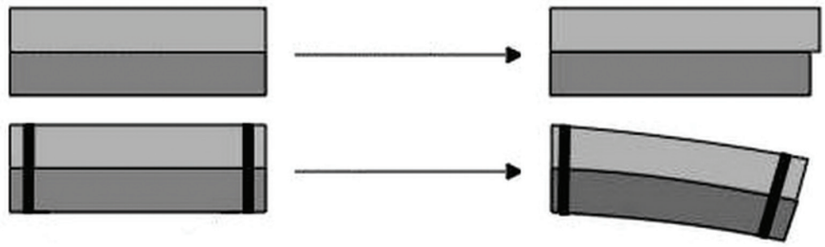


Figura3: Lâmina bimetálica.

A lâmina bimetálica costuma ser enrolada, formando uma espiral, como uma serpentina de carnaval. A espiral desenrola-se ou enrola-se mais compactamente, dependendo do sentido de variação da temperatura. A extremidade livre da espiral bimetálica gira de um certo ângulo que depende da variação da temperatura. Conectando-se essa extremidade a um ponteiro, a temperatura é indicada numa escala graduada, como no termômetro na **Figura 4**.

Figura 4: Termômetro de lâmina bimetálica.

Multimídia

Veja um pequeno filme que mostra o fenômeno de uma lâmina bimetálica em espiral se expandindo com o calor em:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/26/Bimetal_coil_reacts_to_lighter.gif

No link

http://www.youtube.com/watch?v=ABL93J2pOGg

é mostrada uma experiência muito simples que simula uma lâmina bimetálica e que você pode fazer na sua casa.

Termômetro Digital de Rua

Figura5. Termômetro digital no centro de Niterói, marcando uma temperatura típica de verão.

Termômetros digitais utilizam-se de outras propriedades termométricas, como, por exemplo, a variação da resistência elétrica com a temperatura. Termômetros digitais de rua, tais como o representado na Figura 5, funcionam da seguinte maneira: dentro do termômetro, há um resistor cuja resistência elétrica varia significativamente com a temperatura, provocando variação na corrente elétrica num circuito contendo esse resistor; um sensor de corrente conectado a um microcomputador registra a temperatura e mostra o seu valor no painel digital.

Definição Prática de Temperatura

Agora que já vimos como termômetros de vários tipos podem ser construídos, podemos adotar uma definição operacional de temperatura: temperatura é aquilo que é medido por um termômetro.

Seção 2
A Escala Kelvin

Temperaturas negativas na escala Celsius são comuns: no inverno ocorrem no sul do Brasil e em muitas outras partes do mundo (veja a Figura 2). Tudo indica que são possíveis temperaturas arbitrariamente altas. No entanto, estudos realizados durante os últimos três séculos, em laboratórios de alta precisão, mostraram que existe uma temperatura mínima, conhecida como zero absoluto. O zero absoluto corresponde à temperatura de –273,15oC, que aproximaremos por –273 oC. Lord Kelvin introduziu uma escala em que o zero absoluto vale 0 K (zero kelvin) e uma variação de temperatura de uma unidade nessa escala coincide com um grau na escala Celsius. Assim, se denotarmos por C a temperatura indicada na escala Celsius e por K a temperatura indicada na escala Kelvin, temos:

$$K = C + 273 .$$

Portanto, a temperatura de fusão do gelo é 273 K e a da água em ebulição é 373 K. A escala Kelvin é usada principalmente em trabalhos científicos. A temperatura na escala Kelvin é também conhecida como temperatura absoluta. O kelvin é a unidade de temperatura no Sistema Internacional de Unidades (SI) e lê-se sem a palavra "grau": por exemplo, 1 K lê-se "um kelvin". É comum tomar-se 300 K para representar, em números redondos, a temperatura ambiente. Você pode justificar essa escolha?

Na verdade, o zero absoluto é uma temperatura limite, que não pode ser atingida, nem, é claro, qualquer temperatura inferior. A tabela abaixo ilustra a enorme variedade de temperaturas que a natureza admite, muitas delas muito além do que somos capazes de perceber e até mesmo de imaginar.

EVENTO OU SISTEMA FÍSICO	*TEMPERATURA (K)*
Universo logo após o ***Big Bang***	***1032***
Maior temperatura obtida em laboratório	***7,2x1012***
Centro do Sol	***1,6x107***
Superfície do Sol	***6.000***
Temperatura média da superfície da Terra hoje	***288***
Temperatura da **radiação cósmica de fundo** hoje	***2,7***
Menor temperatura obtida em laboratório	***0,000 000 000 1***

Big Bang

Explosão primordial que teria ocorrido há 13,7 bilhões de anos, dando origem ao Universo.

Radiação cósmica de fundo

Radiação eletromagnética predominantemente na frequência de micro-ondas que preenche uniformemente o espaço. É uma das mais fortes evidências a favor da teoria do Big Bang e estima-se que sua formação ocorreu, quando o Universo tinha cerca de 350 mil anos de idade.

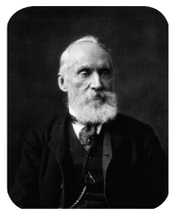
Atividade 1

Esboce um gráfico da temperatura na escala Kelvin em função da temperatura na escala Celsius, com a temperatura Kelvin no eixo das ordenadas e a temperatura Celsius no eixo das abscissas. Refaça o gráfico, representando a temperatura Celsius no eixo das ordenadas e a temperatura Kelvin no eixo das abscissas.

Anote suas respostas em seu caderno

Saiba Mais

William Thomson, mais conhecido pelo título de Lord Kelvin, foi um engenheiro e físico-matemático irlandês que deu importantes contribuições ao eletromagnetismo e à termodinâmica. Ele teve uma participação decisiva no empreendimento que lançou o primeiro cabo submarino de um lado a outro do Oceano Atlântico, que estabeleceu a comunicação telegráfica entre Europa e América do Norte. Quando percebeu que há um limite inferior para a temperatura, Kelvin introduziu uma escala termométrica absoluta que se tornou conhecida pelo seu nome.

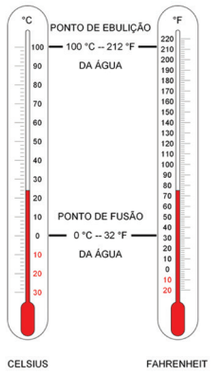


Saiba Mais

Como saber quais foram as temperaturas máxima e mínima num dia sem precisar ficar olhando o termômetro o tempo todo? Com a ajuda de um termômetro de máxima e mínima. O tipo de termômetro de máxima e mínima, representado na figura, utiliza um tubo em formato de U. Ambos os lados medem a mesma temperatura. Entretanto, a escala do lado esquerdo está invertida: as temperaturas acima do zero são negativas. A substância termométrica não é o mercúrio, mas um líquido transparente (tipicamente álcool) no tubo esquerdo. Há, também, agulhas dentro dos tubos. À medida que a temperatura diminui, o líquido transparente contrai-se e puxa o mercúrio, que empurra a agulha da esquerda para cima. Assim é medida a temperatura mínima, pois um ímã na parte de trás mantém a agulha na sua posição mais alta. À medida que a temperatura aumenta, o líquido transparente expande-se empurrando a coluna de mercúrio da esquerda para baixo. Isto eleva a coluna de mercúrio da direita, fazendo com que a agulha da direita seja empurrada para cima até registrar a temperatura máxima, quando atinge a posição mais alta e fica lá. Para reiniciar o termômetro, aperta-se o botão laranja central e as agulhas caem.

http://www.australiasevereweather.com/techniques/simple/thermom.htm

Seção 3
A Escala Fahrenheit



Termômetros nas escalas Celsius e Fahrenheit. O ponto de fusão da água corresponde e 0ºC e 32ºF. O ponto de ebulição da água corresponde a 100ºC e 212ºF. Entre o ponto de ebulição e o ponto de fusão da água, há 100 graus Celsius e 180 graus Fahrenheit. Temperaturas negativas em cada escala aparecem em vermelho.

A escala Fahrenheit de temperatura foi proposta em 1724 pelo físico Daniel Fahrenheit e permaneceu em uso nos países de língua inglesa até os anos 1960. No fim dos anos 1960 e início dos anos 1970, a escala Fahrenheit foi substituída pela Celsius em quase todos os países. Atualmente, a escala Fahrenheit é usada nos Estados Unidos, em Belize, nas Ilhas Caimã e, parcialmente, no Canadá.

A Figura 6 ilustra de que maneira Fahrenheit definiu sua escala termométrica: a temperatura do gelo em fusão vale 32oF; a temperatura da água em ebulição vale 212ºF; esse intervalo de temperatura é dividido em 180 partes iguais, cada uma dessas partes representando uma variação de temperatura de 1ºF. Infelizmente, as razões que levaram às escolhas dos números 32 e 212 ainda não são totalmente conhecidas, mas acredita-se que estão relacionadas às temperaturas medidas em Copenhague (Dinamarca) durante os experimentos elaborados por Daniel Fahrenheit para estipular uma escala termométrica para uso meteorológico que evitasse muitos números fracionários.

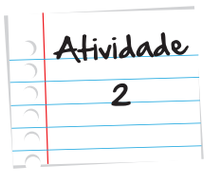
Como converter uma temperatura Fahrenheit em Celsius ou vice-versa? Suponha que a temperatura de um corpo seja medida e encontremos o valor C na escala Celsius e o valor F na escala Fahrenheit. Veja que o número de divisões que o termômetro Celsius marca acima da temperatura 0ºC é C. O termômetro Fahrenheit marca F-32 divisões porque a temperatura de fusão do gelo na escala Fahrenheit é 32ºF. Mas 100 graus na escala Celsius correspondem a 180 graus na escala Fahrenheit, de modo que o número de divisões na escala Fahrenheit é maior do que na escala Celsius na proporção 180/100. Logo, F-32=180C/100, que se costuma escrever na forma simplificada equivalente

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$$

Por meio desta fórmula, é possível converter para a escala Celsius qualquer temperatura dada na escala Fahrenheit e vice-versa. Por exemplo, a temperatura de 40ºC ocorre no verão no Rio de Janeiro. A temperatura correspondente na escala Fahrenheit é calculada da seguinte maneira:

$$\frac{F-32}{9}=\frac{C}{5}\rightarrow F-32=\frac{9C}{5}$$
$$F=\frac{9C}{5}+32\rightarrow F=\frac{9\times 40}{5}+32$$
$$F=9\times 8+32=72+32=104$$
$$F=104$$

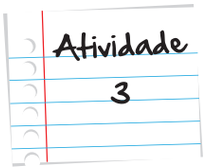
Portanto, dias de muito calor caracterizam-se por temperaturas em torno de 100 ºF



Muito frio na escala Fahrenheit.

Na situação da Figura 2, que está marcando -17°C, qual seria a temperatura indicada por um termômetro, graduado na escala Fahrenheit?

Anote suas respostas em seu caderno



Uma escala extinta como os dinossauros.

Uma escala termométrica que não se usa mais foi introduzida, em 1731, pelo físico francês René-Antoine de Réaumur. Na escala Réaumur, é atribuída a temperatura de 0ºR ao gelo em fusão e de 80ºR à água em ebulição, e esse intervalo é dividido em 80 partes iguais. Encontre a fórmula que permite converter graus Réaumur em graus Celsius. Qual é a temperatura em graus Celsius correspondente a 40ºR?

Anote suas respostas em seu caderno

Cinco vezes maior sem ser mais quente.

Atividade 4

Um corpo está numa temperatura tal que um termômetro na escala Fahrenheit marca um valor cinco vezes maior do que o valor indicado num termômetro na escala Celsius. (a) Inspecionando a Figura 6, você espera que essa temperatura na escala Celsius seja positiva ou negativa? Determine exatamente o valor da temperatura na escala Celsius. O valor obtido confirma a sua expectativa?

Anote suas respostas em seu caderno

Mais frio é impossível.

Atividade 5

Descubra qual é a menor temperatura possível na escala Fahrenheit.

Anote suas respostas em seu caderno

Turista leva um susto.

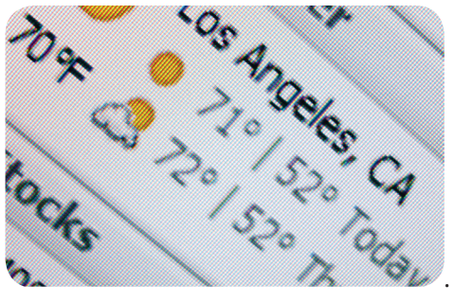
Atividade 6

Uma turista brasileira é levada a um hospital em Nova Iorque com suspeita de infecção. Uma enfermeira examina-a e diz-lhe que não há motivo para alarme porque sua temperatura é apenas 98°. Após um susto, a turista dá-se conta de que sua temperatura foi medida num termômetro na escala Fahrenheit. A turista deve ficar mesmo tranquila?

Anote suas respostas em seu caderno

Saiba Mais

Por que tanto apego à escala Fahrenheit?

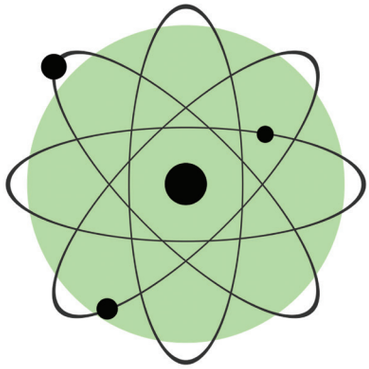


Diversos motivos têm sido apontados para a resistência à adoção da escala Celsius nos Estados Unidos. Uma razão plausível é que o intervalo de 0 a 100 graus na escala Fahrenheit encaixa-se mais naturalmente na faixa de temperatura que ocorre na maior parte do território americano: 0°F = dia muito frio de inverno; 50°F = dia típico de primavera/outono; 100°F = dia muito quente de verão. Em comparação: 0°C = frio bastante comum; 50°C = calor extremo raramente registrado na superfície da Terra; 100°C = água em ebulição, não ocorre como temperatura ambiente.

Seção 4

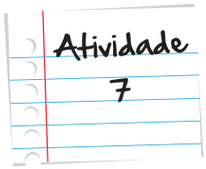
Temperatura, Agitação Molecular e Equilíbrio Térmico

Na primeira década do século XX, a teoria atômica da matéria convenceu os últimos céticos e tornou-se universalmente aceita. Os avanços ocorridos desde então estabeleceram que, na escala microscópica, toda a matéria é composta por átomos e moléculas que, por sua vez, são formados por partículas ainda menores, tais como prótons, nêutrons e elétrons. Os átomos e moléculas não são imóveis, mas estão em estado permanente de agitação. A temperatura é compreendida, hoje, como uma medida do grau de agitação dos átomos e moléculas. As moléculas não têm todas a mesma velocidade: a temperatura é determinada pela energia cinética média das moléculas.



Vejamos como esta ideia de temperatura permite explicar um fenômeno simples como a dilatação térmica. Numa dada temperatura, a agitação das moléculas de um corpo sólido ou líquido tem uma certa amplitude, isto é, as moléculas mantêm uma certa distância média entre si. Se a temperatura é aumentada, a agitação molecular torna-se mais intensa e a distância média entre as moléculas cresce, fazendo com que o corpo aumente de tamanho. Se a temperatura for suficientemente aumentada, a amplitude da agitação pode crescer tanto que moléculas começam a escapar do corpo, e um líquido, por exemplo, passa ao estado gasoso. No processo de evaporação, moléculas de água logo abaixo da superfície com velocidade acima da média conseguem escapar formando vapor e deixando a água um pouco mais fria. A noção moderna de temperatura também explica por que existe uma temperatura mínima. À medida que a temperatura é reduzida, chega-se cada vez mais perto do estado de agitação térmica nula (isto não significa a cessação de todo tipo de movimento) que corresponde ao zero absoluto. Por outro lado, não existe um estado de agitação térmica máxima, de modo que temperaturas arbitrariamente altas são possíveis.

Quando dois corpos em temperaturas diferentes são postos em contato, a temperatura do corpo mais quente diminui e a do corpo mais frio aumenta, até que as temperaturas se igualam. A partir desse momento as temperaturas dos corpos não variam mais e o sistema atingiu o **equilíbrio térmico**. As colisões entre as moléculas do corpo mais quente (que são mais energéticas) e as do corpo mais frio (que são menos energéticas) fazem com que energia cinética seja transferida das moléculas mais energéticas para as menos energéticas. Assim, a energia cinética média das moléculas do corpo mais frio vai aumentando ao mesmo tempo que a energia cinética média das moléculas do corpo mais quente vai diminuindo. Quando essas energias médias se igualam, o equilíbrio térmico é atingido. Assim, para medir a temperatura de um corpo é preciso pôr o termômetro em contato com o corpo e esperar um certo tempo a fim de que o termômetro entre em equilíbrio térmico com o corpo. A **lei zero da termodinâmica** exprime um fato experimental: se dois corpos estão em equilíbrio térmico com um terceiro, eles estão em equilíbrio térmico entre si. Historicamente, a lei do equilíbrio térmico, que é a mais básica de todas, só foi enunciada depois de descobertas as três leis da termodinâmica. A fim de preservar a nomenclatura tradicional, em vez de renumerar as três leis preferiu-se batizar a lei do equilíbrio térmico de lei zero da termodinâmica.



Pode contrariar o manual de etiqueta, mas funciona.

Por que, para esfriar uma sopa escaldante, é uma boa ideia soprar a superfície da sopa?

Anote suas respostas em seu caderno

Resumo

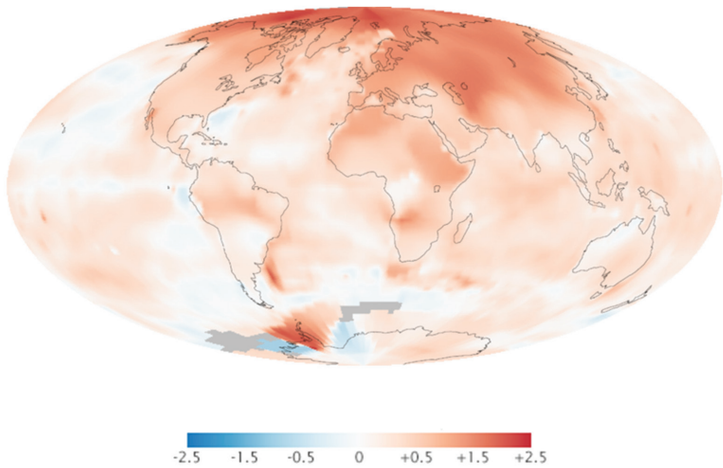
Nesta unidade, discutimos:

- A noção física de temperatura, que se manifesta pelas sensações de quente e frio.
- Como funcionam os termômetros e algumas propriedades termométricas usadas na sua construção, tais como dilatação e resistência elétrica.
- As escalas termométricas mais importantes (Celsius, Kelvin e Fahrenheit) e como converter a temperatura de uma escala para outra. Vimos que a fórmula K=C+273 permite converter temperatura Celsius em Kelvin e vice-versa, e que a fórmula permite transformar temperatura Fahrenheit em Celsius e vice-versa.
- A temperatura como uma medida do grau de agitação molecular.
- O equilíbrio térmico de dois corpos, que só é atingido, quando os corpos ficam com a mesma temperatura.
- A lei zero da termodinâmica: se dois corpos estão em equilíbrio térmico com um terceiro, eles estão em equilíbrio térmico entre si.

Veja Ainda

Você certamente já ouviu falar no aquecimento global e suas possíveis consequências, assunto sempre presente nos noticiários e que provavelmente faz parte de suas preocupações como cidadão. A temperatura média da superfície

da Terra tem aumentado nas últimas décadas. O mapa abaixo ilustra o quanto as temperaturas médias das várias regiões da Terra estavam mais altas (em graus Celsius) na década 2000-2009 em comparação com as temperaturas médias registradas entre 1951 e 1980, de acordo com a agência espacial americana NASA. A grande maioria dos cientistas considera que há fortes indícios de que esse aquecimento deve-se à ação do homem, principalmente por causa do efeito estufa, causado pela emissão contínua de grande quantidade de gás carbônico na atmosfera. No link http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/2001-efeito_estufa-o_efeito_estufa.shtml você poderá entender o que é o efeito estufa. Para alguns cientistas, conhecidos como "céticos do clima", o aquecimento global não é causado pela ação humana, mas é parte dos ciclos naturais do nosso planeta. Em http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/ex-cetico-do-clima-afirma-que-aquecimento-global-e-causado-pelo-homem e, mais detalhadamente, em http://www.nytimes.com/2012/07/30/opinion/the-conversion-of-a-climate-change-skeptic.html?pagewanted=all&_r=0 um físico explica por que moderou o seu ceticismo, quanto à responsabilidade humana pelo aquecimento global.



Referências

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da e ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. Curso de Física Vol. 2. São Paulo: Scipione, 2008.

BOA, Marcelo Fonte e GUIMARÃES, Luiz Alberto. Física: Termologia e Óptica. Niterói: Futura, 2004

Imagens

• André Guimarães

• http://www.sxc.hu/photo/1396777

• http://www.sxc.hu/photo/1294264

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sunspot_TRACE.jpeg

• http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=view&id=1154068

• http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=view&id=1337264

• http://www.sxc.hu/photo/646898

• http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Kochendes_wasser02.jpg

• http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Anders-Celsius-Head.jpg

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pakkanen.jpg

• http://www.sxc.hu/photo/432233

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bimetaal.jpg

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Backofenthermometer.jpg

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Celsius.jpg

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lord_Kelvin_photograph.jpg

- http://www.australiasevereweather.com/techniques/simple/thermom.htm

- http://www.sxc.hu/photo/506699

- http://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Atom_symbol.svg&page=1&uselang=pt-br

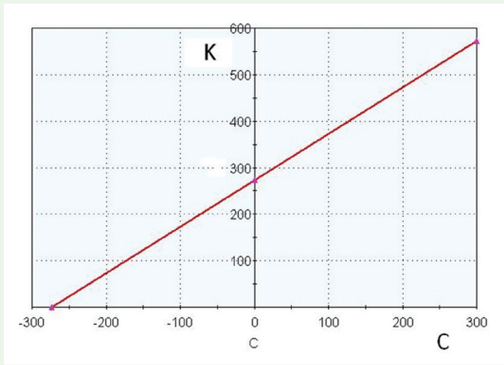
- http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=42392.

- http://www.sxc.hu/photo/517386 • David Hartman.

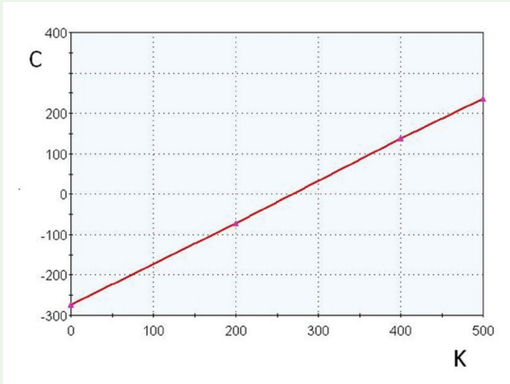
Respostas das Atividades

Atividade 1

Eis um gráfico da temperatura Kelvin em função da temperatura Celsius. A linha reta corta o eixo horizontal em –273° C e o eixo vertical em 273 K.



No gráfico abaixo, da temperatura Celsius como função da temperatura Kelvin, a reta corta o eixo vertical em –273° C



Atividade 2

Como a temperatura é _17° C, seu valor na escala Fahrenheit é

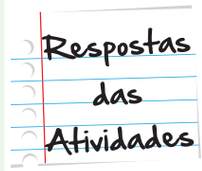
F = 32 + 9C/5 = 32 – 9x17/5 = 32 – 30,6 = 1,4.

Portanto, um termômetro Fahrenheit marcaria 1,4° F.

Atividade 3

Seja C a temperatura na escala Celsius e R a temperatura na escala Réaumur. Como ambas as escalas atribuem a temperatura zero ao gelo em fusão, há C divisões a contar do zero na escala Celsius e R divisões na escala Réaumur. Como 100 graus Celsius equivalem a 80 graus Réaumur, o número de divisões na escala Celsius é maior do que na escala Réaumur na proporção 100/80, isto é, C=100R/80 . Numa forma simplificada, temos

C=5R/4, que é a fórmula desejada. Se R=40 resulta imediatamente C=50.



Atividade 4

A Figura 6 sugere que só para temperatura positiva pode acontecer de a escala Fahreinheit marcar um valor cinco vezes maior do que o valor indicado na escala Celsius. Examinando a figura com atenção, parece que a temperatura de 50° F corresponde a 10° C. Para verificar se isto é verdade, devemos substituir F=5C na fórmula que relaciona as temperaturas nas duas escalas e resolver a equação resultante para C:

$C/5=(F-32)/9 \rightarrow C/5=(5C-32)/9 \rightarrow 9C=25C-160 \rightarrow 16C=160 \rightarrow C=10$.

De fato, é para a temperatura de 10° C que um termômetro Fahrenheit marca um valor 5 vezes maior.

Atividade 5

A menor temperatura possível é –273,15° C. O valor desta temperatura na escala Fahrenheit é

$F = 32 + 9C/5 = 32 - 9x273,15/5 = 32 - 491,67 = - 459,67$.

Portanto, a temperatura correspondente ao zero absoluto é –459,67° F, que é a menor temperatura possível na escala Fahrenheit

Respostas das Atividades

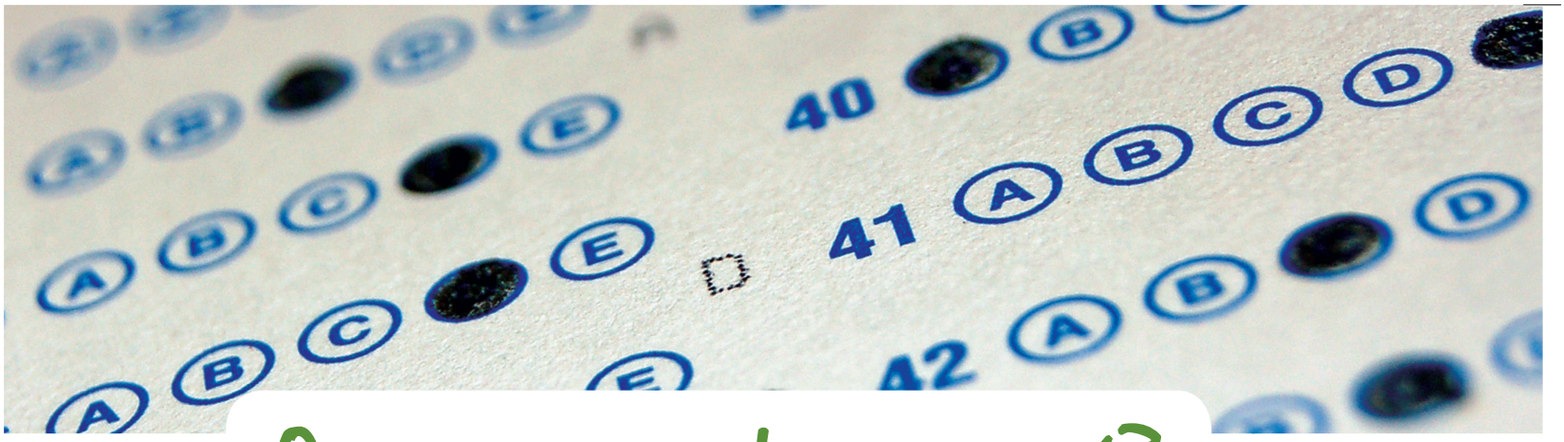
Atividade 6

A partir da fórmula de conversão C/5=(F – 32)/9, deduz-se que a temperatura na escala Celsius correspondente a 98oF é C=5x(98 – 32)/9 =5x66/9 = 36,7.

Como sua temperatura é normal (36,7°C), a turista pode ficar tranquila: a ausência de febre indica que ela não deve estar com nenhuma infecção.

Atividade 7

As moléculas de água mais rápidas escapam da sopa, deixando-a ligeiramente mais fria, e acabam formando uma camada de vapor sobre sua superfície. Essa camada de vapor tem uma temperatura apenas ligeiramente maior que a camada superficial da sopa e o ritmo de evaporação diminui: o número de moléculas que escapa do líquido para o vapor é só um pouco maior do que número de moléculas que retorna do vapor para o líquido. Quando sopramos a sopa, essa camada de vapor é afastada e substituída por uma camada de ar mais frio vindo das proximidades. Assim, as moléculas mais rápidas da sopa voltam a escapar em maior quantidade e a sopa se resfria mais rapidamente.



O que perguntam por aí?

ENEM (2010)

Sob a pressão normal (ao nível do mar), a água entra em ebulição à temperatura de 100oC. Tendo por base esta informação, um garoto residente em uma cidade litorânea fez a seguinte experiência:

- Colocou uma caneca metálica, contendo água no fogareiro do fogão de sua casa.
- Quando a água começou a ferver, encostou cuidadosamente a extremidade mais estreita de uma seringa de injeção, desprovida de agulha, na superfície do líquido e, erguendo o êmbolo da seringa, aspirou certa quantidade de água para o seu interior, tapando-a em seguida.
- Verificando após alguns instantes que a água da seringa havia parado de ferver, ele ergueu o êmbolo da seringa, constatando, intrigado, que a água voltou a ferver após um pequeno deslocamento do êmbolo.

Considerando o procedimento anterior, a água volta a ferver porque esse deslocamento

a. permite a entrada de calor do ambiente externo para o interior da seringa.

b. provoca, por atrito, um aquecimento da água contida na seringa.

c. produz um aumento de volume que aumenta o ponto de ebulição da água.

d. proporciona uma queda de pressão no interior da seringa que diminui o

e. ponto de ebulição da água

f. possibilita uma diminuição da densidade da água que facilita sua ebulição

Solução

A água dentro da seringa parou de ferver porque sua temperatura caiu um pouco abaixo de 100° C, o ponto de ebulição da água sob a pressão atmosférica normal. Quando o êmbolo foi puxado, o ar com vapor no interior da seringa passou a ocupar um volume maior, reduzindo a pressão no interior da seringa. Sob uma pressão menor que a pressão atmosférica normal água ferve a uma temperatura inferior a 100° C. Por isso, a água no interior da seringa voltou a ferver. A resposta correta é D

(UFF – RJ)

No Grande Rio, observa-se que em Bangu, um dos bairros mais quentes no verão, os termômetros chegam a marcar 40° C, enquanto que no Alto da Boa Vista essa marca chega, quando muito, a 26° C. Tal variação, na escala Kelvin, será de:

(A) 14 (B) 287 (C) 213 (D) 299 (E) 277

Solução

As variações de temperatura são iguais nas escalas Kelvin e Celsius: um aumento de temperatura de 1 grau Celsius é igual a 1 Kelvin. Portanto a variação de temperatura na escala Kelvin é 40-26=14. A resposta correta é A.

Calor e Energia: a primeira lei da termodinâmica

Para início de conversa...

"Moro num país tropical...", canta Jorge Bem Jor. Isso significa que falamos muito de calor, dias quentes, praia e sol. Num dia quente de verão procuramos ventiladores ou ambientes com ar-condicionado.

Outra situação que também envolve altas temperaturas é o motor de um carro. Ele produz calor por meio das reações químicas entre oxigênio e gasolina vaporizada que ocorrem nos seus cilindros. Os cilindros empurram os pistões que realizam trabalho e movem o carro.

Mas você deve estar se perguntando: qual é a relação entre o calor dos dias quentes e o motor de um carro?

Tudo isso tem muito a ver com o assunto desta e da próxima unidade: Termodinâmica, palavra que significa "movimento do calor". Você já viu o conceito de temperatura nas unidades anteriores, sabe o que é um termômetro e já ouviu muito a palavra "quente". Na linguagem cotidiana os termos "calor" e "temperatura" costumam ser utilizados como sinônimos. No entanto, veremos que esses dois termos possuem significados bem distintos em física.

Objetivos de Aprendizagem

- Conceituar calor;
- relacionar calor com trabalho e energia interna;
- aplicar a primeira lei da termodinâmica a experimentos simples;
- distinguir os processos isobáricos, adiabáticos, isocóricos e isotérmicos.

Seção 1
O experimento de Joule e a definição de calor

Até meados do século XIX a termodinâmica e a mecânica eram consideradas disciplinas distintas. Supunha-se que o calor era um fluido sem massa, denominado calórico, que passava de um corpo quente para um corpo frio e que nunca podia ser destruído. Podia-se fazer modelos matemáticos utilizando-se essa imagem do calor como um fluido que na realidade descrevia muito bem alguns experimentos. Assim, grandes nomes da ciência da época como Lavoisier, Laplace, Fourier e outros defendiam a teoria do calórico. No entanto, havia um número considerável de cientistas que acreditavam – embora sem poder provar – que havia uma relação entre calor e o movimento das partículas que compunham a matéria. Dentre estes destacavam-se Descartes, Bacon, Hooke e Newton.

Para iniciarmos a nossa discussão de termodinâmica, vamos definir dois termos importantes: **sistema** e **ambiente.** Sistema é a região que nos interessa estudar em relação a trocas de energia com o ambiente, e este é a região que circunda o sistema. Assim, se quisermos estudar o resfriamento de uma xícara de café, podemos definir a xícara como nosso sistema e o resto do universo como ambiente.

O estado do sistema é caracterizado por algumas grandezas mensuráveis, como temperatura, volume, pressão etc. Se pelo menos uma delas varia, o sistema mudou de estado. Dependendo do contexto, a mudança de estado pode significar algo mais drástico, como a mudança de água para vapor etc.

Adiabático

Sistema que apresenta isolamento a qualquer troca de calor ou matéria com o meio externo.

Lembremos que dois objetos estão em equilíbrio térmico se suas temperaturas não variam ao serem colocados em contato. Vimos também que um sistema isolado termicamente não muda seu estado – não muda sua temperatura. Neste caso, dizemos, então, que as paredes do recipiente são **adiabáticas**. Um sistema não isolado termicamente possui paredes **diatérmicas**.

Diatérmica

Qualidade do material que permite a passagem de calor.

James Joule realizou alguns experimentos fundamentais para estabelecer o conceito de calor. Em um recipiente bem fechado, uma palheta poderia agitar a água nele contida. A pá era acionada pela queda de massas acopladas ao eixo da palheta como exemplificado na figura 1.

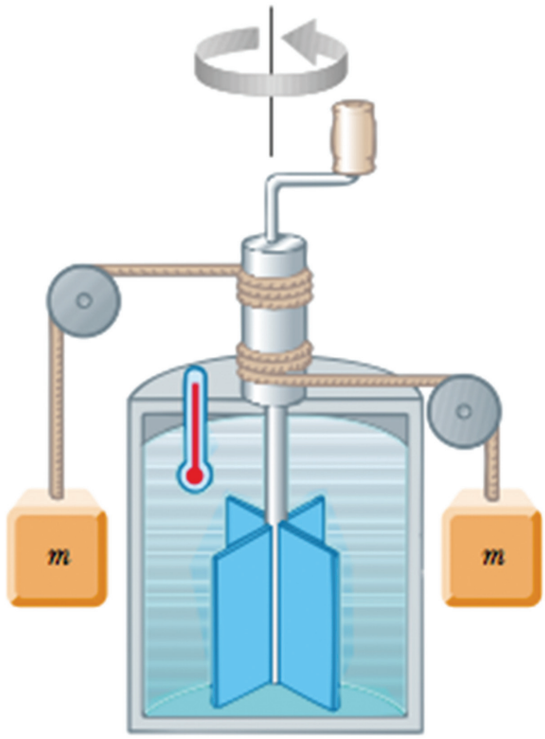
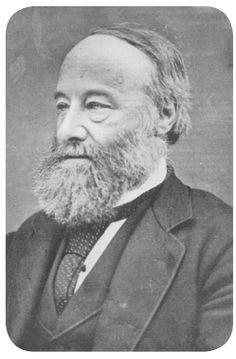


Figura 1: Aparato experimental de Joule. Um recipiente contém água que pode ser agitada pelo movimento das pás quando as massas caem. Um termômetro mede a variação da temperatura.

Saiba Mais

James Prescott Joule (1818 – 1889) foi um físico britânico que estudou a natureza do calor e descobriu as suas relações com o trabalho mecânico. Suas descobertas o direcionaram para a teoria da conservação da energia (também conhecida com a Primeira Lei da Termodinâmica). A nomenclatura joule, para unidade de trabalho no Sistema Internacional, só foi estipulada após sua morte em sua homenagem.

Joule trabalhou com Lorde Kelvin, para desenvolver a escala absoluta de temperatura, também encontrou relações entre o fluxo de corrente através de uma resistência elétrica e o calor dissipado, agora chamada Lei de Joule.



Inicialmente o sistema possuía paredes adiabáticas, ou seja, estava termicamente isolado. Na prática, as paredes do recipiente estavam revestidas por fora de isopor ou algo similar. A queda dos pesos transformava a sua energia potencial em energia de movimento das pás que por sua vez agitava a água. A quantidade de energia depositada na água é simples de calcular, pois sabemos que o trabalho da força da gravidade quando uma massa cai de uma altura h é: trabalho = força X distância, que usualmente escrevemos:

$$W = F \,.\, d = m \,.\, g \,.\, h$$

Por exemplo, se uma massa de 10 kg cai da altura de 1 m, W = 10 x 9,8 x 1 = 98 J (lembre que unidade de energia mecânica é expressa em joules).

James Joule observou que a água ficava aquecida, ou seja, a temperatura da água aumentava de T_0 para T_1. Se o isopor for removido (ou seja, agora paredes diatérmicas), a temperatura da água volta ao seu estado inicial T_0. Em seguida, com as massas fixas e as paredes revestidas de isopor de novo (adiabáticas) um aquecedor foi mergulhado na água e passou-se uma corrente elétrica por ele de modo que a corrente elétrica realizasse o mesmo trabalho (em Joules) que a queda das massas anteriormente. De novo a temperatura do sistema subiu para T_1. Ou seja, a mesma quantidade de trabalho, independentemente da forma como é realizado, ocasiona a mesma mudança de estado do sistema.

No primeiro experimento a energia potencial gravitacional das massas foi transferida para a água, de modo que a **energia interna** do sistema aumentou. Definimos energia interna de uma substância como a soma da energia cinética de suas partículas constituintes (moléculas) mais a energia de atração entre elas. Quando um material é aquecido, a energia cinética de suas moléculas aumenta. Portanto, até aqui, podemos dizer que a lei de conservação da energia pode ser escrita como:

$$\Delta U = W$$

Onde: ΔU é a variação de energia interna e W é o trabalho realizado no sistema.

Voltemos ao experimento de Joule. Agora vamos começar com o sistema na temperatura inicial T_0 sem o revestimento de isopor, ou seja, paredes diatérmicas. Queremos levar o sistema de novo à temperatura T_1 agitando as pás pela queda das massas. Observamos agora que precisamos realizar mais trabalho (deixar cair mais vezes as massas) para que o sistema atinja a temperatura T_1. Vemos que esse trabalho adicional é necessário porque o sistema perde energia para o ambiente por causa da diferença de temperatura da água, que é maior do que a do ambiente (e agora, com as paredes diatérmicas, pode haver troca com o ambiente). Portanto, chegamos à definição de calor e trabalho:

- **Calor é a energia transferida de um objeto a outro devido à diferença de temperatura**.
- **Trabalho é a transferência de energia que não se dá pela diferença de temperatura entre dois corpos**.

Observe que no experimento de Joule calor é a diferença entre o trabalho realizado sobre o sistema, no caso diatérmico, e o trabalho realizado, no caso adiabático.

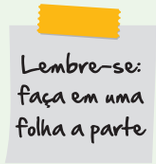
Assim, a lei de conservação da energia agora se escreve:

$$\Delta U = W + Q$$

Atente para o fato de que na nossa convenção de sinais W>0 é o trabalho feito sobre o sistema, ou seja, que tende a aumentar a energia interna do sistema. O trabalho realizado pelo sistema é negativo. Essa convenção ficará mais clara quando examinarmos o sistema físico de um cilindro com gás sendo comprimido por um êmbolo que vai aparecer adiante. Quanto ao calor, escolhe-se Q positivo quando o calor é transferido para o sistema.

Calculando a energia interna

Um certo sistema realiza um trabalho de 200J e ao mesmo tempo absorve 150J de calor. De quanto variou a energia interna do sistema?



Seção 2
Calor e calorias

No início dos estudos de termodinâmica, antes do reconhecimento da conexão entre a termodinâmica e a mecânica discutida na seção anterior, o calor era definido em termos da variação da temperatura ocasionada por ele mesmo (o calor). Existia uma unidade própria para quantificar o calor: a **caloria** (cal), que era definida como o calor necessário para elevar a temperatura de um grama de água de 14,5°C para 15,5°C, ou seja, aumentar apenas 1°C. Após os experimentos de Joule e de outros pesquisadores posteriormente, compreendeu-se que tanto o calor quanto o trabalho são formas de transferência de energia e ambos devem ser quantificados com a mesma unidade, o Joule, com a correspondência:

1 cal = 4,186 J

Essa relação é conhecida como o equivalente mecânico do calor.

Queimando calorias

Atividade 2

Muitas vezes se fala em "calorias" quando se discute dieta alimentar. Na realidade, elas são quilocalorias (lembre, o prefixo quilo, cujo símbolo é k, significa mil). Ou seja, uma caloria alimentar, na realidade, vale 4186 J.

Assim, depois de uma refeição de 2000 calorias alimentares, quantas vezes devemos levantar um objeto cuja massa é de 100 kg à altura de um metro?

Lembre-se: faça em uma folha a parte

Seção 3
Calor específico

Quando transferimos calor de um corpo para o outro, podem acontecer duas situações:

- A temperatura do segundo corpo aumenta ou
- pode haver uma troca de estado físico deste corpo (um líquido se evaporar, um sólido se liquefazer etc.).

Essas duas situações podem acontecer sozinhas ou em conjunto, dependendo da quantidade de calor que é transferida entre eles.

Por enquanto, vamos supor que não haja troca de estado, apenas o aumento de temperatura. O quanto o segundo corpo vai variar a sua temperatura vai depender de algumas variáveis, como:

- a massa do corpo,
- o calor específico da matéria que constitui esse corpo e
- a quantidade de calor que é transmitida a ele.

O mesmo calor transferido para dois corpos de mesma massa pode aquecer muito mais um deles dependendo do tipo de material de que são feitos (metal aquece mais do que a água, por exemplo). A relação entre o calor transferido e o aumento da temperatura é a seguinte:

$$Q = m \, x \, c \, \Delta \, T$$

Onde:

- Q é a quantidade de calor fornecida;
- m é a massa do material que recebe o calor;
- ΔT (lê-se delta T) é a variação na temperatura do corpo causada pela transferência de calor e
- c é o calor específico do material.

Pela fórmula, o calor específico deve ter a unidade $J/(kg \times °C)$. Observe que o calor específico também pode ser dado em $cal/(g \times °C)$, ou seja, calor pode ser dado em joules ou calorias e a massa em quilograma ou grama. Deve-se tomar cuidado com as unidades e utilizá-las de forma consistente nos problemas. Quando usamos uma massa em kg (quilogramas), o calor específico deve ter kg em sua unidade. Quando a massa for em g (gramas), o calor específico deve ser dado em função de g.

Já vimos anteriormente que, para se aumentar de um grau Celsius a água (na pressão atmosférica usual), é necessária 1 caloria. Portanto, o calor específico da água é $C_{água}$ = 1cal/(g x °C) ou $C_{água}$ = 4.186 x 10^3J/(kg x °C) Para converter um valor de c no outro, utilizamos as relações 1 cal = 4,186 J e 1 g= 10^{-3} kg.

Nos problemas de troca de calor, a regra a ser seguida é simples: um corpo perde calor que é transferido para outro. Normalmente não se consideram perdas para o ambiente, mas se elas existirem devem ser levadas em conta nos cálculos também.

Café morno

Suponha que 100 cm^3 de café na temperatura de 95°C sejam derramados numa xícara que está à temperatura de 20°C e é feita de 150g de louça. Qual a temperatura final comum do café e da xícara, supondo que não haja perdas de calor para o ambiente? Vamos supor que o calor específico do material da xícara é $c_x = 850$ J/(kg×°C).

Atividade 3

Lembre-se: faça em uma folha a parte

Seção 4
Calor latente e mudanças de fase

Na seção anterior vimos que um corpo pode aquecer se receber calor (e esfriar se perder calor). Além disso, pode haver também uma mudança de fase:

- Sólido para líquido;
- Líquido para gasoso;
- Líquido para sólido;
- Gasoso para líquido.

Na mudança de fase, a energia transferida em forma de calor não resulta em mudança de temperatura, mas sim na alteração das características físicas da substância: gelo virar água, por exemplo.

A energia recebida pelo gelo é utilizada para romper as ligações entre as moléculas (dizemos que houve um aumento da energia potencial intermolecular) e não para aumentar a energia cinética das moléculas. A quantidade de energia na forma de calor necessária para a mudança de fase de uma quantidade de massa *m* de uma substância pura é:

$$Q = \pm m \times L$$

Onde: *L* é chamado de **calor latente** da substância em questão.

Por exemplo, quando o gelo se transforma em água, o calor latente é chamado de **calor latente de fusão** e vale

$$L_i = 3{,}33 \times 10^5 \text{ J/kg}$$

ou seja, para cada quilograma de gelo que derrete, 333.000 joules de calor são absorvidos. Se a água se transforma em gelo (no congelador da sua geladeira, por exemplo), para cada quilo de gelo formado a mesma quantidade de calor, 333.000 joules, foi retirada da água. E agora você já entendeu o sinal na fórmula dada: o positivo significa que calor está sendo adicionado à substância, etc. Basicamente o mesmo vale para a vaporização da água (e condensação do vapor). Aqui temos o **calor latente de vaporização**, que para a água vale:

$$L_i = 2{,}26 \times 10^6 \text{ J/kg}$$

Como exemplo vamos acompanhar a mudança na temperatura e as mudanças de fase de um bloco de gelo inicialmente à temperatura de -25 °C na figura 2, ao qual é fornecido calor a uma taxa constante. De *a* até *b* o bloco de gelo aquece (mas ainda na forma de gelo) até atingir a temperatura de 0°C no ponto *b*. De *b* a *c* o gelo se funde (ainda a 0°C) e temos uma mistura de gelo e água. Aqui o calor de fusão é absorvido. No ponto *c* o gelo se transformou totalmente em água e agora a água começa a aquecer. De *c* a *d* a água aquece e em *d* ela chega a 100°C**.** De *d* a *e* a água se vaporiza e aqui de novo utilizamos o conceito de calor latente, só que agora de vaporização. Finalmente, no ponto e toda a água foi vaporizada e daí em diante o vapor começa a aquecer.

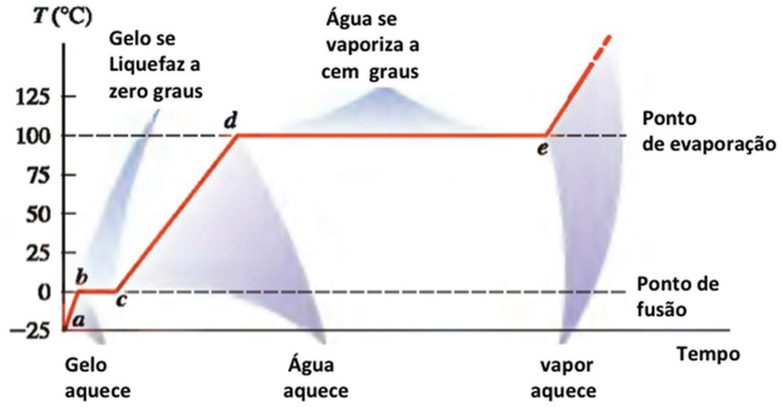


Figura 2: Gráfico da temperatura como função do tempo para certa quantidade de água inicialmente na forma de gelo.

Um líquido libera ou absorve energia quando se transforma em gás? E quando o mesmo gás se transforma em líquido?

Atividade 4

Lembre-se: faça em uma folha a parte

Seção 5
Processos termodinâmicos e trabalho

Na aula anterior estudamos um gás ideal. Vamos lembrar que para um gás ideal vale a relação:

$$P \times V = n \times R \times T$$

Onde:

- P é a pressão no interior do gás;
- V é o volume do gás;

- n é o número de moles do gás;
- R = 8,1314 J/(mol.K) é a constante universal dos gases e
- T é a temperatura (que nesta expressão deve ser utilizada na escala absoluta, expressa em Kelvin).

Para os gases perfeitos, também vale que a energia interna só depende da temperatura. No caso de um gás monoatômico (ou seja, cujas moléculas sejam formadas por um único átomo), temos a seguinte expressão para a energia interna:

$$U = \frac{3}{2} nRT$$

Onde U representa a energia interna do gás, n o número de moles, R a constante universal dos gases e T a temperatura (em graus Kelvin).

Vamos agora examinar alguns tipos mais comuns de processos termodinâmicos utilizando o sistema mostrado na figura 3, um cilindro oco, fechado numa extremidade e no qual um pistão pode deslizar sem atrito.

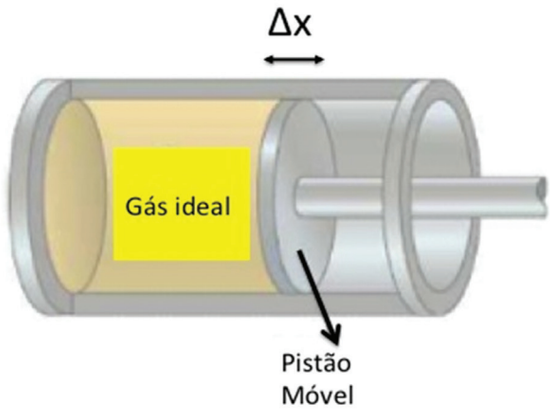


Figura 3: Cilindro contendo gás ideal com um pistão móvel que pode deslizar sem atrito. Na figura está indicado também um deslocamento Δx do pistão.

Podemos calcular o trabalho realizado pelo sistema quando o pistão avança uma distância infinitesimal Δx lembrando que o trabalho foi definido como força vezes a distância: W = FΔx quando estudamos Mecânica. Por outro lado, a pressão no êmbolo (de área A) do pistão é definida como P = F/A (pressão é força dividida pela área). Assim, a força é pressão vezes a área (F=PA), de modo que a quantidade infinitesimal de trabalho ΔW causada pelo deslocamento Δx é dada por:

$$D = PA\Delta x = P\Delta V$$

Onde também utilizamos o fato de que um pequeno deslocamento do pistão de Δx induz uma variação pequena do volume do gás de $\Delta V = \Delta x A$, pois o volume do cilindro é base vezes a altura. E agora um último detalhe (e muito importante). Como na expressão da primeira lei convencionamos que o trabalho realizado **sobre** o sistema é positivo, então quando o sistema aumenta o volume ele faz um trabalho sobre o ambiente, de modo que o sinal na fórmula é negativo:

$$\Delta W = -P\Delta V$$

Agora que já sabemos calcular o trabalho realizado pelo sistema em um deslocamento muito pequeno, vamos discutir alguns processos possíveis:

Um processo **isobárico** se dá com a pressão mantida constante. Ou seja, neste processo (idealizado) o pistão se desloca para a direita (na figura 3), o volume do gás aumenta (o volume interior dentro do cilindro) e a pressão do gás continua constante. Vamos supor que o volume aumentou de V_A para V_B. Como a primeira lei vale durante o processo, a relação $\Delta U = W + Q$ significa que o trabalho é necessariamente negativo (pois o pistão está realizando trabalho no ambiente). Por exemplo, se o gás mantiver a mesma temperatura (e portanto a mesma energia interna), então a energia interna não muda durante o processo e o cilindro tem que absorver calor (uma quantidade positiva na expressão da primeira lei) para contrabalançar o trabalho negativo.

Observe que o trabalho total é fácil de calcular, pois a pressão é constante. Assim, é só somar os volumes infinitesimais até obtermos a variação total de volume de A até B:

$$W = -P(V_B - V_A)$$

que é negativo, como já antecipamos. Na figura 4 mostramos um diagrama onde a pressão do sistema está no eixo vertical e o volume no eixo horizontal. O sistema sai da posição A e vai até a posição B. Ele varia o volume de V_A para V_B mantendo sempre a mesma pressão, que é igual $P_A = P_B$. O trabalho realizado pelo sistema é o negativo da área debaixo da curva entre A e B.

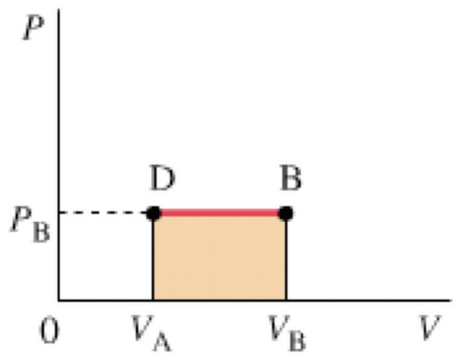


Figura 4: Diagrama PV para um processo isobárico. O sistema se movimenta do ponto A para o ponto B variando apenas o volume. A pressão continua a mesma durante o processo e é igual em A e B.

Agora vamos passar a um processo (também idealizado) executado com o gás sempre à mesma temperatura, denominado processo **isotérmico**. Para isso, vamos supor que o cilindro esteja encostado em um corpo de grande massa e com uma certa temperatura T. Esse corpo é chamado **reservatório térmico**. Ele não muda a temperatura mesmo que o calor seja absorvido dele (ou depositado nele) pelo cilindro. Como o gás obedece à lei dos gases perfeitos $PV = nRT$ e a temperatura será mantida constante, o gás obedece à relação PV = constante. Assim, o gráfico de P contra V será o de uma hipérbole, como mostrada na figura 5.

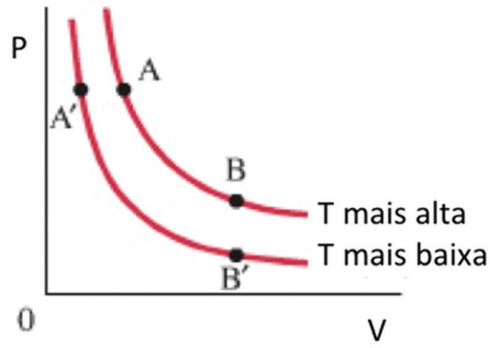


Figura 5: Diagrama PV de dois processos isotérmicos. Em cada uma das curvas, a temperatura é constante. O sistema sai de A e vai para B numa temperatura mais alta do que a temperatura que o sistema sai de A′ para B′.

Como a temperatura se mantém constante enquanto o sistema evolui de A para B, a energia interna também não se modifica, e a primeira lei tem a forma:

$\Delta U = 0 = W + Q$ e portanto $-W = Q$. Essa equação quer dizer que a quantidade de trabalho realizada pelo sistema no ambiente (que sabemos que é negativo, mas como tem um sinal de menos na expressão anterior ele se torna positivo) é igual ao calor absorvido pelo sistema (que é positivo). Observe que neste caso o trabalho (que é a área debaixo da curva entre A e B) não é tão simples de calcular, pois em cada momento a pressão varia (diferentemente do caso anterior).

Outro processo importante é o **adiabático**, ou seja, sem troca de calor entre o sistema (o gás) e o ambiente. Para isso, podemos supor que o cilindro esteja envolvido por isopor ou algo semelhante. Assim, na expressão da primeira lei, Q=0, e portanto $\Delta U = W$, ou seja, o trabalho realizado pelo sistema quando o êmbolo desliza para a direita (que é negativo) é igual à variação da energia interna do gás e, portanto, a energia interna diminui. Isso significa que o gás dentro do cilindro esfriou.

Na figura 6 vemos a representação de um processo adiabático comparado com um isotérmico. Como a área embaixo da curva representa o trabalho realizado pelo sistema no processo (área com o sinal negativo), vemos que o trabalho na expansão isotérmica é maior (em módulo) do que o trabalho na expansão adiabática.

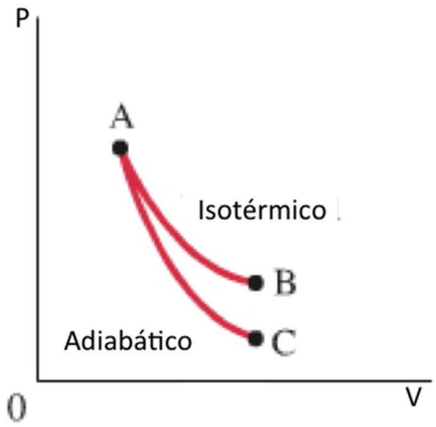


Figura 6: O sistema evolui do estado A para o estado B por uma transformação isotérmica ou do estado A para o estado C por uma transformação adiabática. Como a área embaixo da curva representa o trabalho realizado pelo sistema no processo (área com o sinal negativo), vemos que o trabalho realizado no processo isotérmico é maior do que o trabalho realizado no processo adiabático.

Outro processo possível é o **isovolumétrico** no qual o volume do gás não se altera (e portanto o trabalho é nulo). Daí, pela primeira lei, o calor recebido vai integralmente para aumentar a energia interna (e portanto a temperatura) do gás. O diagrama PV para esse processo seria uma reta vertical (mesmo volume sempre, mas a pressão aumentando, pois o gás estaria sendo aquecido).

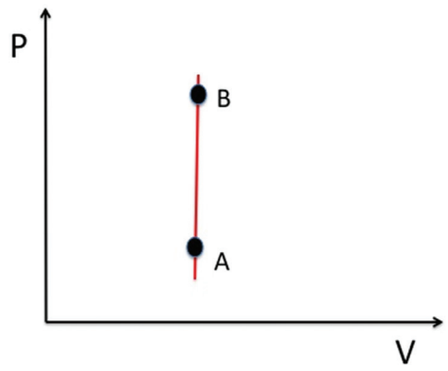
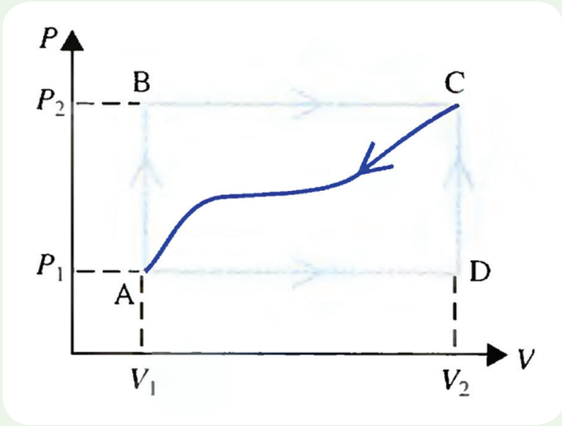


Figura 7: Processo isovolumétrico (volume constante). O sistema mantém o volume inicial e varia a pressão.

Atividade 5

O gás no cilindro do item anterior, inicialmente com volume V_1 e pressão P_1, expande-se para o volume V_2 e pressão P_2 de duas formas, indicadas pelos caminhos A➔B➔C (processo 1) e A➔D➔C (processo 2). Veja a figura a seguir.



O calor absorvido pelo gás durante o processo 1 é 9,5 kJ e o trabalho realizado pelo sistema em expansão é de 4,4 kJ.

a. Se o trabalho realizado pelo sistema no processo 2 é de 1,3 kJ, quanto de calor o sistema recebe (ou perde) em cada caso?

b. O sistema é comprimido de volta à sua pressão e a volumes originais no processo C➔A no qual o trabalho realizado no sistema é de 2,5 kJ. Quanto de calor é absorvido ou emitido?

Lembre-se: faça em uma folha a parte

Resumo

Iniciamos a aula com o conceito de calor, definido como energia absorvida ou emitida por diferença de temperatura. Depois, enunciamos a primeira lei da termodinâmica: a variação da energia interna de um sistema é igual ao calor trocado (positivo se absorvido) mais o trabalho realizado pelo sistema (positivo se realizado sobre o sistema). O calor específico de uma substância informa quanto de calor por unidade de massa ela deve absorver para que sua temperatura varie de um grau. O sistema pode mudar de estado emitindo ou absorvendo calor. E, finalmente, vimos que o sistema pode evoluir por meio de processos adiabáticos, isovolumétricos, isotérmicos ou isobáricos.

Veja ainda...

A termodinâmica e a Revolução Industrial

O desenvolvimento da termodinâmica se deu de modo bem acoplado com o desenvolvimento da tecnologia moderna de motores, ou seja, máquinas que realizam trabalho. Na realidade, a busca por dominar o fogo, principal fonte de energia térmica, se funde com o próprio desenvolvimento da humanidade. O fogo fascinou e ao mesmo tempo amedrontou os humanos por muito tempo, mas já no tempo da grande era glacial já se dominava o fogo como uma fonte de calor útil.

Até o final do século dezoito, o fogo foi utilizado principalmente para aquecimento, cozimento, para derreter metais e como uma fonte de luz.

A nova sociedade industrial no início do século dezoito necessitava cada vez mais de carvão. A água que se infiltrava nas minas tinha que ser extraída e era necessária outra fonte de energia que não a força dos braços. Denis Papin (1647) foi o primeiro a perceber a "potência motriz do vapor": um tubo de metal contendo água era levado ao fogo e o vapor dentro dele levantava um pistão que deslizava no tubo. Depois o tubo era resfriado, o vapor condensava e o vácuo que se formava dentro do tubo puxava o pistão para dentro do tubo de novo e assim um peso de cerca de 30 quilos poderia ser levantado. As primeiras bombas de vácuo foram criadas por Thomas Savery (1698) e por Newcomen (1705). Posteriormente, James Watt (1736) produziu uma bomba mais eficiente e ficou rico cobrando dos mineradores uma fração do carvão adicional extraído graças às novas bombas.

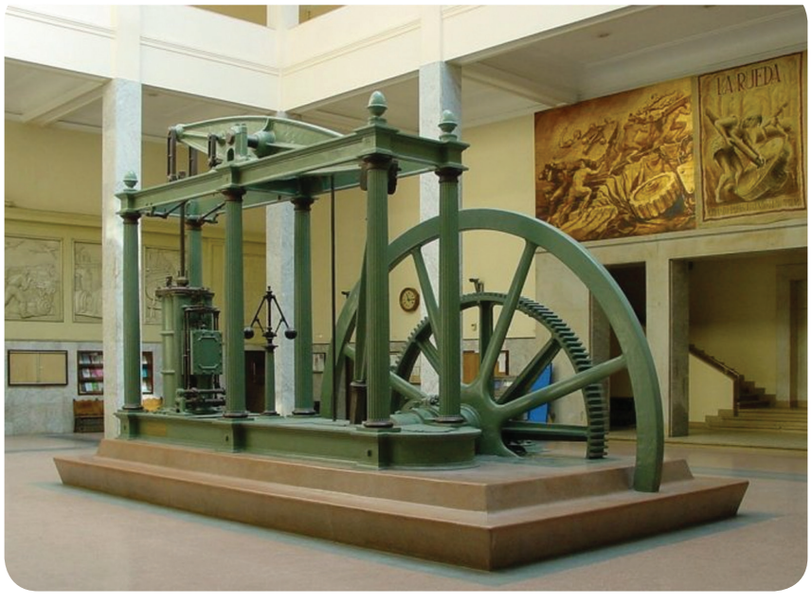


Figura 8: Máquina a vapor cirada por James Watt.

Em 1807, Fulton transformou a bomba na primeira máquina a vapor. As máquinas mudaram a natureza da sociedade humana, transformando-as em sociedades industriais. Do ponto da vista da física, é interessante perceber que a teoria da termodinâmica se consolidou muito depois que suas aplicações já eram um sucesso.

Figura 9: James Watt.

Referência

- HEWITT, Paul G. **Física conceitual.** Porto Alegre: Bookman, 2000.
- CASSIDY, David; HOLTON, Gerald; RUTHERFORD, James. **Understanding physics**. Springer, 2002.
- GIANCOLI, D. C. Physics: **Principles with applications**. 6ª **ed.**, Prentice Hall, 2005.
- MULLER, I. A history of thermodynamics: **the doctrine of energy and entropy**. Springer, 2007.
- ATKINS, P. The laws of thermodynamics: **a very short introduction**, Oxford University Press, 2010.

Imagens

• http://www.sxc.hu/photo/1268244

• http://www.sxc.hu/photo/1344508

• http://www.sxc.hu/photo/946782

• http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:SS-joule.jpg

• http://www.sxc.hu/photo/732685

• http://www.sxc.hu/photo/477592

• http://www.sxc.hu/photo/1145165

• http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Maquina_vapor_Watt_ETSIIM.jpg

• http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Hw-watt.jpg

Respostas das Atividades

Atividade 1

$\Delta U = -200 + 150 = -50J$. Para o sistema realizar trabalho, implica que o trabalho é negativo (pois o sistema está perdendo energia) e ao mesmo tempo o calor transferido para o sistema (calor absorvido é positivo) tende a aumentar a energia interna.

Atividade 2

A quantidade de energia em joules é:

$E = 2000 \times 4186 = 8.37 \times 10^6\ J$

Lembre que ao levantar uma massa m à altura h o trabalho realizado é

$W = mgh = 100 \times 9.8 \times 1 = 980J$

e para "gastar" essa refeição devemos realizar um trabalho total que é levantar n vezes a massa. O trabalho total deve ser igual à energia ingerida na forma de alimento:

$E = W_{tot} = nW$ e portanto, $n = \frac{E}{W} = \frac{8.37x10^6}{980} = 8540$ vezes!

ou seja, não é fácil gastar 2000 calorias!

Atividade 3

Pelo enunciado do problema, todo o calor perdido pelo café aquecerá a xícara e ambos atingirão a mesma temperatura. A temperatura final do café será menor do que a temperatura inicial, mas com a xícara acontecerá exatamente o contrário: sua temperatura final será maior do que a inicial. Assim, as trocas de calor serão dadas por:

$$Q_c = Q_x$$

$$m_c(95 - T)C_c = m_x(T - 20)C_x$$

isolando T:

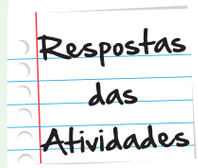
$$m_xTc_x + m_xTc_x = m_x20c_x + m_x95c_x$$

$$T = \frac{m_x20c_x + m_c95c_c}{m_xc_x + m_cc_c}$$

Como a densidade da água (e do café) é de um quilograma por litro, 100 cm^3 correspondem a 100 g = 0.1 kg. Assim:

$$T = \frac{0.15x20x850 + 0.2x95x4186}{0.15x850 + 0.2x4186}$$

ou seja, T = 85.1 °C.



Atividade 4

Quando se transforma em gás, ele absorve energia. Quando se transforma em líquido, libera energia.

Atividade 5

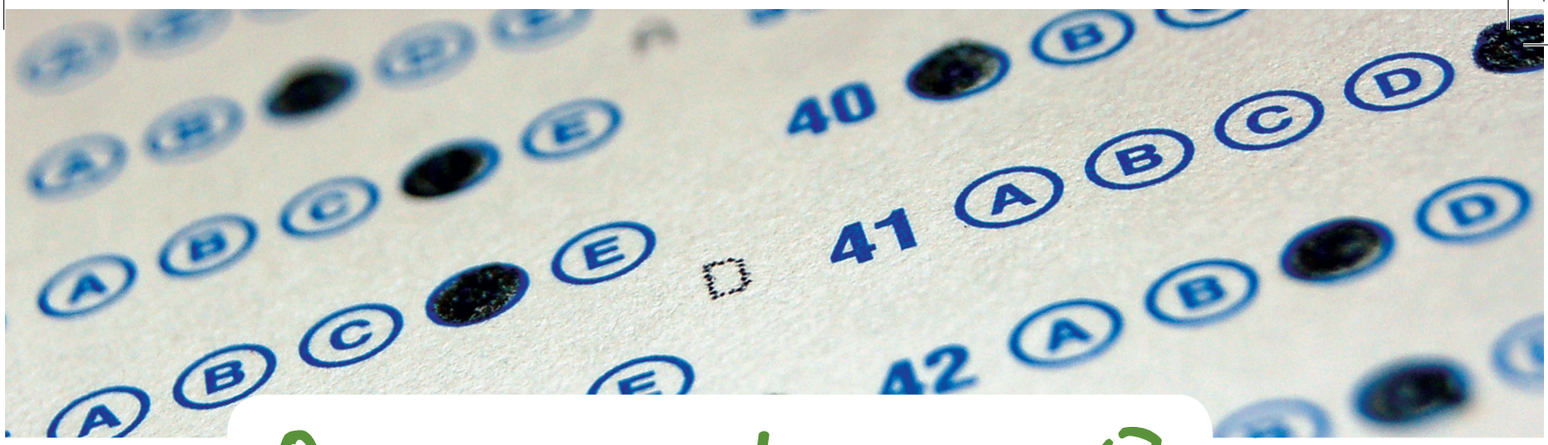
a. A) Da primeira lei, podemos encontrar o valor de no processo 2, pois temos o valor do trabalho e do calor. Assim,

A➔B➔C $\Delta U = -4{,}4+9{,}5 = 5{,}1J$

Porém, tanto o caminho A ➔B➔C quanto o caminho A ➔D➔C têm a mesma variação de energia interna, pois P e V (e portanto T) são os mesmos no início e no fim para os dois caminhos, e U só depende da temperatura. Assim,

A➔D➔C Q = 5.1 + 1.3 = 6.4*J*

b. C➔A Como o sistema vai de C para A, a variação de energia interna é a mesma do item anterior, só que com o sinal oposto. Assim, $\Delta U = -5.1J$ e da segunda lei: Q = -5.1 -2.5 = -7.6 kJ.



O que perguntam por aí?

Atividade 1 (Enem 2010)

Em nosso cotidiano, utilizamos as palavras "calor" e "temperatura" de forma diferente de como elas são usadas no meio científico. Na linguagem corrente, calor é identificado como "algo quente" e temperatura mede a "quantidade de calor de um corpo". Esses significados, no entanto, não conseguem explicar diversas situações que podem ser verificadas na prática.

Do ponto de vista científico, que situação prática mostra a limitação dos conceitos corriqueiros de calor e temperatura?

A) A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo.
B) Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água.
C) A chama de um fogão pode ser usada para aumentar a temperatura da água em uma panela.
D) A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.
E) Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele.

Gabarito: Letra A.

Comentário: Calor e temperatura se referem a conceitos bem distintos em termodinâmica e normalmente diferem do significado usual do dia a dia. Por exemplo, na frase "O calor de um dia de verão" faz um mau uso da palavra "calor", pois na realidade deveria ser "A temperatura de um dia de verão". Se na questão "temperatura" for pensada (incorretamente) como "a quantidade de calor de um corpo", então não deveria ficar constante, pois supostamente a água está absorvendo calor enquanto ferve.

Entropia e a segunda lei da termodinâmica

Para início de conversa...

Alguns acontecimentos na natureza ocorrem apenas em uma única direção. No início do jogo de bilhar, por exemplo, a bola branca bate nas outras e elas se espalham na mesa. Não se observa um ajuntamento como o original no decorrer do jogo. Tal observação pode parecer óbvia, no entanto incorpora um dos conceitos mais profundos e importantes da Física, o de entropia.

Figura 1: Quando jogamos bilhar, tiramos as bolas de uma posição inicial que não pode ser reconstituída naturalmente, durante o jogo, ou seja, as bolas não voltam a sua posição inicial sozinhas, mas sim quando arrumadas pelo jogador.

Há uma profunda assimetria em alguns processos da natureza: energia térmica na forma de calor só se propaga do corpo mais quente para o mais frio, uma bola, quicando no solo rapidamente, chega ao repouso, mas nunca se viu uma bola de repente começar a quicar do nada. Embora nos processos inversos a energia também se conserve, eles nunca acontecem. Por quê? Essa é a questão central desta aula.

Objetivos de Aprendizagem

- Enunciar a segunda lei da termodinâmica;
- Conceituar entropia;
- Aplicar a segunda lei da termodinâmica a experimentos simples;
- Compreender o funcionamento de máquinas térmicas, como geladeira e ar condicionado.

Seção 1
A conservação de energia não explica tudo

Na aula passada, estudamos a primeira lei da termodinâmica, que é basicamente uma reafirmação do conceito de conservação de energia mecânica na presença de fenômenos térmicos.

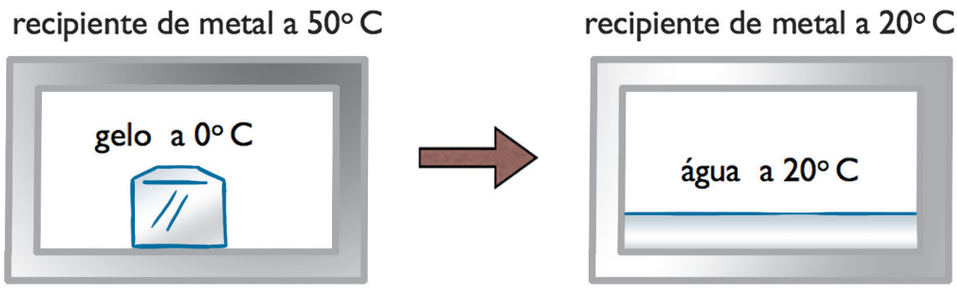
Vimos também que a energia interna de um corpo, de um cilindro, contendo gás, por exemplo, pode aumentar quando se realiza um trabalho sobre o corpo (comprimindo-se o gás) ou por meio da troca de calor. Lembremos que o calor foi definido como o mecanismo pelo qual energia é transferida de um corpo a outro por causa de uma diferença de temperatura entre eles. Também muitas vezes chamamos calor à quantidade de energia transferida por esse mecanismo.

Voltando à primeira lei, vemos que para um dado processo acontecer não é suficiente que a energia seja conservada. Por exemplo, quando um corpo é colocado em contato com outro corpo que possui temperatura mais elevada, o calor flui do corpo mais quente para o mais frio. Dizemos que esse é um processo irreversível, ou seja, ocorre naturalmente apenas em uma direção. Nunca se observou o calor fluindo do corpo mais frio para o mais quente, embora a energia total pudesse ser conservada num processo desse tipo.

Apesar dessa direção privilegiada para os processos que ocorrem usualmente na natureza, podemos pensar numa classe de processos idealizados que seriam reversíveis. Um sistema que realiza um processo reversível está sempre perto do equilíbrio termodinâmico com o ambiente. Qualquer mudança sempre acontece a partir de mudanças infinitesimais nas condições do sistema. Um exemplo que utilizaremos no futuro é a reversão do fluxo de calor entre dois corpos cujas temperaturas sejam muito próximas ajustando de modo infinitesimal uma temperatura ou outra (veja figura 2). De forma geral, um processo cíclico reversível é um processo que se repete (cíclico) no qual não há atrito mecânico interno, as forças mecânicas opostas diferem de forma infinitesimal em magnitude e qualquer troca de calor ocorre com diferença de temperatura desprezível entre o sistema e o ambiente.

Infinitesimal

é uma expressão utilizada para se referir a alguma coisa muito pequena, porém maior do que zero.



O calor flui sempre do recipiente para o gelo e depois para água, até que atinjam o equilíbrio térmico.

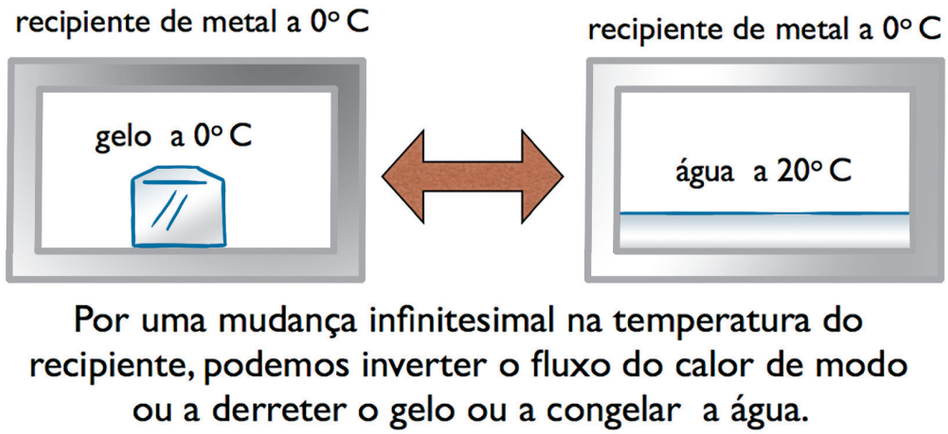


Figura 2: Exemplo de processo irreversível (acima) e processo reversível (abaixo). Estamos supondo que os recipientes de metal estão isolados termicamente (por exemplo, estão contidos em caixas de isopor) de modo que as trocas de calor sejam só entre o recipiente e o gelo e/ou água.

Do ponto de vista das aplicações práticas, veremos que não é possível fabricarmos um motor que seja 100% eficiente (nem perto disso), mesmo que tenhamos a melhor tecnologia do universo.

Do ponto de vista das propriedades fundamentais da Natureza, temos que explicar porque as leis básicas da física (por exemplo, a Mecânica Clássica) são reversíveis (ou seja, na mecânica, se eu filmar um choque de duas bolas de bilhar e passar depois o filme de trás para frente, o processo ao contrário parece - e é - um processo permitido e usual da mecânica). De modo mais geral, os processos microscópicos fundamentais de toda a física são reversíveis. No entanto sabemos que muitos processos só acontecem numa única direção como a troca de calor exemplificada acima, o envelhecimento dos seres vivos e até o próprio passar do tempo, ou seja, a distinção entre passado e futuro. A resposta a todas as questões acima é dada pela Segunda Lei da Termodinâmica.

Existem algumas formulações sobre a segunda lei (e todas são equivalentes). Uma delas foi enunciada por Rudolf Clausius (1822-1888) da seguinte forma: Calor pode fluir espontaneamente de um corpo quente para um corpo frio, mas o calor não flui espontaneamente de um corpo frio a um corpo quente.

Já a formulação de William Thompson (1824-1907), mais conhecido como Lorde Kelvin, é a seguinte:

Não é possível um processo cíclico no qual calor é retirado de uma fonte quente e convertido inteiramente em trabalho.

Veremos as implicações da segunda lei a seguir.

Voltando atrás

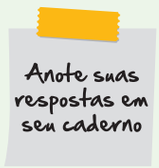
Dentre os quatro processos a seguir quais deles podem ser considerados como reversíveis?

a. Choque elástico de duas bolas de bilhar;

b. Choque inelástico de duas bolinhas feitas de massa de modelar;

c. Expansão adiabática de um gás num cilindro com êmbolo no qual a pressão externa é sempre mantida muito próxima da pressão interna.

d. Expansão livre de um gás.



O filme do Woody Allen "Tudo pode dar certo" apresenta um cientista que se apaixona por uma moça mais jovem. No filme, alguns conceitos científicos são utilizados de forma qualitativa e muitas vezes divertida. Por exemplo, quando um personagem explica o que é entropia: "Entropia é como uma pasta de dente, depois de expelida a pasta nunca mais voltará para sua embalagem." Veja o filme!

Seção 2
Máquinas térmicas e eficiência

Uma máquina térmica converte energia interna em energia mecânica. Um carro é um exemplo comum de máquina térmica.

A ideia básica por trás de uma máquina térmica é a obtenção de energia mecânica, quando o calor flui de uma temperatura mais alta para uma temperatura mais baixa, como esquematizado na Figura 3.

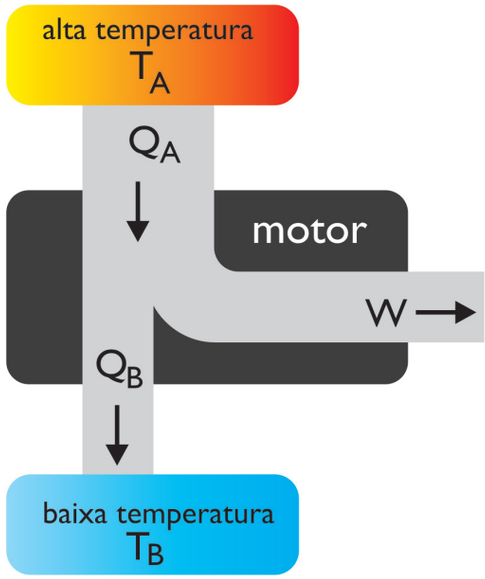


Figura 3: Diagrama de um motor. Calor QA é extraído do reservatório térmico à temperatura alta. Uma fração dele é convertida em trabalho W e o resto é depositado no reservatório térmico a baixa temperatura.

Os motores reais (de uma locomotiva a vapor ou de um carro, por exemplo) operam de forma cíclica, ou seja, estão sempre retornando ao seu estado termodinâmico inicial e executando o ciclo de novo. Portanto, voltam-se ao seu estado termodinâmico inicial, podemos afirmar que a energia interna durante o ciclo não varia e; portanto, num ciclo (da primeira lei, veja unidade anterior):

$$\Delta U = \Delta Q + W = 0$$

ou seja

$$Q_A = \mathrm{W} + \mathrm{Q}_B$$

onde estamos utilizando uma convenção de sinais onde Q_A, Q_B e W são sempre positivos.

Num sistema real, por exemplo numa máquina a vapor, a chama e os gases quentes na caldeira são o reservatório a alta temperatura e a água fria e o ar utilizado para condensar e esfriar o vapor compõem o reservatório frio.

Idealmente, gostaríamos da máquina mais eficiente possível, ou seja, que todo o calor extraído do reservatório quente fosse transformado em trabalho e nenhum calor fosse desperdiçado no reservatório frio.

Define-se a eficiência de uma máquina térmica como sendo a razão entre o trabalho realizado e a quantidade de calor fornecido, da seguinte forma:

$$e = \frac{W}{Q_A}$$

Se a máquina fosse perfeita, ou seja, 100% eficiente, teríamos que e = 1 (todo o calor fornecido seria utilizado para se realizar o trabalho). No entanto, tal eficiência não é possível, nem mesmo com a melhor das tecnologias.

Pela conservação da energia explicitada pela fórmula anterior, temos que $W = Q_A - Q_B$ e, sendo assim:

$$e = \frac{W}{Q_A} = \frac{Q_A - Q_B}{Q_A} = \frac{Q_A}{Q_A} - \frac{Q_B}{Q_A} = 1 - \frac{Q_B}{Q_A}$$

Portanto:

$$e = 1 - \frac{Q_B}{Q_A}$$

demonstrado pelo engenheiro Sadi Carnot (1796-1832).

Aqui nos interessa especialmente uma máquina reversível. Esta máquina não tem atrito, ou seja, ela não desperdiça energia nem se aquece, quando está operando. Claro que esta máquina é ideal, uma abstração. Mas ela é útil para estabelecer o mais alto rendimento possível de uma máquina. Ela é denominada máquina de Carnot.

Clausius também mostrou que para uma máquina reversível pode-se escrever a equação anterior como

$$e = 1 - \frac{T_B}{T_A}$$

onde a temperatura é a chamada temperatura absoluta e medida em graus Kelvin.

A eficiência acima é a melhor eficiência possível de uma máquina térmica, seu limite teórico.

Outra propriedade da máquina térmica reversível é que ela pode ser operada ao contrário. Um motor operando ao contrário é denominado um refrigerador. Se uma quantidade de trabalho W for realizada na máquina, então Q_B pode ser extraído do reservatório à temperatura mais baixa e depositado no reservatório à temperatura mais alta, de modo que a relação

$$Q_A = W + Q_B$$

continua valendo. Para um refrigerador, a Figura 3 continua valendo, apenas agora todas as flechas (que simbolizam os fluxos de calor e trabalho) são invertidas. Mais à frente, vamos descrever com detalhes o funcionamento de um refrigerador real, um aparelho de ar condicionado.

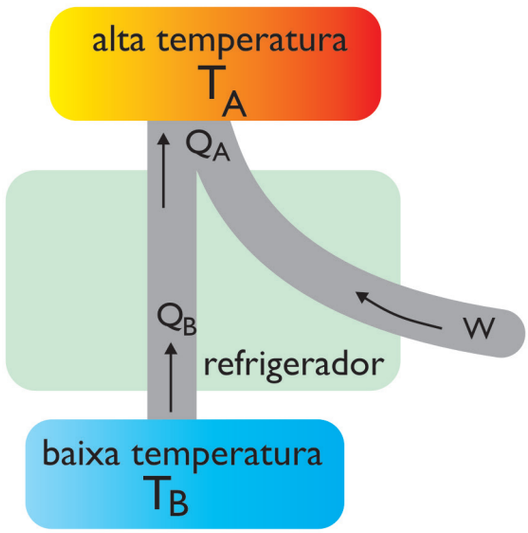
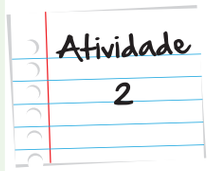
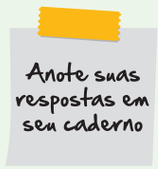


Figura 4: Diagrama de um refrigerador. Calor Q_B é extraído do reservatório térmico à temperatura baixa. Ele e o trabalho W são depositado no reservatório térmico a alta temperatura.

Eficiência de um automóvel



Suponha que o motor de um automóvel tenha eficiência de 20% e que produza em média 15000J de trabalho mecânico por segundo, quando está em operação. Calcule quanto calor tem de ser fornecido ao motor por segundo e quanto calor é desperdiçado. Observe que aqui a "fonte quente" é o combustível do motor, queimando nas válvulas, e a fonte fria é o ar externo ao motor.



Seção 3
Entropia e a segunda lei

Vamos agora discutir o conceito de entropia. De forma bem qualitativa, vamos identificar entropia como desordem. Se compararmos a matéria e a energia num gás com a matéria e a energia num cristal, vemos que a entropia é alta num gás e baixa num cristal: o gás é mais desordenado.

A entropia vai quantificar a "qualidade" da energia disponível. Energia sob uma forma ordenada e energia térmica não são iguais. Pode-se facilmente converter energia ordenada em energia térmica, mas o contrário é bem mais complicado. Por exemplo, se queimarmos um tronco de madeira, convertemos a energia química de ligação das moléculas em energia térmica das moléculas, mas é claro que recriar o tronco a partir da energia térmica das moléculas é impossível, embora esteja de acordo com a lei de conservação da energia.

Dessas observações pode-se afirmar que a entropia de um sistema isolado jamais decresce. Usualmente, a entropia é representada pela letra S.

A definição matemática de entropia é a seguinte:

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

ou seja, a variação da entropia num certo processo é dada pela quantidade de calor fornecida de modo irreversível divido pela temperatura (em graus K).

Se imaginarmos uma biblioteca bem silenciosa, ela pode representar um sistema de baixa temperatura com pouco movimento térmico desordenado. Em oposição, uma rua cheia de carros barulhentos vai representar um sistema de alta temperatura, com muito movimento térmico desordenado. Se pensarmos num espirro como sendo uma transferência de energia na forma de calor, vemos que a ação do espirro na biblioteca é muito maior no sentido de aumentar a desordem do que a ação do espirro na rua barulhenta. Observe que essa conclusão está de acordo com a fórmula acima: a mesma quantidade de calor trocada produz mais entropia onde a temperatura é menor.

Agora vamos pensar num outro exemplo. Suponha que você queira resfriar sua casa (que está na temperatura T_A), usando um lago cuja água está fria na temperatura T_B). Bombeando a água do lago para um recipiente na sua casa – por exemplo, a banheira - ela seria aquecida e retornada ao lago. Assim você estaria transferindo calor para o lago. E como fica o balanço de entropia? A entropia da sua casa diminui, pois o calor está saindo dela a uma temperatura mais alta (na fórmula anterior, o calor é negativo quando sai e portanto a variação de entropia também). Mas a variação de entropia do lago é positiva, pois o mesmo calor que saiu da casa é transferido para o lago que está a uma temperatura menor e, portanto, a sua variação de entropia será maior (mesmo numerador e denominador menor):

$$\Delta S_{casa} = \frac{-\Delta Q}{T_A} \quad \text{e} \quad \Delta S_{lago} = \frac{\Delta Q}{T_B}.$$

Aqui ilustramos um aspecto importante da entropia: ela pode diminuir num determinado sistema (aqui, a casa), mas tem de aumentar no universo como um todo (aqui, casa e lago).

$$\Delta S_{universo} = \Delta S_{casa} + \Delta S_{lago} \geq 0$$

Observe que calor é trocado (quanto de calor a casa perde o lago ganha) e estamos supondo que nenhum calor é trocado com o ar (estamos simplificando bastante o problema). Como o calor é o mesmo e as temperaturas são diferentes, a entropia sempre cresce, pois o calor sempre flui de um lugar (ou um corpo) com temperatura maior para outro de temperatura menor. Sendo o calor o mesmo, a entropia sempre cresce!

Assim, uma outra forma de enunciar a segunda lei da termodinâmica é a seguinte:

Nenhum processo é possível no qual a entropia do universo decresça quando todos os sistemas que participam do processo são levados em conta.

Cálculo da entropia

Atividade 3

Calcule a variação de entropia num processo simples. Suponha que um quilograma de gelo a 0o C seja derretido e convertido em água a 0o C também. Calcule a variação em entropia, supondo que o processo seja reversível. O calor de fusão da água é Lf = 3.34 x 10^5 J/kg.

Anote suas respostas em seu caderno

Seção 4

Um exemplo de máquina térmica: o aparelho de ar condicionado

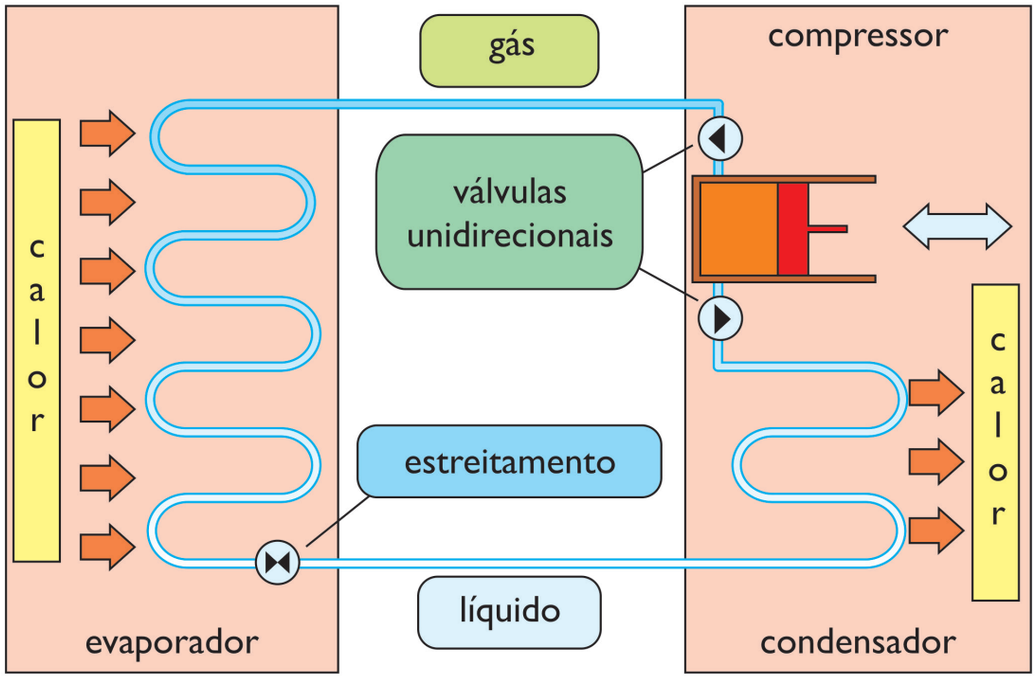


Figura 5: Esquema de um aparelho de ar condicionado. Ele é projetado para transferir calor de uma região mais fria para outra mais quente.

Vamos discutir em detalhe o funcionamento de uma máquina térmica, um aparelho de ar condicionado. Esse aparelho transfere calor de um corpo frio (seu quarto) para um corpo quente (o exterior da casa). Se lembrarmos o exemplo do lago, aqui parece que ocorre algo estranho. O calor sai de um corpo a temperatura mais baixa (ou seja, grande entropia) e é transferido para um corpo a temperatura mais alta (baixa entropia). Lembre que a temperatura está no denominador e o calor é o mesmo nos dois ambientes. Neste caso, parece que a entropia do universo diminuiu! Mas isso não possível. Na realidade, temos de contar o aumento de entropia devido ao consumo de energia pelo ar condicionado (na Figura 4, o trabalho que é realizado no refrigerador pelo compressor, como veremos em seguida).

Conforme a Figura 5, o aparelho de ar condicionado possui três componentes fundamentais: o evaporador, o condensador e o compressor. O condensador fica na parte de fora do quarto (ou ambiente que se deseja esfriar), assim como o compressor, já o evaporador fica no interior do recinto que será resfriado.

Na serpentina, mostrada na figura, corre um fluido (denominado fluido de trabalho) que se liquefaz no condensador e se evapora no evaporador e nesse processo absorve calor no interior do quarto (no evaporador) e o transfere para fora (no condensador). Como discutido anteriormente, a transferência de calor de um corpo mais frio (o quarto) para um mais quente (o exterior do quarto) só é possível porque o compressor fornece a energia necessária para que o balanço de entropia seja o correto.

O evaporador é basicamente um longo cano de metal (bom condutor de calor e parecido com uma serpentina) por onde circula o fluido de trabalho. Sempre que esse fluido estiver mais frio que o ambiente (dentro do quarto) ele vai absorver calor (conforme a Figura 5).

Durante o processo de funcionamento do ar condicionado, o fluido sai do condensador como um líquido a alta pressão e temperatura próxima à temperatura do exterior do quarto. Ao passar por um estreitamento do cano que impede o fluxo do fluido, sua pressão cai muito (depois do estreitamento). Essa queda brusca de pressão, ocasionada pela passagem no estreitamento, faz com que o líquido se evapore ao entrar no evaporador.

Ao evaporar dentro do cano o fluido fica bem mais frio, pois para que as moléculas do líquido se separem ele necessita absorver energia térmica. Esse gás frio esfria o evaporador e o calor do interior do quarto é absorvido por ele. O fluido de trabalho sai do evaporador na forma de um gás a baixa pressão e se encaminha pelo cano para o compressor (na Figura 5, a parte de cima da serpentina).

O compressor então recebe esse fluido como um gás a baixa pressão e o comprime de modo que sua densidade fique muito maior. A compressão requer que haja trabalho e é nesse momento que o ar condicionado aumenta a sua conta de eletricidade. No processo de compressão o gás aumenta muito a sua temperatura. Ele a seguir vai para o condensador, que nada mais é do que um longo cano de metal na forma de serpentina (algo como o que se vê atrás da geladeira). Aqui o calor do fluido de trabalho é transferido para o meio ambiente, fora do quarto. O condensador está na temperatura ambiente e o fluido de trabalho se condensa de novo e volta a ser líquido. Quando o fluido de trabalho sai do condensador ele está na forma de um líquido frio a alta pressão.

Ar condicionado e o enunciado da segunda lei

Atividade 4

Um aparelho de ar condicionado viola a segunda lei como enunciada por Clausius?

Anote suas respostas em seu caderno

A seta do tempo

Saiba Mais

Um aspecto muito interessante da segunda lei da termodinâmica é que ela especifica em que direção o tempo flui. Imagine que você esteja assistindo a um filme no qual todos os pedaços de um vaso que caiu no chão se juntam para formar o vaso de novo. Imediatamente, você percebe que o filme está rodando ao contrário. Este seria um processo típico no qual a segunda lei seria violada, ou seja, a entropia do universo diminuiria. Muitos outros processos semelhantes poderiam ser mencionados. Eles são impossíveis (ou melhor, dizendo incrivelmente improváveis) no universo. É por isso que se diz que a segunda lei da termodinâmica fornece a "seta do tempo". Todos os processos que acontecem fazem com que a entropia do universo aumente.

Resumo

Vimos as várias formulações da segunda lei. Definimos o conceito de entropia, que de forma bem qualitativa pode ser relacionado ao grau de desordem de um sistema. A entropia sempre cresce (ou na melhor das hipóteses fica constante) no universo. Um exemplo de máquina térmica estudado foi o um aparelho de ar condicionado que transfere calor de um ambiente frio para um ambiente quente.

Veja Ainda

O choro da energia abandonada

A primeira lei da termodinâmica expressa algo que aprendemos ainda no Ensino Fundamental: energia conserva-se. Eis um pequeno enunciado com grandes implicações sociais, econômicas e... biológicas.

A revolução industrial precisava converter calor (energia) em trabalho das máquinas para mover pistões, fábricas e trens. O engenheiro e físico francês Sadi Carnot (1796-1832) mostrou a ineficiência intrínseca dessa conversão: um motor transforma calor em trabalho, mas uma fração da energia é sempre perdida nessa transformação. Ou seja, é impossível construir uma máquina 100% eficiente.

Figura 6: Sadi Carnot

Essa impossibilidade é consequência da segunda lei da termodinâmica – cujas implicações são ainda mais impactantes que as da primeira: corpos quentes esfriam-se, mas corpos frios não se esquentam espontaneamente; uma gota de tinta que cai na água se espalha e jamais se reagrupa. Essa assimetria da natureza tem implicação funesta para os seres vivos: o tempo corre sempre para frente.

Funesto
lamentável, infeliz, cruel, aterrador.

A segunda lei pode ser enunciada em termos de entropia, fenômeno que pode ser entendido como o grau de desorganização de um sistema: os estados de entropia alta de um sistema (perda de calor e tinta espalhada, em nossos exemplos) são mais prováveis que os de entropia baixa (corpo se aquecendo e tinta reagrupada).

Lição da segunda lei: a entropia sempre cresce no universo.

Mas, em partes do universo (ou de outro sistema qualquer), a entropia pode diminuir. Vejamos: o Sol é uma fonte quente em um fundo frio e isso torna possível o uso de sua energia. A luz solar, em temperatura alta (entropia mais baixa), é absorvida pelas plantas, que fazem fotossíntese e baixam sua entropia. A energia é, depois, irradiada de volta ao espaço, em temperatura mais baixa (maior entropia).

Assim, a Terra basicamente não absorve energia do Sol, mas sim a usa para baixar sua entropia: comemos as plantas – ou animais que as comem – e respiramos o oxigênio que elas produzem e, com isso, baixamos nossa entropia. Em outras palavras, mantemo-nos organizados.

A segunda lei, desde o meio do Século XIX, perturba cientistas, filósofos e inspira visões pessimistas sobre o futuro: o universo, em média, se dissipa, se desorganiza, inexoravelmente. "O fim do mundo para completar uma evolução inevitável: esse é o Crepúsculo dos Deuses. A doutrina da entropia é a versão última não religiosa do mito", escreveu o historiador e filósofo alemão Oswald Spengler (1880-1936), em O declínio do Ocidente, no qual devota um capítulo à entropia.

Hoje, a segunda lei é um dos pilares da física e um conceito fundamental para químicos, engenheiros e bioquímicos, entre outros.

O poeta brasileiro Augusto dos Anjos (1884-1914), em trecho de "O lamento das coisas", traz sua versão da segunda lei: "Ouço, em sons subterrâneos, do Orbe oriundos / O choro da Energia abandonada! / É a dor da Força desaproveitada / – O cantochão dos dínamos profundos, / Que, podendo mover milhões de mundos, / Jazem ainda na estática do Nada!"

Adaptado de texto do autor publicado originalmente na revista Ciência Hoje, 294, Julho de 2012.

Referências

- Hewitt, Paul G. Física Conceitual. Bookman, Porto Alegra, 2000.
- Cassidy, David; Holton, Gerald; Rutherford, James. Understanding Physics. Springer, 2002.
- Giancoli, D. C. Physics, Principles with Applications. 6a. Edição, Prentice Hall, 2005.
- Atkins, P. The Laws of Thermodynamics - A very short introduction., Oxford University Press, 2010.

Imagens

• André Guimarães

• http://www.sxc.hu/photo/456134.

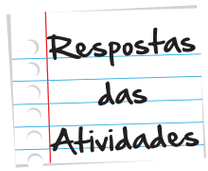
• http://www.sxc.hu/photo/1344508

• http://www.sxc.hu/photo/32647

• http://www.sxc.hu/photo/1396991

• http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sadi_Carnot.jpg

• http://www.sxc.hu/photo/517386 • David Hartman.



Atividade 1

A) Um choque elástico é reversível, foi o exemplo das bolas de bilhar citado no texto. B) Um choque inelástico não é reversível, pois um tanto da energia cinética das bolinhas foi utilizada para aquecer e deformar a massa de moldar. Um filme da colisão passado ao contrário mostraria duas bolas grudadas que se separariam de forma espontânea, claramente algo que não acontece. C) O processo é reversível pois a força causada pelo gás no interior do pistão é balanceada pela força externa (as pressões são quase iguais). Assim, o gás se expande lentamente, sem trocar calor com o ambiente externo, e pode ser comprimido de volta da mesma forma. D) A expansão livre de um gás não é um processo reversível, pois não é um processo onde haja transformações infinitesimais.

Atividade 2

Da expressão

$$e = \frac{W}{Q_A}$$

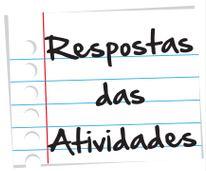
podemos calcular Q_A, pois temos W = 15000 J e e= 0,2. Assim QA = 75000 J por segundo.

Sabemos também que $Q_A - Q_B = W$, portanto $Q_B = 60000$ J por segundo.

Atividade 3

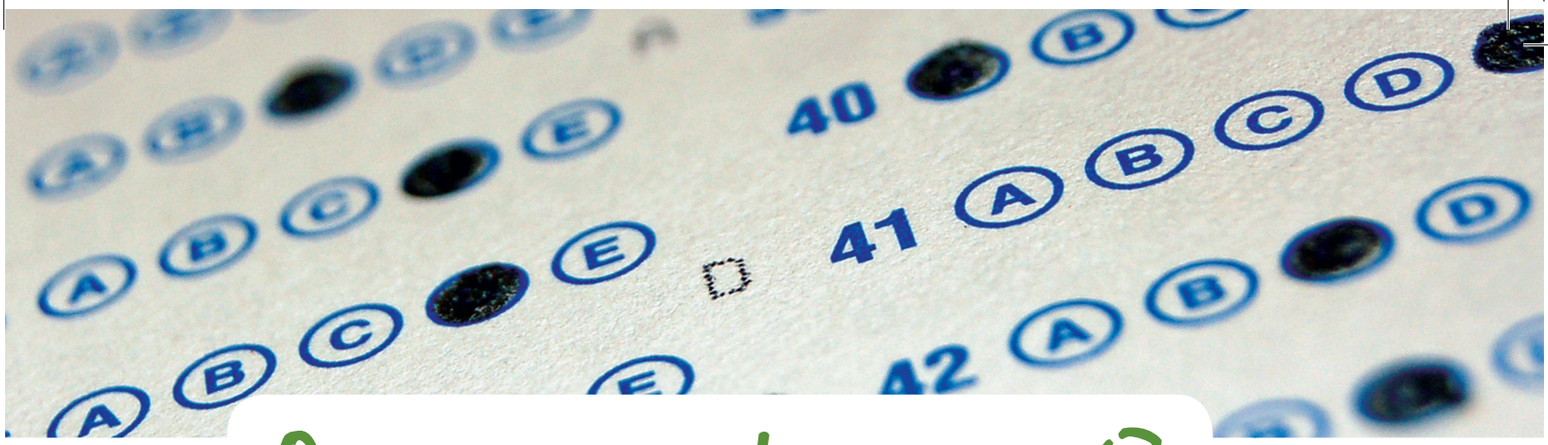
Temos que calcular o calor absorvido pelo gelo. Da aula anterior, temos que , ou seja, como m=1 kg, . Daí, como .

Observe que a temperatura absoluta deve ser sempre utilizada nos cálculos de entropia. A temperatura na qual o gelo derrete (0o C) é 273 K.



Atividade 4

Clausius enunciou a segunda lei com a afirmação de que o calor não flui espontaneamente de um corpo frio para o um corpo quente. Num aparelho de ar condicionado o compressor (que é um pequeno motor) força essa transferência, que não é espontânea.



O que perguntam por aí?

Atividade 1 (Enem 2011)

Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.

CARVALHO, A. X. Z. **Física Térmica**. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

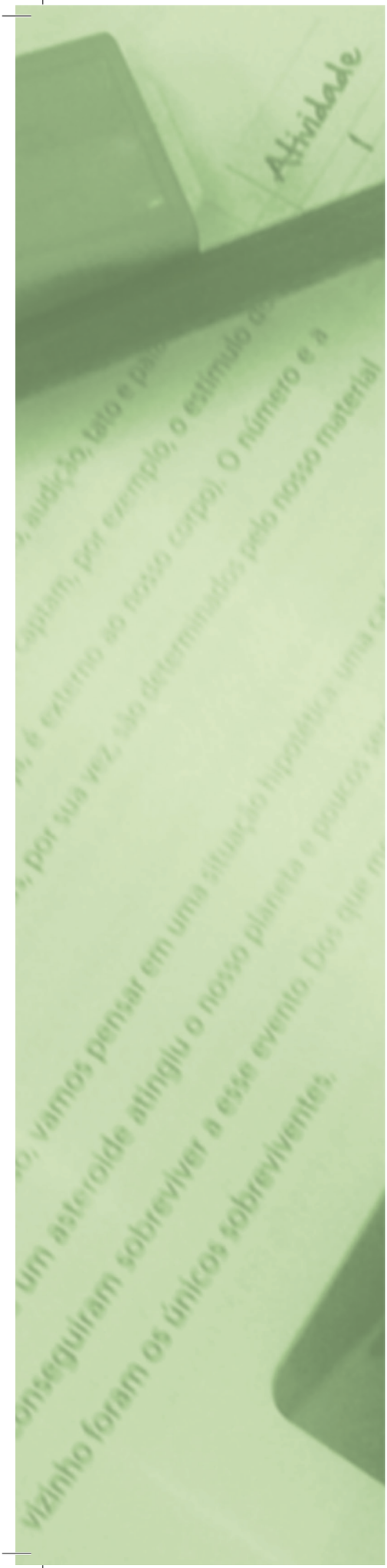
De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a

A) liberação de calor dentro do motor ser impossível.
B) realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
C) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
D) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
E) utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.

Resposta: Item C

Comentário da resposta: Como vimos, não é possível ser construída uma máquina perfeita, cuja eficiência seja de 100%. A conversão total de calor em trabalho é até possível mas não numa máquina que opera ciclicamente. A máquina sempre vai desperdiçar QB.

Até breve!



Como os compostos químicos são formados

Para início de conversa...

Vai uma pitadinha de sal?

O sal está muito presente em nossas refeições, temperando sopas, carnes, dentre outros. Muitas vezes, ele é usado para acentuar o sabor ou até mesmo aumentar a durabilidade dos alimentos (quem nunca viu aquela bonita peça de bacalhau repleta de sal?).

Como toda substância química que vai à mesa, o sal de cozinha também tem um limite de ingestão diária. A Organização Mundial de Saúde (OMS), aconselha um consumo máximo diário de 6 gramas de sal, ou uma colher de chá, para uma pessoa adulta. E essa precaução deve ser ainda maior com aquelas pessoas que não praticam exercícios físicos.

O sal em excesso pode causar vários problemas de saúde, como a hipertensão. Ela é uma doença agravada, por exemplo, pelo hábito alimentar não saudável, pelo sedentarismo e o tabagismo. Uma pessoa hipertensa possui picos de **pressão arterial** acima do normal e, muitas vezes, não pode ingerir nenhuma quantidade de sal, pois este elevaria ainda mais a pressão, provocando risco de morte. Os médicos recomendam que se reduza a quantidade de sal já na infância.

Pressão arterial

É a força que o próprio sangue, depois de bombeado pelo seu músculo cardíaco, exerce sobre as paredes dos vasos sanguíneos, enquanto percorre cada milímetro do seu corpo, garantindo assim que todo ele receberá a "visita" do sangue.

Para se levar uma vida saudável, o ideal é fazer uma alimentação rica em frutas e vegetais, e evitar alimentos com excesso de gordura. Deve-se também reduzir o consumo de alimentos com grande quantidade de sal embutido (salame, mortadela, patê, azeitona e linguiça).

O sal de cozinha é uma mistura de várias substâncias, sendo que a principal delas é o cloreto de sódio (NaCℓ). Este é formado pela combinação de dois elementos altamente reativos: o sódio e o cloro! Eles são tão reativos que se fossem ingeridos separadamente poderiam matar qualquer pessoa. Porém, o cloreto de sódio, em pequenas quantidades diárias, é inofensivo para a nossa saúde.

Figura 1: O sal é usado como tempero em sua cozinha. Mas ele é retirado de lagos salgados, como na figura, e refinado até chegar à sua mesa. Em sua composição há dois importantes elementos, muito reativos, que se ligam entre si: o sódio e o cloro.
Fonte: http://www.sxc.hu/photo/975791 - Diana Myrndorff

Mas como e por que a combinação de dois elementos altamente reativos dá origem a uma substância tão estável?

Objetivos de aprendizagem

- Identificar as combinações entre os átomos.
- Distinguir as ligações iônica, covalente e metálica através de suas propriedades.
- Relacionar eletronegatividade com a definição do tipo de ligação química entre os átomos.

Seção 1
Reatividade dos elementos

Como você pôde observar no exemplo do cloro e do sódio, os elementos químicos têm a capacidade de se ligar. Mas será que existem átomos de elementos que não se combinam?

Quase todos os elementos químicos podem se combinar, por meio de uma transformação química, ou seja, uma reação. Porém alguns são *tão estáveis* (difíceis de reagir) que os consideramos **elementos inertes**. Esses elementos são usualmente representados pelos *gases nobres*. E, justamente pelo fato de raramente se combinarem, esses gases nobres vão nos ajudar a entender as leis da combinação química.

Elementos inertes

São elementos que reagem com dificuldade ou não reagem de modo algum com outros elementos.

Um fato muito importante a ser considerado é que, quando um elemento sofre uma transformação da matéria, *ocorre uma alteração no número de elétrons que ele possui em sua eletrosfera.* Uma transformação da matéria faz com que o átomo altere a configuração original de sua eletrosfera.

Por isso, no estudo das transformações da matéria, daremos atenção especial aos elétrons dos átomos envolvidos. Estes estão distribuídos em *camadas* na eletrosfera de um átomo.

Comparemos a distribuição eletrônica de um gás nobre (inerte) com a de outro elemento qualquer. Vamos tomar como exemplos o neônio (gás nobre) e o sódio, respectivamente com 10 e 11 elétrons (Figura 2).

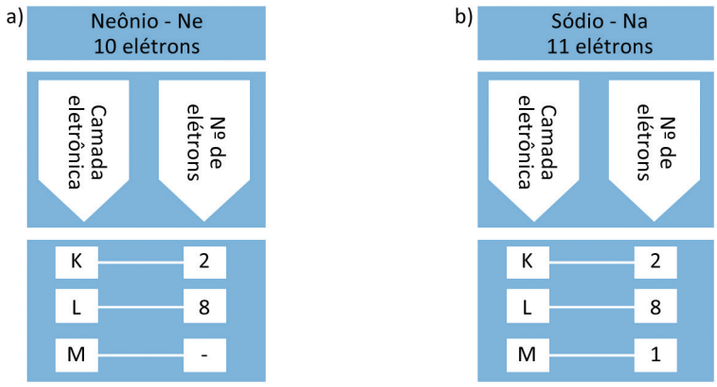


Figura 2: a) Distribuição eletrônica do neônio, que apresenta 8 elétrons na última camada (L). b) Distribuição eletrônica do sódio, o qual apresenta 1 elétron na última camada (M).

Fonte: Marcus André

Podemos, por meio dessas duas distribuições de elétrons, verificar algum fator que explique o porquê do Neônio ser um elemento inerte e o Sódio não? Bom, para isso, é melhor tomarmos outro exemplo.

Observe a comparação entre o argônio (Ar – 18 elétrons) e o cloro (Cℓ – 17 elétrons).

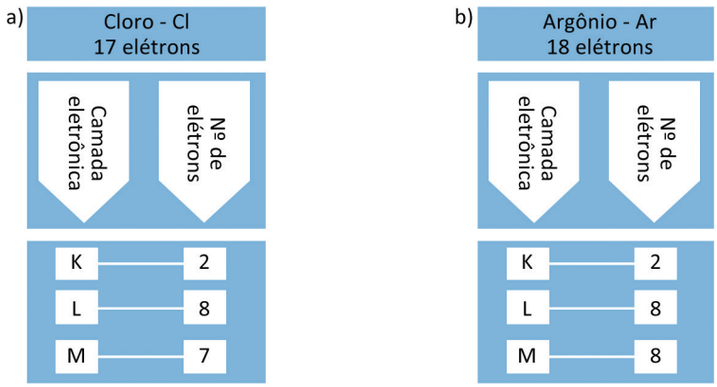


Figura 3: a) distribuição eletrônica do cloro apresenta 7 elétrons na última camada (M). b) distribuição eletrônica do Argônio apresenta 8 elétrons na última camada (M).

Fonte: Marcus André

Nas duas comparações, colocamos sempre um gás nobre junto a um elemento não inerte. Será que a partir delas veremos alguma diferença na distribuição eletrônica que indique porque os gases nobres são praticamente inertes?

Verifique nas **Figuras 2 e 3** o número de elétrons na última camada de cada átomo e observe a **Tabela 1**:

Tabela 1: Comparação entre o número de elétrons da camada mais externa e a reatividade dos átomos.

Átomo	Número de elétrons na camada mais externa	Condição
Neônio	8	Praticamente inerte
Argônio	8	Praticamente inerte
Sódio	1	Reativo
Cloro	7	Reativo

Fonte: Marcus André

Talvez esteja aqui a resposta. Os *gases nobres* são estáveis (praticamente inertes), pois possuem a última camada eletrônica com *oito elétrons* (ou 2 no caso do Hélio).

E os outros elementos que não possuem os oito elétrons na última camada? Por que eles reagem (combinam-se)?

Os átomos desses elementos ligam-se uns aos outros, através da perda, ganho ou compartilhamento de elétrons, para adquirir estabilidade, ou seja, a última camada semelhante à de um gás nobre.

Chamamos essa busca por distribuições eletrônicas idênticas às dos gases nobres de regra do octeto.

A regra do octeto diz que para um átomo alcançar a estabilidade, ele deve possuir, em sua camada mais externa, oito elétrons, ou dois quando há apenas uma camada. Os gases nobres são ditos inertes (estáveis), pois possuem tal configuração eletrônica.

Importante

Seção 2
Ligação iônica

O sódio (Na) e o cloro (Cℓ) não são estáveis, pois não possuem oito elétrons na última camada. Eles possuem 1 e 7 elétrons, respectivamente, como você viu nas **Figuras 2 e 3**.

Quando reagem, o sódio cede um elétron para o cloro. Temos, então, a formação do cloreto de sódio (NaCℓ). Veja, na **Figura 4**, como fica a configuração desses elementos após a transformação:

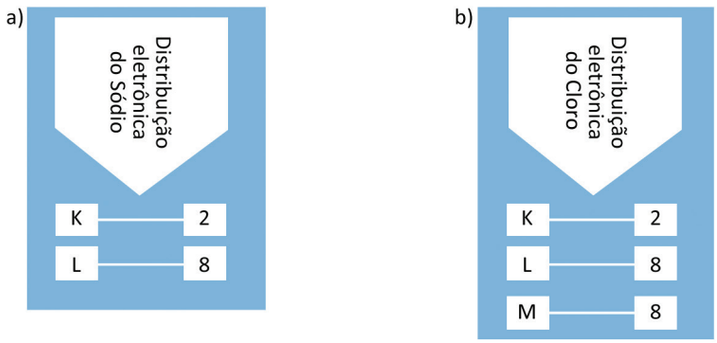


Figura 4: a) O sódio apresenta 8 elétrons na última camada (L) após ceder 1 elétron para o cloro. b) O cloro apresenta 8 elétrons na última camada (M) após receber 1 elétron do Sódio.
Fonte: Marcus André

O sódio cedeu o elétron da última camada. Agora, sua última camada é a L, *que está com oito elétrons*. O cloro também se torna mais estável quimicamente, pois, após a transformação, também fica com oito elétrons na última camada.

Esse tipo de transformação não ocorre somente entre o sódio e cloro, mas pode também explicar várias outras combinações. Nele, um elemento cede um ou mais elétrons a outro e os dois permanecem juntos, formando os íons Na^+ e $C\ell^-$ e uma nova substância, o $NaC\ell$.

Você estudou na Unidade "Caminhando pela estrada que investiga do quê somos feitos" que o elétron possui carga negativa e os átomos, antes de se combinarem, possuíam carga neutra (zero), lembra-se? Pois então, quando o sódio cede um elétron, ele fica positivo (Na^+), chamado de sódio; já o cloro, que recebe um elétron, torna-se negativo ($C\ell^-$), chamado de cloreto.

As cargas elétricas contrárias atraem-se; portanto, após a transferência de elétrons, ocorrida na reação, o sódio e o cloro atraem um ao outro.

Inicialmente, um átomo transforma-se, cedendo elétron(s) para outro, para que possam ficar quimicamente mais estáveis. Então, quem doa elétrons adquire carga positiva (mais prótons do que elétrons), passando a ser um cátion. Em contrapartida, o átomo que os recebe adquire carga negativa (mais elétrons que prótons) passando a ser um ânion.

Importante

Chamamos esse tipo de ligação, resultante da transferência de um ou mais elétrons, de *ligação iônica*.

As espécies positiva e negativa se atraem e elas permanecem juntas, formando uma nova substância. No caso do cloreto de sódio, os íons Na^+ e $C\ell^-$ estão juntos quando o composto está no estado sólido. Como os íons envolvidos no processo "ficaram juntos", dizemos que estão ligados. No caso do $NaC\ell$, cada cátion Na^+ é cercado por 6 ânions $C\ell^-$ e vice-versa. Um sólido iônico é, portanto, constituído por ***retículos cristalinos***.

Retículo cristalino

É uma rede formada pela distribuição, de forma geométrica, dos átomos em materiais sólidos, como é o caso, por exemplo, dos cristais do nosso sal de cozinha (Figura 5). Essa distribuição é resultante do balanço entre as forças de atração e repulsão que acaba por definir a disposição final dos íons nessa rede, bem como a distância entre eles.

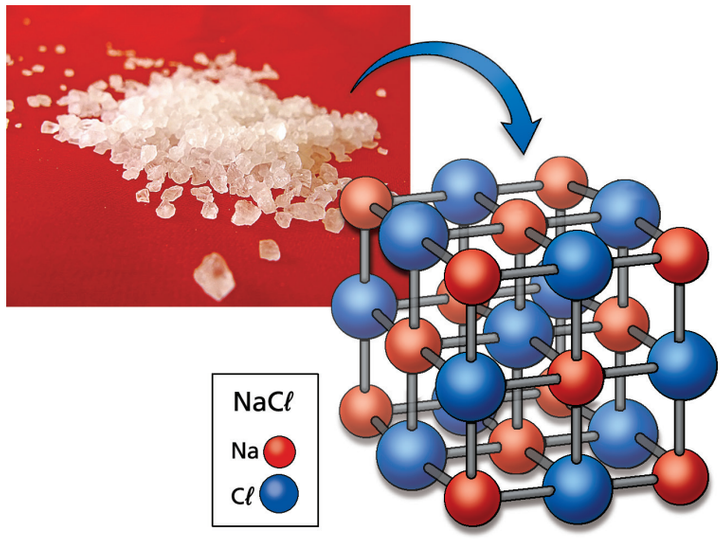


Figura 5: Microscopicamente, podemos observar que uma pedra de sal é formada por retículos cristalinos do cloreto de sódio.
Fonte: http://www.sxc.hu/photo/913569 - Bruno Sersocima

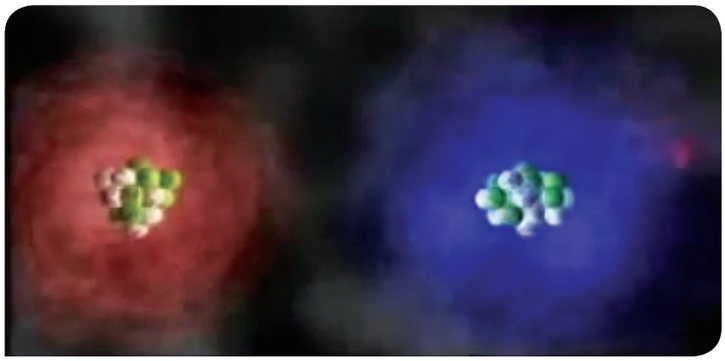
Desse modo, os compostos iônicos não são formados por moléculas individuais. Quando escrevemos NaCℓ para designar o cloreto de sódio, estamos apenas indicando que, nos cristais desse composto, a relação sódio: cloro é de 1:1. Essa notação não indica a existência de moléculas individuais de NaCℓ.

Ligação entre o sódio e o cloro

Você já estudou como acontece a ligação entre o sódio e o cloro. Quer ver uma animação sobre isso? Então acesse esse vídeo, através do *link*:

http://www.youtube.com/watch?v=LbxTfiNkCC8

Multimídia



Propriedades dos compostos iônicos

Uma regra pode ser usada para identificar uma ligação iônica: ela se dá entre um metal (doador de elétrons) e um ametal ou hidrogênio (receptor de elétrons).

Além dessa característica, esse tipo de ligação apresenta:

- estrutura sólida formada por retículos cristalinos;
- elevadas temperaturas de fusão e ebulição; sendo assim, são sólidos à temperatura ambiente (25ºC). O cloreto de sódio (NaCℓ), por exemplo, a nível do mar, apresenta temperatura de fusão de 801ºC e temperatura de ebulição de 1465ºC;
- condutividade elétrica. Essa característica dá-se apenas quando o composto está na fase líquida ou em solução aquosa, pois nas duas situações os íons estão livres (separados). Os íons em movimento passam a ser responsáveis pela condutividade elétrica das substâncias iônicas.

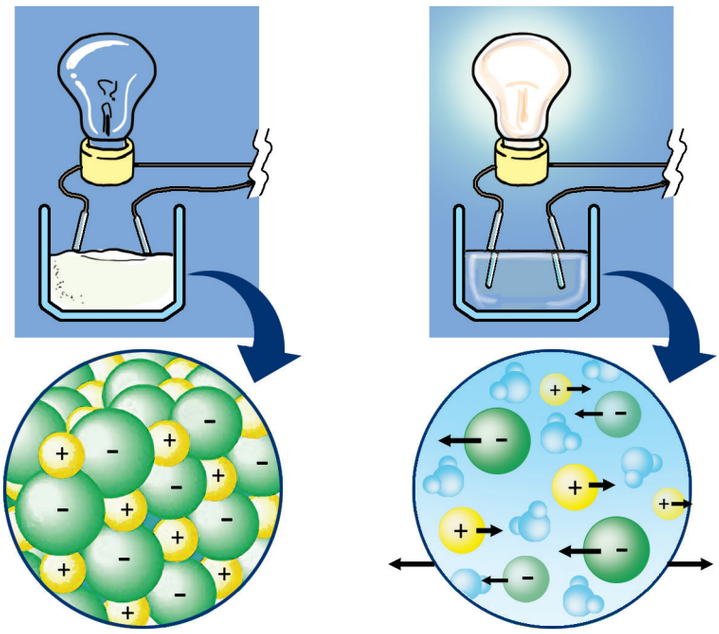


Figura 6: Condutividade elétrica do cloreto de sódio. a) No NaCℓ sólido, os íons não possuem mobilidade, sendo assim, não conduz corrente elétrica. b) Na solução aquosa de NaCℓ, os íons possuem mobilidade, sendo assim, conduz corrente elétrica.

Seção 3
Ligação covalente

No gás cloro ($C\ell_2$), existe a combinação de dois átomos, no entanto eles são iguais. Se os elementos são iguais, suas distribuições eletrônicas também são iguais, veja:

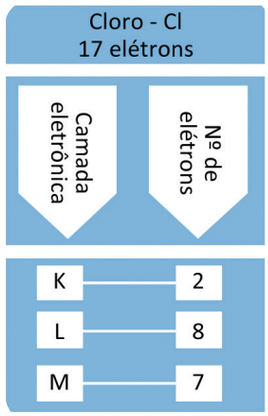


Figura 7: A distribuição eletrônica do cloro apresenta 7 elétrons na última camada (M).
Fonte: Marcus André

Para ficarem estáveis, segundo a regra do octeto, os dois átomos de cloro devem ganhar apenas um elétron cada. No entanto, se qualquer um dos átomos perder elétrons para o outro, não ficará estável. Sendo assim, como essa molécula forma-se?

Nesse caso, dois átomos aproximam-se e compartilham os elétrons necessários para completar os seus octetos em suas eletrosferas. Vamos ver como isso acontece na formação da molécula de gás cloro.

O átomo de cloro precisa de apenas mais um elétron para ter oito elétrons em sua camada de valência. Então, ele compartilha um dos elétrons do outro átomo, e vice-versa (**Figura 8**).

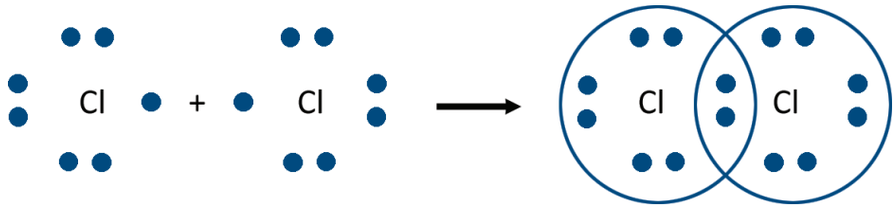


Figura 8: A figura mostra os elétrons (bolinhas azuis) na última camada. Constate que, ao final (lado direito da seta), os dois átomos de cloro estão compartilhando 2 elétrons, totalizando oito elétrons em sua última camada.
Fonte: Marcus André

Os átomos permanecem juntos por causa do compartilhamento de elétrons. Esse tipo de ligação é denominada ligação covalente. Nesse caso, diferente da ligação iônica, os átomos não são positivos ou negativos, pois não há perda ou ganho de elétrons.

A formação de ligações covalentes entre os átomos resulta na formação de um agrupamento, denominado molécula.

Um átomo pode efetuar mais de uma ligação covalente, dependendo:

- do número de elétrons que ele dispõe em sua última camada para formar outros pares;
- do número de elétrons que precisará compartilhar para se estabilizar.

Tabela 2: Comportamento dos ametais de cada grupo em termos de ligações covalentes , de acordo com a regra do octeto.

Grupo	Elétrons na camada mais externa	Necessidade de elétrons para ficar estável	N° de ligações covalentes
H	1	1	1
17ou 7A	7	1	1
16 ou 6A	6	2	2
15 ou 5A	5	3	3
14 ou 4A	4	4	4

Fonte: Marcus André

Vejamos a representação para a molécula de água (H_2O).

Os átomos de hidrogênio possuem um elétron na última camada e precisam de mais um elétron para ficarem estáveis. Os átomos de oxigênio (grupo 16 ou 6A) têm seis elétrons na última camada e, portanto, precisam de mais dois elétrons para ficarem estáveis. A **Figura 9** mostra o compartilhamento de elétrons entre os átomos de hidrogênio e o de oxigênio para formar uma molécula de água.

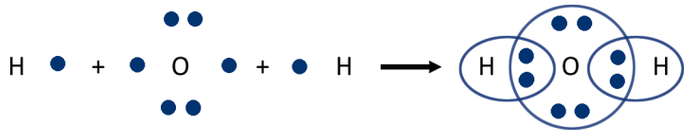


Figura 9: O compartilhamento de um par de elétrons entre um átomo de oxigênio e um de hidrogênio satisfaz este último, mas o oxigênio necessita de outro elétron para ficar estável. Então, é necessário, outro átomo de hidrogênio. Temos, portanto, o compartilhamento de elétrons do átomo de oxigênio com dois átomos de hidrogênio, formando duas ligações covalentes.

Fonte: Marcus André

Nas ligações covalentes, usamos uma fórmula mais simples para representar as moléculas: cada par de elétrons compartilhados entre dois átomos são substituídos por barras e os elétrons não compartilhados não são representados, como indica a fórmula da molécula de água abaixo (**Figura 10**). Esta indica como os átomos estão arranjados nas moléculas e, por isso, é denominada fórmula estrutural.

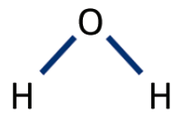


Figura 10: A fórmula estrutural da molécula de água mostra as ligações covalentes (cada barra é igual a uma ligação covalente) entre os átomos de hidrogênio e o átomo de oxigênio. A água é uma molécula angular, ou seja, as ligações entre os hidrogênios e o oxigênio formam sempre o mesmo ângulo. Isso ocorre devido aos elétrons existentes na camada de valência dos átomos, que se repelem produzindo o que chamamos de geometria molecular.

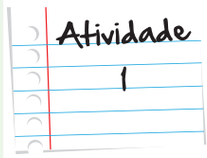
Propriedades dos compostos moleculares

Uma regra pode ser usada para uma ligação covalente. Ela se dá entre ametais (ametal - ametal), um ametal e um hidrogênio ou entre hidrogênios (H-H).

Outras características dos compostos que apresentam essa ligação são:

- temperaturas de fusão e ebulição baixas, se comparados com os compostos iônicos;
- estado físico na temperatura ambiente: sólido, líquido e/ou gasoso;
- não conduzem corrente elétrica, quando puros em nenhum estado físico. Mas são capazes de conduzir corrente elétrica em solução aquosa, quando houver presença de íons em solução.

Experiência no Mundo de Beakman

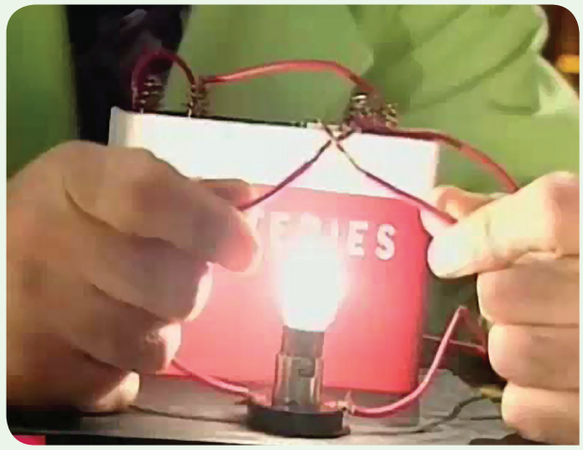


O Mundo de Beakman no Brasil foi um programa educativo de televisão. Nele, o professor Beakman ensinava como reproduzir experiências científicas em casa e tinha uma abordagem divertida de conceitos científicos.

No episódio método científico, Beakman recebe uma carta de um telespectador com a seguinte pergunta: Será que a água salgada conduz corrente elétrica?

Para fazer o experimento, Beakman usou uma bateria, fios condutores de eletricidade (fios de cobre) e uma lâmpada para verificar a passagem de corrente elétrica.

Atividade 1



Com aparelhagem (figura anterior), Beakman fez três experiências diferentes para responder de forma correta à pergunta feita.

Experência 1

Ao colocar os fios condutores na água com sal ($NaC\ell + H_2O$), Beakman verificou que a lâmpada acendeu, concluindo que a mistura de água e sal conduz corrente elétrica.

Mas para concluir que apenas a mistura de água e sal conduz corrente elétrica, Beakman fez mais dois experimentos.

Experência 2

Atividade 1

Ao colocar os fios condutores no sal "puro" (NaCℓ), Beakman verificou que a lâmpada não acendeu, concluindo que o sal não conduz corrente elétrica, no estado sólido.

Experência 3

Ao colocar os fios condutores na água (H_2O), Beakman verificou que a lâmpada também não acendeu, concluindo que a água também não conduz corrente elétrica.

Assista ao episódio, acessando a página na Internet: http://www.youtube.com/watch?v=YwJZmOEgF8w

Após os experimentos, Beakman pôde afirmar que apenas a mistura de água e sal conduz corrente elétrica. Justifique tal conclusão.

Lembre-se: faça em uma folha à parte

Seção 4
Eletronegatividade e a polaridade da ligação química

Como vimos, alguns elementos possuem tendência a ganhar elétrons (ametais) e outros tendem a perdê-los (metais).

Linus Pauling, um importante químico, fez uma escala de eletronegatividade com objetivo de quantificar essa tendência. A eletronegatividade é definida como a tendência do átomo atrair elétrons para perto de si, quando se liga a outro átomo, em uma substância composta.

Tabela 3: A escala eletronegatividade mostra que o Flúor (F), é o elemento mais eletronegativo, ou seja, possui maior tendência de atrair elétrons.

Elementos	F	O	Cℓ	N	C	H	Ca	Na	Fr
Eletronegatividade	3,98	3,44	3,16	3,04	2,55	2,20	1,00	0,93	0,70

Fonte: Marcus André

Uma decorrência importante do estudo da eletronegatividade dos elementos é que, em função da diferença de eletronegatividade entre os átomos que estabelecem uma ligação, podemos classificá-las em:

- Diferença de eletronegatividade igual a zero → ligação covalente apolar.
- Diferença de eletronegatividade maior que zero e menor que 1,7 → ligação covalente polar.
- Diferença de eletronegatividade maior ou igual a 1,7 → ligação iônica.

Diferença de eletronegatividade (simbolizada por um Δe) é igual:

Δe = elemento mais eletronegativo – elemento menos eletronegativo

Importante

Com aumento da diferença de eletronegatividade entre os átomos, o caráter da ligação passará de 100% covalente (diferença de eletronegatividade entre dois átomos igual a zero) para covalente polar até chegar a acentuadamente iônico.

Diferença de eletronegatividade entre os átomos

Atividade 2

Calcule a diferença de eletronegatividade e indique o tipo de ligação entre os átomos dos compostos abaixo:

Composto	Diferença de eletronegatividade	Tipo de ligação
CaO		
N_2		
HCℓ		

Lembre-se: faça em uma folha à parte

Seção 5
Ligação metálica

Se um pedaço de metal é conectado aos polos de uma bateria, ocorre um fluxo de elétrons, ou seja, uma corrente elétrica. A consideração de que a corrente elétrica é um fluxo de elétrons, levou os cientistas a estabelecerem um modelo de ligação de natureza elétrica, baseado na atração dos íons positivos (cátions do metal) e dos elétrons livres.

Normalmente, os átomos dos metais têm de 1 a 3 elétrons na última camada eletrônica; essa camada está normalmente afastada do núcleo. Quando os átomos dos metais ligam-se entre si, os elétrons escapam facilmente dos átomos e transitam livremente pelo metal. Desse modo, os átomos que perdem elétrons transformam-se em cátions.

Concluindo, podemos dizer que, o metal seria um aglomerado de cátions, mergulhados em uma nuvem (ou mar) de elétrons livres (**Figura 11**). Assim, a "nuvem" de elétrons funcionaria como uma ligação metálica, mantendo os átomos unidos.

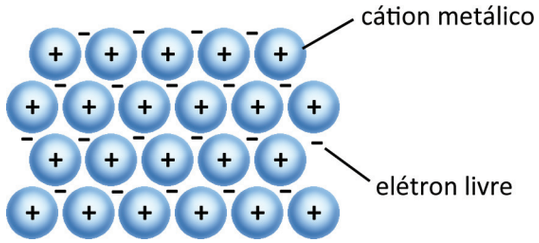


Figura 11: Modelo de ligação metálica: elétrons movendo-se livremente em todas as direções e sendo compartilhados por todos os cátions.

Sendo assim, os metais apresentam determinadas propriedades em comum:

- Possuem altas temperaturas de fusão e ebulição;
- Apresentam alta condutividade elétrica (inclusive no estado sólido) e térmica.
- São maleáveis (podem ser transformados em lâminas).
- São dúcteis (podem ser transformados em fios).
- Apresentam brilho característico.
- São sólidos à temperatura ambiente (exceção: mercúrio é líquido).

Ligas metálicas

São matérias com propriedades metálicas que contêm dois ou mais elementos químicos.

Exemplos:

- Aço → constituído por Fe e C, sendo que, o aço inox é constituído por Fe, C, Cr e Ni.
- Ouro 18 quilates → constituído por Au, Ag e Cu.
- Latão → constituído por Cu e Zn.
- Bronze → constituído por Cu e Sn.

Saiba Mais

Posso apostar que, a partir desta aula, você começará a olhar o mundo a sua volta de outro jeito. Imaginar que estamos cercados por partículas que podem interagir umas com as outras e, ainda por cima, formar novos compostos muda nossa perspectiva, não é verdade? Isso também intrigou os químicos e, por esse motivo, eles se dedicaram a estudar o que está por trás dessas ligações que chamamos de reações químicas. Você também irá conhecê-las, mas para isso é preciso esperar pela próxima unidade. Até lá!

Resumo

Quadro comparativo entre os compostos iônicos, moleculares e metálicos:

Composto	Iônico	Molecular	Metálico
Ligação	iônica	covalente	metálica
Como ocorre a ligação	transferência de elétrons	compartilhamento de elétrons	"mar de elétrons"
Composição	metal + não metal	Não metais	metais
Formam	retículos cristalinos	moléculas	metais ou ligas metálicas
Temperatura de fusão e ebulição	altos	baixos	Altos
Estado físico a temperatura ambiente (25ºC)	são sólidos	são sólidos, líquidos ou gasosos	são sólidos (exceção: mercúrio – líquido)
Conduz corrente elétrica	no estado líquido ou em solução aquosa	não conduz	no estado sólido ou líquido
Diferença de eletronegatividade entre os átomos	maior ou igual a 1,7	menor que 1,7	-

Veja ainda!

Podemos encontrar algumas animações sobre o assunto desta unidade na Internet:

- Dissolução do cloreto de sódio (NaCℓ) em água.

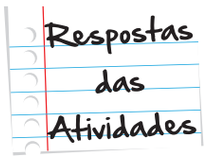
A animação mostra a estrutura do cloreto de sódio, a dissolução do sal em água e a condução de corrente elétrica.

http://www.quimica.net/emiliano/dissolucao-nacl.html

Referências

- ATKINS, P. W. **Moléculas**. São Paulo, Edusp, 2000.
- COMPANION, Audrey. **Ligação Química**. São Paulo, Edusp, 1970.
- EMSLEY, John. **Moléculas em exposição**. São Paulo, Edgard Blücher, 2001.
- FELTRE, Ricardo. **Química volume 1** – Química Geral. São Paulo, Editora Moderna, 2009.

- LEE, J.D. **Química inorgânica não tão concisa**. São Paulo, Edgard Blücher, 1999.
- MASTERTON; SLOWINSKI; STANITSKI. **Princípios da Química**. Rio de Janeiro, Guanabara-Koogan, 1985.
- REIS, Martha. **Ciências, Tecnologia & Sociedade**. São Paulo, FTD, 2001.



Atividade 1

A água salgada (experiência 1) conduz corrente elétrica, pois os íons estão livres (separados). Tais íons em movimento passam a ser responsáveis pela condutividade elétrica. Nos casos das experiências com o sal no estado sólido (experiência 2) e com a água (experiência 3), não há íons livres para conduzir a corrente elétrica

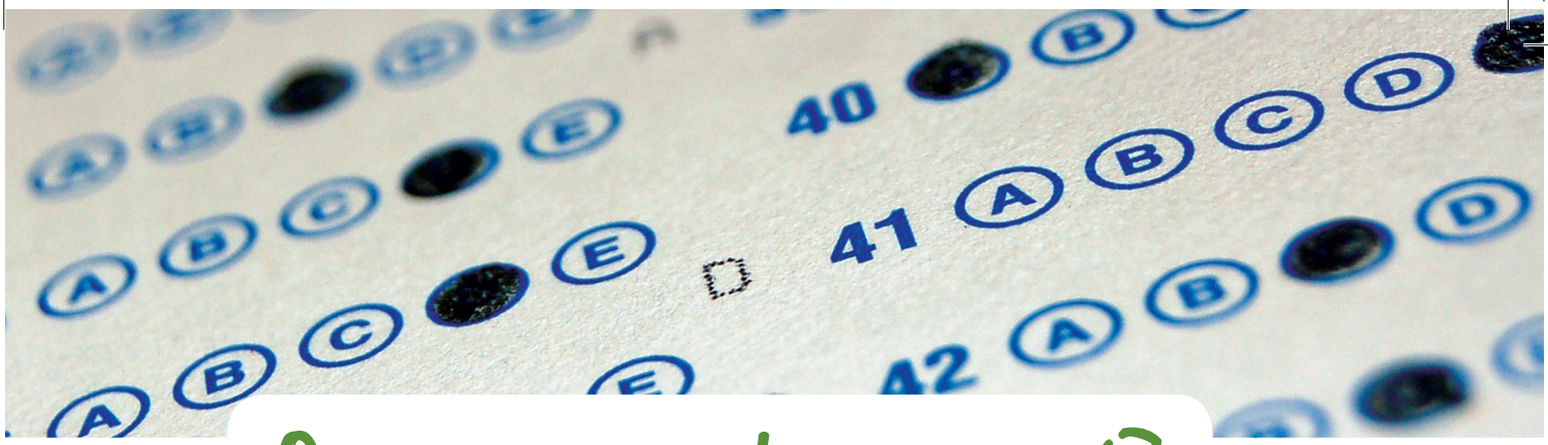
Atividade 2

Composto	Diferença de eletronegatividade	Tipo de ligação
CaO	$\Delta = 3,44 - 1,00 = 2,44$	Iônica
N_2	$\Delta = 3,04 - 3,04 = 0$	Covalente apolar
$HC\ell$	$\Delta = 3,16 - 2,20 = 0,96$	Covalente polar

$\Delta \geq 1,7 \rightarrow$ ligação iônica

$\Delta < 1,7 \rightarrow$ ligação covalente polar

$\Delta = 0 \rightarrow$ ligação covalente apolar.



O que perguntam por aí?

Questão 1 (UFMG 2005)

Nas Figuras 1 e 2, estão representados dois sólidos cristalinos, sem defeitos, que exibem dois tipos diferentes de ligação química:

Figura I

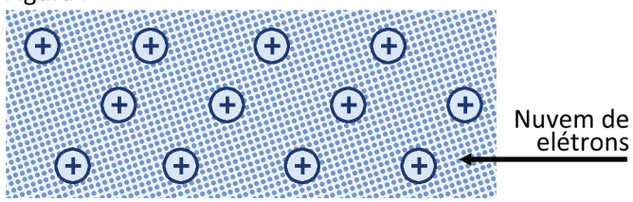
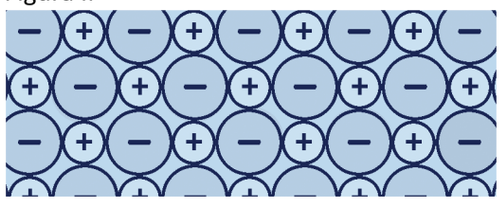


Figura II



Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que:

a. a Figura II corresponde a um sólido condutor de eletricidade.

b. a Figura I corresponde a um sólido condutor de eletricidade.

c. a Figura I corresponde a um material que, no estado líquido, é um isolante elétrico.

d. a Figura II corresponde a um material que, no estado líquido, é um isolante elétrico.

Resposta: Letra b

Comentário: A figura I mostra uma "nuvem de elétrons", ou seja, os elétrons são livres para movimentar-se,

advindo daí a alta condutividade no estado sólido. Já na figura II os íons não possuem mobilidade, sendo assim, não conduz corrente elétrica.

Questão 2 (Unifesp 2006)

A tabela apresenta algumas propriedades medidas, sob condições experimentais adequadas, dos compostos X, Y e Z.

composto	dureza	temperatura de fusão (°C)	Condutividade elétrica	
			fase sólida	fase líquida
X	macio	115	não conduz	não conduz
Y	muito duro	1600	conduz	conduz
Z	duro	800	não conduz	conduz

A partir desses resultados, podem-se classificar os compostos X, Y e Z, respectivamente, como sólidos:

a. molecular, covalente e metálico.

b. molecular, covalente e iônico.

c. covalente, molecular e iônico.

d. covalente, metálico e iônico.

e. iônico, covalente e molecular.

Resposta: Letra d

Comentário: A diferença mais evidente entre os compostos está na condutividade elétrica:

- O composto X não conduz corrente elétrica na fase sólida nem na fase líquida, o que caracteriza ser um composto covalente;
- O composto Y conduz corrente elétrica na fase sólida e na fase líquida, o que caracteriza ser um composto metálico;
- O composto Z não conduz corrente elétrica na fase sólida, mas conduz na fase líquida, o que caracteriza ser um composto iônico.

Questão 3 (UFRJ 2006)

Alguns materiais, quando submetidos a baixas temperaturas, podem apresentar supercondutividade, isto é,

um fenômeno em que a resistência elétrica iguala-se a zero. Um material com essa característica é uma cerâmica que contém os óxidos HgO, CaO, BaO e CuO.

Disponha os óxidos HgO, CaO, BaO e CuO em ordem crescente de caráter covalente das suas ligações. Justifique sua resposta, com base nos valores de eletronegatividade.

Dados:

Ba	Ca	Cu	Hg	O
0,89	1,00	1,90	2,00	3,44

Resposta comentada: Quanto maior a diferença das eletronegatividades dos elementos que compõem cada óxido, menor o caráter covalente da sua ligação.

Assim, de acordo com a Tabela Periódica, temos:

HgO: 3,44 - 2,00 = 1,44

CaO: 3,44 - 1,00 = 2,44

BaO: 3,44 - 0,89 = 2,55

CuO: 3,44 - 1,90 = 1,54

Desta forma, a disposição dos compostos, de acordo com o critério solicitado, é: BaO< CaO < CuO < HgO

Questão 4 (PUC-MG)

Todas as afirmações em relação às ligações químicas estão corretas, EXCETO:

a. não metal + hidrogênio é ligação covalente.

b. não metal + não metal é ligação covalente.

c. substância que apresenta ligações iônicas e covalentes é classificada como covalente.

d. metal + metal é ligação metálica.

e. metal + hidrogênio é ligação iônica.

Resposta: Letra c

Comentário: substância que apresenta ligações iônicas e covalentes é classificada como iônica.

Questão 5 (UFMG)

Leia o texto a seguir. Esse texto, apesar de conter vários erros conceituais, faz parte de matéria publicada em um jornal de circulação nacional, sob o título:

"SAL TEM PROPRIEDADES DE DERRETER OS CRISTAIS DE GELO".

"Jogue um punhado de sal grosso numa calçada coberta de gelo (comum em países muito frios no inverno, por causa da neve). O gelo derrete imediatamente.

Sabemos, no entanto, que o sal não é quente. Na verdade, o sal gelado causaria o mesmo efeito. Como o gelo derrete? A resposta está na Química. Em estado líquido, as moléculas de água estão em movimento. Mas quando a temperatura cai, elas param, congelando em cristais.

Um pedaço de gelo sempre tem moléculas passando de um estado para o outro. Se você pudesse ver cada molécula de água, veria dois átomos de hidrogênio ligados a um de oxigênio, formando um triângulo. Por causa da posição dos átomos, cada molécula de água gera um campo elétrico.

Cada molécula de sal é formada por átomos de sódio e cloro interligados. Quando sal grosso é jogado no gelo, ocorre uma reação imediata. Uma molécula de sal normal não tem carga elétrica, mas quando se separa uma molécula de sal, os átomos liberados ficam eletricamente carregados (átomos carregados são chamados de íons).

Moléculas de água são eletricamente atraídas por íons. Por isso, grupos de moléculas de água que ainda estão em estado líquido começam a se aglomerar em torno dos íons sódio e cloro. Enquanto isso, as outras moléculas de água libertam-se do gelo e também ficam em volta dos átomos de sódio e cloro.

Logo, só resta água."

a. SUBLINHE, no texto, UM erro conceitual.

b. EXPLIQUE o que está errado no trecho sublinhado.

c. REESCREVA-O, de modo a torná-lo correto.

Resposta:

a. Molécula de Sal.

b. O sal, por ser iônico, não forma molécula; os íons agrupam-se, formando cristais.

c. Cada fórmula de sal.

Comentário: O sal em questão é formado pelos elementos sódio e cloro, ou seja, metal + ametal. Então o sal é um composto iônico e não uma molécula (molécula = composto formado por apenas ligações covalentes).

Transformando a matéria – as reações químicas

Para início de conversa...

Você sabe o que ocorre no nosso organismo, quando fazemos uma atividade física?

Antes de responder, eu gostaria que você pensasse no seguinte depoimento, dado por um atleta: "*Aprendi que uma alimentação balanceada é fundamental para melhorar meu desempenho e ter uma vida saudável. E ela está diretamente relacionada às reações químicas que ocorrem dentro de mim, pois são elas que me movem.*".

E é isso mesmo o que ocorre, a todo o momento, dentro de nosso organismo: uma série de reações (ou transformações) químicas! São elas as responsáveis pela realização de todas as suas tarefas diárias: andar, comer, falar e até dormir! Dessa forma, pode-se dizer que a manutenção da vida depende delas.

Acredite: seu corpo é uma verdadeira indústria química!

Figura 1: Durante todo o tempo, várias transformações químicas ocorrem dentro do seu organismo, permitindo que você realize várias atividades como falar, dormir, correr...

Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File: CristinaGonzalez.jpg - Centurion249

O corpo humano, como tudo que está ao seu redor, é uma combinação, na medida certa, de átomos de vários elementos químicos. É tal combinação que proporciona o funcionamento do nosso organismo, o qual depende de reações químicas. Essas, em conjunto, compõem o metabolismo do nosso corpo.

Mas espere um pouco! Você sabe o que é uma transformação química? Não!?!? Não se preocupe, pois este é o tema desta aula. Bons estudos!

Objetivos de aprendizagem

- Reconhecer as reações químicas que acontecem ao seu redor.
- Descrever as transformações químicas em linguagem discursiva e em linguagem simbólica.
- Interpretar as equações químicas de forma adequada.
- Reconhecer os diferentes tipos de reações químicas e a sua importância em nosso cotidiano.

Seção 1
Afinal, o que é uma transformação química?

Vá até a sua cozinha... Quantas misturas e transformações você realiza para dar gosto, aroma e aspecto visual agradável aos alimentos?

Na verdade, o mais simples preparo do alimento já envolve uma série de transformações. Qual a diferença, por exemplo, entre o ovo cru e o ovo cozido? Ou a diferença de um delicioso pedaço de carne cozida para a crua? Ou a massa de pão para o pão assado?

Nesses três casos, podemos observar nitidamente uma mudança nas estruturas iniciais do ovo, da carne e da massa do pão. Todas elas, como já apontado, são formadas por substâncias químicas que, com a intervenção do calor, se transformaram em outras.

Portanto, uma simples receita contém todos os ingredientes necessários, além de todo um passo a passo, para você fazer uma série de transformações químicas! Algumas delas darão origem, por exemplo, àquele delicioso doce, como mostrado na **Figura 2**. Não seguir a receita, pode levá-lo a obter uma coisa não muito gostosa.

Figura 2: Que delícia... No laboratório químico, que é a sua cozinha, você pode criar maravilhas como essas!
Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:CristinaGonzalez.jpg - Centurion249

Uma maneira bem simples de você reconhecer a ocorrência de uma transformação química é a observação de alterações que ocorrem nas substâncias como um todo. Há várias evidências perceptíveis aos seus sentidos que indicam a ocorrência de uma reação química, como:

- **liberação de um gás (efervescência)** - quando você adiciona um fermento químico em água;
- **liberação de luz e calor** - na queima do gás de cozinha, na boca do fogão;
- **modificação da textura ou a formação de um sólido** - a coagulação da caseína, uma proteína, do leite para a produção de queijo ou iogurte; ou no cozimento de alimentos.
- **mudança de coloração** - queima da calda de açúcar, que de branco torna-se marrom.
- **alteração do odor** - o cheiro do ovo podre.

Figura 3: Durante a preparação dos alimentos, podemos distinguir a ocorrência das transformações químicas em função das modificações, ocorridas na matéria. Quando fazemos pães, observamos que os ingredientes iniciais, como o queijo e a farinha, transformam-se em um delicioso e quentinho pão. Logo, podemos dizer que ocorreram transformações químicas em função das modificações ocorridas.

Fonte: http://www.sxc.hu/photo/1360961 - Ariel da Silva Parreira

Para melhor ilustrar tal questão, observe o que ocorre, quando você cozinha uma batata; os componentes do sistema são batata crua e água. O estado inicial do sistema deve descrever a batata com textura sólida e consistente e a água na temperatura ambiente. As condições seriam o aquecimento e o tempo de cozimento. E o estado final seria a água aquecida e a batata com mudança de textura (cozida).

No caso descrito, definitivamente houve uma reação química, pois houve a transformação da matéria. No entanto, há algumas transformações onde ocorrem apenas mudanças no estado físico das substâncias químicas envolvidas, sem que haja uma reação química.

Importante

Em uma transformação química, também chamada de reação química, um ou mais tipos de substâncias transformam-se em uma nova – ou em várias novas – substâncias.

Sendo assim, como podemos reconhecer se, em um sistema, ocorre uma transformação química ou apenas mudanças de estado físico?

Vamos, para facilitar o entendimento, fazer uma atividade. Nela, você irá analisar algumas transformações, com o objetivo de caracterizar os materiais antes e depois de sofrerem transformações, evidenciando ou não a ocorrência de reações químicas.

Para isso, preencha a tabela 1 indicando:

Lembre-se: faça em uma folha a parte

- os componentes do sistema;
- qual o seu aspecto inicial e final;
- quais as condições necessárias para a ocorrência da transformação;
- em seguida, reconheça em quais processos ocorreu a transformação da matéria, ou apenas a mudança de estado físico.

Para facilitar, siga os exemplos apresentados:

Tabela 1: Cada processo representa uma transformação...

Processo	Componentes do sistema	Estado inicial do sistema	Condições para a ocorrência da transformação	Estado final do sistema
Formação do gelo	Água	Líquido incolor, inodoro e insípido	Retirar calor do sistema, levando água até o congelador ou ao freezer	Sólido incolor, insípido, transparente e escorregadio
Cozimento de um bolo	Açúcar, farinha, ovos, leite, fermento	Material pastoso de cor amarelo-clara; uniforme em todas as partes	Fornecer calor ao sistema	Material que mantém a forma, pode ser cortado e esfarelado; mais escuro na parte externa que na interna.
Queima da gasolina				
A sublimação da naftalina				
Adição de comprimido efervescente à água				
Oxidação de um prego				

Durante o preenchimento da tabela, duas descrições são muito importantes para você caracterizar a ocorrência de uma reação química: a do sistema antes e após a transformação.

A formação do gelo (**Figura 4**) e a sublimação da naftalina são exemplos de transformações onde ocorre a modificação do estado físico e não a formação de novas substâncias. Neste caso, dizemos que houve uma transformação física da matéria.

Nos outros casos, novos materiais são formados, ou seja, as características do sistema inicial foram alteradas, indicando a ocorrência de uma transformação química. Se você teve alguma dificuldade para preencher a tabela, compare as suas respostas com as minhas, ao final da unidade.

Figura 4: A solidificação da água indica uma transformação física, pois a matéria continua a mesma: a água.
Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Estalactite_e_estalagmite_de_gelo.jpg?uselang=pt-br - gcardinal

Mas em determinadas transformações, não podemos ter certeza de que uma reação química ocorreu, baseada apenas nessas evidências. Uma forma segura de comprovar a ocorrência da transformação é isolar as substâncias produzidas e determinar as suas propriedades físicas. Algumas delas são a temperatura de fusão e de ebulição ou a densidade, que você estudou na Unidade "Planeta Terra ou Planeta Água?" .

As evidências de uma transformação química!

A ida a uma feira livre nos permite verificar a ocorrência de várias reações químicas. Quer saber como?

Assista em: http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/video/ai%20tem%20quimica/reacoes%20quimicas/Evidencias%20das%20Reacoes/video%20para%20web/video.html

Multimídia

Representando as reações químicas: as equações químicas

Como você estudou, a química possui uma linguagem especial: as substâncias são representadas por fórmulas. Estas indicam os elementos constituintes por meio de símbolos e as quantidades de átomos através de índices.

Com as reações químicas ocorre o mesmo, para que sejam interpretadas universalmente, utilizamos os símbolos e as fórmulas, que representam os componentes participantes da equação química.

As reações químicas são representadas por equações químicas que mostram as fórmulas das substâncias participantes, em proporções adequadas.

Importante

Veja um exemplo:

Em uma churrasqueira, você utiliza a queima do carvão para assar a carne (**Figura 5**). Neste caso, o carvão (que é formado por átomos de carbono - C) reage com o gás oxigênio (O_2) presente no ar atmosférico, transformando-se em dióxido de carbono (CO_2).

Sendo assim, como representar essa queima em linguagem química?

Primeiro, representam-se os ingredientes da transformação – chamados de reagentes - através dos seus símbolos e fórmulas, separados pelo sinal de adição (+): $\underbrace{C + O_2}_{\text{reagentes}}$

Em seguida, colocamos uma seta ($\rightarrow$) para indicarmos a transformação:

$$C + O_2 \xrightarrow[\text{transformação}]{}$$

Para terminarmos, indicamos as substâncias formadas – os produtos; neste nosso exemplo, o dióxido de carbono (CO_2):

$$C + O_2 \longrightarrow \underbrace{CO_2}_{\text{produto}}$$

Além disso, os estados físicos das substâncias podem ser indicados entre parênteses:

$$C\,(s) + O_2\,(g) \longrightarrow CO_2\,(g)$$

Lembre-se de que os reagentes de uma reação química devem aparecer antes da seta da transformação e os produtos após a seta. Esquematicamente, pode-se dizer que:

reagentes ⟶ produtos

Figura 5: A queima do carvão. Na presença do gás oxigênio, contido no ar atmosférico, o carvão queima, produzindo gás carbônico. Essa transformação química pode ser representada pela seguinte equação química: C(s) + O2(g) ⟶ CO2(g)
Fonte: http://www.sxc.hu/photo/1000908 - Dariusz Chyla

As equações químicas podem nos apresentar outras informações importantes através da presença de símbolos, colocados ao lado das substâncias. Eles podem ser:

- Os estados físicos das substâncias: sólido (s), líquido (ℓ), gasoso (g) e vapor (v).
- Quando uma substância está dissolvida em água: aquoso (aq).
- A formação de um gás: ↑.
- A formação de um sólido: ↓.
- A necessidade de aquecimento: em cima da seta da reação, o símbolo Δ
- A reação ocorre nos dois sentidos, ou seja, é reversível: ⇌

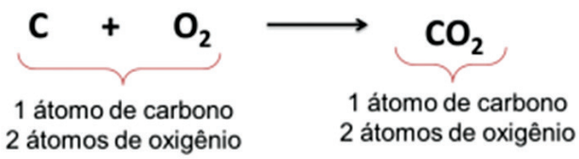
Saiba Mais

A "leitura" de uma reação química fornece muitas informações importantes, como a proporção entre os átomos e moléculas para a ocorrência da transformação. Observe a reação a seguir cuidadosamente, pause um momento a sua leitura do texto e tente lê-la:

$$C\,(s) + O_2\,(g) \longrightarrow CO_2\,(g)$$

Agora, vamos ver se você acertou ou chegou perto? Na equação, podemos ler que 1 átomo de carbono, no estado sólido, reage com 1 molécula de gás oxigênio, produzindo 1 molécula de gás carbônico.

Em relação à quantidade de átomos, podemos dizer que:



Repare que antes e após a reação química, os átomos são os mesmos. Eles só foram combinados de forma diferente, formando uma nova substância.

É possível, então, concluirmos que em uma transformação química ou reação química, os átomos permanecem os mesmos, sendo apenas ligados de forma diferente.

A reação química é um rearranjo dos átomos; logo, a quantidade de átomos presentes nos reagentes é a mesma que a dos produtos.

Importante

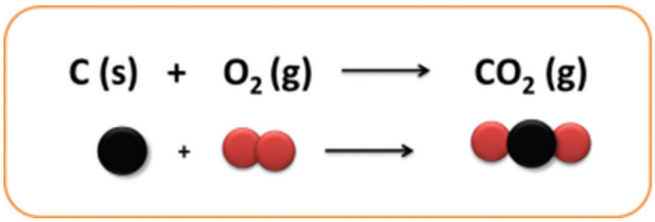


Figura 6: Nada se perde... tudo se transforma! Perceba na representação da reação química da queima do carvão, que os átomos são os mesmos, sendo apenas combinados de forma diferente para formar uma nova substância. Abaixo da equação química, veja uma representação esquemática dos átomos, que não possui escala e cujas cores são fantasiosas.

Fonte: Andrea Borges

Vamos ver mais um exemplo?

Na queima do gás natural – gás metano (CH_4) – na presença do gás oxigênio (O_2), forma-se dióxido de carbono (CO_2) e vapor d'água (H_2O). Nesta transformação, a energia liberada na forma de luz e calor indica a ocorrência de uma reação química (**Figura 7**).

Gás metano + gás oxigênio ⟶ dióxido de carbono + água

Figura 7: A reação do gás metano, presente no gás natural, com o gás oxigênio produz dióxido de carbono e vapor de água. Adaptação: Andrea Borges

Fonte: http://www.sxc.hu/photo/1340839 - Graham Briggs

Veja como fica a equação química representativa dessa reação química:

$$\underbrace{CH_4\,(g) + 2\,O_2\,(g)}_{\text{reagentes}} \longrightarrow \underbrace{CO_2\,(g) + 2\,H_2O\,(g)}_{\text{produtos}}$$

Você reparou que agora apareceram números antes das fórmulas das substâncias?

$$CH_4\,(g) + 2\,O_2\,(g) \longrightarrow CO_2\,(g) + 2\,H_2O\,(g)$$

Dessa forma, interprete-os assim: 1 molécula de gás metano reage com duas moléculas de gás oxigênio, produzindo 1 molécula de dióxido de carbono e 2 moléculas de água. Repare que, quando não vier número especificado antes da fórmula da substância, este indicará o número 1:

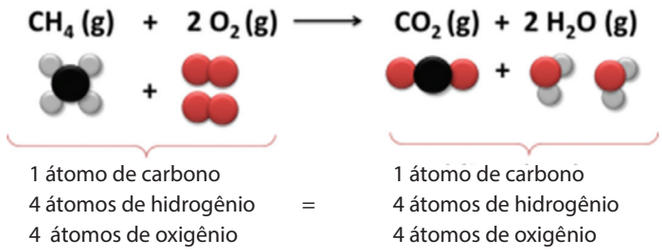
$$1\,CH_4\,(g) + 2\,O_2\,(g) \longrightarrow 1\,CO_2\,(g) + 2\,H_2O\,(g)$$

Os números colocados na frente das fórmulas, denominados "coeficientes", fornecem a quantidade de moléculas que participam da reação, indicando a proporção na qual a reação acontece.

Por que os coeficientes de uma equação são fundamentais?

Lembre-se de que uma reação química representa o rearranjo dos átomos, por isso, a quantidade destes deve ser a mesma antes e após a reação química. Perceba a importância dos coeficientes na **Figura 8**.

Esquema 1: a reação química com os coeficientes – repare que a quantidade dos átomos participantes é a mesma em ambos os lados das reações



Esquema 2: a reação química sem os coeficientes – neste caso, as quantidades dos átomos são diferentes, o que não é correto na representação de uma reação química.

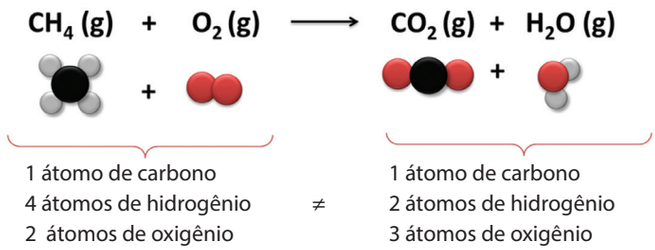


Figura 8: Os esquemas de átomos em uma equação química com e sem os coeficientes, respectivamente. Da mesma forma que em uma receita culinária aparecem a quantidade de xícaras e colheres de um dado ingrediente, nas equações químicas representamos a proporção das substâncias de uma reação química, pelos coeficientes da equação. Abaixo das equações químicas, veja uma representação esquemática dos átomos, a qual não possui escala e cujas cores são fantasiosas.
Autora: Andrea Borges

Mãos à obra: escreva uma equação química!

Atividade 1

Uma reação química está representada pelo seguinte esquema:

Represente esta reação através de uma equação química, sabendo que todas as substâncias estão no estado gasoso. Depois, faça a sua leitura, utilizando a seguinte legenda de esferas:

átomo de hidrogênio

átomo de nitrogênio

Obs: Representação esquemática dos átomos, sem escala e usando cores fantasiosas.

Lembre-se: faça em uma folha a parte

Seção 3
Os diferentes tipos de reações químicas

Podem-se ter diferentes tipos de reações químicas, dependendo das substâncias participantes das reações químicas. Veja os quatro tipos diferentes:

- Reação de adição
- Reação de decomposição
- Reação de deslocamento
- Reação de dupla-troca

Vamos conhecer melhor cada uma delas!

As reações de adição

Você já comeu aqueles doces de frutas cristalizadas com aquela casquinha crocante? É uma delícia, não?! Um dos ingredientes para a fabricação desses doces é a cal viva (ou água de cal) – óxido de cálcio (CaO) - que também é aplicada em pinturas (caiação) e também em argamassa.

Que tal um doce?

Qual é o segredo para a produção de doces de frutas cristalizadas? O site PontoCiência.org preparou um vídeo explicando.

Acesse: http://www.youtube.com/watch?v=1w7ylQ0owfk

Multimídia

Em uma das etapas de fabricação do doce, os pedaços de frutas ficam mergulhados na água de cal, quando o óxido de cálcio reage com a água, produz o hidróxido de cálcio – $Ca(OH)_2$ - que é pouco solúvel em água. Por isso, devemos coar a mistura, ficando em contato com a fruta, apenas a porção de hidróxido de cálcio que é dissolvida.

Veja a equação química que representa o processo:

$$CaO\,(s) + H_2O\,(l) \longrightarrow Ca(OH)_2\,(aq)$$

Repare que nessa equação juntamos as duas substâncias reagentes para forma apenas uma. Esse é um exemplo de reações de adição.

Uma reação que apresente dois ou mais reagentes e apenas um produto é denominada reação de adição ou síntese.

Reações de decomposição

Mas se você prefere um delicioso bolo...

Você conhece o bicarbonato de sódio? Ele é um dos componentes do fermento químico, utilizado nas receitas de bolo. Por que ele é utilizado?

Quando aquecido, o bicarbonato de sódio decompõe-se e libera vários gases que são responsáveis pelo aumento do volume da massa do bolo. Veja a equação química que representa esse fenômeno:

$$2\,NaHCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_3(s) + H_2O\,(\ell) + CO_2(g)\uparrow$$

Repare que, neste processo, teremos uma substância sendo dividida em outras substâncias menores. Esse tipo de transformação é chamada de reação de decomposição.

Uma reação que tiver um só reagente e dois ou mais produtos é classificada como reação de decomposição ou análise.

A mágica do crescimento do bolo!

http://www.labvirtq.fe.usp.br/simulacoes/quimica/sim_qui_magicadocrescimento.htm

Multimídia

Vulcão Químico

Atividade 2

Em um vulcão, construído de argila, adiciona-se magnésio metálico (Mg), em raspas e em pó, e dicromato de amônio [$(NH_4)_2Cr_2O_7$]. Ao acendê-lo, ocorrem as seguintes reações químicas que simulam a explosão de um vulcão:

Equação química 1: $(NH_4)_2Cr_2O_7\,(s) \rightarrow N_2\,(g) + Cr_2O_3\,(s) + 4H_2O\,(g)$

Equação química 2: $2\,Mg(s) + O_2\,(g) \rightarrow 2\,MgO\,(s)$

Classifique as duas reações representadas pelas equações químicas 1 e 2, justificando a sua resposta.

Observação: caso queira ver esse experimento, acesse: http://www.youtube.com/watch?v=WQapnvEtRX8&feature=player_embedded

Lembre-se: faça em uma folha a parte

Reações de deslocamento

Bem, chegou a hora da limpeza...

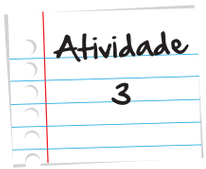
Você precisará da palha de aço para limpar as panelas. Mas o problema é que você a deixou em cima da pia e agora ela está completamente enferrujada, quebradiça e impossível de ser reutilizada.

Por que isso ocorre?!?!

Na composição da palha de aço está presente o ferro. Este sofre um processo, chamado de corrosão, processo natural de desgaste dos metais. Isto ocorre devido a vários fatores como: exposição à água, ácidos, bactérias, ar.

Mas será que todos os metais sofrem o mesmo tipo de processo? Imagine se a palha de aço fosse feita de ouro. Ela seria corroída? Digo a você: não seria! Outros metais, no entanto, como o sódio, não podem sequer entrar em contato com a água que rapidamente se transformam.

Por isso, dizemos que os metais possuem diferentes reatividades. Antes de continuar com a explicação sobre reações, pare e faça uma pequena atividade sobre reatividade.



Descobrindo a reatividade dos metais

Para responder a essa atividade, você precisará acessar a animação: Reatividade dos metais no endereço eletrônico:

http://condigital.ccead.puc-rio.br/condigital/index.php?option=com_content&view=article&id=519&Itemid=91

Realize todas as atividades propostas. Assim, você estará mais preparado para responder às seguintes questões:

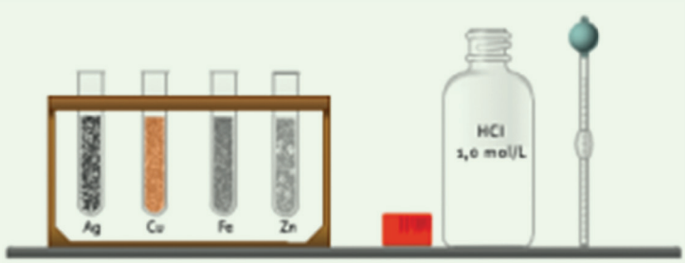
a. Quando você reagiu os metais com ácido clorídrico, o zinco (Zn) foi o primeiro metal a reagir, havendo a produção de um gás, segundo a reação.

$$Zn(s) + 2HC\ell\,(aq) \rightarrow ZnC\ell_2\,(aq) + H_2\,(g)\ell \uparrow$$

Depois foi o ferro. Seguindo esse exemplo, escreva a reação do ferro com o ácido clorídrico.

b. Você percebeu que o zinco reagiu assim que foi adicionado o ácido clorídrico, enquanto que o ferro precisou de aquecimento? Sendo assim, você saberia dizer qual o metal mais reativo, ferro ou zinco?

Atividade 3



Lembre-se: faça em uma folha a parte

Perceba, na explicação da animação, que nas reações de metais com ácidos, uma substância simples reage com uma composta, originando uma nova simples e outra composta. Esse tipo de reação é chamado reação de simples troca ou deslocamento.

Em uma reação de deslocamento ou simples troca, uma substância simples reage com uma substância composta, formando uma nova substância simples e uma nova substância composta.

Importante

Para o exemplo do zinco (Zn) com o ácido clorídrico (HCℓ), o metal desloca o cátion da substância composta, trocando de lugar com ele. Isso só ocorre, se o metal for mais reativo (**Figura 9**).

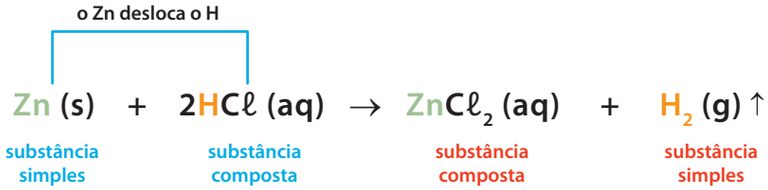


Figura 9: Na reação do Zn (substância simples) com o ácido clorídrico (substância composta), o Zn desloca o H, formando uma nova substância composta ($ZnC\ell_2$) e liberando uma nova substância simples (H_2). Essa reação só ocorre porque o zinco é mais reativo que o hidrogênio na fila de reatividade.

Metais nobres, como: o ouro, a prata, a platina, o paládio não reagem com o ácido clorídrico. Eles são raros e dificilmente sofrem a corrosão, sendo por isso mais caros, financeiramente, que os outros metais. São, dessa forma, considerados pouco reativos.

Alguns metais sofrem corrosão lentamente na presença de ar e umidade. Estes metais de reatividade intermediária compõem o grupo da família B (caso do ferro, zinco, níquel, cromo, manganês), além de alguns da família A (como o alumínio e o chumbo).

Existe também o grupo dos metais reativos, como os das famílias dos metais alcalinos (Grupo 1 Tabela Periódica), que possuem uma reatividade tão alta que reagem com a água e com o oxigênio do ar atmosférico. Estes são, por isso, guardados em líquidos inertes, como o querosene. Como exemplo, podemos citar o potássio, o sódio e o rubídio.

Mediante a realização de uma série de reações semelhantes, é possível escrever uma sequência de comparação de reatividades dos metais. Veja abaixo:

Importante

Fila de reatividade dos metais

K > Na > Li> Ca > Mg> Aℓ> Zn > Fe > Ni > Pb > H > Cu > Hg > Ag > Pt > Au

Esta fila de reatividade pode ser expressa de uma maneira simplificada:

Metais alcalinos e alcalinos terrosos > outros metais > H > metais nobres

A reatividade dos metais tem grande importância para a indústria que, através de seus pesquisadores, promove estudos para evitar o desgaste de peças, tanques ou tubulações metálicas.

Reações de dupla troca

Lembra-se do churrasco que você preparou? Ainda teve o doce de mamão cristalizado, o bolo de aniversário... E agora, para finalizar essa comilança, você está com azia...

Você logo procura tomar um antiácido efervescente. Antiácido!!!! Que nome estranho, não?

Chama-se assim porque ele consegue diminuir o excesso de ácido clorídrico, presente no **suco gástrico**, que dá a sensação de "queimação" no seu estômago.

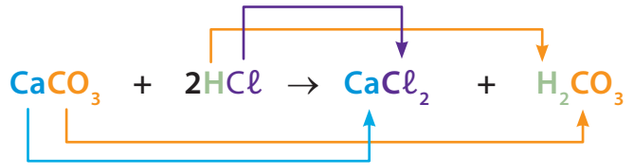
Suco gástrico

Secreção de natureza ácida, produzida pelas células do estômago que têm como principal função participar do processo de digestão dos alimentos.

Você já deve ter reparado que, quando você dissolve um desses comprimidos efervescentes em água, ocorre a liberação de um gás. Por que isso ocorre?

Uma reação química muito usada por pedreiros é a limpeza de mármore ($CaCO_3$) com ácido muriático (HCl). Nela, pode ser verificada a mesma produção de efervescência, que nada mais é do que a produção do dióxido de carbono - CO_2 (g).

Veja abaixo como podemos representar essa reação com o uso de uma equação química:



Mas e o desprendimento gasoso? Ele ocorre porque o ácido carbônico formado é uma substância instável. Ou seja, logo que ele é produzido na reação química, decompõe-se em água e dióxido de carbono. Veja:

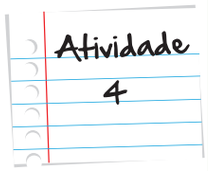
$$CaCO_3 + 2HC\ell \rightarrow CaC\ell_2 + H_2O + CO_2\uparrow$$

Repare também na equação que as novas substâncias são formadas através da troca dos átomos entre os dois reagentes, que são substâncias compostas. Neste caso, dizemos que houve uma reação de dupla troca.

Em uma reação de dupla troca, duas substâncias compostas dão origem a outras duas substâncias compostas através da troca dos cátions e dos ânions existentes.

Importante

Veja um outro exemplo de reação de dupla troca, fazendo a atividade 4.



Reações de precipitação

Durante uma reação de dupla troca, pode ocorrer a formação de uma substância pouco solúvel em água, ou seja, a formação de um sólido. Na linguagem química, dizemos que houve a formação de um precipitado.

Um exemplo desse tipo de reação, é a reação entre uma solução incolor de nitrato de chumbo II [$Pb(NO_3)_2$] com uma solução também incolor de iodeto de potássio (KI). Nessa reação, forma-se o nitrato de potássio (KNO_3) em solução aquosa e o iodeto de chumbo II (PbI_2), um sólido de cor amarelada.

Dizem que essa reação era muito usada por espiões durante a Segunda Guerra Mundial. Eles enviavam mensagens com uma tinta invisível, contendo uma solução de nitrato de chumbo. O destinatário revelava a mensagem com o iodeto de potássio, tornando a escrita visível, devido à formação do iodeto de chumbo II sólido.

Agora que você já sabe como a reação ocorre, descreva a equação química que representa a reação de precipitação do iodeto de chumbo, indicando as trocas que ocorrem nas substâncias reagentes.

Lembre-se: faça em uma folha a parte

Como você acabou de estudar, os átomos interagem entre si, realizando o que chamamos de reações químicas

As substâncias geradas a partir dessas reações podem, muitas delas, apresentar propriedades que são comuns umas às outras. Ao perceber esse detalhe, os químicos resolveram reunir as substâncias com características semelhantes em grupos que receberam o nome de funções químicas. Na próxima unidade, veremos quais os critérios utilizados para essa classificação, quais os tipos de funções existentes, e a importância delas para os diversos ramos da vida e do conhecimento. Não perca!

Resumo

- As transformações químicas ou reações químicas ocorrem quando há modificação da matéria e podem ser representadas por equações químicas.
- Nas equações químicas, os átomos que estão do lado dos produtos são os mesmos que do lado dos reagentes, apenas estão agrupados de forma diferentes, formando novas substâncias.
- As reações químicas são classificadas em quatro modos principais: adição, decomposição, deslocamento e dupla troca.
- As reações de adição ocorrem quando duas ou mais substâncias formam apenas uma nova substância.
- Já nas reações de decomposição, ocorre o inverso, o reagente é decomposto em novas substâncias.
- Nas reações de deslocamento, uma substância simples reage com uma substância composta formando uma nova substância simples e uma nova substância composta. Um exemplo importante é a reação dos metais com os ácidos, que só ocorrem quando o metal é mais reativo que o hidrogênio na fila de reatividade.
- As reações de dupla troca ocorrem entre duas substâncias compostas, havendo a formação de novas substâncias compostas. Um exemplo importante é a reação de precipitação que ocorre quando uma das substâncias formadas é pouco solúvel em água.

Veja ainda...

No portal do projeto Condigital da PUC – RJ, existem vários vídeos e animações sobre Reações Químicas, dentre os quais sugerimos:

- O Vídeo - Aí tem química: Reações Químicas http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/video/ai%20tem%20quimica/reacoes%20quimicas/Reacoes%20Quimicas/video%20para%20web/video.html < março de 2012>
- O vídeo – Reações químicas: episódio – Sabões http://condigital.ccead.puc-rio.br/condigital/index.php?option=com_content&view=article&id=102&Itemid=91 < março de 2012>
- Reações de precipitação http://condigital.ccead.puc-rio.br/condigital/index.php?option=com_content&view=article&id=580&Itemid=91 < março de 2012>

Referências

- BARROS, Augusto Aragão. BARROS, Elisabete Barbosa de Paula. **A Química dos Alimentos: produtos fermentados e corantes**. Coleção Química no Cotidiano – Volume 4. São Paulo – SBQ. 2010. Disponível em: http://www.quimica.seed.pr.gov.br/arquivos/File/AIQ_2011/quimica_alimentos.pdf acessado em março de 2012.
- HARTWIG, Dácio Rodney. SOUZA, Edson de. MOTA, Ronaldo Nascimento. **Química**: **Química geral e inorgância**. São Paulo: Scipione, 1999. 415p.
- LEMBO, Antônio. **Química**: **Realidade e Contexto**. V. 1: Química geral. São Paulo: Editora Ática, 1999. 472 p.
- MÓL, Gerson de Souza. SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos Santos. **Química Cidadã**: volume 1. São Paulo: Editora Nova Geração, 2010. 416 p.
- NARCISO Jr., Jorge L. JORDÃO, Marcelo P. P**rojeto Escola e Cidadania: Química**. São Paulo: Editora do Brasil, 2000.
- NOVAIS, Vera Lúcia Duarte de. **Química**. volume 1. São Paulo: Atual, 1999. 422 p.
- PERUZZO, Francisco Miragaia. CANTO, Eduardo Leite. **Química na abordagem do cotidiano**. 4ª Edição, volume 1. São Paulo; Moderna, 2010. 408 p.
- REIS, Martha. **Química**: **química geral: textos e atividades complementares**. São Paulo: FTD, 2007. 144p.
- SILVA, Eduardo Roberto da. NÓBREGA. Olímpio Salgado. SILVA. Ruch Rumiko Hashimoto. **Química**: **conceitos básicos**. Volume 1. 1.ed. São Paulo: Editora Ática. 384p.
- USBERCO, João. SALVADOR, Edgard. **Química, volume único**. 7.ed.reform. São Paulo: Saraiva, 2006.

Resposta da Tabela 1

Processo	Componentes do sistema	Estado inicial do sistema	Condições para ocorrer a transformação	Estado final do sistema
Queima da gasolina	Gasolina e ar atmosférico	Liquido levemente amarelado, com odor característico; gases incolores e inodoros	Fornecer calor para iniciar o processo	Gases inodoros e incolores; algumas vezes, fumaça preta.
A sublimação da naftalina	Bolinhas de naftalina	Sólido branco de odor característico	Processo espontâneo, ou seja, ocorre naturalmente	As bolinhas de naftalina diminuem de tamanho, espalhando pelo ambiente o seu odor característico, indicando a passagem do estado líquido para o estado gasoso.
Adição de comprimido efervescente à água	Água e o comprimido efervescente	Líquido incolor, inodoro, insípido; sólido branco	Durante o processo, ocorre a liberação de gases	Líquido incolor, presença de bolhas, sabor levemente salgado
Corrosão de um prego	Prego, água e oxigênio	Material sólido rígido e brilhante	Aparecimento de pós castanho-avermelhado	Pó castanho-avermelhado facilmente removível da superfície do prego; sólido quebradiço e fosco

Atividade 1

Equação química: $N_2\,(g) + 3\,H_2\,(g) \longrightarrow 2\,NH_3\,(g)$

Leitura: uma molécula de gás nitrogênio reage com 3 moléculas de gás hidrogênio produzindo 2 moléculas de gás amônia.

Respostas das Atividades

Atividade 2

A equação 1 representa uma reação de decomposição, pois um reagente se decompõe em várias outras substâncias.

A equação 2 representa uma reação de adição, pois ocorre a união de duas substâncias, formando apenas uma substância.

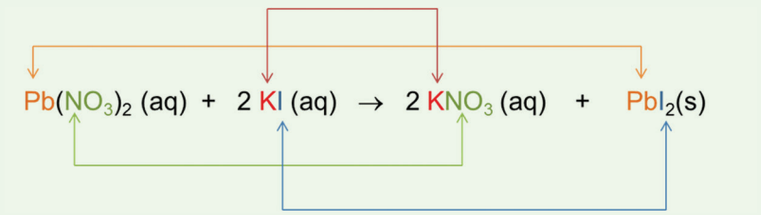
Atividade 3

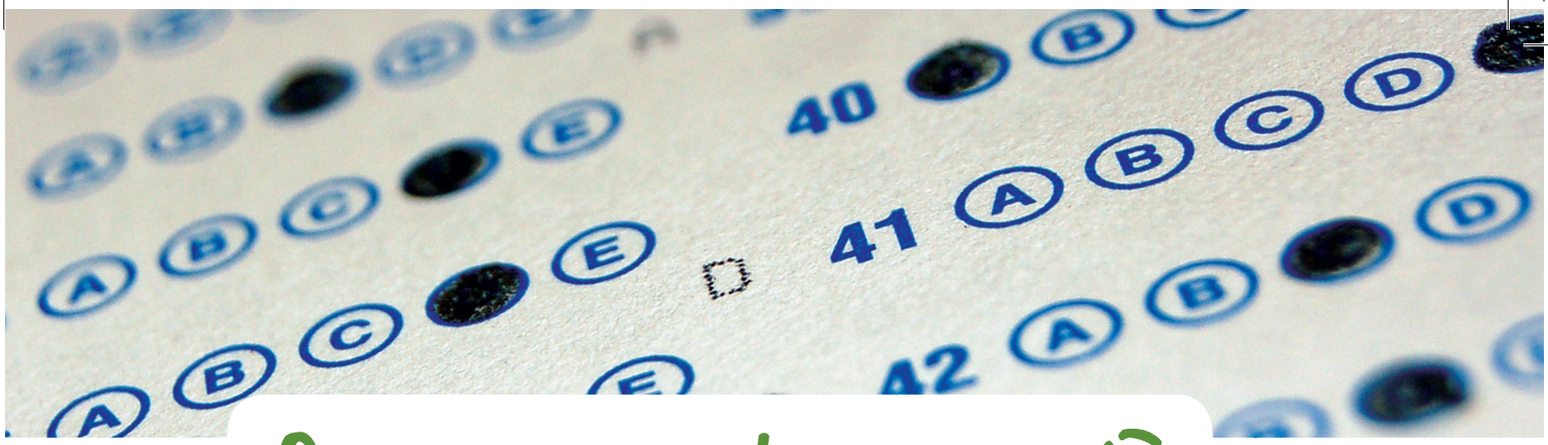
a) $Fe\,(s) + 2HCl\,(aq) \longrightarrow FeCl_2\,(aq) + H_2\,(g)\uparrow$

b) Como o zinco reagiu mais rapidamente, ele será um metal mais reativo que o ferro.

Atividade 4

A reação descrita pode ser representada pela equação:





O que perguntam por aí?

Questão 1 (Enem 2010)

> *"Cientistas da Austrália descobriram um meio de produzir roupas que se limpam sozinhas. A equipe de pesquisadores usou nanocristais de dióxido de titânio (TiO_2) que, sob ação da luz solar, são capazes de decompor as partículas de sujeira na superfície de um tecido. O estudo apresentou bons resultados com fibras de algodão e seda. Nesses casos, foram removidas manchas de vinho, bastante resistentes. A nanocamada protetora poderá ser útil na prevenção de infecções em hospitais, uma vez que o dióxido de titânio também mostrou ser eficaz na destruição das paredes celulares de microrganismos que provocam infecções. O termo "nano" vem da unidade de medida nanômetro, que é a bilionésima parte de 1 metro."*

Veja. Especial Tecnologia. São Paulo: Abril, set. 2008 (adaptado).

A partir dos resultados obtidos pelos pesquisadores em relação ao uso de nanocristais de dióxido de titânio na produção de tecidos e considerando uma possível utilização dessa substância no combate às infecções hospitalares, pode-se associar que os nanocristais de dióxido de titânio:

a) são pouco eficientes em ambientes fechados e escuros.

b) possuem dimensões menores que as de seus átomos formadores.

c) são pouco eficientes na remoção de partículas de sujeira de natureza orgânica.

d) destroem microrganismos causadores de infecções, por meio de osmose celular.

e) interagem fortemente com material orgânico devido à sua natureza apolar.

Gabarito: Letra A.

Comentário: Os nanocristais de dióxido de titânio são capazes de decompor as partículas de sujeira na superfície de um tecido, através de uma reação química, sob ação da luz solar. Sendo assim, são pouco eficientes em ambientes fechados e escuros.

Texto para as questões 2 e 3:

"Produtos de limpeza, indevidamente guardados ou manipulados, estão entre as principais causas de acidentes domésticos. Leia o relato de uma pessoa que perdeu o olfato por ter misturado água sanitária, amoníaco e sabão em pó para limpar um banheiro:

A MISTURA FERVEU E COMEÇOU A SAIR UMA FUMAÇA ASFIXIANTE. Não conseguia respirar e meus olhos, nariz e garganta começaram a arder de maneira insuportável. Saí correndo à procura de uma janela aberta para poder voltar a respirar."

Questão 2 (Enem 2003)

O trecho destacado no texto poderia ser reescrito, em linguagem científica, da seguinte forma:

a) As substâncias químicas presentes nos produtos de limpeza evaporaram.

b) Com a mistura química, houve produção de uma solução aquosa asfixiante.

c) As substâncias sofreram transformações pelo contato com o oxigênio do ar.

d) Com a mistura, houve transformação química que produziu rapidamente gases tóxicos.

e) Com a mistura, houve transformação química, evidenciada pela dissolução de um sólido.

Gabarito: Letra D.

Comentário: O trecho destacado no texto poderia ser reescrito, em linguagem científica, da seguinte forma: Com a mistura, houve transformação química que produziu rapidamente gases tóxicos, pois é citada uma "fervura" (liberação de gases) e uma "fumaça asfixiante" (gases tóxicos).

Questão 3 (Enem 2003)

Entre os procedimentos recomendados para reduzir acidentes com produtos de limpeza, aquele que deixou de ser cumprido, na situação discutida no texto, foi:

a) Não armazene produtos em embalagens de natureza e finalidade diferentes das originais.

b) Leia atentamente os rótulos e evite fazer misturas cujos resultados sejam desconhecidos.

c) Não armazene produtos de limpeza e substâncias químicas em locais próximos a alimentos.

d) Verifique, nos rótulos das embalagens originais, todas as instruções para os primeiros socorros.

e) Mantenha os produtos de limpeza em locais absolutamente seguros, fora do alcance de crianças.

Gabarito: Letra B

Comentário: Devemos evitar misturas de componentes desconhecidos que podem reagir produzindo substâncias tóxicas.

Questão 4 (Enem 2004)

Ferramentas de aço podem sofrer corrosão e enferrujar. As etapas químicas que correspondem a esses processos podem ser representadas pelas equações:

$$Fe + H_2O + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow Fe(OH)_2$$
$$Fe(OH)_2 + \frac{1}{2}H_2O + \frac{1}{4}O_2 \rightarrow Fe(OH)_3$$
$$Fe(OH)_3 + nH_2O \rightarrow Fe(OH)_3 . nH_2O \ (\text{ferrugem})$$

Uma forma de tornar mais lento esse processo de corrosão e formação de ferrugem é engraxar as ferramentas. Isso se justifica porque a graxa proporciona:

a) lubrificação, evitando o contato entre as ferramentas.

b) impermeabilização, diminuindo seu contato com o ar úmido.

c) isolamento térmico, protegendo-as do calor ambiente.

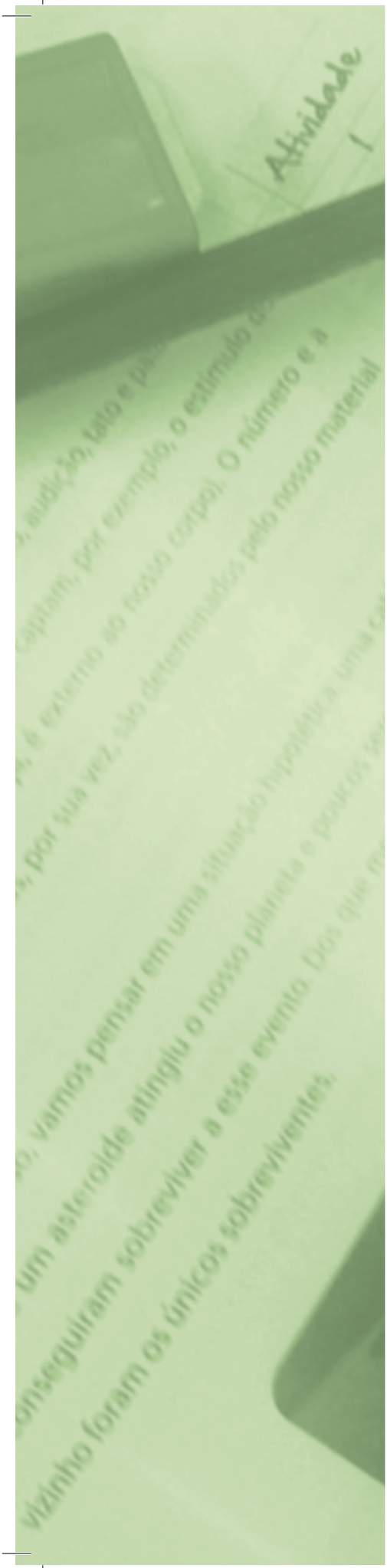
d) galvanização, criando superfícies metálicas imunes.

e) polimento, evitando ranhuras nas superfícies.

Gabarito: Letra B

Comentário: A graxa forma uma camada de proteção (camada apassivadora) que dificulta o contato do ferro com o oxigênio e o vapor de água presentes no ar e, consequentemente, a ocorrência da transformação química.

http://www.labvirtq.fe.usp.br/simulacoes/quimica/sim_qui_bolo.htm <março de 2012>



Funções Químicas Inorgânicas

Para início de conversa...

Você já deve ter ouvido, alguma vez na vida, alguém dizer que "Nós somos o que nos comemos!". Mas afinal, o que as pessoas querem dizer com isso?

Tudo o que comemos é constituído por substâncias diversas e elas podem ser classificadas por suas funções biológicas. Isso quer dizer que elas atuam de uma dada maneira no corpo, seja providenciando energia, seja fazendo parte da sua construção. Dessa forma, no caso de um atleta de alta performance, por exemplo, a melhor combinação alimentar é aquela que permite que seu corpo se molde à atividade que ele exerce e também que funcione 100% de sua capacidade.

As substâncias que ingerimos em nossa alimentação também podem ser classificadas, quanto às suas funções químicas. Vamos pensar na mais simples dessas substâncias: a água. Ela é um dos óxidos mais importante de toda a natureza e essencial à vida.

Tal substância é formada por três átomos, sendo dois do elemento químico hidrogênio e um do elemento oxigênio e, portanto, a sua fórmula química é H_2O.

O nome hidrogênio surgiu devido ao fato de ele participar da composição da água. Dê uma olhada:

Hidrogênio ➔ hidro = água; gen = gerador ➔ gerador de água

O elemento químico oxigênio recebeu esta denominação por estar presente nos muitos compostos químicos inorgânicos, denominados ácidos. Veja:

Oxigênio ➔ oxi = ácido; gen = gerador ➔ gerador de ácido

Um desses compostos ácidos, que deve estar presente na alimentação humana e que aposto como você conhece muito bem, é a vitamina C. O nome químico dela é ácido ascórbico e a sua fórmula química é $C_6H_8O_6$.

Essa substância participa de uma infinidade de reações químicas em nosso corpo e está relacionada à saúde do nosso **sistema imunológico**. Quem, estando com aquela gripe, nunca ouviu alguém dizer: "já tomou a sua vitamina C hoje?"

Sistema imunológico

Conjunto de órgãos e tipos de células responsáveis pela defesa do organismo vivo.

Figura 1: No suco de laranja, há uma boa quantidade de vitamina C, uma substância ácida, usada por nosso organismo para se fortalecer contra algumas doenças, como a gripe e o resfriado.

Fonte: http://www.flickr.com/photos/viajeados/6824725595/ - María Durán

Bom, mas creio que falei demais sobre dois tipos de funções químicas que você ainda não conhece, os óxidos e os ácidos, não estou certo? Então, vamos ao estudo desta unidade, onde além destas, você aprenderá sobre outras funções químicas: as bases e os sais.

Objetivos de aprendizagem

- Identificar as seguintes funções químicas inorgânicas: ácidos, bases, óxidos e sais.
- Reconhecer a importância das mais diversas substâncias químicas quando de seus usos na vida cotidiana, na Medicina, na indústria e na evolução do conhecimento científico.
- Correlacionar as fórmulas químicas das diversas substâncias com as suas respectivas nomenclaturas.

Seção 1
Ácido e base, o que são exatamente?

Ácidos são os compostos químicos inorgânicos, formados por dois ou mais elementos químicos, sendo que na sua parte positiva só se encontra o cátion hidrogênio (H^+). Do ponto de vista técnico, temos que ácido é toda e qualquer substância que, em solução aquosa, é capaz de sofrer **ionização** e formar como único íon positivo, o cátion hidrônio (H_3O^+) ou, simplificadamente, cátion hidrogênio (H^+).

Ionização

Fenômeno pelo qual as substâncias, em solução aquosa, são capazes de formar íons. E o exemplo clássico são os ácidos. Convém ressaltar que os íons podem se associar, regenerando os compostos iniciais.

Exemplos de ácidos:

- Ácido clorídrico: $HC\ell \leftrightarrow H^+ + C\ell^-$ (ânion cloreto)
- Ácido nítrico: $HNO_3 \leftrightarrow H^+ + NO_3^-$ (ânion nitrato)
- Ácido carbônico: $H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$ (ânion bicarbonato)

  $HCO_3^- \leftrightarrow H^+ + CO_3^{2-}$ (ânion carbonato)
- Ácido sulfúrico: $H_2SO_4 \leftrightarrow 2\,H^+ + SO_4^{2-}$ (ânion sulfato)

Alguns ácidos são possíveis de ser ingeridos. Por exemplo, quem nunca adicionou vinagre numa salada às refeições? Ele, na verdade, é uma solução de ácido acético, um ácido fraco. E quem nunca bebeu uma limonada? O ácido cítrico está presente no limão e nas frutas cítricas.

Repare que foi falado em ácido fraco. Existem ácidos fracos e fortes. O ácido forte é aquele que é ionizado muito, ou seja, apresenta grande concentração do cátion hidrogênio (H^+) em solução e ácido fraco ioniza-se pouco, possui baixa concentração desse cátion.

Exemplos de ácidos fortes:

- $HC\ell$ (ácido clorídrico);
- HNO_3 (ácido nitrico);
- H_2SO_4 (ácido sulfúrico)

Exemplos de ácidos fracos:

- H_2CO_3 (ácido carbônico);
- HNO_2 (ácido nitroso);
- HCN (ácido cianídrioc).

Mas é importante que você saiba que existem muitos ácidos que não podem ser manuseados, pois podem provocar graves lesões na pele, então tome bastante cuidado! E para evitar quaisquer acidentes, é importante saber reconhecer um ácido. Mas como?

Antes de responder a essa pergunta, conheça outro composto químico inorgânico: as bases. Elas são formadas por três elementos químicos, sendo que na sua parte negativa só se encontra o ânion hidroxila (OH^-). Portanto, do ponto de vista técnico, temos que base ou hidróxido é toda e qualquer substância que em solução aquosa é capaz de sofrer **dissociação iônica** e formar como único íon negativo o ânion hidroxila ou hidróxido.

Dissociação iônica

Fenômeno pelo qual as substâncias iônicas, em fusão ou em solução aquosa, são capazes de separar os seus íons. E os exemplos clássicos são os hidróxidos ou bases e os sais. Nesse processo, também ocorre a reversibilidade, ou seja, os íons podem regenerar as substâncias iniciais.

Exemplos de bases:

- Hidróxido de sódio: $NaOH \leftrightarrow Na^+ + OH^-$
- Hidróxido de amônio: $NH_4OH \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-$
- Hidróxido de cálcio: $Ca(OH)_2 \leftrightarrow Ca^{2+} + 2\ OH^-$

Algumas bases podem até ser ingeridas. Por exemplo, o hidróxido de magnésio, conhecido comercialmente como leite de magnésia, pode ser usado como laxante ou até mesmo, em doses moderadas, como um antiácido, isto é, uma substância capaz de combater a excessiva acidez estomacal.

Do ponto de vista farmacêutico, o hidróxido de alumínio pode ser ingerido para combater a azia estomacal ao neutralizar a acidez neste órgão, podendo, até mesmo, evitar a formação de úlceras.

Convém ressaltar que bases fortes são aquelas que se dissociam muito, apresentando uma alta concentração de ânion hidroxila (OH^-) em seleção e bases fracas dissociam-se pouco, resultando em baixa concentração do ânion hidroxila.

Exemplos de bases fortes (bases dos metais alcalinos e alcalinos terrosos):

- NaOH (hidróxido de sódio);

- KOH (hidróxido de potásio);
- $Ca(OH)_2$ (hidróxido de cálcio).

Exemplos de bases fracas (as bases dos outros metais e do cátion amônio (NH_4^+)):

- NH_4OH (hidróxido de amônio);
- AgOH (hidróxido de prata);
- $A\ell(OH)_3$ (hidróxido de alumínio).

De maneira análoga aos ácidos, muitas bases não podem ser manuseadas, pois podem provocar lesões na pele. E, para evitar quaisquer acidentes, é importante também saber reconhecer uma base. Mas como?

Pode-se identificar um ácido ou uma base de algumas maneiras. Uma delas é pela utilização de uma das **propriedades organolépticas**.

Propriedades organolépticas

São as propriedades das substâncias que podem ser caracterizadas pelos órgãos dos sentidos. Servem de exemplos: o brilho, a cor, o estado físico, o cheiro, o paladar, a textura etc.

Por exemplo, para diferenciar o cloreto de sódio (sal de cozinha: $NaC\ell$) da glicose (açúcar: $C_6H_{12}O_6$) basta provar um pouco dos dois. O primeiro tem um sabor salgado, enquanto o segundo tem um sabor doce. Para diferenciar uma barra de prata (Ag) de uma barra de ouro (Au) basta perceber as colorações das duas barras, a primeira tem uma cor acinzentada e a segunda uma coloração amarelada.

No entanto, você tem de concordar que fica mais complicado de se diferenciar duas soluções líquidas e incolores, sendo uma de ácido clorídrico ($HC\ell$) e outra de hidróxido de sódio (NaOH). E, para tal, podemos lançar mão de outros de nossos sentidos: o sabor ou o tato. Provando-se uma solução diluída do ácido, percebe-se um sabor azedo, enquanto provando-se uma solução diluída de hidróxido nota-se um sabor amargo. Ainda, usando-se o tato, percebe-se que a solução da base é gordurosa e escorregadia, enquanto que a solução do ácido não é gordurosa.

Convém ressaltar para você, que está estudando os ácidos e as bases, que solução diluída é aquela que apresenta uma grande quantidade de água. Ninguém pode tocar uma solução de ácido clorídrico puro, conhecido comercialmente como ácido muriático. Essa substância é tão forte que é usada para limpezas de metais e no desentupimento de esgotos. Por outro lado, ninguém pode tocar uma pastilha de hidróxido de sódio puro, conhecido comercialmente como soda caústica. Tal substância é usada na indústria na fabricação de papel, tecidos, sabões e detergentes e, do ponto de vista doméstico, é usada na desobstrução de encanamentos domésticos porque consegue dissolver gorduras. Além dessas, muitos ácidos e bases estão presentes no nosso dia a dia, como você pode ver na Tabela 1.

Tabela 1 – Ácidos e bases presentes em nossa vida e na economia do mundo, suas fórmulas e aplicações.

Fórmulas	Nomes	Usos e aplicações
H_2CO_3	Ácido carbônico	Ácido proveniente da hidratação do gás carbônico – CO_2.
HNO_2	Ácido nitroso	Ácido fraco que pode ser obtido, juntamente com o ácido nítrico, pela reação da soda cáustica com o dióxido de nitrogênio – NO_2.
HNO_3	Ácido nítrico	Ácido forte, conhecido há séculos pelo homem, e que se tornou um produto químico importante em nossa economia por causa da sua grande aplicabilidade na formação de uma série de outros produtos. A forma mais antiga de se obter esse ácido é pelo tratamento do nitrato de sódio – $NaNO_3$ – com ácido sulfúrico – H_2SO_4.
H_2SO_3	Ácido sulfuroso	Ácido fraco proveniente da hidratação do gás sulfuroso, sendo uma das substâncias formadores da chuva ácida.
H_2SO_4	Ácido sulfúrico	Ácido forte produzido pela absorção de água por parte do gás sulfúrico, também se constituindo numa das substâncias formadoras da chuva ácida.
H_3PO_4	Ácido fosfórico	Dentre os vários ácidos do fósforo esse é o mais importante; é um ácido fraco, mas de grande aplicabilidade principalmente nas indústrias de fertilizantes, de produção de sal para alimentação animal, de bebidas e na farmacêutica.
KOH	Hidróxido de potássio	Base forte conhecida comercialmente como *potassa cáustica*, material com características bastante semelhantes às da *soda cáustica*.
NH_4OH	Hidróxido de amônio	Base fraca conhecida comercialmente como *amônia líquida* ou simplesmente *amônia*; consiste na dissolução do *gás amoníaco – NH_3* – em água.
$Ca(OH)_2$	Hidróxido de cálcio	Base forte conhecida como *cal hidratada*, *cal apagada* ou *cal extinta*; além da aplicação comentada em relação ao óxido de cálcio (vide principais óxidos), pode ser usada no tratamento de água e de efluentes; está presente nas tintas, argamassas e gesso.
$Zn(OH)_2$	Hidróxido de zinco	Base fraca de caráter *anfótero*, ou seja, pode reagir com ácidos assim como com outras bases; utilizado como absorvente em curativos cirúrgicos.
$Aℓ(OH)_3$	Hidróxido de alumínio	Base fraca de caráter *anfótero*, ou seja, de maneira semelhante ao hidróxido de zinco pode reagir com ácidos e com bases; medicinalmente é usado como antiácido, pois é capaz de reagir com o ácido clorídrico estomacal e reduzir a acidez do órgão.

Fonte: Marco Antonio da Costa

Outra maneira de diferenciar o ácido da base, com muito mais segurança do que a com base no sabor é a utilização de outras substâncias, denominadas indicadores, como, por exemplo, o repolho roxo e o tornassol. Vamos ver como elas funcionam?

Seção 2
Uma verdura como o repolho tem alguma aplicação na Química?

Uma das maneiras mais usadas, do ponto de vista químico, para diferenciar um ácido de uma base é pela utilização dos chamados indicadores. Eles são substâncias que, mesmo em pequenas quantidades, são capazes de mudar de coloração, quando se altera a acidez ou a basicidade de um sistema químico.

O indicador tornassol, por exemplo, é uma substância que apresenta uma coloração vermelha em presença de um ácido e uma coloração azul em presença de uma base. O papel vermelho de tornassol continuará vermelho em meio ácido, mas passará a azul, quando em meio básico. Em contrapartida, o papel azul de tornassol permanecerá com esta coloração em meio básico, mas passará a vermelho, quando em meio ácido.

O indicador denominado fenolftaleína, em uma solução alcoólica incolor, permanecerá desta maneira quando em presença de um ácido. Porém, quando em presença de uma base passará a assumir uma coloração rósea-avermelhada.

Um dos indicadores mais naturais que se tem conhecimento é o suco do vegetal repolho roxo que, em meio neutro, apresenta-se roxo-azulado. Ao se adicionar um ácido, ele se torna avermelhado e pela adição de uma base produz uma coloração que varia do azul ao amarelo, passando pelo verde.

Figura 2: Escala de acidez e basicidade (**pH**) utilizando o suco de repolho roxo.

pH

pH é uma escala numérica que irá apontar a acidez ou a alcalinidade (basicidade) de uma substância ou de uma solução. A água, por exemplo, e a solução de cloreto de sódio são sistemas considerados neutros e, portanto, o valor do pH será igual a 7.

Uma solução de ácido clorídrico, por sua vez, apresentará um pH menor que 7, pois esta é a região da escala que caracteriza as soluções ácidas (entre 0 e 7). Quanto menor for o valor do pH, mais ácida será a solução.

Uma solução de hidróxido de sódio irá apresentar um pH maior que 7, pois esta é a região da escala que identifica as soluções básicas (entre 7 e 14). Pode-se afirmar que quanto maior for o valor do pH, mais básica será a solução.

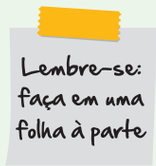
Saiba Mais

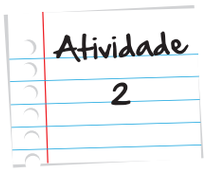
Utilização do papel de tornassol

A) Em três copos de vidro foram colocados 50 mL de água filtrada, 50 mL de ácido clorídrico e 50 mL de hidróxido de sódio. Os copos foram mudados de posição e receberam numeração (1, 2 e 3):

- No copo de número 1, mergulhou-se uma tira de papel azul de tornassol e nada aconteceu; mergulhou-se uma tira de papel vermelho de tornassol e ele tornou-se azulado.
- No copo de número 2, mergulhou-se uma tira de papel azul de tornassol e nada aconteceu; mergulhou-se uma tira de papel vermelho de tornassol e também nada aconteceu.
- No copo de número 3, mergulhou-se uma tira de papel vermelho e nada aconteceu; mergulhou-se uma tira de papel azul e ele tornou-se avermelhado.

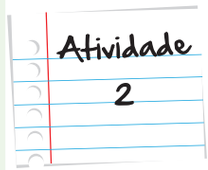
Pergunta-se: quais os conteúdos dos copos 1, 2 e 3?





Utilização do repolho roxo como indicador ácido-base

É a hora de transformar a sua cozinha em um verdadeiro laboratório químico! Vamos usar um vegetal bastante conhecido e que foi já mencionado para testar o pH de alguns itens que você usa no dia a dia. Sendo assim, vamos ao preparo da solução de repolho roxo.



Separe o material necessário:

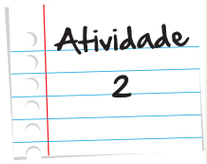
– Meia cabeça de repolho roxo (folhas frescas e bem escuras);
– Picador de legumes (ou faca);
– Papel de filtro (pode ser de coar café);
– Copinhos pequenos de plástico;
– Panela;
– Colher de pau;
– Fogão a gás;
– Funil;
– Conta-gotas.

Amostras necessárias:

- suco de laranja
- amoníaco
- sabonete
- água filtrada
- suco de abacaxi
- suco de limão
- detergente incolor
- sabão em pedra
- vinagre incolor

Procedimento:

1. Corte manualmente ou pique as 6 folhas de repolho roxo em pedaços pequenos.
2. Coloque os pedaços de repolho na panela.
3. Cubra completamente com água os pedaços de repolho.
4. Aqueça a panela com o repolho até a fervura, agitando, de vez em quando, durante 20 a 30 minutos ou até o líquido adquirir uma cor roxa escura.
5. Desligue o fogo e deixe o recipiente, e seu conteúdo resfriar por 30 minutos.
6. Retire os pedaços de repolho, usando o funil e o papel de filtro.
7. Recolha o líquido filtrado em frasco limpo.
8. Separe nos copinhos plásticos cada uma das amostras.
9. Adicione a cada copinho algumas gotas do suco de repolho roxo (indicador) a cada solução e na água filtrada.
10. Compare as cores de cada solução com a escala da Figura 2.



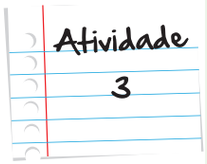
Observação: O pH = 7 indica uma solução neutra; o pH < 7 indica uma solução ácida; o pH > 7 indica uma solução básica.

Agora, responda: as amostras testadas apresentam caráter ácido, neutro ou básico?

Lembre-se: faça em uma folha à parte

Seção 3
Uma nova função: os sais

Você já deve ter escutado a expressão "neutralizar a acidez", comum em propagandas de medicamentos contra má-digestão e xampus. Mas ao que ela se refere? Para responder a isso, vamos começar fazendo um experimento bem simples?



Descobrindo o que é um antiácido.

Compre um comprimido de antiácido na farmácia e, em casa, dissolva-o em meio copo de água. Em seguida, misture a essa solução o indicador de repolho roxo que você preparou na Atividade 2. Em seguida, adicione gotas de vinagre até que você obtenha uma mudança de coloração. Após isso, responda:

a. Através da adição do indicador, você pode dizer que a solução resultante na dissolução do comprimento de antiácido em água é básica ou ácida?

b. O que indica a mudança de coloração ocorrida com a adição do vinagre?

Lembre-se: faça em uma folha à parte

O que você acabou de fazer é um exemplo de um dos mais importantes tipos de reações químicas que ocorrem na Natureza: a reação de neutralização! Esse tipo de reação é classificado como reação de dupla troca, como você estudou na unidade anterior.

Quando se adiciona um ácido a uma base, um tende a anular a ação do outro, por isso, essa transformação é chamada de reação de neutralização. Mas como ela ocorre?

Como vimos, em meio aquoso, os ácidos liberam íons H^+, e as bases íons OH^-:

ácido $\rightarrow H^+$ + ânion base $\rightarrow$ cátion + OH^-

Portanto, quando um ácido reage com uma base, seus íons (H^+ e OH^-) são capazes de formar água, caracterizando a reação de neutralização.

Assim, os caracteres ácido e básico deixam de existir, reagindo entre si.

$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

Veja outro exemplo na **Figura 3**: a reação do ácido clorídrico ($HC\ell$) com o hidróxido de sódio (NaOH), que forma cloreto de sódio e água.

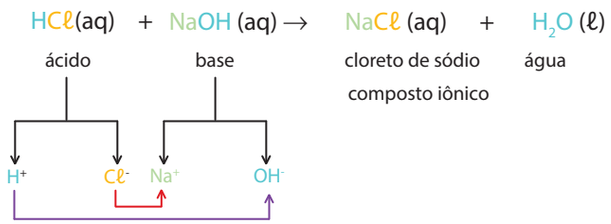


Figura 3: Na reação do ácido clorídrico com o hidróxido de sódio, forma-se cloreto de sódio e água, devido à neutralização do ácido pela base e vice-versa.

Fonte: Andrea Borges

Se após essa reação, evaporarmos toda a água, restará no fundo do recipiente um sólido branco, que nada mais é do que o sal de cozinha.

Observando com atenção a fórmula do cloreto de sódio ($NaC\ell$), constatamos dois fatos importantes:

- O $\underline{Na}C\ell$ possui o cátion igual ao cátion da base: $\underline{Na}OH$;
- O $Na\underline{C\ell}$ possui o ânion igual ao ânion do ácido: $H\underline{C\ell}$.

Em toda a reação de neutralização, o cátion proveniente da base e o ânion proveniente do ácido formam um composto iônico que pertence a um grupo de substâncias químicas, chamadas de sais.

Importante

Sal é uma substância iônica cujo cátion é derivado de uma base e o ânion de um ácido.

Os sais geralmente apresentam sabor salgado, são sólidos, pois são compostos iônicos, e são compostos de fundamental importância no nosso dia a dia (Tabela 2). No mar, existem vários sais dissolvidos, como cloreto de sódio, cloreto de magnésio, sulfato de magnésio e sais não dissolvidos, como o carbonato de cálcio, que forma os corais e as conchas. Em média, cada litro de água do mar, quando evaporada, produz 35 g de sais dissolvidos, sendo desse total, 27 gramas de cloreto de sódio (77%).

Tabela 2: Outros exemplos de sais muito usados em nosso cotidiano.

Fórmulas	Nomes	Usos e aplicações
KNO_3	Nitrato de potássio	Sólido branco solúvel em água que entra na composição da pólvora comum; utilizado em fertilizantes.
KCℓ	Cloreto de potássio	Sólido branco solúvel em água que entra na composição de adubos servindo como fonte de potássio para as plantas.
NaCℓO	Hipoclorito de sódio	Sólido branco solúvel em água que consiste na parte ativa da água sanitária; libera cloro com facilidade e disso decorre o seu poder bactericida e alvejante. As larvas do *Aedes aegypti* – mosquito transmissor da dengue e da febre amarela não se desenvolve quando a água contém esse sal.
$CuSO_4$	Sulfato de cobre II ou sulfato cúprico	Sólido azul solúvel em água empregado como fungicida em águas de piscina e na agricultura.
$NaHCO_3$	Hidrogeno carbonato de sódio ou carbonato ácido de sódio	Sólido branco também conhecido como bicarbonato de sódio é usado na culinária e como antiácido para o combate da azia estomacal.

Fonte: Marco Antonio da Costa

O nome dos sais

Como todos os sais são compostos iônicos, para nomeá-los, basta conhecer o nome do cátion e do ânion.

Exemplos:

• Ânion $Cℓ^-$: cloreto

- NaCℓ: cloreto de sódio KCℓ: cloreto de potássio - $MgCℓ_2$: cloreto de magnésio

• Ânion NO_3^-: nitrato

- $NaNO_3$: nitrato de sódio - KNO_3: nitrato de potássio - $Mg(NO_3)_2$: nitrato de magnésio

• Ânion SO_4^{2-}: sulfato

- Na_2SO_4: sulfato de sódio - K_2SO_4: sulfato de potássio - $MgSO_4$: sulfato de magnésio

• Ânion CO_3^{2-}: carbonato

- Na_2CO_3: carbonato de sódio - K_2CO_3: carbonato de sódio - $MgCO_3$: carbonato de magnésio

Saiba Mais

Os sais

Atividade 4

Complete as reações de neutralização abaixo com as fórmulas das substâncias disponíveis na tabela. Siga o exemplo:

Bases	Ácidos	Sais
~~KOH~~	HCℓ	$CuSO_4$
NaOH	HNO_3	NaCℓO
$Mg(OH)_2$	H_2SO_4	Na_3PO_4

a. $NaOH + HCℓ \rightarrow NaCl + H_2O$

b. $NaOH + HCℓO \rightarrow$ _____ $+ H_2O$

c. _____ + _____ $\rightarrow MgSO_4 + 2\ H_2O$

Atividade 4

d. $Cu(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow$ _____ $+ 2\ H_2O$

e. $3\ NaOH + H_3PO_4 \rightarrow$ _____ $+ 3\ H_2O$

f. _____ + _____ $\rightarrow KNO_3 + H_2O$

Lembre-se: faça em uma folha à parte

Multimídia

Saiba mais sobre as reações ácido-base

Acesse o *link* abaixo e veja o vídeo que apresenta algumas considerações sobre as reações ácido-base e sobre a acidez, e a alcalinidade de algumas substâncias e soluções aquosas.

http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/video/ai%20tem%20quimica/funcoes%20inorganicas/acidos-Bases/video%20para%20web/video.html

Seção 4

Como classificar as substâncias água e gás carbônico?

Óxidos são compostos químicos inorgânicos binários oxigenados, isto é, compostos formados por dois elementos químicos, sendo um deles, obrigatoriamente, o oxigênio.

Existem vários tipos de óxidos, dentre os quais se destacam os óxidos ácidos ou anidridos e os óxidos básicos. Os primeiros são aqueles que, quando hidratados, ou seja, quando adicionada água em seu meio, produzem compostos denominados ácidos. Já os últimos produziriam, pelo mesmo processo de hidratação, os compostos denominados hidróxidos ou bases. Os hidróxidos são os compostos químicos inorgânicos formados por três elementos químicos (compostos ternários) sendo que na sua parte negativa só se encontra o ânion hidroxila (OH^-).

Óxidos ácidos + H_2O ➔ Ácidos

Exemplo: CO_2 (gás carbônico) + H_2O ➔ H_2CO_3 (ácido carbônico)

Óxidos básicos + H_2O ➔ Hidróxidos

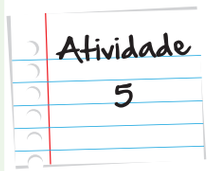
Exemplo: Na_2O (óxido de sódio) + H_2O ➔ 2 NaOH (hidróxido de sódio)

Os óxidos ácidos podem ser reconhecidos quando o elemento oxigênio se combina com não-metais ou metais, principalmente, os de transição (Famílias B). Os óxidos básicos são reconhecidos porque o elemento oxigênio se combina com metais, principalmente, os alcalinos (grupo 1A) e os alcalinos terrosos (grupo 2A).

Entretanto, existem outros tipos de óxidos, tais como:

- *óxidos anfóteros* - são aqueles que comportam-se ora como óxidos ácidos ora como óxidos básicos. Os mais importantes são aqueles em que o metal ligado ao oxigênio sejam o zinco (Zn), o alumínio (Aℓ), o chumbo (Pb) e o estanho (Sn);
- *óxidos neutros*, como por exemplo, água e monóxido de carbono;
- e ainda, outros tipos de menor importância, como os óxidos salinos, peróxidos e superóxidos.

Outros óxidos importantes



Caracterize em óxido ácido, básico ou anfótero cada um dos óxidos assinalados abaixo:

- Óxido de sódio: $Na_2O \rightarrow$ .....
- Óxido de cálcio: $CaO \rightarrow$ .....
- Óxido de alumínio: $A\ell_2O_3 \rightarrow$ .....
- Óxido de fórmula $MnO_3 \rightarrow$ .....
- Óxido de fórmula $C\ell_2O_7 \rightarrow$ .....

Lembre-se: faça em uma folha à parte

Saiba Mais

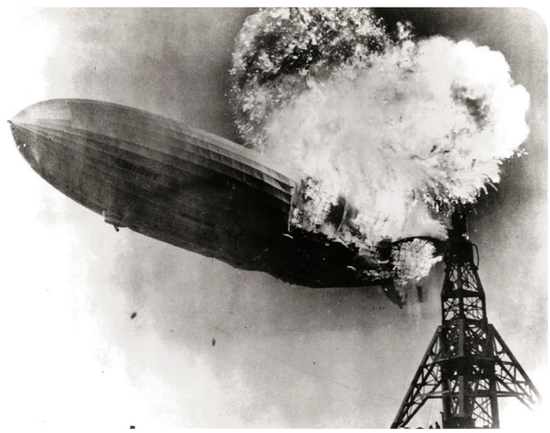
O elemento químico hidrogênio

O átomo de hidrogênio é o menor de todos os elementos químicos! Na sua versão isotópica mais importante, a do hidrogênio leve, ele é constituído por apenas um próton e um elétron, possuindo números atômico e de massa iguais a 1. A substância simples deste elemento tem fórmula H_2 e compõe um gás leve, incolor, sem cheiro e altamente inflamável, ou seja, que pega fogo facilmente.

Um dos fatos mais marcantes e trágicos, relacionados com a inflamabilidade do gás hidrogênio, reporta-se ao início de século XX. Aconteceu um acidente com o dirigível, nomeado Hindenburg.

Um dirigível é uma aeronave que pode ser controlada, ou seja, não voa ao sabor do vento. Ela se sustenta no ar através do uso de uma grande cavidade que é preenchida com um gás menos denso do que o ar, por exemplo, o gás Helio ou gás Hidrogênio.

Hindenburg era um exemplo de dirigível que se sustentava no ar completamente, cheio com o gás hidrogênio, o menos denso de todos os gases. Mas, em pleno voo sobre New Jersey, no ano de 1937, aconteceu um vazamento de hidrogênio. Este gás inflamou-se rápida e completamente, *"lambendo"* em chamas todo o dirigível, acarretando inúmeras mortes.



Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Hindenburg_burning.jpg

Seção 5
O ar que respiramos encontra-se puro?

Você já parou para se perguntar o que é o ar atmosférico? Não podemos vê-lo, mas ele é uma mistura homogênea, basicamente constituída de:

- 78% de gás nitrogênio (N_2);

- 21% de gás oxigênio (O_2);
- 1% de outros gases, dentre eles, o gás carbônico (CO_2).

Mas será que essa mistura contém sempre os mesmos gases e estes, por sua vez, nas mesmas proporções? Vamos ver...

Imagine-se sentado, por exemplo, em uma clareira de uma floresta praticamente virgem, isto é, sem que o homem exercesse alguma influência no Meio Ambiente. Será que você poderia afirmar que o ar daquela região encontra-se puro, ou seja, livre de substâncias consideradas **poluentes**?

Poluentes

São substâncias produzidas pela atividade humana que são lançadas no Meio Ambiente e causam poluição, ou seja, alteram o Meio Ambiente, contaminando-o ou deteriorando seus recursos (seja o ar, a água, o solo etc.).

Agora, imagine-se às margens de uma grande avenida de carros, localizada em uma região bastante industrializada, como a capital de São Paulo. É possível que você, até mesmo de uma maneira visual, observe que o ar encontra-se, nesse último local, "carregado". Isso quer dizer que o ar encontra-se poluído por uma série de substâncias, das quais se destacam óxidos de enxofre e de nitrogênio, e alguns **hidrocarbonetos**. Tais substâncias podem ou não se encontrar também no ar da floresta e em quantidades diferentes. Isso quer dizer que há diferenças tanto na qualidade quanto na quantidade dos gases presentes no ar atmosférico de diferentes regiões do planeta.

Hidrocarbonetos

São compostos binários hidrogenados, isto é, formados apenas pelos elementos químicos carbono e hidrogênio. Servem de exemplos: o gás metano: CH_4, o gás etano: C_2H_6, o gás eteno: C_2H_4, o gás acetileno: C_2H_2 etc.

Dentre os óxidos de enxofre, destacam-se o dióxido de enxofre ou anidrido sulfuroso (SO_2) e o trióxido de enxofre ou anidrido sulfúrico (SO_3). Esses dois compostos são caracterizados como óxidos ácidos ou anidridos e recebem esta denominação porque, quando em presença de água, produzem ácidos, ou melhor, oxi-ácidos (ácidos oxigenados).

$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$ (ácido sulfuroso)

$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ (ácido sulfúrico)

Um fato interessante é que estes óxidos de enxofre podem ser facilmente encontrados no ar de regiões industriais. As indústrias liberam para a atmosfera a substância enxofre (S) que, em contato com o gás oxigênio do ar, produz os referidos óxidos, como você pode ver a seguir:

$S + O_2 \rightarrow SO_2$

$SO_2 + ½\ O_2 \rightarrow SO_3$

Além disso, o carvão, material rico em carbono, apresenta o enxofre como um dos seus componentes que será liberado para a atmosfera quando é queimado. O carvão mencionado é o tipo carvão mineral, material largamente utilizado na fabricação do aço, liga de ferro e carbono, nas indústrias siderúrgicas.

Já dentre os óxidos de nitrogênio, destacam-se o óxido nítrico (NO), um óxido neutro, e o dióxido de nitrogênio (NO_2), um óxido ácido. O primeiro pode ser obtido a partir da reação do gás nitrogênio com o gás oxigênio, ambos os gases presentes no ar atmosférico, enquanto o segundo, a partir do NO quando o ambiente está com excesso de gás oxigênio. Observe as reações:

$N_2 + O_2 \rightarrow 2\ NO$

$NO + ½\ O_2 \rightarrow NO_2$

O dióxido de nitrogênio, em contato com a água presente na atmosfera, poderá provocar uma reação que formará ácido nítrico (HNO_3) e óxido nítrico. Este último, por sua vez, poderá ser oxidado pelo oxigênio e regenerar o dióxido.

$3\ NO_2 + H_2O \rightarrow 2\ HNO_3 + NO$

$NO + ½\ O_2 \rightarrow NO_2$

Os ácidos derivados dos anidridos do enxofre e o ácido nítrico derivado do dióxido de nitrogênio promovem a ocorrência do fenômeno que se denomina chuva ácida. Ela é uma precipitação atmosférica (ou chuva) cujo pH é geralmente menor do que 5. Tal acidificação da água é causada pelos compostos de N e S já falados, geralmente liberados para atmosfera pela queima de **combustíveis fósseis**. A chuva ácida pode causar muitos malefícios ao meio ambiente, como a morte de seres vivos e a poluição das águas.

Combustíveis fósseis

São materiais minerais formados pela decomposição de matéria orgânica (animal e vegetal) através de processos provocados, principalmente, pela ação de pressão e temperatura ao longo de milhões de anos. Servem de exemplos para esse tipo de combustível, o carvão mineral e o petróleo.

Outro óxido ácido ou anidrido merece destaque: o gás carbônico ou anidrido carbônico (CO_2). Este gás, por exemplo, é o resultado da queima do carvão em duas etapas. Na primeira, há a formação do monóxido de carbono (CO) e, na segunda, ocorre a queima deste, produzindo o gás carbônico. Veja:

$2\ C + O_2 \rightarrow 2\ CO$

$2\ CO + O_2 \rightarrow 2\ CO_2$

É importante você saber que o gás carbônico é o gás resultante da respiração dos animais, inclusive nós, os seres humanos. Nesse processo, nós inspiramos gás oxigênio e, após a sua utilização biológica na produção de energia, o gás carbônico é produzido e eliminado.

Este também é o gás essencial ao processo da fotossíntese. Tal processo é feito por alguns seres vivos, como as plantas, e nele há a conversão de energia solar em alimento. Mas para que haja tal conversão, o CO_2 precisa estar presente, pois ele é o reagente das reações químicas que terminam por produzir gás oxigênio, água e glicose. Observe como é a reação de fotossíntese:

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{energia} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$

Não se preocupe, pois voltaremos a falar em fotossíntese no módulo 3.

Tabela 4: Outros exemplos de óxidos muito usados em nosso cotidiano.

Fórmulas	Nomes	Usos e aplicações
H_2O_2	Peróxido de hidrogênio	Em solução, água oxigenada, material usado, principalmente nas assepsias da pele onde serão realizados curativos.
FeO	Óxido de ferro II ou óxido ferroso	Óxido básico que se apresenta na forma de pó preto e que se oxida facilmente a óxido férrico.
Fe_2O_3	Óxido de ferro III ou óxido férrico (ferrugem: metal ferro oxidado)	Presente no mineral hematita, material de onde se extrai o ferro, importante metal usado nos processos aplicados à siderurgia e metalurgia.
ZnO	Óxido de zinco	Óxido anfótero conhecido como pó secante; utilizado como inibidor no crescimento de fungos em pintura e como pomada antisséptica medicinal.
Al_2O_3	Óxido de alumínio	Óxido anfótero presente no mineral conhecido como alumina, material de onde se extrai o alumínio, importante metal usado nos processos de fabricação de utensílios domésticos e latas de refrigerantes e cervejas.
Na_2O	Óxido de sódio	Óxido básico que em presença de água produz o hidróxido de sódio, largamente utilizado na produção de vidros e cerâmicas.
CaO	Óxido de cálcio	Óxido básico também conhecido como cal viva ou cal virgem que, em presença de água, produz o hidróxido de cálcio; largamente usado em pinturas de fachadas, em um processo denominado caiação, e na indústria da construção civil.

Fonte: Marco Antonio da Costa

Saiba Mais

Um importante recurso natural!

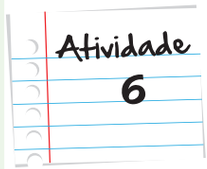
O petróleo é um recurso natural abundante, porém sua pesquisa é complexa e envolve elevados custos financeiros. É atualmente a principal fonte de energia, servindo também como base para fabricação dos mais variados produtos, dentre os quais destacam-se benzinas, óleo diesel, gasolina, alcatrão, polímeros plásticos e até mesmo medicamentos. Já foi causa de muitas guerras e é a principal fonte de renda de muitos países, sobretudo no Oriente Médio.

Além de ser matéria-prima para produção de gasolina, vários produtos são derivados do petróleo como, por exemplo, a parafina, GLP, produtos asfálticos, nafta petroquímica, querosene, solventes, óleos combustíveis, óleos lubrificantes, óleo diesel e combustível de aviação.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Oilfield_Installation.jpeg

A figura acima mostra parte de uma instalação petrolífera que normalmente é conhecida como refinaria. Neste tipo de instalação, processa-se o beneficiamento do petróleo, isto é, através de um processo conhecido como destilação fracionada o petróleo é separado em diversas frações onde se destacam: GLP, gasolina, querosene e vários tipos de óleos.

Para que essa substância é utilizada?



Vamos revisar conteúdos, ligando parênteses?

(1) (CO_2)	(A) (remoção de manchas em pisos e paredes)
(2) (H_2SO_4)	(B) (inibidor do crescimento de fungos)
(3) (NaOH)	(C) (formador da chuva ácida)
(4) (SO_3)	(D) (essencial ao processo da fotossíntese)
(5) (HCℓ)	(E) (absorvente em curativos cirúrgicos)
(6) ($Mg(OH)_2$)	(F) (Indústria de fertilizantes)
(7) (CaO)	(G) (usado como antiácido e laxante)
(8) ($Zn(OH)_2$)	(H) (ácido mais importante economicamente)
(9) (H_3PO_4)	(I) (produto de limpeza com ação agressiva)

Lembre-se: faça em uma folha à parte

É de suma importância que você, que se propõe a estudar o fascinante mundo da Química, tenha o conhecimento das principais substâncias químicas, quer nas suas estruturas, quer nas suas nomenclaturas. Assim, você pode caracterizar as reações químicas, montar as suas equações químicas, devidamente ajustadas ou balanceadas, e ter condições de realizar os inúmeros cálculos numéricos que envolvem os fenômenos químicos.

A partir do momento em que estudamos as funções químicas inorgânicas, óxidos, ácidos, bases e sais, nos encontramos preparados para aplicarmos os nossos conhecimentos no estudo das Reações Químicas como um todo, no estudo das Leis Gerais que regem as Combinações Químicas e, principalmente, nos cálculos que envolvem as Estequiometrias das Reações Químicas. Mas não vamos começar a discutir esses temas agora, pois são assunto da próxima unidade. Nos veremos por lá!

Resumo

- Ácidos são as substâncias que em solução aquosa são ionizadas, produzindo o cátion hidrogênio (H^+) como único íon positivo.
- Hidróxidos são as substâncias que em solução aquosa são dissociadas, produzindo o ânion hidroxila (OH^-) como único íon negativo.
- Propriedades organolépticas são as propriedades das substâncias que podem ser caracterizadas pelos órgãos dos sentidos. Servem de exemplos: o brilho, a cor, o estado físico, o cheiro, o paladar, a textura etc.
- Indicadores são substâncias que mesmo em pequenas quantidades são capazes de mudar de coloração quando se altera a acidez ou a basicidade de um sistema químico. Servem de exemplos, o tornassol, a fenolftaleína e o repolho roxo.
- Os sais são compostos formados a partir de um cátion originário de uma base, com um ânion originário de um ácido.
- Os óxidos são compostos binários oxigenados, isto é, formado por dois elementos e um deles é o oxigênio. Dependendo do tipo de óxido, a sua reação com a água poderá dar formação a duas novas funções químicas inorgânicas, os ácidos e as bases.
- Os óxidos classificados como óxidos básicos são aqueles em que o metal ligado ao oxigênio podem ser, por exemplo, os metais alcalinos (grupo 1A) e os metais alcalinos terrosos (grupo 2A) e que pela adição de água produzem hidróxidos ou bases, umas mais solúveis e outras menos solúveis.

Exemplos:

$Na_2O + H_2O \rightarrow 2\ NaOH$ (hidróxido de sódio ou soda cáustica)

$K_2O + H_2O \rightarrow 2\ KOH$ (hidróxido de potássio ou potassa cáustica)

$MgO + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2$ (hidróxido de magnésio ou leite de magnésia)

$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$ (hidróxido de cálcio ou cal extinta)

Os óxidos classificados como óxidos ácidos ou anidridos são aqueles em que o oxigênio está ligado a um ametal ou metal, geralmente, de transição, e que pela adição de água produzem ácidos, ou melhor, oxi-ácidos.

Exemplos:

$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$ (ácido carbônico)

$N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2\,HNO_3$ (ácido nítrico)

$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ (ácido sulfúrico)

$Cl_2O_7 + H_2O \rightarrow 2\,HClO_4$ (ácido perclórico)

Veja ainda!

- Lembra quando falamos do indicador de ácido e base feito do suco de repolho roxo? Pois bem, se você ficou curioso e quer saber mais sobre como prepará-lo, utilizá-lo e que tipo de informações extraímos dele, não deixe de acessar o link: http://www.qnesc.sbq.org.br/online/qnesc01/exper1.pdf
- Nesta aula você aprendeu o que é o fenômeno da chuva ácida e por que ela acontece, não é mesmo? Mas, quimicamente falando, você entendeu o que acontece? Para reforçar sua percepção do tema, que tal entender a partir de um experimento? Veja um, no seguinte link: http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=165&OXIDOS+E+CHUVA+ACIDA#top
- No portal do projeto Condigital da PUC – RJ existem vários vídeos e animações, como: A animação - Nomenclatura de bases e sais: http://condigital.ccead.puc-rio.br/condigital/index.php?option=com_content&view=article&id=480&Itemid=91 < mar-ço de 2012>

Referências

CHANG, R., **Química.** 5 ed. Lisboa: McGraw-Hill, 1994

FELTRE, R., **Fundamentos da Química.** 4 ed. São Paulo: Editora Moderna, 2005

JONES, L.; ATKINS, P. W. **Chemistry***:* molecules, matter and change. 4 ed. New York: Freeman, 2000

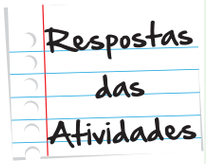
KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. **Química Geral e Reações Químicas**. 6 ed., volume 1, São Paulo: Cengage Learning, 2009

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; **Química Geral e Reações Químicas.** 5 ed., volume 2, São Paulo: Cengage Learning, 2009

LEE, J. D. **Química Inorgânica não tão concisa.** 4 ed. São Paulo:Edgard Blücher, 1996

RUSSEL, J. B., **Química Geral.** 2 ed. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1994 vol 1 e 2

SOUZA, A. C.; GONÇALVES, A. **Química Geral e Inorgânica – Coleção Química Hoje**. 3 Ed. Vol 1, Rio de Janeiro: Produção Independente, 2008



Atividade 1

Copo número 1: se o papel de Tornassol vermelho ficou azulado é porque o conteúdo deste copo é um hidróxido ou base.

Copo número 2: não houve nenhuma alteração no papel de Tornassol azul ou no papel de Tornassol vermelho. Este fato indica a presença de um meio neutro, isto é, água.

Copo número 3: se o papel de Tornassol azul ficou avermelhado é porque o conteúdo deste copo é um ácido.

Atividade 2

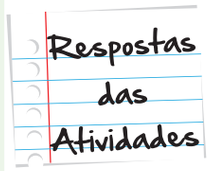
- A água filtrada apresentará uma coloração roxo-azulada, normal para a solução de repolho roxo, indicando pH aproximadamente igual a 7.
- As substâncias sabonete, sabão em pedra, detergente incolor e amoníaco apresentaram colorações para o indicador repolho roxo que vão do azul até o amarelo, indicando que o pH é maior que 7, portanto substâncias básicas.
- As substâncias suco de laranja, suco de limão, suco de abacaxi e vinagre incolor apresentaram colorações para o indicador repolho roxo que vão do azul até o vermelho, indicando que o pH é menor que 7, portanto substâncias ácidas.

Atividade 3

a. A adição do extrato de repolho roxo faz com que a solução adquira cor verde, indicando que o antiácido possui ação básica.

b. Quando adicionamos vinagre gota a gota, a solução vai mudando de coloração, adquirindo cor roxa e em seguida rósea, indicando que o meio irá se tornando básico a ácido.

Atividade 4



Não se esqueça de que na formação de um sal, o cátion é proveniente da base e o ânion é proveniente do ácido.

a. $NaOH + HC\ell \rightarrow NaC\ell + H_2O$

b. $NaOH + HC\ell O \rightarrow NaC\ell O + H_2O$

c. $Mg(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow MgSO_4 + 2\ H_2O$

d. $Cu(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + 2\ H_2O$

e. $3\ NaOH + H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4 + 3\ H_2O$

f. $KOH + HNO_3 \rightarrow KNO_3 + H_2O$

Atividade 5

– Na_2O → óxido básico (sódio → metal alcalino: grupo 1A ou 1)

– CaO → óxido básico (cálcio → metal alcalino terroso: grupo 2A ou 2)

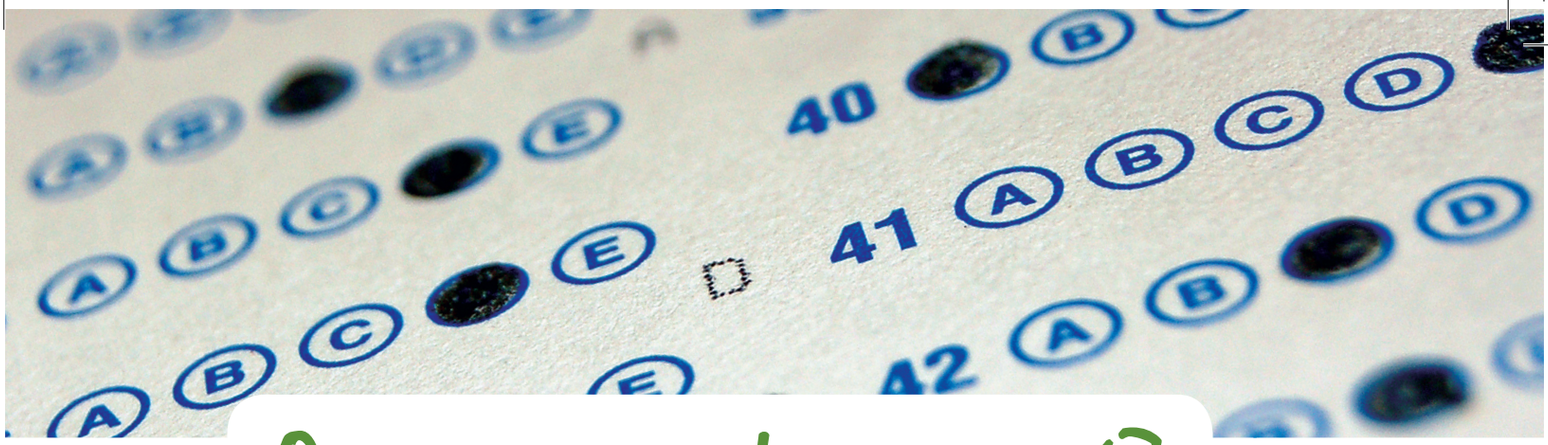
– $A\ell_2O_3$ → óxido anfótero (alumínio → metal do grupo 3A ou 3)

– MnO_3 → óxido ácido (manganês → metal de transição)

– $C\ell_2O_7$ → óxido ácido (cloro → ametal do grupo 7A ou 17))

Atividade 6

1 – D 2 – H 3 – I 4 – C 5 – A 6 – G 7 – B 8 – E 9 – F



O que perguntam por aí?

Questão 1 (ENEM-1998)

Um dos danos ao Meio Ambiente diz respeito à corrosão de certos materiais. Considere as seguintes obras:

I – Monumento Itamarati – Brasília (mármore).

II – Esculturas do Aleijadinho – MG (pedra sabão contém cabonato de cálcio).

III – Grades de ferro ou alumínio de edifícios.

A ação da chuva ácida pode acontecer em:

a. I, apenas.

b. I e II, apenas.

c. I e III, apenas.

d. II e III, apenas.

e. I, II e III.

Resposta: Letra E.

Comentário: O principal ácido presente na chuva ácida é o ácido sulfúrico que reage facilmente com o carbonato de cálcio ($CaCO_3$) dando formação a sulfato de cálcio, gás carbônico e água, segundo a seguinte equação química:

$$H_2SO_4\,(aq) + CaCO_3\,(s) \rightarrow CaSO_4\,(s) + CO_2\,(g) + H_2O\,(\ell)$$

E, este mesmo ácido, reage com o ferro e com o alumínio dando formação aos sulfatos de ferro III e de alumínio segundo as seguintes equações químicas:

$$H_2SO_4\,(aq) + Fe\,(s) \rightarrow Fe_2(SO_4)_3\,(s) + H_2\,(g)$$

$$H_2SO_4\,(aq) + A\ell\,(s) \rightarrow A\ell_2(SO_4)_3\,(s) + H_2\,(g)$$

Texto para as questões 2 e 3:

O suco extraído do repolho roxo pode ser utilizado como indicador do caráter ácido (pH entre 0 e 7) ou básico (pH entre 7 e 14) de diferentes soluções. Misturando-se um pouco de suco de repolho e da solução, a mistura passa a apresentar diferenes cores, segundo sua natureza ácida ou básica, de acordo com a escala abaixo:

Algumas soluções foram testadas com esse indicador, produzindo os seguintes resultados:

	Material	Cor
I	Amoníaco	Verde
II	Leite de Magnésio	Azul
III	Vinagre	Vermelho
IV	Leite de vaca	rosa

Questão 2 (Enem -2000)

De acordo com esses resultados, as soluções I, II, III e IV têm, respectivamente, caráter:

a. ácido / básico / básico / ácido.

b. ácido / básico / ácido / básico.

c. básico / ácido / básico / ácido.

d. ácido / ácido / básico / básico.

e. básico / básico / ácido / ácido.

Gabarito: Letra E.

Comentário: Soluções de caráter ácido apresentam pH abaixo de 7 (sete), enquanto que as básicas possuem pH

maior que 7 (sete). Dessa maneira, o amoníaco e o leite de magnésia, verde e azul, respectivamente, encontram-se na faixa de caráter básico, enquanto vinagre e leite de vaca, vermelho e rosa, respectivamente, estão na faixa do caráter ácido.

Questão 3 (ENEM-2000)

Utilizando o indicador citado em sucos de abacaxi e de limão, pode-se esperar como resultado as cores:

a. rosa ou amarelo.

b. vermelho ou roxo.

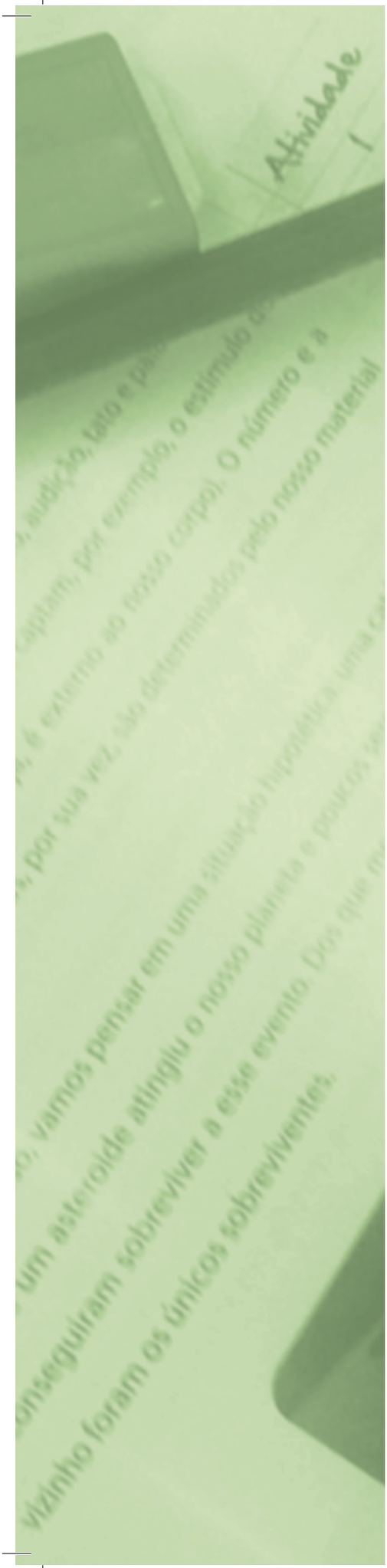
c. verde ou vermelho.

d. rosa ou vermelho.

e. roxo ou azul.

Gabarito: Letra D.

Comentário: As frutas limão e abacaxi são frutas ricas em ácido cítrico e, portanto, deve-se esperar a cor vermelha ou rosa como resultado do teste.



Quantidades nas transformações Químicas

Para início de conversa...

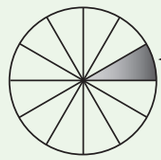
Como você estudou na Unidade "Elementos Químicos: os ingredientes do nosso mundo!", o que caracteriza um elemento químico e seus átomos é o seu número atômico (Z) e não seu número de massa (A). Prova disso é a existência de átomos com massas diferentes, porém pertencentes a um mesmo elemento químico. O carbono, por exemplo, apresenta-se na natureza na forma de três átomos diferentes, como descritos a seguir:

Tabela 1: Características dos três diferentes átomos de carbono existentes na natureza.

Átomo	C^{12}	C^{13}	C^{14}
Massa	12 u	13 u	14 u
Nêutrons	6	7	8
Prótons	6	6	6
Elétrons	6	6	6

u (Unidade de Massa Atômica)

É uma unidade que representa a massa atômica dos elementos. É determinada como 1/12 da massa do átomo de carbono, que possui número de massa (A) equivalente a 12.

Átomo de C^{12}  $\frac{1}{12}$ do Átomo de C^{12}

Através de diversos estudos e experimentos, os cientistas conseguiram determinar as quantidades percentuais relativas destes átomos na Natureza. Observe a Tabela 2, que descreve estes dados:

Tabela 2: Ocorrências na natureza dos três diferentes átomos de carbono

Átomo	C^{12}	C^{13}	C^{14}
Ocorrência percentual	98,9%	1,1%	Próximo a zero

O fato de esses diferentes átomos de carbono pertencerem ao mesmo elemento químico significa que, apesar de possuírem diferentes massas, irão reagir da mesma maneira. Ou seja, formarão, em uma reação química, compostos iguais, independentes de sua massa. Por exemplo, se tivermos 1000 moléculas de CO_2 (gás carbônico) em um recipiente, podemos dizer que existe uma grande probabilidade de que 11 moléculas de CO_2 possuirão o C^{13} e as outras restantes apresentarão o C^{12} em sua composição. Tanto um quanto o outro tipo de C poderá reagir com outras moléculas como a da água. Neste caso, formarão um produto, chamado de ácido carbônico (H_2CO_3).

A consequência disso é que estas onze moléculas (aquelas que carregam o carbono 13 na sua fórmula) serão um pouco mais pesadas que as outras 989. Na verdade, elas possuirão um nêutron a mais.

Mas talvez você esteja pensando que "esta quantidade de C^{13} é muito pequena e não deve causar grande diferença", estou certo? Bem, se tratarmos de uma pequena amostra como essa, isso está correto. No entanto, se lidarmos com milhões e milhões destas moléculas, esta diferença deixa de ser pequena para ser relevante.

Pode não parecer, mas na maioria das vezes lidamos com quantidades enormes de átomos e moléculas. Para se ter uma ideia, um copo de água de 300 mL apresenta algo em torno de 10.000.000.000.000.000.000.000.000 (10 setilhões ou 10×10^{24}) moléculas de água!

Nas transformações químicas, presentes no nosso dia a dia, é fundamental que possamos prever as quantidades, seja em massa ou volume, necessárias para a produção de um determinado composto. Por exemplo, um atleta precisa comer um número "X" de alimentos (ou seja, uma dada massa de comida) para que seu corpo produza um número "Y" de energia, usada em suas atividades esportivas. Tal produção se dá através de diversas reações químicas que ocorrem dentro e fora de suas células.

A determinação destes números "X" e "Y" pode ser prevista através de cálculos químicos os quais serão apresentados a você nesta unidade.

Objetivos de aprendizagem

- Reconhecer a importância dos diferentes tipos de átomos, pertencentes a um mesmo elemento químico no cálculo de massa atômica.
- Diferenciar massa atômica e número de massa.
- Aplicar o balanço de massas de acordo com as leis de Lavoisier e Proust
- Aplicar o balanço de volumes gasosos de acordo com as leis de Gay-Lussac.

Seção 1
Massa atômica e número de massa. Você sabe qual é a diferença?

Anteriormente, você viu que a utilização do número de massa para representar a massa de um elemento não é adequada, uma vez que ele pode ser composto por vários átomos diferentes. Sendo assim, para calcularmos a média da massa de uma quantidade qualquer de um composto químico, usamos a média ponderada.

A média ponderada é calculada através do somatório das multiplicações entre valores e pesos, divididos pelo somatório dos pesos.

Um caso clássico é quando o aluno faz uma prova com peso 2 e um teste com peso 1. Como o peso da prova é maior será ele que irá contribuir mais significativamente para a média do aluno.

Por exemplo, um aluno que tirou 8 na prova e 5 no teste, terá média igual a 7. Observe o cálculo:

$$\text{Média} = \frac{(8 \times 2) + (5 \times 1)}{3}$$

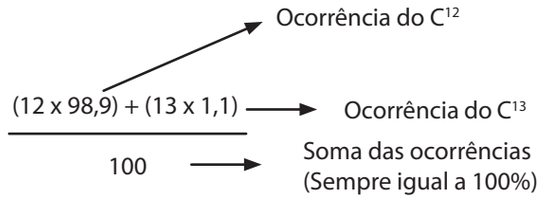
Peso da prova → 2; Peso do teste → 1; Soma dos pesos → 3

$$\text{Média} = 7$$

A média ponderada, portanto, permite o cálculo da massa média dos átomos que constituem um elemento químico. Esta massa média é chamada de massa atômica.

Para o caso dos elementos químicos, podemos considerar que cada átomo deste elemento contribui de acordo com a sua ocorrência na natureza e por isso, estas ocorrências equivalem aos seus pesos.

Observe o caso do elemento carbono, cujas ocorrências dos C^{12} e C^{13} são, respectivamente, 98,9% e 1,1% (iremos desconsiderar o C^{14} neste cálculo, uma vez que sua ocorrência é próxima a zero). Para calcularmos a massa representativa, de todos os átomos de carbono que existem na Natureza, teremos de multiplicar estas ocorrências pelos seus respectivos pesos, conforme descrito a seguir:



O resultado desta conta será igual a aproximadamente 12,01 u. Este valor será a massa média do átomo (ou simplesmente massa atômica) pertencente ao elemento químico carbono. Observe que são estes valores numéricos que aparecem na tabela periódica.

A unidade u que você vê acima é equivalente a massa de um próton ou de um nêutron uma vez que, conforme vimos na unidade "Use protetor solar!", suas massas são iguais.

Aplicando a média ponderada

Na escola de Arlindo, a média anual é calculada de acordo com os princípios da média ponderada. Considerando que o peso das notas esteja relacionado ao bimestre em questão (ou seja: 1° bimestre tem peso 1, o 2° tem peso 2 e assim em diante), determine a média anual de Arlindo, sabendo que as notas em Química foram iguais a:

1º Bimestre: 7,0

2º Bimestre: 6,0

3º Bimestre: 8,0

4º Bimestre: 7,5

Anote suas respostas em seu caderno

Calculando a massa atômica de um elemento

Atividade 2

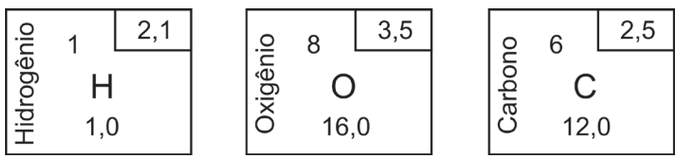
Na Natureza, de cada 5 átomos de boro, 1 tem número de massa igual a 10 u e 4 têm número de massa igual a 11 u. Com base nestes dados, qual o valor numérico da massa atômica do boro, expressa em u?

Anote suas respostas em seu caderno

Seção 2
O coletivo de átomos: Moléculas!

Agora sabemos que a massa de um elemento químico é denominada de massa atômica. Os valores de massa atômica estão, para todos os elementos químicos conhecidos, descritos na tabela Periódica.

Na Natureza, os elementos encontram-se, normalmente, na forma de substâncias sejam elas simples (H_2 e O_2, por exemplo) ou compostas (H_2O e CO_2, por exemplo). Dizemos que combinações de átomos formam moléculas e que a massa de uma molécula é a soma das massas dos elementos que a constitui. As figuras abaixo são transcrições dos elementos químicos hidrogênio, oxigênio e carbono, todos tirados da tabela periódica.



Os valores das massas atômicas destes elementos encontram-se na parte de baixo do quadrado. Logo, podemos afirmar que os valores de massa para as moléculas de água (H_2O) e de gás carbônico (CO_2) serão, respectivamente:

- **18u**

Para chegar a esse resultado, temos de somar as massas dos átomos presentes na molécula, como a seguir:

H_2O: 2 x H = 2 x 1,0

+

O = 16,0

Então: 2,0 + 16,0 = 18,0 u

- **44u** (12,0 + 16,0 x 2)

Para o CO_2, a ideia é a mesma.

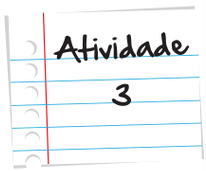
CO_2: C = 12,0

+

2 x O = 2 x 16,0

Então: 12,0 + 32,0 = 44,0 u

Estes valores, então, são denominados massas moleculares!



Calcule a massa molecular

Considerando as massas atômicas dos elementos H, C e O, calcule a massa molecular das seguintes substâncias:

H = 1 C = 12 O = 16

a. C_7H_6O (molécula que promove o odor de amêndoa)

b. $C_{12}H_{22}O_{11}$ (Sacarose - molécula de açúcar presente na cana de açúcar)

Anote suas respostas em seu caderno

Qual a massa do sal hidratado?

Atividade 4

"Um composto hidratado é todo aquele que possui moléculas de água (H_2O) em sua composição. A expressão "sal hidratado" indica um composto sólido que possui quantidades bem definidas de moléculas de H_2O, associadas aos íons de sal. Por isso, a massa molecular de um sal hidratado deve sempre englobar moléculas de H_2O."

Com base na informação acima, calcule a massa molecular, expressa em unidade de massa atômica, do cloreto de cálcio dihidratado ($CaC\ell_2 . 2H_2O$)?

Dados as massas atômicas:

Ca = 40,0 u

Cℓ = 35,5 u

H = 1,0 u

O = 16,0 u

Anote suas respostas em seu caderno

Seção 3
Amedeo Avogadro – Contando grãos de areia

Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro, conde de Quaregna e Cerreto, foi um advogado e físico italiano. Obcecado pela contagem dos átomos recém propostos por Dalton, Avogadro contribuiu fortemente para o avanço dos processos que possibilitavam a medição das quantidades de átomos e moléculas.

Figura 1: Retrato de Amedeo Avogadro

Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Avogadro_Amedeo.jpg

Seus trabalhos permitiram associar a massa de uma amostra de átomos a uma determinada quantidade destes.

Graças a Avogadro e aos cientistas que continuaram o seu trabalho, sabemos hoje que o número de átomos presentes em uma amostra de 0,012 kg de C^{12} é dado por uma constante física denominada de constante de Avogadro (N_a). Atualmente, esta constante possui o valor de $6{,}02214179 \times 10^{23}$.

Isto significa que 0,012 kg (ou seja, 12 gramas!) de uma amostra de C^{12} contêm uma quantidade enorme de átomos, algo em torno de 600.000.000.000.000.000.000.000 átomos.

Este número é, nos dias atuais, denominado **mol** e ele define uma quantidade de átomos. Tal medida é análoga à dúzia, que define doze unidades de qualquer coisa (como, por exemplo, de ovos). No entanto, para lidarmos com unidades infinitamente pequenas utilizamos mol, por outro lado usamos a dúzia, o quilograma, o litro para definirmos quantidades de objetos grandes, tais como laranjas e peras.

Mol

O mol é definido como a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares (mol, moléculas, íons etc.) quantos são os átomos contidos em 0,012 kg de C^{12} que corresponde a aproximadamente 6×10^{23} unidades.

Você concorda que não é adequado falarmos de um mol de laranjas. Até porque, para você ter uma ideia, esta quantidade daria para cobrir todo o planeta Terra de laranjas ou peras, por vários e vários metros de altura!

Pelo mesmo motivo, também não é adequado falarmos de uma dúzia de átomos, uma vez que é impossível medir tal quantidade nas reações químicas do nosso dia a dia ou na Indústria. Isso ocorre em função de não podermos medir as massas destas amostras nem com a mais sensível das balanças!

Existe uma coisa muito curiosa sobre a constante de Avogadro que fez com ela fosse amplamente aceita por toda a comunidade científica mundial. Ela é uma ferramenta importante no **balanço de massas** de uma reação química.

Balanço de massas

Procedimento que possibilita o cálculo das massas, envolvidas em qualquer processo de transformação, seja ele físico ou químico.

Acontece que sempre que pegamos o valor numérico da massa atômica de um determinado átomo e trocamos a unidade u pela unidade grama, obtemos um punhado de átomos. Apesar de 1 mol equivaler ao gigantesco número de 600.000.000.000.000.000.000.000 átomos, saiba que todos eles cabem na palma da sua mão!

O mesmo acontece quando pegamos um punhado de moléculas. A diferença entre átomos e moléculas é que ao invés de usarmos a massa atômica, devemos utilizar a massa molecular. Conforme vimos na Seção 2, esta é a soma das massas atômicas que constituem uma molécula.

Portanto, podemos dizer que para qualquer substância ou elemento, uma massa, em gramas, numericamente igual à massa molecular (MM), contém exatamente $6{,}022 \times 10^{23}$ moléculas ou aproximadamente igual a 6×10^{23}.

Observe os exemplos abaixo:

→ *Mercúrio (Hg)*
Massa Molecular = 201 u → *Em 201 g de mercúrio existem 6,022 x 10^{23} átomos*

Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:HGmer.JPG – Dennis "S.K"

→ *Sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$)*
Massa Molecular = 342 u → *Em 342 g de sacarose existem 6,022 x 10^{23} moléculas*

Fonte: http://www.sxc.hu/photo/1071033 - Jade Gordon

Qual a quantidade de massa, contida em 1 mol?

Antes mesmo de lhe direcionar ao *link* eu vou responder à pergunta acima: Depende da substância! Para cada substância química, haverá um determinado valor de massa que compõe 1 mol. Quer ver como isso acontece?

Vá no *link* a seguir e leia sobre o número que chamamos de mol. Nele você encontrará a descrição de um experimento que permite a visualização de quantidades iguais, em mol, de diferentes substâncias. Não deixe de assistir ao vídeo que está dentro deste arquivo!

http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/15573/Moldecadacoisa.pdf?sequence=1

Multimídia

ponto ciência
várias experiências, um só lugar

Seção 4
Continuamos a medir pequenas quantidades – aprimorando o conceito de mol

Quantidade de matéria

Uma das sete grandezas fundamentais convencionadas pelo Sistema Internacional (SI) e que define uma determinada porção de matéria. Por exemplo, uma garrafa de volume interno igual a 1,8 L contém 1,8 kilogramas de água ou 100 mol de água.

Durante o seu dia a dia, comumente, você utiliza grandezas matemáticas para expressar **quantidades de matéria**, como por exemplo: 1 kg de batata, 1 litro de leite, 1 dúzia de bananas. Na Química, também é preciso trabalhar com um valor fixo que represente as quantidades de partículas existentes em uma determinada amostra. Isso porque as reações químicas processam-se em proporções de acordo com as suas unidades.

Por exemplo, como você viu na unidade "Caminhando pela estrada que investiga do quê somos feitos", Dalton concluiu que, para formar duas moléculas de água (2 H_2O), ele precisava de duas moléculas de hidrogênio (2 H_2) e uma molécula de oxigênio (O_2). É importante você perceber que para descobrir a proporção desta reação é necessário que saibamos montar a equação química balanceada que representa esta transformação, conforme visto na Unidade "Transformando a matéria - reações químicas".

$H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O$ Equação Química não balanceada

$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ Equação Química balanceada

Podemos afirmar então que a obtenção de 2 mol de água (36 g) se dá a partir da reação de 2 mol de hidrogênio (4 g) e 1 mol de oxigênio (32 g).

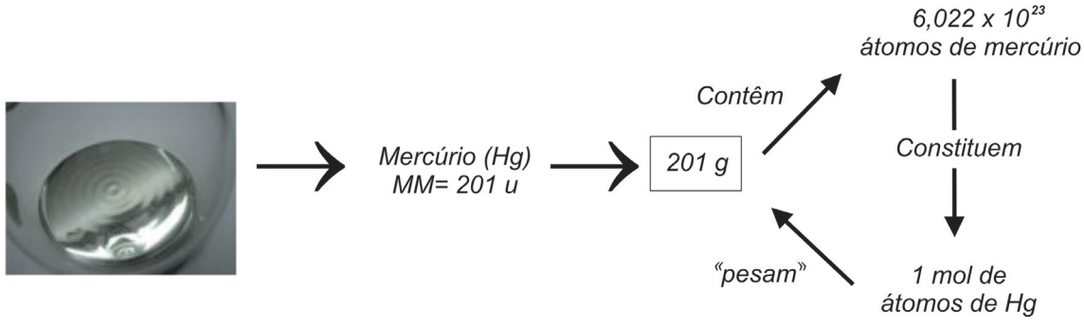
Já ficou claro para você o que exatamente a unidade de medida que chamamos de mol é capaz de quantificar? Então, voltemos ao que vimos lá na Seção 3. Lembra que estudamos que 12 g de C^{12} correspondem a 1 mol de C^{12}? E que, em 1 mol, nós temos 6 x 10^{23} unidades do elemento que estamos medindo?

Sendo assim, a partir desta relação, podemos concluir, então, que:

1 mol de átomos	É a quantidade de substância que contém	6 x 10^{23} átomos
1 mol de moléculas		6 x 10^{23} moléculas
1 mol de fórmulas		6 x 10^{23} fórmulas
1 mol de íons		6 x 10^{23} íons
1 mol de elétrons		6 x 10^{23} elétrons
1 mol de cadeiras		6 x 10^{23} cadeiras

Observe o esquema abaixo que representa diversas formas de apresentação da matéria:

Esquema 1:



Esquema 2:

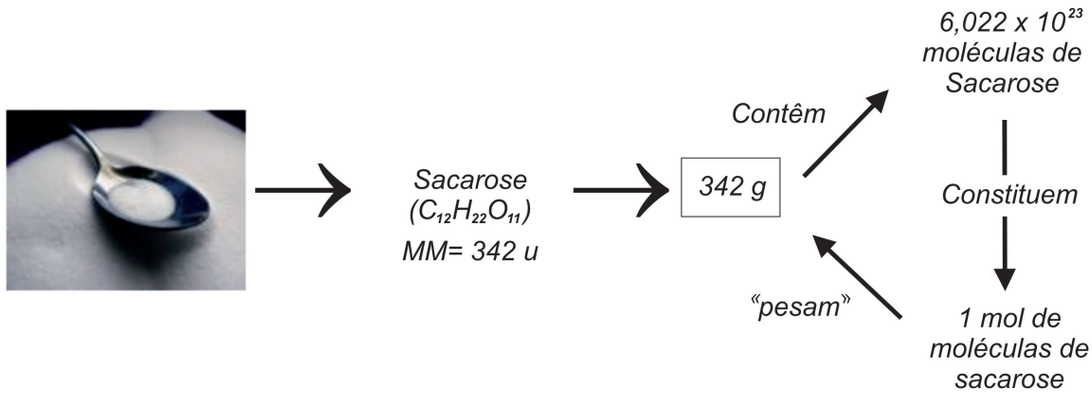


Figura 2: Representação da matéria, utilizando diversas grandezas químicas (mol, massa e número de moléculas)
Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:HGmer.JPG; http://www.sxc.hu/photo/1071033.

De uma maneira geral, temos a seguinte relação entre estas grandezas químicas:

$$\text{Massa Molecular} \xrightarrow{\textit{Contêm}} 6{,}0 \times 10^{23}\ \text{moléculas} \xrightarrow{\textit{Constitui}} 1\ \text{mol}$$

Seção 5
Antoine Laurent Lavoisier – O Pai da Química

"Havia Benjamin Pantier e sua esposa.

Boas em si mesmas, mas o mal para o outro:

Ele oxigênio, ela hidrogênio,

Seu filho, um incêndio devastador."

(Tradução de um fragmento de um poema de Emily Dickson, publicado em 1850, época em que as descobertas químicas estavam em "ebulição")

Dois eventos foram importantes para o desenvolvimento da Química: a descoberta de que a água não era um elemento, por Lavoisier; e a sua obtenção, através da reação entre os gases oxigênio e hidrogênio! Os trabalhos de Lavoisier foram tão importantes que alguns o consideram o "pai da química". Dentre suas contribuições, a mais conhecida é a LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS enunciada após a realização de inúmeros experimentos (reações químicas), ocorridos em recipientes fechados.

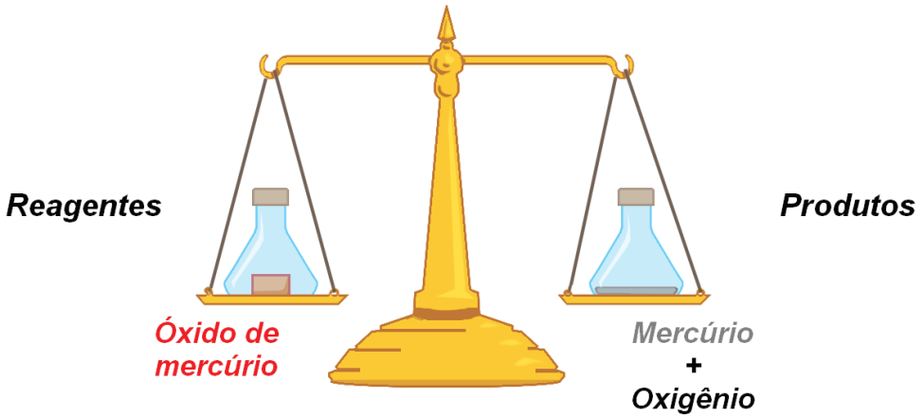
Lavoisier realizou um experimento com óxido de mercúrio o qual, antes de ser submetido ao aquecimento, teve sua massa determinada. Em seguida, ele foi colocado em um *pote de vidro fechado e aquecido*, observando-se a formação de dois produtos: mercúrio e oxigênio. Esses, ao final da reação, também tiveram suas massas identificadas.

Ao analisar os valores destas massas, Lavoisier verificou que não houve perda e ganho de massa durante a transformação química, isto é, as massas mantiveram-se constantes!

$$\underbrace{\textbf{Óxido de mercúrio}_{(s)}\ \textbf{(vermelho)}}_{\text{Massa do reagente}} \xrightarrow{\Delta} \underbrace{\textbf{Mercúrio}_{(l)} + \textbf{Oxigênio}_{(g)}\ \textbf{(prateado)(incolor)}}_{\text{Massa do produto}}$$

$$\text{Massa do reagente} = \text{Massa do produto}$$

Ao escolher recipientes fechados, Lavoisier eliminou dúvidas sobre a possível entrada e saída de gás no sistema. Isso porque o gás tende a evaporar e sair do sistema, o que poderia "enganar" o resultado final.



Então, Lavoisier pôde concluir que a massa final de um recipiente fechado, após a ocorrência de uma reação química é sempre igual à massa inicial do sistema. Pois não há a possibilidade de absorção ou liberação de gases durante a reação química.

Sendo assim, ele enunciou a Lei da Conservação das Massas ou Lei de Lavoisier:

Importante

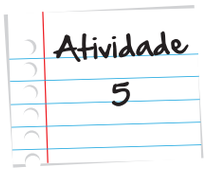
Lei da Conservação das Massas ou Lei de Lavoisier

Quando uma reação química é realizada em um recipiente fechado, a massa total dos produtos é igual à massa total dos reagentes.

Essa foi a primeira das leis das combinações químicas ou leis **ponderais** e, a partir dela, outras foram surgindo para explicar as regularidades que ocorrem nas combinações químicas.

Ponderais

Ponderal significa massa.

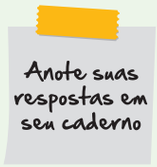


Quanto é consumido quando queimamos uma determinada quantidade de carvão?

A queima do carvão também pode ser representada pela equação:

$$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$$

Sabe-se que 12 g de carvão, ao reagir com uma determinada quantidade de gás oxigênio, em um sistema fechado, produz 44 g de gás carbônico. Com base nessas informações, calcule a massa utilizada de gás oxigênio na reação.



Vamos experimentar a Lei da conservação das massas!

Vá no *link* abaixo e assista a uma excelente simulação de algumas reações químicas com foco na conservação da matéria:

http://condigital.ccead.puc-rio.br/condigital/index.php?option=com_content&view=article&id=116&Itemid=91

Seção 6
Joseph Louis Proust – Proporções constantes

Em 1799, Joseph Louis Proust descobriu que toda reação química ocorre entre quantidades fixas. Por exemplo, ao formar água a partir dos gases oxigênio e hidrogênio, Proust descobriu que 2 g de hidrogênio reagem 16 g de oxigênio, formando 18 g de água. Se refizermos esta reação com 4 g (o dobro da quantidade anterior) de hidrogênio a quantidade de oxigênio a ser consumida será de 32 g. Isto significa que a água é formada por uma quantidade fixa de elementos químicos que pode ser expressa em termos percentuais, conforme descrito abaixo:

Assim, por exemplo, no caso da água, temos:

Água ⟶	Hidrogênio	+	Oxigênio
100%	11,1%		88,9%
100g	11,1 g		88,9 g
Proporção	1	:	8

A composição da água apresentará sempre uma mesma relação entre as massas de hidrogênio e oxigênio, qualquer que seja a massa de água considerada. Ou seja, na formação de água, deveremos combinar hidrogênio e oxigênio na proporção de 1 para 8 em massa.

Portanto, se reagirmos 1 grama de hidrogênio com 8 de oxigênio, obteremos 9 de água:

	Hidrogênio	+	Oxigênio	→	Água
Proporção	1	:	8	:	9
Experiência A	1 g		8 g		9 g
Experiência B	2 g		16 g		18 g
Experiência C	3 g		24 g		27 g

Dividindo a massa de hidrogênio pela massa de oxigênio de cada uma dessas experiências, chegamos a uma mesma fração.

$$\frac{\text{Massa de Hidrogênio}}{\text{Massa de Oxigênio}} = \frac{1\text{ g}}{8\text{ g}} = \frac{2\text{ g}}{16\text{ g}} = \frac{3\text{ g}}{24\text{ g}} = \frac{11{,}1\text{ g}}{88{,}89\text{ g}}$$

Esses dados mostram-nos que a proporção entre os elementos que compõem a água permanece constante, ou seja, em qualquer um dos casos acima a razão entre massa de hidrogênio e massa de oxigênio é 0,125.

Em função desses resultados, Proust enunciou a seguinte lei ponderal, conhecida como lei das proporções constantes:

Lei da Proporção Constante ou Lei de Proust

A composição química das substâncias compostas é sempre constante, não importando qual a sua origem na Natureza.

Importante

Porém lembre-se, que essa lei foi desenvolvida a partir de experimentos realizados com quantidades de matéria possíveis de serem "pesadas" nas balanças existentes na época. Ou seja, eram observações realizadas em nível macroscópico. Ainda não existia nenhuma explicação para os fatos relacionados à composição da matéria em nível microscópico.

Relembrando um pouco de Matemática...

A razão entre dois números a e b é a relação $\frac{a}{b}$, onde a e b são números reais, sendo b diferente de 0. Dessa forma, concluímos que razão é uma fração, a qual é utilizada no intuito de comparar grandezas. A razão pode ser representada por uma fração, um número na forma decimal, uma porcentagem ou até mesmo por uma divisão. Por exemplo:

$$3 : 5 = \frac{3}{5} = 0{,}6 = 60\%$$

$$1 : 10 = \frac{1}{10} = 0{,}1 = 10\%$$

Exemplo1:

Em uma turma de preparatório para o vestibular, o número de mulheres é igual a 50 e o número de homens é 40. Determine a razão entre o número de homens e o número de mulheres.

Solução:

Temos 40 homens para 50 mulheres, então: $\frac{40}{50}$ que simplificado (nesse caso, ambos os números divididos por 10) fica $\frac{4}{5}$. Concluímos, então, que a cada cinco mulheres existem quatro homens.

A proporção entre duas razões iguais, portanto, é um valor que exprime uma relação matemática. Veja o próximo exemplo.

Saiba Mais

Exemplo2:

Rogério e Jéssica passeiam com seus cachorros. Rogério pesa 120 kg, e seu cão, 40 kg. Jéssica, por sua vez, pesa 48 kg, e seu cão, 16 kg. Observe a razão entre o peso do casal:

$$\frac{120\ kg}{48\ kg} = \frac{5}{2} \quad (\div 24 \text{ em ambos os lados})$$

Observe, agora, a razão entre o peso dos cachorros:

$$\frac{40\ kg}{16\ kg} = \frac{5}{2} \quad (\div 8 \text{ em ambos os lados})$$

Verificamos que as duas razões são iguais. Nesse caso, podemos afirmar que a igualdade $\frac{120\ kg}{48\ kg} = \frac{40}{16}$ é uma proporção.

Atividade 6

Aplicando a Lei de Conservação das Massas

O açúcar comum, quando submetido ao aquecimento, pode se transformar em carvão. Foram realizados dois experimentos, cujos dados constam da tabela a seguir:

	Açúcar	→	Carvão +	Água
1ª Experiência	342 g		144 g	**X g**
2ª Experiência	**Y g**		**Z g**	99 g

Com base no que você aprendeu sobre proporção, determine os valores de ***X, Y*** e ***Z***.

Anote suas respostas em seu caderno

Seção 7
Volume Molar

Você já sabe a relação que existe entre a quantidade de átomos/moléculas, a massa e o mol. Mas como podemos relacionar estas quantidades com volume?

Assim como cada grão de arroz ocupa um determinado volume, as substâncias químicas, sólidas ou líquidas, iguais em quantidade, ocupam diferentes volumes. Mas, CUIDADO! Essa analogia não pode ser aplicada aos gases!

Em relação a eles, medidas experimentais observaram que o volume ocupado por um mol de qualquer gás, na temperatura de 0° C e pressão de 1 atm, é igual a 22,4 L. Este volume, então, é definido como volume molar (Vm).

As condições de temperatura e pressão descritas acima são denominadas condições normais de temperatura e pressão (CNTP).

Volume Molar

É o volume ocupado por um mol de qualquer gás, a uma determinada pressão e temperatura.

Em condições idênticas de temperatura e pressão, o volume ocupado por um gás é diretamente proporcional à sua quantidade de substância, ou seja, ao seu número de mol. Assim, se dobrarmos seu número de mols (n), seu volume também irá dobrar. Portanto, a relação entre o volume e o número de mols é constante.

Relembre que, em um mol de qualquer gás, o número de moléculas é sempre 6×10^{23}. Este, nas mesmas condições de pressão e temperatura, ocupará sempre o mesmo volume.

O volume molar de um gás depende das condições em que ele se encontra. Assim, quando nos referimos ao volume molar, é muito importante especificarmos a temperatura e a pressão em questão.

Seção 8
Lei volumétrica de Gay-Lussac

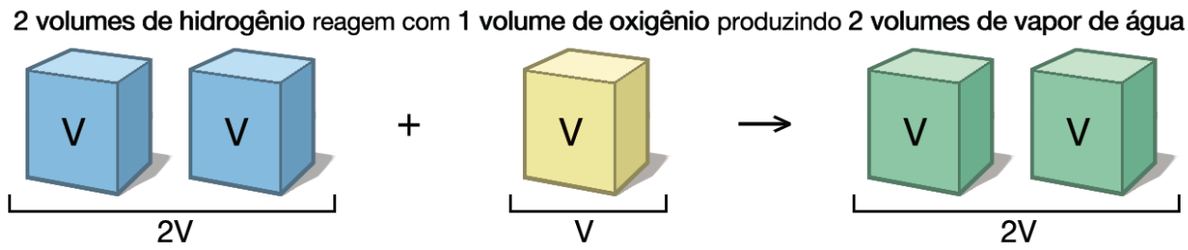
Uma das maiores contribuições de Gay-Lussac à Química foi sua Lei da Combinação de Volumes, publicada em 1808, e baseada numa série de experimentos. Um deles envolvia a reação entre o gás hidrogênio e o gás oxigênio, cujo produto é a água.

Nas mesmas condições de pressão e temperatura, os volumes dos gases participantes de uma reação química têm entre si uma relação de números inteiros e pequenos. Vejamos a relação que existe entre estes componentes:

Para formação de 1 mol de vapor de água, ém preciso reagir 2 mols de gás hidrogênio com 1 mol de gás oxigênio, isto é:

$$2\,H_2(g) + 1\,O_2(g) \rightarrow 2\,H_2O(g)$$

Podemos dizer que 2 volumes de hidrogênio, reagem com 1 volume de oxigênio, produzindo 2 volumes de vapor de água, e por isso a proporção entre os volumes seria: 2:1:2.

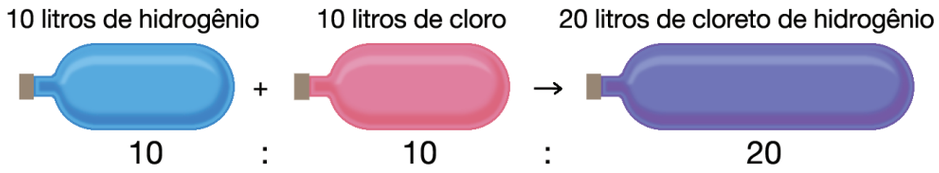


Isto acontece porque o volume dos gases está associado aos coeficientes que equilibram uma equação! Como a soma dos coeficientes dos regentes é igual a três e do produto é igual a 2, podemos afirmar que existirá uma diminuição do volume deste sistema de acordo com o andamento da reação.

Vamos analisar agora a reação de síntese do gás cloreto de hidrogênio, a partir do gás hidrogênio e do gás cloro.

$$1\,H_2(g) + 1\,C\ell_2(g) \rightarrow 2\,HC\ell(g)$$

Ao utilizarmos 10 litros de hidrogênio, com 10 litros de cloro obteremos 20 litros de cloreto hidrogênio. Isto acontece também por causa dos coeficientes de balanceamento da equação. Observe que neste caso este sistema não apresentará variação de volume.



Isto significa que os volumes de um sistema onde ocorre uma reação química não precisam ser necessariamente conservados, podendo aumentar, diminuir ou até mesmo permanecerem constantes. Esta variação dependerá exclusivamente dos coeficientes de balanceamento da equação química que representam este processo de transformação.

Lei Volumétrica de Gay-Lussac

Nas mesmas condições de pressão e temperatura, os volumes dos gases participantes de uma reação química têm entre si uma relação de números inteiros e pequenos.

Importante

Conhecendo essa Lei, observe esse exemplo. O trióxido de enxofre (SO_3) é um gás utilizado na fabricação do ácido sulfúrico e um dos principais responsáveis pelo efeito estufa. Para produzir 30 L de SO_3, quantos litros de gás oxigênio (O_2) e de dióxido de enxofre (SO_2), precisaremos?

$$2\ SO_2(g)\ +\ O_2(g)\ \rightarrow\ 2\ SO_3(g)$$

A proporção entre os coeficientes é de:

$$2\ :\ 1\ :\ 2$$

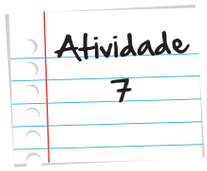
Trabalhando com a Lei Volumétrica de Gay-Lussac, teremos que:

$$SO_3 = \frac{30\ L}{x} = 2 \quad \therefore \quad x = 15\ L$$

Logo, a proporção entre os volumes será de:

$$\frac{30}{15}\ :\ \frac{15}{15}\ :\ \frac{30}{15}$$
$$2\ :\ 1\ :\ 2$$

Precisaremos, então, de 15 L de O_2 e de 30 L de SO_2.



Quanto será produzido?

A reação de decomposição da amônia pode ser representada pela equação:

$$2\,NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + 3H_2(g)$$

A decomposição de 500L de amônia (NH_3) produzirá quantos litros de gás nitrogênio (N_2) e de gás hidrogênio (H_2), nas mesmas condições de pressão e temperatura?

Anote suas respostas em seu caderno

Nesta unidade, observamos que medindo a massa de uma amostra, através de uma balança precisa, podemos calcular a quantidade de átomos ou moléculas existentes nela. Além disso, vimos que as massas e volumes de substâncias envolvidas em uma reação química podem ser previstas através de cálculos que seguem determinadas Leis. Estas Leis podem ser do tipo "ponderal" ou do tipo "volumétrico" e elas auxiliam na previsão das massas (Leis ponderais) ou dos volumes (Leis volumétricas).

Mas afinal, por que entender esses cálculos é importante? A resposta a essa pergunta não é muito simples... Pense comigo, ao misturarmos uma substância com outra, você acha que ao final teremos o quê? Isso mesmo, uma nova substância! E essas misturas estão presentes em todas as áreas de nossa vida. Desde o remédio que tomamos até os produtos de limpeza que usamos em nossa casa. Mas, para que eles realizem seu propósito, é preciso que as substâncias estejam nas quantidades corretas. Na próxima unidade, falaremos também das quantidades das substâncias, mas nas misturas homogêneas. Até lá!

Resumo

- A massa atômica é calculada através da média ponderada da massa média dos átomos que constituem um elemento químico.
- A massa molecular corresponde ao somatório das massas atômicas de cada átomo que constitui a molécula.

- Mol é a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades (mol, moléculas, íons, etc.) elementares quantos são os átomos contidos em 0,012 kg de C^{12}.
- Para qualquer substância molecular, existem 6,022 x 10^{23} moléculas em uma massa, em gramas, numericamente igual à massa molecular (MM).
- Lei da Conservação das Massas ou Lei de Lavoisier é determinada quando uma reação química é realizada em um recipiente fechado, a massa total dos produtos é igual à massa total dos reagentes.
- Lei da Proporção Constante ou Lei de Proust é determinada quando a composição química das substâncias compostas é sempre constante, não importando qual a sua origem.
- Volume Molar é o volume ocupado por um mol de qualquer gás, a uma determinada pressão e temperatura.
- Lei Volumétrica de Gay-Lussac é determinada nas mesmas condições de pressão e temperatura, os volumes dos gases participantes de uma reação química têm entre si uma relação de números inteiros e pequenos.

Veja ainda...

- O Princípio da conservação das massas, de Lavoisier, é um tema muito importante da Química. Se você quiser se aprofundar mais, aqui vai uma boa dica de leitura que requer disposição, pois não é um material fácil, mas é rico em informação: http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1993/vol16n3/v16_n3_%20(14).pdf
- Um excelente artigo que trata das idas e vindas históricas relacionadas ao conceito de mol pode ser encontrado na edição eletrônica da revista Química Nova na Escola.
  http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc01/atual.pdf

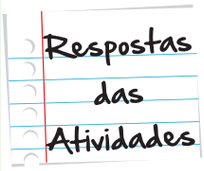
Referências

Livros

- QUÍMICA, G. D. P. E. E. **Interações e Transformações**. V.3 – Livro do Professor : Edusp; 2002
- QUÍMICA, G. D. P. E. E. **Interaçoes e Transformações**. V.3 – Livro do Aluno : Edusp; 2002
- BRAGA, Marco; GUERRA, Andréia & REIS, José Cláudio. **Breve História da Ciência**
- FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química***:* Físico-Química. São Paulo: FTD, 2007. 408 p.

- USBERCO, João; SALVADOR, Edgar. **Eletroquímica**. In:_____. *Química*. 5 ed. Reform. São Paulo: Saraiva, 2002. 672p. uni. 14.
- PERUZZO, F.M. CANTO, E. L.: **Química na abordagem do cotidiano**. Volume único. 2.ed. São Paulo. Moderna ed. 2002.
- SANTOS, W. MÓL, G.: **Química Cidadã**. 1.ed. São Paulo. Nova Geração ed. 2010.

Atividade 1



Para o cálculo da média ponderada, devemos lançar os dados na fórmula, como a seguir:

$$\text{Média} = \frac{(7 \times 1) + (6 \times 2) + (8 \times 3) + (7{,}5 \times 4)}{1 + 2 + 3 + 4} = \frac{7 + 12 + 24 + 30}{10}$$

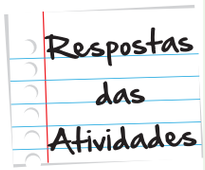
$$= \frac{73}{10} = 7{,}3$$

A média de Arlindo é 7,3. Observe que a nota mais importante para Arlindo é a do quarto bimestre, em função do seu peso.

Atividade 2

Podemos afirmar que a ocorrência percentual do B^{10} é igual a 20% (1 átomo em cinco representa 20% do total de átomos, certo?). Já a ocorrência do B^{11} é igual a 80%, uma vez que a soma das ocorrências dos átomos de um elemento químico deverá ser sempre igual a 100%. Com isso, podemos calcular a massa atômica do boro, conforme a fórmula:

$$\text{Massa atômica} = \frac{(10 \times 20) + (11 \times 80)}{100} = 10{,}8 \text{ u}$$



Atividade 3

Sabemos que a massa molecular é soma das massas atômicas dos elementos que constituem a molécula, então temos que:

a. Odor de Amêndoa – C_7H_6O

Esta molécula é constituída pelos seguintes átomos:

- 7 átomos de carbono
- 6 átomos de hidrogênio
- 1 átomo de oxigênio

Então, a massa molecular será dada por:

Massa Molecular $C_7H_6O = (7x12) + (6x1) + (1x16)$

Massa Molecular $C_7H_6O = 84 + 6 + 16$

Massa Molecular C_7H_6O = 106 u

b. Sacarose – $C_{12}H_{22}O_{11}$

Já a molécula da sacarose é constituída por:

- 12 átomos de carbono
- 22 átomos de hidrogênio
- 11 átomos de oxigênio

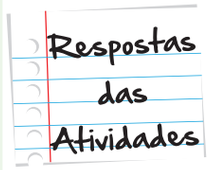
Sendo assim, temos que:

Massa Molecular $C_{12}H_{22}O_{11} = (12x12) + (22x1) + (11x16)$

Massa Molecular $C_{12}H_{22}O_{11} = 144 + 22 + 176$

Massa Molecular $C_{12}H_{22}O_{11}$ = 342 u

Atividade 4



Para calcularmos a massa molecular deste sal, temos que levar em consideração a quantidade de moléculas de água existentes. Como o nosso sal é dihidratado, isso significa que ele possui duas moléculas de água, ou seja, 4 átomos de hidrogênio e 2 átomos de oxigênio.

Sendo assim, a molécula do cloreto de cálcio dihidratado, é constituída pelos seguintes átomos:

1 átomo de cálcio

2 átomos de cloro

4 átomos de hidrogênio

2 átomos de oxigênio

Logo, temos que:

$$\text{Massa Molecular } CaC\ell_2 . 2H_2O = (1x40) + (2x35,5) + (4x1) + (2x16)$$

$$\text{Massa Molecular } CaC\ell_2 . 2H_2O = 40 + 71 + 4 + 32$$

$$\textbf{Massa Molecular } \mathbf{CaC\ell_2 . 2H_2O = 147\ u}$$

Atividade 5

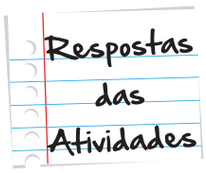
Pela lei de conservação das massas ou Lei de Lavoisier, sabemos que quando uma reação ocorre em um sistema fechado, a massa dos produtos é igual à massa dos reagentes. Sendo assim, temos que:

$$\text{Massa carvão} + \text{Massa gás oxigênio} = \text{Massa do gás carbônico}$$

$$12\ g + \text{Massa gás oxigênio} = 44\ g$$

$$\text{Massa gás oxigênio} = 44\ g - 12\ g$$

$$\textbf{Massa gás oxigênio = 32 g}$$



Atividade 6

Para determinarmos o valor de **X**, teremos de aplicar a Lei da conservação das massas. Sendo assim, temos:

$$\text{Massa Açúcar} = \text{Massa Carvão} + \text{Massa da Água}$$

$$342\ g = 144\ g - X$$

$$X = 342 - 144$$

$$\mathbf{X = 198\ g}$$

Ao analisarmos a massa de água, entre o primeiro e o segundo experimento, observamos que estes possuem uma razão equivalente a 2.

$$\frac{198\ g}{99\ g} = 2$$

Aplicando a Lei da Proporção Constante, poderemos descobrir os valores de **Y** e de **Z.**

$$\frac{342\ g}{Y} = 2 \ \therefore\ Y = \frac{342}{2} \ \therefore\ Y = 171\ g$$

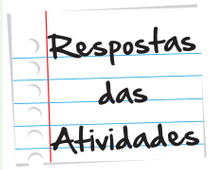
$$\frac{144\ g}{Z} = 2 \ \therefore\ Z = \frac{144}{2} \ \therefore\ Z = 72\ g$$

Atividade 7

A proporção entre reagentes e produtos na reação de obtenção da amônia é:

2 : 1 : 3

Aplicando a Lei volumétrica de Gay-Lussac, poderemos calcular quantos de litros de gás nitrogênio e hidrogênio será obtido na decomposição de 500 L de amônia.



$$\text{Amônia} = \frac{500\ \text{L}}{x} = 2 \quad \therefore\ x = 250\ \text{L}$$

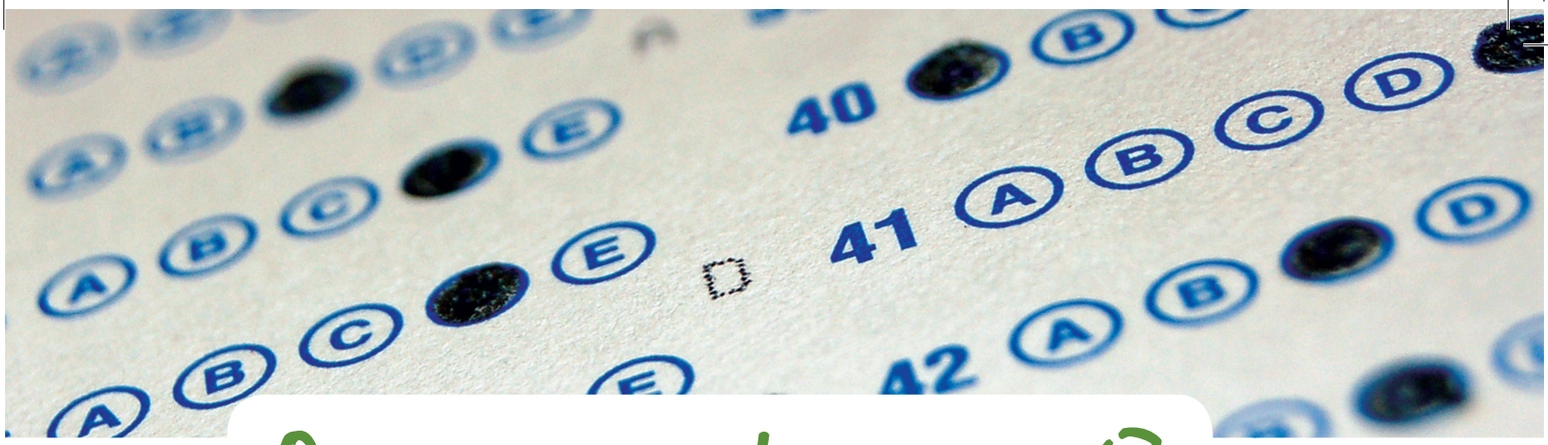
$$2NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + 3H_2(g)$$

$$2 \ : \ 1 \ : \ 3$$

$$\frac{500}{250} \ : \ \frac{250}{250} \ : \ \frac{750}{250}$$

Volume de gás nitrogênio = 250 L

Volume de gás hidrogênio = 750 L



O que perguntam por aí?

Questão 1 (ENEM 2001)

O ferro pode ser obtido a partir da hematita, minério rico em óxido de ferro, pela reação com carvão e oxigênio. A tabela a seguir apresenta dados da análise de minério de ferro (hematita) obtido de várias regiões da Serra de Carajás.

Minério da região	Teor de enxofre (S) / % em massa	Teor de ferro (Fe) / % em massa	Teor de sílica (SiO_2) / % em massa
1	0,019	63,5	0,97
2	0,020	68,1	0,47
3	0,003	67,6	0,61

Fonte: ABREU, S . F. Recursos minerais do Brasil. vol. 2. São Paulo: Edusp, 1973

No processo de produção do ferro, dependendo do minério utilizado, forma-se mais ou menos SO_2, um gás que contribui para o aumento da acidez da chuva. Considerando esse impacto ambiental e a quantidade de ferro produzida, pode-se afirmar que seria mais conveniente o processamento do minério da (s) região (ões):

a. 1, apenas.

b. 2, apenas.

c. 3, apenas.

d. 1 e 3, apenas.

e. 2 e 3, apenas.

Gabarito: Letra C

Comentário:

O minério da região (3) é o que apresenta menor quantidade de enxofre, que é o elemento químico que dará origem ao SO_2, além de ter um teor de ferro próximo do da região (2), tornando-se, portanto, o recomendado.

Questão 2 (ENEM 2001)

Utilize o enunciado da questão 1 para a resolução da questão 2.

No processo de produção do ferro, a sílica é removida do minério por reação com calcário ($CaCO_3$). Sabe-se, teoricamente (cálculo estequiométrico), que são necessários 100 g de calcário para reagir com 60 g de sílica.

Dessa forma, pode-se prever que, para a remoção de toda a sílica presente em 200 toneladas do minério na região 1, a massa de calcário necessária é, aproximadamente, em toneladas, igual a:

a. 1,9

b. 3,2

c. 5,1

d. 6,4

e. 8,0

Gabarito: Letra B

Comentário:

Dados:

% Sílica na região 1 = 0,97%

Massa minério = 200 toneladas

Logo, a massa de sílica = 200 x (0,97/100) = 1,94 toneladas

Observe a regra de três abaixo:

100 g de Calcário _____ 60 g de Sílica

? _____ 1,94 toneladas

Massa de Calcário = 3,23 toneladas (aproximadamente 3,2)

Questão 3 (ENEM 2000)

Determinada Estação trata cerca de 30.000 litros de água por segundo. Para evitar riscos de fluorose, a concentração máxima de fluoretos nessa água não deve exceder a cerca de 1,5 miligrama por litro de água. A quantidade máxima dessa espécie química que pode ser utilizada com segurança, no volume de água tratada em uma hora, nessa Estação, é:

a. 1,5 kg.

b. 4,5 kg.

c. 96 kg.

d. 124 kg.

e. 162 kg.

Gabarito: Letra E

Comentário:

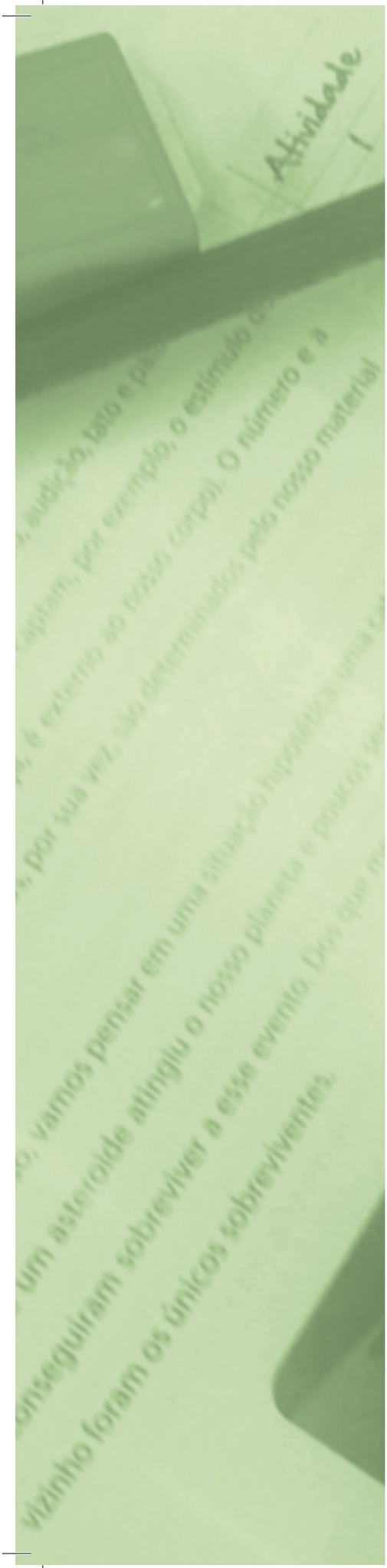
Cálculo estequiométrico => Dados:

Vazão = 30000 L/s

Concentração máxima = 1,5 mg/L ou $1,5 \times 10^{-3}$ g/L

Vazão da água em 1 h = 30.000×3600 L = $1,08 \times 10^{8}$

Massa de flúor = $(1,08 \times 10^{8)} \times (1,5 \times 10^{-3}) = 162000$ g ou 162 Kg



A Química tem solução!

Para início de conversa...

Você sabe o que uma barra de aço, os fluidos do seu corpo (como o sangue e a urina) e um remédio antigripal têm em comum? Todos eles são soluções! E uma solução nada mais é do que uma mistura homogênea de substâncias químicas. Você lembra o que é uma mistura homogênea, certo? Mas caso não, releia a unidade "Planeta Terra ou Planeta Água?".

E qual a importância de estudar as soluções? Porque elas são comuns na natureza e são fundamentais em processos industriais, e nas áreas médica e científica. Nesse contexto, é fundamental identificar e quantificar as substâncias que compõem uma solução.

Um exemplo disso é a propriedade das ligas metálicas (como o aço). Algumas delas, tais como a maleabilidade e a resistência à corrosão, dependem de como é a mistura dos diversos metais que compõem a liga. A variação na quantidade de carbono no aço influencia diretamente na sua dureza.

Já as variações nas concentrações das substâncias que compõem o sangue ou a urina dão aos médicos pistas valiosas sobre a saúde de um paciente. Por outro lado, um medicamento, como o antigripal, é uma mistura de vários componentes, cujas quantidades irão definir o efeito do remédio no corpo do paciente.

Devido à importância do conhecimento da quantidade de material, dissolvido em uma solução, é que em várias ocasiões as soluções são analisadas **quantitativamente**.

Quantitativamente
Descrição numérica das propriedades de uma substância, de um sistema ou um processo.

Imagina se o médico, ao fazer o acompanhamento de um paciente, prescrevesse uma dose de um medicamento que está abaixo do valor mínimo para que seja obtido algum efeito benéfico? O tratamento seria ineficiente, podendo ocasionar a piora no seu quadro clínico ou até mesmo a sua morte!

Figura 1: Comprimidos são manipulados de forma a exercerem determinada função em nosso organismo.
Fonte: http://www.sxc.hu/photo/391471 - Adam Ciesielski

Nesta unidade, nós iremos aprender como, em nosso dia a dia, manipulamos as soluções para que elas nos beneficiem.

Objetivos da aprendizagem

- Conceituar soluções e solubilidade;
- Caracterizar os diferentes tipos de soluções;
- Correlacionar a influência da temperatura na solubilidade de uma substância;
- Conhecer as diferentes unidades de concentração;
- Determinar a concentração de diferentes soluções.

Seção 1
O que são soluções?

Na Natureza, somos rodeados por sistemas, formados por mais de uma substância, as chamadas misturas, sendo as misturas homogêneas, denominadas soluções.

Como disse, uma solução é uma mistura de duas ou mais substâncias que existem em uma única fase, podendo esta ser classificada como gasosa, sólida ou líquida. Na Tabela 1, são listados os exemplos mais comuns destas soluções.

Tabela 1: Exemplos de soluções

Tipo de Solução	Exemplo	Componentes
Sólida	Amálgama	Mercúrio e outros metais
Líquida	Água do mar	H_2O, NaCℓ, MgCℓ, outros sais
Gasosa	Ar atmosférico	N_2, O_2, outros gases

Fonte: Jéssica Vicente

Diferentes combinações de sólidos, líquidos e gases atuam como solvente ou soluto. O soluto é o componente de uma solução que é **dissolvido** no solvente, e é geralmente presente em menor quantidade. O solvente é o componente em que o soluto é dissolvido e é geralmente presente em uma maior concentração.

Dissolver

diluir ou solubilizar completamente uma substância num solvente.

As soluções mais comuns são aquelas cujo solvente é um líquido, sendo denominadas soluções aquosas, quando a água é o solvente.

Por exemplo, quando misturamos 10 g de álcool com 90 g de água, a água é o solvente. Se a proporção entre os componentes for invertida, a água passa a ser o soluto. Porém, se a água e o álcool estiverem em quantidades iguais, a decisão passa a ser **arbitrária** e sem importância.

Arbitrária

escolha baseada no julgamento individual ou preferência pessoal.

Mas há casos em que dissolvemos uma grande quantidade de um material no outro. Por exemplo, quando misturamos muito açúcar em um pequenino copo de água e obtemos uma solução homogênea. Quem é o soluto e quem o solvente?

Uma forma simples de identificar o soluto e o solvente é a partir da observação do aspecto físico da solução. O solvente sempre será a substância que possui o mesmo estado físico da solução. No exemplo anterior, como a solução é líquida, o solvente será a água. A Figura 2 é uma representação ilustrativa dos componentes de uma solução aquosa.

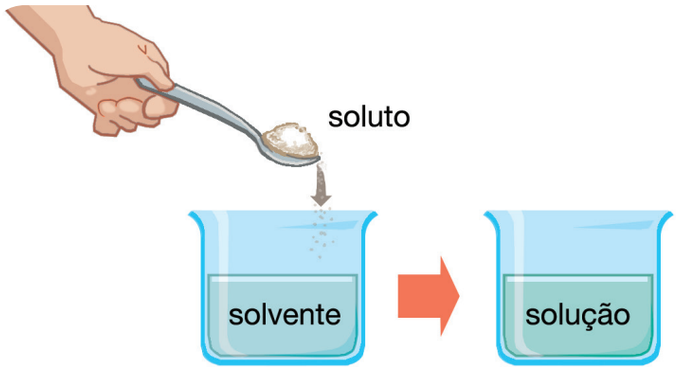


Figura 2: Componentes de uma solução: o soluto e o solvente.

Educação é bom e até o Meio Ambiente gosta...

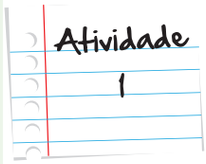
Leia parte da reportagem de 26/02/2010 do jornal O Globo:

> Cerca de três toneladas de peixes amanheceram mortos na Lagoa Rodrigo de Freitas, na Zona Sul do Rio, nesta sexta-feira. Foram encontrados savelhas, corvinas, tilápias, baranas (tipo de robalo) e bagres.
>
> Segundo o biólogo Mario Moscatelli, provavelmente está faltando oxigênio na água da Lagoa. Ele acredita que a mortandade de peixes pode ter relação com o lançamento de esgoto na praia do Leblon.

Fonte: http://oglobo.globo.com/rio/lagoa-rodrigo-de-freitas-tem-mortandade-de-peixes-3048224#ixzz1zg2jvNXN

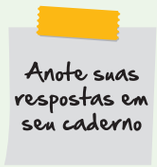
Até aqui, você aprendeu que estamos a todo momento em contato com diversas soluções químicas. Para onde quer que olhemos, temos exemplos de soluções e alguns desses casos são os esgotos, os mares e os oceanos.

Sabendo que esses três são exemplos de soluções aquosas de diversas substâncias, incluindo sais (como o cloreto de sódio) e gases (como o oxigênio), responda:



a. Na água dos oceanos, quem é(são) o(s) solvente(s) e o(s) soluto(s)?

b. Qual a relação entre lançamento de resíduos na lagoa e a mortandade de peixes?



Seção 2:
Por que as substâncias misturam-se?

Por que será que conseguimos dissolver o açúcar na água e ao tentarmos dissolver o óleo de cozinha nesta mesma água, isso não acontece? Por que será que os mecânicos utilizam gasolina para limpar a graxa de suas mãos? Por que, ao tomarmos banho, usamos sabonete?

As respostas a perguntas simples do nosso cotidiano são facilmente obtidas a partir de alguns conceitos básicos da ciência. Nestas observações, nós temos de levar em conta uma regra simples que diz: "semelhante dissolve semelhante". Isto significa que um solvente dissolverá um soluto se eles tiverem polaridades semelhantes. Ou seja, solventes polares tendem a dissolver solutos polares, enquanto que, solventes não polares tendem a dissolver solutos não polares (ou apolares).

Tanto as moléculas do açúcar quanto as da água são polares. Isso permite que a força de atração entre elas seja grande. Consequentemente, a solução composta por essas substâncias é homogênea.

Forças similares não existem em misturas gordura-água. Isso porque essas substâncias possuem polaridades diferentes e por isso necessitamos, por exemplo, utilizar um sabonete para removermos a gordura da nossa pele.

Sabões e detergentes têm essa característica, graças a sua estrutura molecular. Eles possuem em suas moléculas regiões polares e apolares, as quais fazem com que essas substâncias sejam capazes de remover a gordura. Para ilustrar melhor essa questão, observe a **Figura 3**.

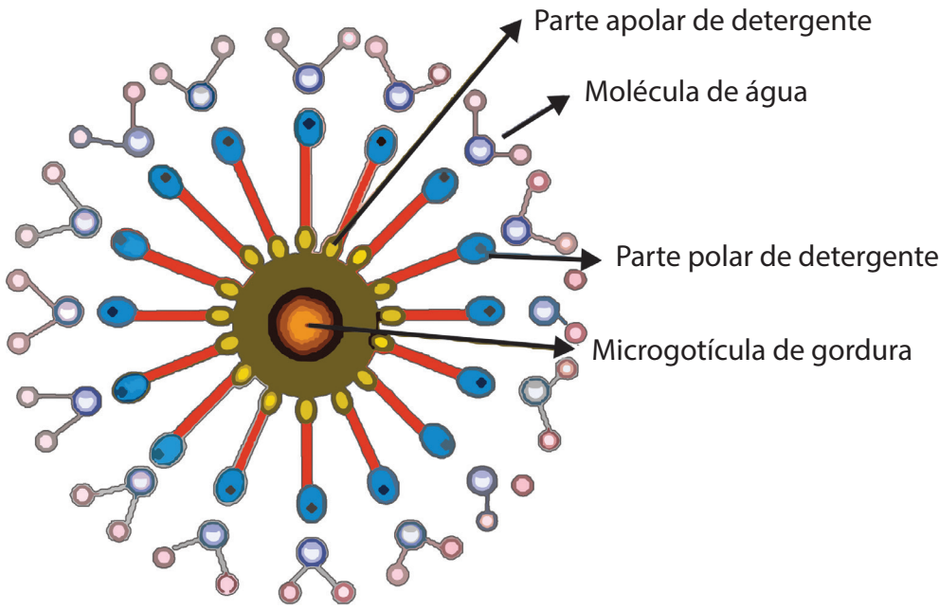


Figura 3: Representação da estrutura formada na solubilização de uma gota de gordura por moléculas de um sabão ou detergente. A parte polar do sabão interage com as moléculas de água (também polar), enquanto que sua parte apolar interage com a gordura (que é apolar).

Ao afirmarmos que duas substâncias misturam-se, estamos nos referindo ao termo solubilidade. Esta é definida como a quantidade máxima de uma substância que se dissolve em uma dada quantidade de solvente a uma temperatura específica.

Importante

Solubilidade refere-se a propriedade de uma substância ser solúvel ou ser capaz de se dissolver em uma solução.

Com uma experiência bem simples, você pode ter mais informações sobre o processo de solubilização. O que acontece se tentamos dissolver cada vez mais açúcar em um copo de suco de fruta?

Geralmente, adicionamos duas ou três colheres de açúcar e agitamos o suco para auxiliar na sua solubilização. Porém, o açúcar sempre será dissolvido à medida que aumentamos a sua quantidade? Caso você tente realizar isso, irá descobrir que há uma quantidade limite de açúcar que você adicionará sem que tenha um depósito no fundo do copo. E como podemos saber quanto de açúcar devemos colocar no copo para que seja totalmente dissolvida? Através das curvas de solubilidade!

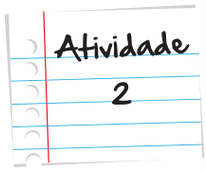
Todo soluto tem uma capacidade máxima de solubilização em um solvente. Esse limite é medido através da massa de soluto que se dissolve em uma quantidade (massa ou volume) de solvente. Tal quantidade máxima é denominada coeficiente de solubilidade. Depois de alcançar esse limite, não será possível dissolver mais o soluto na solução. Neste ponto, a solução é denominada saturada.

A solução com quantidade de soluto inferior ao coeficiente de solubilidade é denominada *solução insaturada* ou *não saturada*. Já uma solução supersaturada é a que contém uma quantidade de soluto superior ao coeficiente de solubilidade a uma dada temperatura. Por ser instável, a mínima perturbação em uma solução supersaturada faz com que o excesso de soluto dissolvido precipite e a solução torna-se saturada com presença de soluto não dissolvido, chamado de corpo de fundo.

Normalmente, são formadas soluções supersaturadas ao aquecer uma solução saturada que tenha corpo de fundo. Após aquecer essa solução até que todo o soluto dissolva, um resfriamento lento até a temperatura inicial pode permitir a obtenção de uma solução supersaturada, desde que o soluto não tenha precipitado.

O conceito de solução saturada está diretamente relacionada com o de solubilidade. Consequentemente, não há sentido em falar sobre solubilidade entre o álcool e a água, já que essas duas substâncias misturam-se em todas as proporções e nunca formam soluções saturadas.

É importante salientar que todas as substâncias possuem um certo grau de solubilidade. A saturação ocorre em altas quantidades para solutos muito solúveis e a baixas quantidades para solutos pouco solúveis. Não há substância que não possua algum grau de solubilidade. Neste caso, o termo insolúvel costuma ser utilizado para substâncias muito pouco solúveis.



A química do refrigerante

Você já parou para pensar no quanto estamos em contato com a química das soluções? Já percebeu que todos os refrigerantes quando abertos liberam gás? Esse gás é o dióxido de carbono e o processo de dissolução deste gás na água é chamado carbonatação. Para entender isso, dê uma olhada nesse vídeo:

http://pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=269&PILULAS+DE+CIENCIA+O+GAS+NOS+REFRIGERANTES#top

Como vimos no vídeo, a fim de permitir que mais gás seja dissolvido na água, esta é esfriada até próximo a sua temperatura de congelamento. Quando ocorre um aumento na temperatura ou diminuição da pressão, a solubilidade do gás diminui.

É o que ocorre quando uma bebida gaseificada é aberta. A diminuição da pressão faz com que o gás saia da solução, sob a forma de bolhas. Como o gás é mais leve do que o líquido, logo que ele sai da solução, carrega consigo uma pequena quantidade de líquido até a saída do recipiente. É como se o líquido estivesse bloqueando o caminho do gás e este empurra o que está na sua frente até a saída.

Sendo assim, explique resumidamente por que consideramos o refrigerante uma solução supersaturada nos primeiros segundos após a garrafa ou a latinha ser aberta.

Anote suas respostas em seu caderno

Seção 3
A Temperatura e a solubilidade

A temperatura é um dos fatores ambientais que mais influenciam os seres vivos. Um exemplo são os organismos aquáticos, os quais utilizam o oxigênio dissolvido na água. O grau de solubilidade do gás na água é menor, conforme o aumento da temperatura. O teor de oxigênio na água cai pela metade, quando a temperatura da água sobe de 0 para 30° C.

A maioria das substâncias dissolve-se mais depressa em elevadas temperaturas. Contudo, como podemos ver na Figura 4, há casos na qual a solubilidade diminui com o aumento da temperatura.

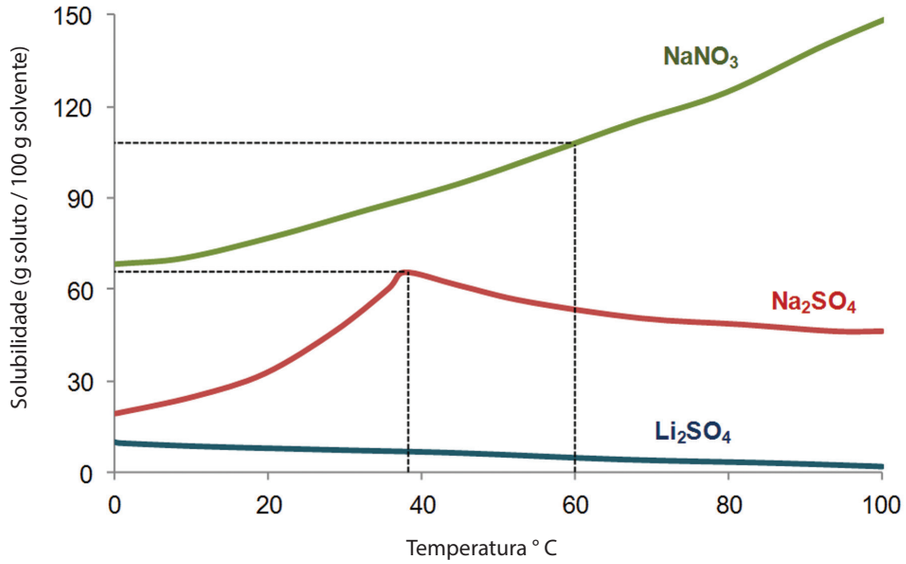


Figura 4: Ilustração gráfica do efeito da temperatura na solubilidade de alguns sais em água.

Ao observarmos o gráfico, podemos obter algumas informações. Por exemplo, o nitrato de sódio ($NaNO_3$) possui a 60° C um coeficiente de solubilidade de cerca de 110 g em 100 g de solvente. A solução em questão é saturada. Já o sulfato de lítio (Li_2SO_4) é um sólido que se apresenta menos solúvel quando é exposto à temperaturas elevadas do que a baixas temperaturas, enquanto que o sulfato de sódio (Na_2SO_4) apresenta um comportamento misto, aumentando a sua solubilidade até cerca de 40° C, mas decrescendo a partir deste valor.

Uma solução supersaturada é um exemplo da influência da temperatura na solubilidade. Como você já leu, ela contém uma quantidade de soluto maior do que o seu limite de solubilidade. Essas soluções podem ser preparadas a partir do resfriamento de soluções saturadas preparadas a elevadas temperaturas. Se deixar a solução resfriar lentamente, à temperatura ambiente e sem agitação, uma solução supersaturada é formada. Ela, porém, é instável.

Se adicionarmos um pequeno cristal da substância da solução ou até mesmo produzirmos um pequeno distúrbio, podemos "destruir" a supersaturação. Esses eventos são suficientes para que o que está acima do limite de solubilidade deposite-se no fundo do recipiente e uma solução saturada seja novamente obtida.

Multimídia

Congelando água em poucos segundos

Como congelar água em um segundo (remake)

Um efeito muito interessante que ocorre em soluções supersaturadas é a cristalização da solução quando algum fator externo interfere em seu equilíbrio. Para que você possa visualizar esse fenômeno, não deixe de assistir ao vídeo do link a seguir. E preste bastante atenção na explicação, ok?

http://www.youtube.com/watch?annotation_id=annotation_821736&feature=iv&src_vid=MKwlNj8clZw&v=7d4GhLCHQ20

Um exemplo prático para as soluções supersaturadas são as compressas instantâneas, quentes ou frias, normalmente utilizadas pelos atletas para primeiros socorros de problemas musculares. Esses dispositivos são feitos a partir de uma bolsa de água dentro de outra bolsa, contendo algum sal, ou vice-versa. Ao pressionar firmemente a bolsa interna, o sal é solubilizado e uma solução supersaturada é criada.

No caso da solução de acetato de sódio, uma pequena perturbação acarreta no aumento da temperatura do pacote até aproximadamente o ponto de fusão do sal (neste caso, 58° C). Esse efeito é utizado em "soluções instantâneas quentes". Já a solução de nitrato de amônio é utilizado para compressas frias instantâneas. Neste processo, a temperatura dessa solução cai para cerca de 5° C.

Resolvendo um problema...

Atividade 3

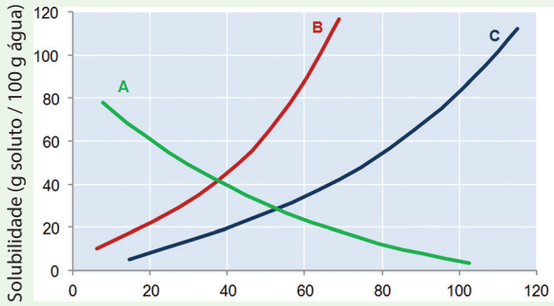
Você está em um laboratório e decide realizar um experimento para saber a resposta de um problema de Química. Você tem uma solução, contendo 28,0 g de nitrato de potássio (KNO_3) dissolvidos em 50,0 g de água a 30° C. Sabendo que a solubilidade do nitrato de potássio é de 40,0 g/100 g de água, nessa mesma temperatura, a solução formada será saturada, insaturada ou supersaturada? Explique o porquê da sua conclusão.

Anote suas respostas em seu caderno

Graficamente falando...

Atividade 4

O gráfico representa as curvas de solubilidade de três substâncias diferentes representadas por A, B e C:



Com base no diagrama acima, responda:

a. Qual das substâncias diminui sua solubilidade com o aumento da temperatura?

b. Qual a quantidade máxima de A que se consegue dissolver em 100 g de H_2O a 20° C?

c. Considerando apenas as substâncias B e C, qual é a mais solúvel em água?

d. Qual é a massa de C que satura 500 g de água a 100° C?

Anote suas respostas em seu caderno

Seção 4
Unidades de concentração

Como mensurar as relações existentes entre as quantidades de soluto por solvente ou solução? Há diversas maneiras de expressar essas grandezas. Quando estudamos as soluções, devemos ser capazes de conhecer sua composição, ou seja, a quantidade relativa dos componentes presentes.

O termo concentração é utilizado para definir a correlação entre a quantidade de um componente com outro ou com a quantidade total de solução, ou matematicamente falando:

$$\frac{\text{Quantidade de soluto}}{\text{Quantidade de solvente}} \quad \text{ou} \quad \frac{\text{Quantidade de soluto}}{\text{Quantidade de solução}}$$

A concentração de mol/L, ou em quantidade de matéria, é de longe a unidade mais utilizada, dentre as descritas na **Tabela 2**. Quando mencionamos que a concentração de uma solução aquosa de permanganato de potássio ($KMnO_4$) é 0,1 mol/L, por exemplo, estamos afirmando que existe 0,1 mol (15,8 g) do sal dissolvido em um litro de solução. Esse cálculo em gramas você aprendeu na unidade "Quantidades nas transformações químicas", referente à massa molecular.

É possível calcular a quantidade de matéria (n) contida numa determinada massa (m) de uma substância, cuja massa molecular é M, a partir da relação:

$$n = \frac{m}{M}$$

Denomina-se n como número de mols. Assim, o valor de n para uma amostra contendo 7,3 g de cloreto de sódio (M = 58,4), mais conhecido como sal de cozinha será:

$$n = \frac{7,3}{58,4} = 0,125 \text{ mol}$$

Quando a quantidade (em massa ou volume) de soluto é muito pequena, o teor é expresso em partes por milhão. Essa é mais uma unidade de concentração. Por exemplo, um teor em massa de 0,0001 % é comumente expresso como 1 ppm (0,000001 parte de um quilo de amostra).

Tabela 2: Unidades de Concentração

Tipo de medida	Unidade	Observação
concentração em quantidade de matéria	mol/L	mols de soluto por litro de solução
concentração comum	g/L	massa do soluto em gramas por litro de solução
partes por milhão (por massa)	ppm (por massa)	massa do componente em miligramas por quilograma de amostra
partes por milhão (por volume)	ppm (por volume)	volume em microlitros (0,001 ml) por litro de amostra

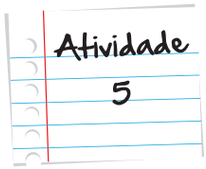
Fonte: Jéssica Vicente

Saiba Mais

Onde fazer as soluções?

Como podemos preparar uma solução de um volume de solução conhecido? Isto é possível utilizando algum recipiente volumétrico, do qual é conhecido a sua capacidade em volume. O frasco mais utilizado para tal propósito é o balão volumétrico, como na figura a seguir. Para preparar uma solução, uma quantidade conhecida de soluto é dissolvida em um solvente. Essa solução é então transferida para o balão volumétrico. Uma marcação no "pescoço" do frasco é a indicação de até onde devemos completar o frasco com o solvente.

Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Volumetric_flasks.jpg – Nuno Nogueira

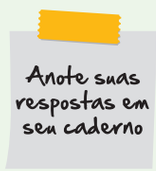


Quanto beber?

O álcool etílico é um dos principais componentes em bebidas alcoólicas. A sua absorção pelo organismo interfere na concentração da glicose no sangue, podendo acarretar, em casos extremos, a hipoglicemia (valores de glicose no sangue abaixo do limite recomendado). Os efeitos do álcool no sangue variam de acordo com a quantidade absorvida pelo corpo, como mostrado na tabela.

Álcool no sangue (g/L)	Efeito
< 0,16	Sem efeitos aparentes
0,20 – 0,30	Falsa noção de velocidade e distância
0,30 – 0,50	Início de risco de acidente
0,50 -0,80	Euforia. Risco de acidente aumentado em quatro vezes
1,50 – 3,00	Visão dupla
3,00 – 5,00	Embriaguez profunda
> 5,00	Coma, podendo levar à morte

Claudio marcou um encontro com os amigos em um bar. Após consumir bebidas alcoólicas, teimou em conduzir o seu veículo. Ao chegar próximo de sua residência, foi abordado em uma blitz da 'Lei Seca'. Ao realizar o teste do bafômetro, foi encontrada uma concentração de álcool no sangue equivalente a 400 ppm (em massa). Claudio tinha condições de dirigir? Qual o efeito do álcool nessa concentração? Considere 1L ≈ 1 kg.



Seção 5
Diluindo para resolver...

Imagine você tendo de preparar um suco de fruta a partir de outro suco já pronto na sua geladeira. O suco está "forte" demais? O que fazer? Simples! Dilua o suco e faça outro! Mas qual deve ser a quantidade de suco a ser utilizada? É o que vamos descobrir!

Um problema comum ao trabalharmos com soluções é a necessidade de converter a sua concentração, diminuindo-a. O que você acha que ocorre com o número de mols de soluto? Aumenta? Diminui?

Temos de ter em mente que, nesse processo de diluição, o volume da solução aumenta, mas a quantidade de soluto permanece inalterada. Em outras palavras, o número de mols de soluto na solução é a mesma antes e após a diluição. O que muda é que a quantidade de soluto por volume de solução diminui.

Já que o número de mols não altera com a diluição, podemos calcular o valor da concentração da solução diluída através da fórmula utilizada para calcular a concentração em mol/L:

$$\text{Concentração} = \frac{\text{número de mols}}{\text{volume (L)}}$$

Como mencionado anteriormente, o número de mols tanto da solução concentrada quanto na diluída permanece igual, ou seja,

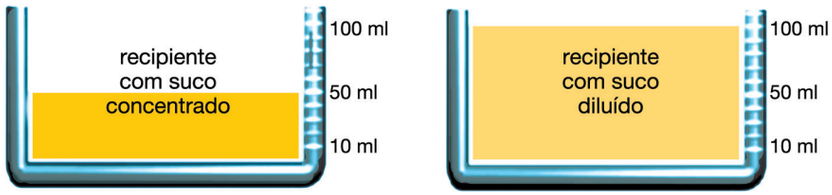
$$(\text{número de mols})_{\text{solução concentrada}} = (\text{número de mols})_{\text{solução diluída}}$$

$$(\text{Concentração} \times \text{Volume})_{\text{solução concentrada}} = (\text{Concentração} \times \text{Volume})_{\text{solução diluída}}$$

O volume pode ter qualquer unidade, desde que as unidades dos dois lados da equação sejam as mesmas. O mesmo princípio pode ser utilizado no cálculo da concentração. Nós podemos utilizar ppm, g/L ou qualquer outra unidade de concentração que expresse massa ou mols por unidade de solução ou solvente.

Outra forma de prepararmos soluções é diluindo uma parcela da solução de concentração conhecida com o acréscimo de solvente até que uma concentração final e um volume desejado sejam alcançados. Como sabemos a concentração inicial e a parcela retirada da solução, podemos determinar facilmente a concentração da nova solução.

Na **Figura 5** está representado um esquema de como é feita uma diluição, utilizando um suco de frutas como exemplo.



$$C_i = \frac{m_1}{V_i} \qquad C_f = \frac{m_1}{V_f}$$

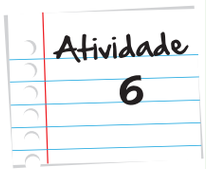
$$m_1 = C_i V_i \qquad m_1 = C_f V_f$$

Juntando os dois segundos membros das equações, ficamos com

$$C_i V_i = C_f V_f$$

Figura 5: Como diluir uma solução (no caso um suco) a partir de dados conhecidos como: concentração e volume.

Que tal experimentar?



Agora que você aprendeu sobre diluição de soluções, que tal colocar esta teoria em prática? Para isso, você irá precisar de materiais simples como copos descartáveis, um suco de fruta bem "forte" e água.

A partir da solução de suco de fruta, transfira a quantidade de 1 ml de suco para quatro copinhos descartáveis diferentes e numere cada copinho. Adicione 10 mL de água no copinho numerado como (1). No copinho (2) adicione 20 mL de água. No copinho (3) e (4), adicione 50 e 100 mL, respectivamente.

Da solução inicial (suco de fruta) serão obtidas quatro soluções de concentrações diferentes, ou seja, soluções diluídas. Observe o resultado e descreva o que você observou no experimento.

Anote suas respostas em seu caderno

Seção 6
Misturando tudo!

Assim como visto inicialmente nesta unidade, as misturas de soluções também estão bastante presentes no nosso dia a dia. São atos cotidianos que acabam passando despercebidos por nós mesmos que praticamos a ação de "misturar".

Ao acordarmos e sentarmos para tomar nosso café da manhã, misturamos café com leite, ou até mesmo em um simples encontro com os amigos, misturamos o suco de limão com cachaça para fazermos uma caipirinha. Este ato de misturar as soluções é também muito comum em laboratórios, onde a análises de produtos exigem dos químicos uma variedade muito grande de soluções e suas misturas.

Quando misturamos soluções de mesmo soluto, porém de concentrações diferentes, obtemos uma nova solução de concentração intermediária a das soluções misturadas.

Ao fazermos um suco de fruta, imaginemos que um copo contenha um suco "fraco" e outro um suco mais "forte". O suco resultante da mistura entre os dois teria concentração intermediária.

O que ocorre na realidade é que a quantidade de soluto presente na solução resultante será igual à soma das quantidades de soluto existentes nas soluções originais.

Na **Figura 6,** está representado um esquema geral de uma mistura de soluções.

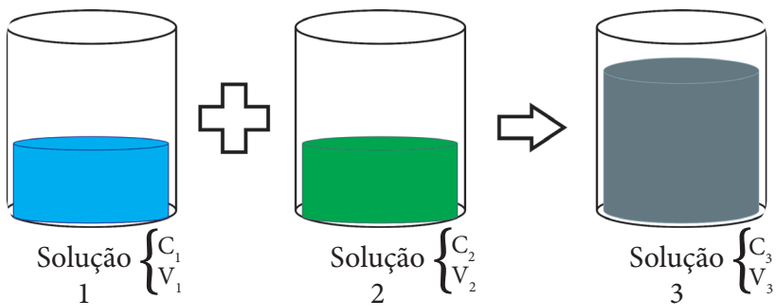


Figura 6: Esquema ilustrativo de uma mistura de soluções. A concentração final é determinada pela fórmula: $C_1.V_1 + C_2.V_2 = C_3.V_3$

Pronto! Já temos nosso suco de fruta prontinho para beber.

Olhe ao seu redor e perceba a quantidade de soluções químicas que você utiliza por dia e que inconscientemente passaram a ser necessárias no nosso cotidiano. Em atividades simples, como escovar os dentes, utilizamos uma solução. Para tomar banho, utilizamos outra solução. Ao fazer um refresco, utilizamos mais uma solução. Enfim, conhecer os diferentes tipos de soluções e entender o conceito delas é muito importante.

Conhecer e correlacionar as influências de alguns fatores na solubilidade de uma solução ajuda você a entender porque uma solução aquecida pode solubilizar uma substância de forma mais rápida ou lenta. Ao colocar o seu conhecimento em prática, você é capaz de fazer suas próprias soluções, bem como diluí-las, misturá-las, enfim, trabalhá-las.

O Fascículo 4 termina por aqui, mas nosso estudo da Química, não. Você deve estar percebendo que os conteúdos estão ficando mais complexos, no entanto, também mais interessantes. O tema da próxima unidade fará você perceber o quanto a Química está presente no nosso dia a dia, pois trabalharemos conceitos como calor e temperatura; bem como discutiremos sobre a obtenção de energia a partir de processos químicos, algo tão importante e presente em nossas vidas, não é verdade? Nos encontraremos por lá, não perca!

Resumo

- No nosso cotidiano, estamos cercados por sistemas formados por mais de uma substância, as chamadas misturas. Uma solução é uma mistura de duas ou mais substâncias que existem em uma única fase, ou seja, é uma mistura homogênea.
- Uma solução é composta de soluto e solvente, onde o soluto é a substância em menor quantidade.
- O fato de duas ou mais substâncias se misturarem ou não depende do fator 'solubilidade'. Esta é definida como a quantidade máxima de uma substância que se dissolve em uma dada quantidade de solvente a uma determinada temperatura.
- A quantidade máxima de soluto capaz de se dissolver totalmente numa determinada quantidade de solvente é denominado coeficiente de solubilidade.
- A solução insaturada é aquela na qual o soluto dissolvido não atingiu o valor de seu coeficiente de solubilidade, enquanto que uma solução saturada atingiu este valor. Ambas as soluções são estáveis. Uma solução supersaturada possui uma quantidade de soluto dissolvido superior ao máximo permitido, tornando-a instável.
- A concentração de uma solução é uma forma de expressarmos a relação soluto/solução ou soluto/solvente. A unidade mais utilizada é a concentração em quantidade de matéria (mol / L).
- A diluição de uma solução consiste em diminuir a concentração da solução inicial pela adição de mais solventes. Nesse procedimento, a massa do soluto permanece inalterada.

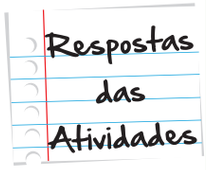
Veja ainda...

Aprenda um pouco mais sobre os conceitos de soluções neste artigo da revista Química Nova na Escola:

Link: qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/09-AF-1806.pdf

Referências

- Whitten, K. W.; Gailey, K. D.; Davis, R. E.; **General Chemistry with Qualitative Analysis; Saunders College Publishing**. Orlando – Florida; Third edition; 1988.
- Kotz, J. C.; Purcell, K. F.; **Chemistry & Chemical reactivity**; Saunders College Publishing; Orlando – Florida; Second edition; 1991.
- Brescia, F.; Arents, J.; Meislich, H.; Turk, A.; **General Chemistry**; Harcourt Brace Jovanovich International Edition; Fifth edition; 1988.
- Urbesco, J.; Salvador, E.; **Química – Físico-química**; volume 2; 10ª edição; São Paulo: Saraiva, 2005. 512p.
- Urbesco, J.; Salvador, E.; **Conecte Química – Físico-química**; volume 2; 1ª edição; São Paulo: Saraiva, 2011. 461p.
- Peruzzo, F. M.; Canto, E. L.; **Química 2: Química na abordagem do cotidiano**; volume 2; 5ª edição; São Paulo: Moderna, 2009. 488p.



Atividade 1

a. Os mares e oceanos são soluções de gases e sais (solutos) dissolvidos em água (solvente).

b. Um dos fatores que o descarte indevido de resíduos nesses locais ocasionam é a reação entre esses resíduos e o gás oxigênio acarretando na diminuição da quantidade de gás oxigênio nas águas, e consequentemente a morte dos peixes.

Atividade 2

O gás carbônico é colocado no refrigerante, aplicando-se uma grande pressão sobre o líquido, o que acarreta um aumento da solubilidade do gás. Logo, é possível dissolver uma quantidade muito maior do que o que se dissolveria na pressão atmosférica. O gás carbônico está formando uma solução supersaturada.

Ao se abrir a garrafa, diminuímos a pressão dentro dela e, por isso, observamos a saída de algumas bolhas de gás. Mas essa saída não ocorre de uma só vez. Nos instantes iniciais, é formada uma solução supersaturada e, por ser instável, o gás dissolvido que está acima do coeficiente de solubilidade é liberado. Após todo o gás excedente sair do refrigerante, a solução torna-se saturada e, consequentemente, estável.

Atividade 3

Se a solubilidade do nitrato de potássio é de 40,0 g em 100 g de água, primeiro calcula-se a quantidade de nitrato de potássio que pode saturar em 50,0 g de água. Então teremos:

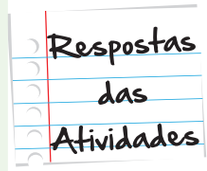
40,0 g de KNO_3 _____ 100,0 g de água

x _____ 50,0 g de água

x = 20,0 g de KNO_3

Como a solução possui 28,0 g de KNO_3, ou seja, acima do coeficiente de solubilidade, dizemos que a solução formada é supersaturada.

Atividade 4



a. Substância A, pois é a única curva descendente o que indica que sua solubilidade diminui com o aumento da temperatura.

b. A 20º C é possível dissolver 60 g de A em 100 g de água.

c. A substância B é a mais solúvel em qualquer temperatura, pois se observarmos o gráfico, percebemos que a curva de B está sempre acima da curva de C.

d. Em 100º C:

80 g de C _____ 100 g de água

x _____ 500 g de água

x = 400 g de C.

Atividade 5

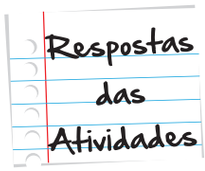
Como a concentração utilizada para estimar o efeito do álcool do sangue é g/L, inicialmente precisamos converter a unidade de concentração encontrada no teste do bafômetro feito pelo Claudio. A unidade ppm (em massa) é equivalente a miligramas de soluto por quilograma de solução, temos

$$\frac{400 \text{ mg de álcool etílico}}{\text{kg de solução}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} = \frac{400 \text{ mg de álcool etílico}}{\text{kg de solução}}$$

No enunciado foi solicitado que considerássemos 1 quilograma equivalente a litro. Assim, o teor de álcool em g/L encontrado pelo teste foi de

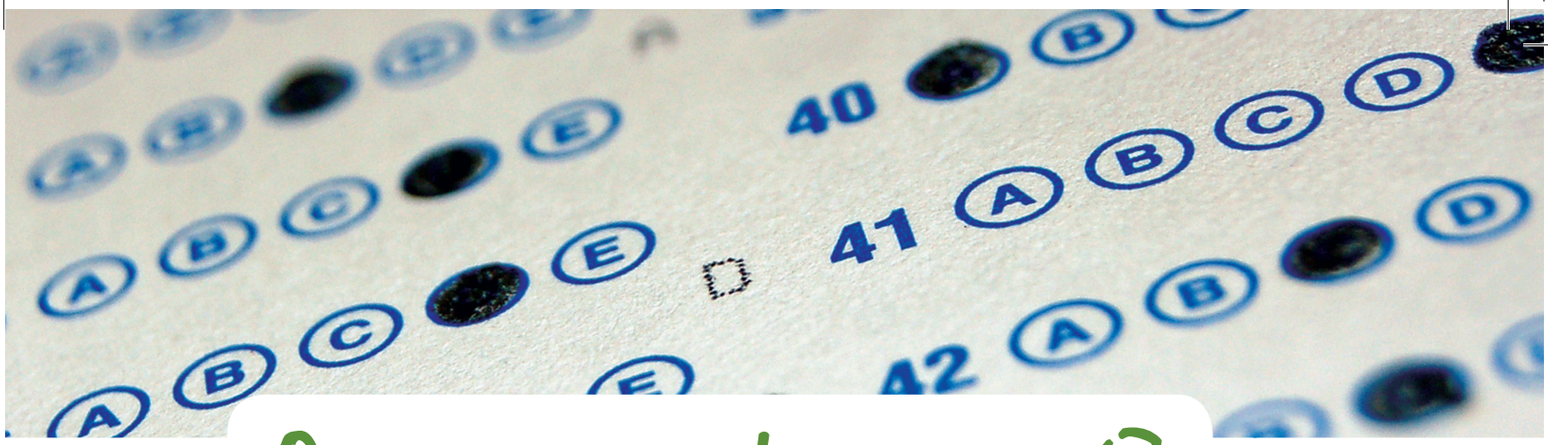
$$\frac{0{,}4 \text{ g de álcool etílico}}{\text{kg de solução}} = \frac{0{,}4 \text{ g de álcool etílico}}{\text{L de solução}}$$

Esse valor (0,4 g/L) está dentro da faixa 0,30 – 0,50 mostrada na tabela. O efeito causado pelo álcool nessa faixa de concentração indica risco do condutor causar algum acidente de trânsito, ou seja, Claudio não tinha condições de estar conduzindo o veículo.



Atividade 6

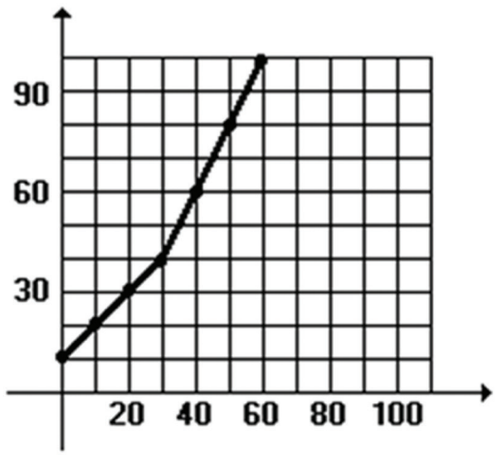
Ao observar o experimento com o suco de fruta, você irá perceber a variação das cores de cada solução, demonstrando de forma simples as diferentes concentrações de cada solução feita nos copinhos descartáveis.



O que perguntam por aí?

Questão 1 (Cesgranrio-RJ)

A curva de solubilidade de um sal hipotético é:



Ordenada = solubilidade, em gramas, por 100 gramas de água

temperatura em ^{0}C

A quantidade de água necessária para dissolver 30 gramas do sal a 35° C será, em gramas:

a. 45

b. 60

c. 75

d. 90

e. 105

Gabarito:

50 gramas _____ 100 gramas de água

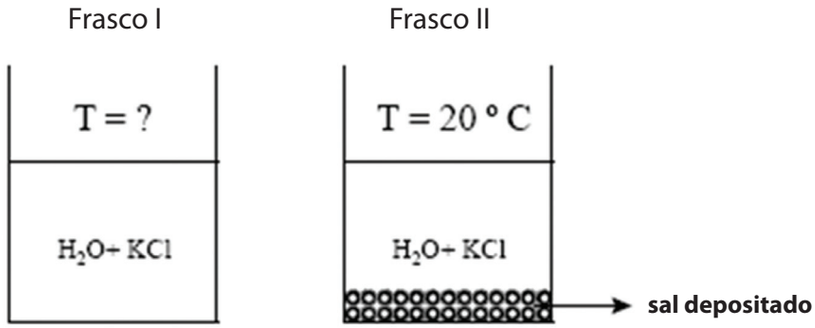
30 gramas _____ x

x = 60 gramas de água (Letra B)

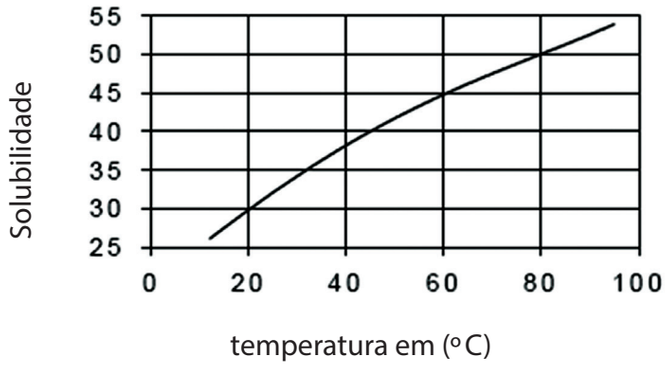
Comentários: Ao analisarmos o gráfico, observamos que a 35º C a solubilidade do sal é de aproximadamente 50 g em 100 gramas de água. Se queremos dissolver 30 g do sal, então serão necessários 60 g de água.

Questão 2 (UFRJ)

Os frascos a seguir contêm soluções saturadas de cloreto de potássio (KCℓl) em duas temperaturas diferentes. Na elaboração das soluções foram adicionados, em cada frasco, 400 mL de água e 200 g de KCℓ.



O diagrama a seguir representa a solubilidade do KCℓ em água, em gramas de soluto / 100 mL de H_2O, em diferentes temperaturas.



a. Determine a temperatura da solução do frasco I.

b. Sabendo que a temperatura do frasco II é de 20º C, calcule a quantidade de sal (KCℓ) depositado no fundo do frasco.

Gabarito comentado:

a. 200 g de KCℓ _____ 400 mL de água

x _____ 100 mL de água

x = 50 g de KCℓ

Observando o gráfico temos que para uma solubilidade de 50 g/100 g de água, a temperatura é de 80º C.

b. 30 g de KCℓ _____ 100 mL de água

x _____ 400 mL de água

x = 120 g de KCℓ

Logo: 200 g – 120 g = 80 g de KCℓ depositado no fundo do frasco.

Questão 3 (Unicamp –SP)

Evapora-se totalmente o solvente de 250 mL de uma solução aquosa de cloreto de magnésio ($MgC\ell_2$) de concentração 8,0 g/L. Quantos gramas de soluto são obtidos?

a. 8,0

b. 6,0

c. 4,0

d. 2,0

e. 1,0

Gabarito: Letra D

Comentário: Como a concentração (C) é calculada a partir da equação:

$$C = \frac{massa}{volume}$$

temos:

$$8{,}0\ g/L = \frac{massa}{0{,}25\ L} \quad massa = 8{,}0 \times 0{,}25 = 2{,}0\ g$$

Logo, a massa de cloreto de magnésio presente na solução é de 2,0 g.

Lista de exercícios

Aqui estamos disponibilizando uma lista com exercícios para você testar seus novos conhecimentos. Os exercícios foram retirados do ENEM e de outros vestibulares.

Lembre-se, praticar é uma das melhores maneiras de aprender. As respostas você encontrará ao final, mas deixe para consultá-las apenas depois de resolver os desafios. Mas não deixe de tentar, ok? Mãos à obra!

1 - (ENEM 2003)

Os acidentes de trânsito, no Brasil, em sua maior parte são causados por erro do motorista. Em boa parte deles, o motivo é o fato de dirigir após o consumo de bebida alcoólica. A ingestão de uma lata de cerveja provoca uma concentração de aproximadamente 0,3 g/L de álcool no sangue.

A tabela a seguir mostra os efeitos sobre o corpo humano, provocados por bebidas alcoólicas em função de níveis de concentração de álcool no sangue:

Concentração de álcool no sangue (g/L)	Efeitos
0,1 - 0,5	Sem influência aparente, ainda que com alterações clínicas
0,3 - 1,2	Euforia suave, sociabilidade acentuada e queda da atenção
0,9 - 2,5	Excitação, perda de julgamento crítico, queda da sensibilidade e das reações motoras
1,8 - 3,0	Confusão mental e perda da coordenação motora
2,7 - 4,0	Estupor, apatia, vômitos e desequilíbrio ao andar
3,5 - 5,0	Coma e morte possível

(Revista Pesquisa FAPESP no 57, setembro 2000)

Uma pessoa que tenha tomado três latas de cerveja provavelmente apresenta:

a. queda de atenção, de sensibilidade e das reações motoras;

b. aparente normalidade, mas com alterações clínicas;

c. confusão mental e falta de coordenação motora;

d. disfunção digestiva e desequilíbrio ao andar;

e. estupor e risco de parada respiratória.

2 - (ENEM 2003)

O botulismo, intoxicação alimentar que pode levar à morte, é causado por toxinas produzidas por certas bactérias, cuja reprodução ocorre nas seguintes condições: é inibida por pH inferior a 4,5 (meio ácido), temperaturas próximas a 100ºC, concentrações de sal superiores a 10% e presença de nitritos e nitratos como aditivos.

A ocorrência de casos recentes de botulismo em consumidores de palmito em conserva levou a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) a implementar normas para a fabricação e comercialização do produto.

No rótulo de uma determinada marca de palmito em conserva, encontram-se as seguintes informações:

I. Ingredientes: Palmito açaí, sal diluído a 12% em água, ácido cítrico.

II. Produto fabricado conforme as normas da ANVISA.

III. Ecologicamente correto.

As informações do rótulo que têm relação com as medidas contra o botulismo estão contidas em:

a. II, apenas.

b. III, apenas.

c. I e II, apenas.

d. II e III, apenas.

e. I, II e III.

3 - (ENEM 2002)

A chuva em locais não poluídos é levemente ácida. Em locais onde os níveis de poluição são altos, os valores do pH da chuva podem ficar abaixo de 5,5, recebendo, então, a denominação de chuva ácida. Este tipo de chuva causa prejuízos nas mais diversas áreas: construção civil, agricultura, monumentos históricos, entre outras. A acidez da chuva está relacionada ao pH da seguinte forma: concentração de íons hidrogênio = 10^{-pH} , sendo que o pH pode assumir valores entre 0 e 14.

Ao realizar o monitoramento do pH da chuva em Campinas (SP), nos meses de março, abril e maio de 1998, um centro de pesquisa coletou 21 amostras, das quais quatro têm seus valores mostrados na tabela:

Mês	Amostra	pH
Março	6ª	4
Abril	8ª	5
Abril	14ª	6
Maio	18ª	7

A análise da fórmula e da tabela permite afirmar que:

I. da 6ª para a 14ª amostra ocorreu um aumento de 50% na acidez;

II. a 18ª amostra é a menos ácida dentre as expostas;

III. a 8ª amostra é dez vezes mais ácida que a 14ª;

IV. as únicas amostras de chuvas denominadas ácidas são a 6ª e a 8ª.

São corretas apenas as afirmativas:

a. I e II

b. II e IV.

c. I, II e IV.

d. I, III e IV.

e. II, III e IV.

4 – (UERJ 2008)

A água sanitária é um agente desinfetante que contém a substância hipoclorito de sódio. A equação química a seguir representa o equilíbrio do íon hipoclorito com o ácido hipocloroso, um agente desinfetante ainda mais eficiente.

Em um processo de limpeza, quantidades iguais de água sanitária foram adicionadas a volumes iguais de líquidos com diferentes valores de pH a 25 ºC, de acordo com a tabela.

líquido	pH
1	5
2	7
3	9
4	11

O líquido no qual a água sanitária apresenta maior ação desinfetante é o de número:

a. 1

b. 2

c. 3

d. 4

5 – (ENEM 2002)

Quando definem moléculas, os livros geralmente apresentam conceitos como: "a menor parte da substância capaz de guardar suas propriedades". A partir das definições desse tipo, a ideia transmitida ao estudante é a de que o constituinte isolado (moléculas) contém os atributos do todo.

É como dizer que uma molécula de água possui densidade, pressão de vapor, tensão superficial, ponto de fusão, ponto de ebulição etc. Tais propriedades pertencem ao conjunto, isto é, manifestam-se nas relações que as moléculas mantêm entre si.

O texto evidencia a chamada visão substancialista que ainda se encontra presente no ensino da Química. A seguir, estão relacionadas algumas afirmativas pertinentes ao assunto.

I. O ouro é dourado, pois seus átomos são dourados.

II. Uma substância "macia" não pode ser feita de moléculas "rígidas".

III. Uma substância pura possui pontos de ebulição e fusão constantes, em virtude das interações entre suas moléculas.

IV. A expansão dos objetos com a temperatura ocorre porque os átomos se expandem.

Dessas afirmativas, estão apoiadas na visão substancialista criticada pelo autor apenas:

a. I e II

b. III e IV

c. I, II e III.

d. I, II e IV

e. II, III e IV

6 - (ENEM 1999)

A gasolina é vendida por litro, mas em sua utilização como combustível, a massa é o que importa. Um aumento da temperatura do ambiente leva a um aumento no volume da gasolina. Para diminuir os efeitos práticos dessa variação, os tanques dos postos de gasolina são subterrâneos. Se os tanques não fossem subterrâneos:

I. Você levaria vantagem ao abastecer o carro na hora mais quente do dia pois estaria comprando mais massa por litro de combustível.

II. Abastecendo com a temperatura mais baixa, você estaria comprando mais massa de combustível para cada litro.

III. Se a gasolina fosse vendida por kg em vez de por litro, o problema comercial decorrente da dilatação da gasolina estaria resolvido.

Destas considerações, somente:

a. I é correta.

b. II é correta.

c. III é correta.

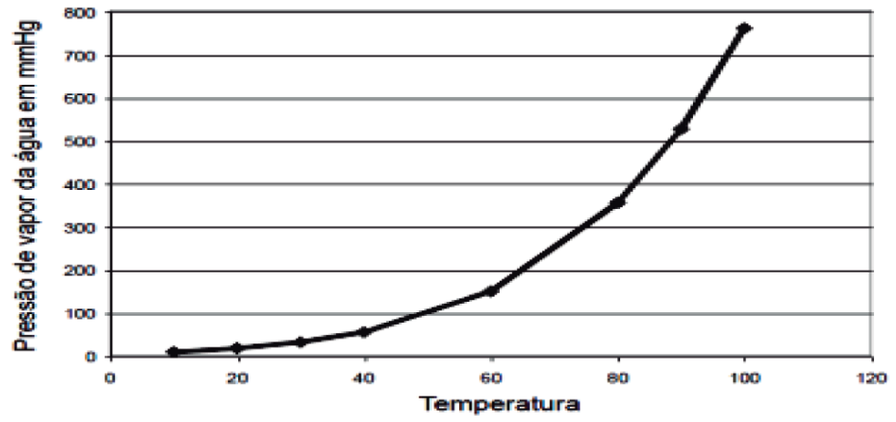
d. I e II são corretas.

e. II e III são corretas.

7 - (ENEM 1998)

A tabela a seguir registra a pressão atmosférica em diferentes altitudes, e o gráfico relaciona a pressão de vapor da água em função da temperatura:

Altitude (km)	Pressão atmosférica (mm Hg)
0	760
1	600
2	480
4	300
6	170
8	120
10	100



Um líquido, num frasco aberto, entra em ebulição a partir do momento em que a sua pressão de vapor se iguala à pressão atmosférica. Assinale a opção correta, considerando a tabela, o gráfico e os dados apresentados, sobre as seguintes cidades:

Natal (RN)	*nível do mar.*
Campos do Jordão (SP)	*altitude 1628m.*
Pico da Neblina (RR)	*altitude 3014 m.*

A temperatura de ebulição será:

a. maior em Campos do Jordão;

b. menor em Natal;

c. menor no Pico da Neblina;

d. igual em Campos do Jordão e Natal;

e. não dependerá da altitude.

8 - (UFSM-RS)

O amianto, conhecido também como asbesto, é um material constituído por fibras incombustíveis. É empregado como matéria-prima na fabricação de materiais isolantes usados na construção civil, como fibrocimento. O uso dessas fibras vem tendo queda desde a década de 1960, quando estudos confirmaram os efeitos cancerígenos desse material, principalmente sobre o aparelho respiratório.

Entre seus componentes, além do SiO_2, estão o óxido de magnésio (MgO) e o óxido de alumínio (Al_2O_3).

Em relação ao composto MgO, analise as afirmativas:

I. A ligação entre o magnésio e o oxigênio se dá por transferência de elétrons, sendo classificada como ligação iônica.

II. Os átomos não alcançaram a configuração do gás nobre após a ligação.

III. Após a ligação entre os átomos de magnésio e oxigênio, há formação de um cátion Mg^{2+} e um ânion O^{2-}.

Dados: Mg (Z = 12); O (Z = 8)

Está(ao) correta(s) apenas:

a. I.

b. II.

c. III.

d. I e II.

e. I e III.

9 - (Covest-2004)

Compostos covalentes possuem, em geral, propriedades muito diferentes de compostos iônicos. Considerando esses tipos de compostos, analise as afirmações seguintes:

1. São compostos de alto ponto de fusão.

2. São isolantes elétricos fundidos.

3. São composto duros e quebradiços.

De forma genérica, podemos dizer que:

a. 1 e 2 se referem a compostos iônicos;

b. somente 1 se refere a compostos iônicos;

c. 1 e 3 se referem a compostos iônicos;

d. somente 3 se refere a compostos covalentes;

e. 2 e 3 se referem a compostos covalentes.

10 - (Covest-1998)

A análise química de uma amostra de rocha do planeta Marte mostrou que a mesma é uma substância pura. Se dois elementos "A" e "B" dessa amostra apresentam eletronegatividades (escala de Pauling) de 0,8 e de 3,0, respectivamente, podemos afirmar que:

a. Não existe ligação química entre os dois elementos da rocha, pois as eletronegatividades diferem bastante.

b. Existe ligação entre os dois elementos e ela deve ser iônica.

c. Existe ligação entre os dois elementos e ela deve ser covalente.

d. O elemento "A" está à direita do elemento "B" na tabela periódica.

e. A rocha é constituída por uma substância simples.

11 – Fonte: http://exercicios.brasilescola.com/quimica/exercicios-sobre-tipos-reacoes-reacoes-no-cotidiano.htm

Dê nomes às reações (reação de síntese, decomposição, simples troca ou dupla troca), de acordo com os reagentes e produtos, justificando a resposta:

a) $Zn + Pb(NO_3)_2 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + Pb$

b) $FeS + 2\ HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S$

c) $2\ NaNO_3 \rightarrow 2\ NaNO_2 + O_2$

d) $N_2 + 3\ H_2 \rightarrow 2\ NH_3$

12 - (UFLA)

Faça a associação entre a primeira e segunda colunas:

1ª coluna	2ª coluna
I. $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$ II. $HCl(aq) + AgNO_3(aq) \rightarrow AgCl(s) + HNO_3(aq)$ III. $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$	( ) Dupla troca ( ) Oxidorredução ( ) Decomposição ( ) Síntese

Assinale a alternativa que apresenta a associação na ordem CORRETA de classificação das reações.

a. I; III; II; I

b. III; II; III; II

c. II; III; I; III

d. I; II; III; II

e. II; I; II; III

13 – (Ufscar 2007)

No dia a dia, estamos em contato com diferentes tipos de substâncias químicas como vinagre, produtos de limpeza pesada à base de amoníaco, água sanitária, lava-louças. Esses produtos são exemplos, respectivamente, de:

a. base, ácido, oxidante (desinfetante) e detergente;

b. ácido, base, oxidante (desinfetante) e detergente;

c. detergente, ácido, base e oxidante (desinfetante);

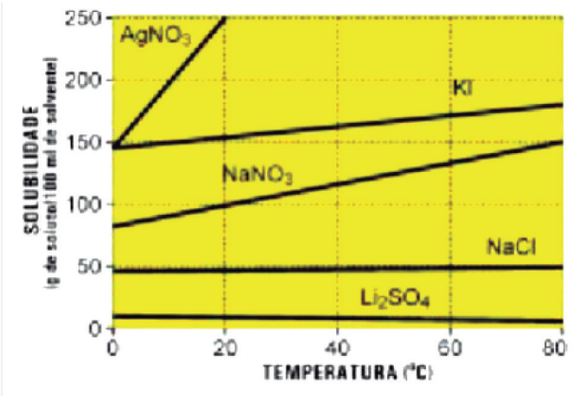
d. ácido, base, detergente e oxidante (desinfetante);

e. oxidante (desinfetante), ácido, base e detergente.

14 - (UFRJ-2002)

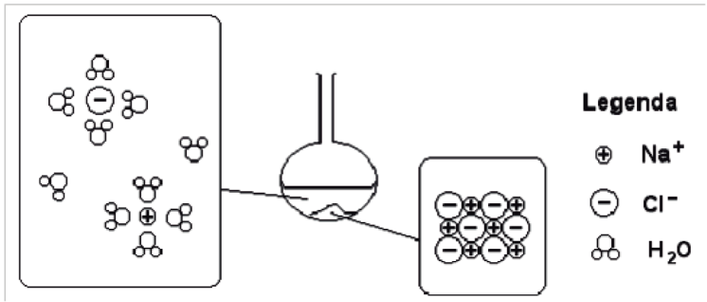
Usando o diagrama de solubilidade, determine a quantidade (em mols) de sal que precipita quando são adicionados 1,17 kg de $NaNO_3$ em 1 litro de

água pura, a 20ºC.



15 - (Fuvest-2003)

Uma mistura constituída de 45 g de cloreto de sódio e 100 mL de água, contida em um balão e inicialmente a 20ºC, foi submetida à destilação simples, sob pressão de 700 mm Hg, até que fossem recolhidos 50 mL de destilado. O esquema a seguir representa o conteúdo do balão de destilação, antes do aquecimento:

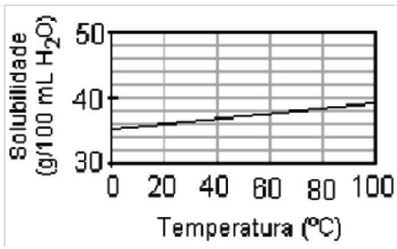


a. De forma análoga à mostrada acima, represente a fase de vapor, durante a ebulição.

b. Qual a massa de cloreto de sódio que está dissolvida, a 20ºC, após terem sido recolhidos 50L de destilado? Justifique.

c. A temperatura de ebulição durante a destilação era igual, maior ou menor que 97,4ºC? Justifique.

Dados: Curva de solubilidade do cloreto de sódio em água:



Ponto de ebulição da água pura a 700 mm Hg: 97,4ºC

16 - (UNICAMP-SP)

À temperatura ambiente, o cloreto de sódio (NaCl) é sólido e o cloreto de hidrogênio (HCl) é um gás. Essas duas substâncias podem ser líquidas em temperaturas adequadas.

a. Por que, no estado líquido, o NaCl é um bom condutor de eletricidade, enquanto no estado sólido não é?

b. Por que, no estado líquido, o HCl é um mau condutor de eletricidade?

c. Por que, em solução aquosa, ambos são bons condutores de eletricidade?

17 - (UNICAMP-SP)

A irrigação artificial do solo pode ser feita de várias maneiras. A água utilizada para a irrigação é proveniente de lagos ou rios e contém pequenas quantidades de sais dissolvidos. Sabe-se, desde a mais remota antiguidade, que a irrigação artificial intensa pode levar à salinização do solo, tornando-o infértil, principalmente em locais onde há poucas chuvas. Em regiões onde chove regularmente, de modo a não ser necessária a irrigação, a salinização não ocorre.

a. Como se pode explicar a salinização do solo?

b. Por que a água da chuva não provoca salinização?

18 - (Vunesp-2003)

No descarte de embalagens de produtos químicos, é importante que elas contenham o mínimo possível de resíduos, evitando ou minimizando consequências indesejáveis. Sabendo que, depois de utilizadas em cada embalagem de 1 litro de NaOH sólido restam 4 gramas do produto, considere os seguintes procedimentos:

embalagem I: uma única lavagem, com 1 L de água;

embalagem II: duas lavagens, com 0,5 L de água em cada vez.

Dados: massas molares: Na = 23 g/mol, O = 16 g/mol e H = 1 g/mol.

a. Qual a concentração de NaOH, em mol/L, na solução resultante da lavagem da embalagem I?

b. Considerando que, após cada lavagem, restam 0,005 L de solução no frasco, determine a concentração de NaOH, em mol/L, na solução resultante da segunda lavagem da embalagem II e responda: qual dos dois procedimentos de lavagem foi mais eficiente?

19 - (UFMG-2003)

A presença do oxigênio dissolvido é de fundamental importância para a manutenção da vida em sistemas aquáticos. Uma das fontes de oxigênio em águas naturais é a dissolução do oxigênio proveniente do ar atmosférico. Esse processo de dissolução leva a uma concentração máxima de oxigênio na água igual a 8,7mg/L, a 25ºC e 1atm. Um dos fatores que reduz a concentração de oxigênio na água é a degradação de matéria orgânica. Essa redução pode ter sérias consequências - como a mortandade de peixes, que só sobrevivem quando a concentração de oxigênio dissolvido for de, no mínimo, 5mg/L.

a. Calcule a massa de oxigênio dissolvido em um aquário que contém 52 litros de água saturada com oxigênio atmosférico, a 25ºC e 1 atm.

b. Calcule a massa de oxigênio que pode ser consumida no aquário descrito, no item 1 desta questão, para que se tenha uma concentração de 5 mg/L de oxigênio dissolvido.

c. A glicose ($C_6H_{12}O_6$), ao se decompor em meio aquoso, consome o oxigênio segundo a equação:

$C_6H_{12}O_6\,(aq) + 6O_2\,(aq) \rightarrow 6CO_2\,(aq) + 6H_2O(l)$

Calcule a maior massa de glicose que pode ser adicionada ao mesmo aquário, para que, após completa decomposição da glicose, nele permaneça o mínimo de 5mg/L de oxigênio dissolvido.

20 - (FUC – MT)

A ligação covalente de maior polaridade ocorre entre H e átomos de:

a. F

b. Cl

c. Br

d. I

e. At

21- (UFPE)

Em quais das passagens a seguir está ocorrendo transformação química?

1. " O **reflexo da luz nas águas** onduladas pelos ventos lembrava-lhe os cabelos de seu amado".
2. " A **chama da vela** confundia-se com o brilho nos seus olhos".
3. "Desolado, observava o **gelo derretendo** em seu copo e ironicamente comparava-o ao seu coração."
4. "Com o passar dos tempos começou a sentir-se como a velha **tesoura enferrujando** no fundo da gaveta."

Estão corretas apenas:

a. 1 e 2

b. 2 e 3

c. 3 e 4

d. 2 e 4

e. 1 e 3

Resposta dos exercícios do Anexo I

Questão 1

Gabarito: A

Comentário: Se uma lata leva a uma concentração de 0,3 g/L, então três latas levarão ao triplo desta concentração: 3 x 0,3 g/L = 0,9 g/L. Olhando na tabela, vemos que o indivíduo poderá apresentar os efeitos das três primeiras linhas da tabela.

Questão 2

Gabarito: C

Comentário: Veja que, na informação 1, é dito que a presença de sal é superior a 10%, bem como, a existência de ácido cítrico (para aumentar a acidez). Esses ingredientes, como nos disse o enunciado do problema, inibem a reprodução da bactéria botulínica. Seguir as recomendações da ANVISA também previne.

Questão 3

Gabarito: E

Comentário:

I. Quanto maior o pH menor é a acidez. A 6ª amostra tem pH = 4, enquanto, a 14ª amostra tem pH = 6. Portanto, houve uma diminuição da acidez e não um aumento.

II. A 18ª tem o maior pH, por isso ela é a menos ácida. Na verdade, uma substância com pH = 7 não é considerada nem ácida nem básica, é neutra.

III. Sim. A 8ª amostra tem pH = 5 e a 14ª pH = 6. O enunciado do problema nos diz que a fórmula da concentração de íons hidrogênio = 10-pH, certo? Sendo assim, a concentração de íons:

$$8^{a}\text{ amostra} = 10^{-5} = \frac{1}{100.000}$$

$$14^{a}\text{ amostra} = 10^{-6} = \frac{1}{100.000.000}$$

Veja que a 8ª amostra é 10 vezes menor que a 14ª, ou seja, dez vezes mais ácida.

IV. O enunciado diz que a chuva só é considerada ácida quando seu pH é menor que 5,5. Portanto, somente as amostras 8ª e 6ª são de chuva ácida.

Questão 4

Gabarito: A

Comentário: Quanto maior o pH do líquido ao qual foi adicionada água sanitária, maior será a concentração de OH^-. O aumento da concentração de OH^- desloca o equilíbrio da reação no sentido de consumir esse íon (sentido inverso) e, em conseqüência, de consumir também o HCℓO. Logo, o líquido de menor valor de pH é o que tem a maior concentração de HCℓO, proporcionando a maior ação desinfetante da água sanitária.

Questão 5

Gabarito: D

Comentário: As afirmativas I, II e IV determinam as características de determinadas substâncias a partir da características dos átomos que as compõem, exatamente como diz a visão substancialista. Já a afirmativa IV explica a característica da substância a partir da interação de suas moléculas, ou seja, não está baseada nas características dos átomos componentes.

Questão 6

Gabarito: E

Comentário:

I. O mais importante é a quantidade de gasolina, portanto, o que interessa é a massa. Se você compra um litro de gasolina quente, ela estará com o volume aumentado e, em um mesmo volume, haveria menos massa. Ou seja, neste caso você levará prejuízo.

II. Agora se você comprar a gasolina com a temperatura mais baixa, o volume é menor, ou seja, ela estará mais concentrada e, em um mesmo volume, haverá mais massa. Neste caso, sim, é vantajoso comprar.

III. O quilo é a medida de massa, e independe do volume. Usando o quilo, portanto, você está comprando o que realmente interessa, pois não sofre variação com a temperatura.

Questão 7

Gabarito: C

Comentário: A pressão atmosférica é a pressão exercida pela camada de moléculas de ar sobre qualquer superfície, inclusive sobre nós, ou seja, é a força exercida pelo ar sobre todas as coisas. Se essa força aumenta em um determinado ponto, a pressão neste ponto também aumentará.

Sendo assim, a pressão diminui com a altura, pois a quantidade de ar sobre um lugar alto é menor. Neste caso, fica mais fácil para a água espalhar, pois ao passar do estado líquido para o gasoso, as moléculas se afastam. Assim, quanto maior a altitude, menor é a temperatura de ebulição. É isso que as tabelas do enunciado mostram. Por isso, a água ferve mais rápido (temperatura de ebulição menor) no Pico da Neblina (mais alto) que em Natal ou Campos do Jordão (locais de altitude menores)..

Questão 8

Gabarito: E

Comentário:

I. A diferença de eletronegatividade entre os dois átomos é 2,3 (Mg = 1,2 e O = 3,5). Sendo assim, a ligação possui 74% de caráter iônico, ou seja, é uma ligação iônica.

II. O problema nos informa dos números atômicos (Z) do Mg e do O, a partir daí é possível montar suas distribuições eletrônicas.

Mg - $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$. Na sua camada de valência existem 2 elétrons (3s), que são perdidos, ficando com a configuração do gás nobre Ne.

O - $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$. Na sua camada de valência existem 4 elétrons, mas pode chegar a 6 (2p), portanto, ele recebe 2 elétrons e também fica com a mesma configuração do gás Ne.

III. Correta, pois como vimos no item II, o Mg perde 2 elétrons e vira Mg^{+2}; enquanto o O ganha 2 elétrons, virando O^{-2}.

Questão 9

Gabarito: C

Comentário: A maioria das substâncias covalentes comporta-se como isolante elétricos.

Questão 10

Gabarito: B

Comentário: O elemento A tem baixo valor de eletronegatividade, está à esquerda da tabela periódica e é, portanto, um metal. Já o elemento B tem alto valor de eletronegatividade, está à direita da tabela sendo um ametal. A ligação entre metal e ametal é uma ligação iônica.

Questão 11

Comentário:

a. A equação acima se refere a uma reação de simples troca (ou deslocamento): uma substância simples (Zn) reagiu com uma composta $Pb(NO_3)_2$ e originou uma nova substância simples (Pb) e outra composta $Zn(NO_3)_2$.

b. Reação de dupla troca: duas substâncias compostas reagiram entre si, originando duas novas substâncias compostas.

c. Reação de decomposição (ou análise): uma única substância ($NaNO_3$) originou dois produtos.

d. Reação de síntese (ou adição): duas substâncias originaram um único produto (NH_3).

Questão 12

Gabarito: C

Questão 13

Gabarito: B

Questão 14

Comentário: 1 mol de $NaNO_3$ = 85 g

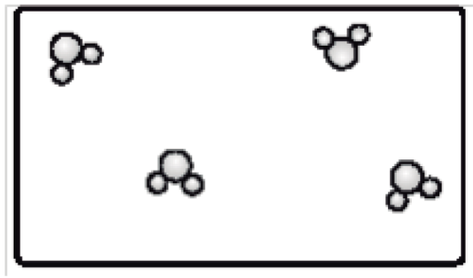
Solubilidade de $NaNO_3$ a 20ºC = 100 g/100ml = 1kg/L

Massa precipitada = 170 g = 2 mols

Questão 15

Comentário:

a.



b.

36g de NaCl _____ 100mL de H_2O

x _____ 50mL de H_2O

x = 18g de NaCl dissolvidos

c. Quando um solvente contém partículas dispersas, o seu ponto de ebulição aumenta (ebuliometria). Como o ponto de ebulição da água pura a 700 mmHg é 97,4°C, o ponto de ebulição da água na solução é maior.

Questão 16

Comentário:

a. No estado sólido, os íons estão presos no retículo cristalino. No estado líquido, existem íons livres.

b. Porque no estado líquido o HCl é molecular, portanto, não existem íons livres.

c. Porque o sal sofre dissociação e o ácido, ionização, produzindo íons livres.

Questão 17

Comentário:

a. As águas dos rios e lagos contêm sais dissolvidos. Com a evaporação da água, os sais permanecem no solo.

b. Na água da chuva não existem sais dissolvidos.

Questão 18

Comentário:

a. Cálculo da quantidade de matéria de NaOH:

1 mol _____ 40g

x _____ 4g

x= 0,1 mol

Cálculo da concentração da solução resultante da lavagem da embalagem I (vamos admitir o volume da solução aproximadamente igual ao volume de água)

M = 0,1 mol/ 1L

b. Cálculo da concentração da solução resultante da primeira lavagem da embalagem II:

Cálculo da concentração da solução resultante da segunda lavagem (diluição da solução) da embalagem II.

M1 x V1 = M2 x V2

0,2 mol/L. 0,005L = M2 x 0,505L

O procedimento usado na embalagem II é mais eficiente porque teremos uma solução final com menor concentração de NaOH.

M2 = 0,002 mol/L

Questão 19

Comentário:

a.

8,7 mg de O_2 _____ 1 L H_2O

x mg _____ 52L

x = 452mg de O_2

b.

5mg de O2 _____ 1L H2O

m _____ 52 L

m = 260 mg => Massa de O_2 consumida

M = 452 - 260 = 192 mg

c.

1 mol C6H12O6 _____ 6 mol de O_2

180 g _____ 6 x 32g

m _____ x 10^{-3}g

m = 0,18 g de $C_6H_{12}O_6$

Questão 20

Gabarito: A

Comentário: Na escala de eletronegatividade, o flúor é o elemento mais eletronegativo e o hidrogênio é o mais eletropositivo.

Questão 21

Gabarito: D

Comentário: O Item 1 fala apenas de um reflexo, que é um fenômeno físico, em que não ocorre nenhuma transformação química. O mesmo ocorre também no Item 3, que trata de uma mudança de estado físico.