

3ª SÉRIE

ENSINO MÉDIO
Volume 2

FÍSICA

Ciências da Natureza

Nome: _____

Escola: _____

Distribuição gratuita,
venda proibida

CADERNO DO ALUNO



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO

MATERIAL DE APOIO AO
CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO

CADERNO DO ALUNO

FÍSICA

ENSINO MÉDIO

3ª SÉRIE

VOLUME 2

Nova edição

2014-2017

São Paulo

Governo do Estado de São Paulo

Governador

Geraldo Alckmin

Vice-Governador

Guilherme Afif Domingos

Secretário da Educação

Herman Voorwald

Secretária-Adjunta

Cleide Bauab Eid Bochixio

Chefe de Gabinete

Fernando Padula Novaes

Subsecretária de Articulação Regional

Rosania Morales Morroni

**Coordenadora da Escola de Formação e
Aperfeiçoamento dos Professores – EFAP**

Silvia Andrade da Cunha Galletta

**Coordenadora de Gestão da
Educação Básica**

Maria Elizabete da Costa

**Coordenadora de Gestão de
Recursos Humanos**

Cleide Bauab Eid Bochixio

**Coordenadora de Informação,
Monitoramento e Avaliação
Educacional**

Ione Cristina Ribeiro de Assunção

**Coordenadora de Infraestrutura e
Serviços Escolares**

Dione Whitehurst Di Pietro

**Coordenadora de Orçamento e
Finanças**

Claudia Chiaroni Afuso

**Presidente da Fundação para o
Desenvolvimento da Educação – FDE**

Barjas Negri

Caro(a) aluno(a),

Ao investigar a eletricidade e o magnetismo, você foi apresentado ao mundo do “muito pequeno”, ou seja, aos elétrons, aos prótons e aos nêutrons. Agora, você conhecerá um pouco melhor essas e outras partículas, que compõem toda a matéria do Universo, por meio de analogias e do estudo dos modelos atômicos desenvolvidos ao longo do tempo, desde a Grécia Antiga. A partir disso, vai entender como são identificados os elementos químicos presentes nas estrelas.

Você estudará o comportamento dualista da luz, interpretada ora como onda eletromagnética, ora como partícula. Partindo da interação entre elétrons e fótons – as “partículas de luz” –, conhecerá o efeito fotoelétrico e suas implicações na tecnologia do mundo moderno.

Parte deste Caderno é dedicada ao estudo da radioatividade, muitas vezes temida no imaginário popular. Ao estudá-la, você entenderá como e quando ocorrem emissões de partículas radioativas (alfa, beta e gama) e conhecerá algumas de suas aplicações práticas; por exemplo, poderá ver com mais clareza como a medicina usa as radiações em diagnósticos e tratamentos.

Você também aprenderá que os prótons e os nêutrons, antes considerados partículas elementares constituintes da matéria, são formados por outras ainda menores: os *quarks*. E conhecerá as novas “famílias” de partículas, descobertas de forma teórica ou experimental ao longo do último século e ainda pesquisadas neste século. Compreenderá como elas são organizadas e como ocorrem as interações subatômicas. Tais conhecimentos permitirão que você analise, de forma crítica e com base científica, as pesquisas de ponta atualmente realizadas, como o acelerador de partículas LHC (sigla em inglês para Grande Colisor de Hádrons), amplamente divulgado nos meios de comunicação por contribuir significativamente para o presente e o futuro da Ciência.

Este Caderno propõe atividades como experimentos de investigação, pesquisas, elaboração de “linha do tempo”, todas com objetivo de desenvolver os conceitos físicos necessários à compreensão dos temas propostos nesta etapa de sua vida escolar. Esperamos que os conhecimentos aqui adquiridos o ajudem a ser um cidadão responsável e atuante – e um curioso investigador dos belos fenômenos do mundo natural!

Bom estudo!

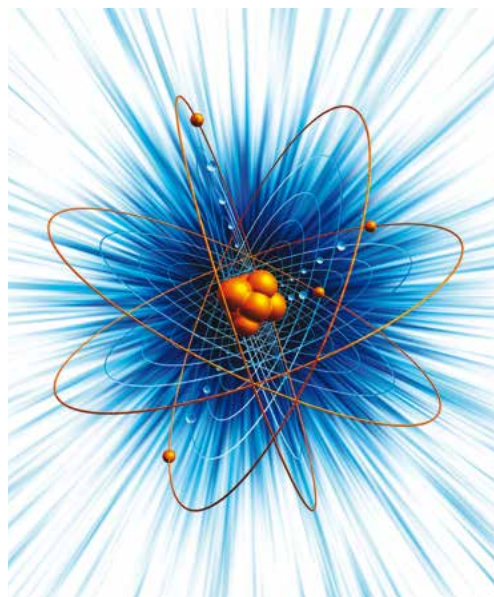
Equipe Curricular de Física
Área de Ciências da Natureza
Coordenadoria de Gestão da Educação Básica – CGEB
Secretaria da Educação do Estado de São Paulo

TEMA 1:

MATÉRIA, SUAS PROPRIEDADES E ORGANIZAÇÃO. ÁTOMO: EMISSÃO E ABSORÇÃO DA RADIAÇÃO

Ao observar a diversidade dos objetos que nos cercam, você percebe que são compostos de diferentes materiais: canetas são usualmente feitas de plástico; régua podem ser feitas de madeira; lentes de óculos são, na sua maioria, de vidro; e os talheres são, geralmente, feitos de metais. Há ainda outros materiais, originados de seres vivos, como a lã e o couro, com os quais fazemos roupas, calçados e tantas outras coisas.

Há muito tempo, desde a Pré-História, o homem busca manipular e utilizar os diversos tipos de material com base em suas características. A ciência moderna também elabora esses materiais, e faz isso com base em conhecimentos sobre sua estrutura interna. Neste tema, você vai aprender a relacionar as características e as propriedades dos materiais com sua organização interna.



© Mehau Kulyk/SPL/Latinstock



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 OBJETOS QUE COMPÕEM O NOSSO MUNDO: SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS

Corpos que compõem o universo ao nosso redor

Nota-se que o mundo é formado por uma grande quantidade de seres e objetos muito diferentes entre si. Semelhanças e diferenças aproximam e separam os materiais que nos cercam. Vidros e plásticos são maus condutores de calor. Já metais e tecidos vivos são bons condutores de eletricidade. Vidros e metais são bons refletores de luz. Metais oxidam-se. Madeiras e plásticos são inflamáveis. Vidros e plásticos podem ser transparentes; os metais, não. Em parte, são essas características que definem se o material é ou não adequado para determinados usos; por exemplo, o vidro é usado nas lentes de óculos por causa de sua transparência. A atividade a seguir trata das formas de organizar os materiais a partir de suas propriedades e características.

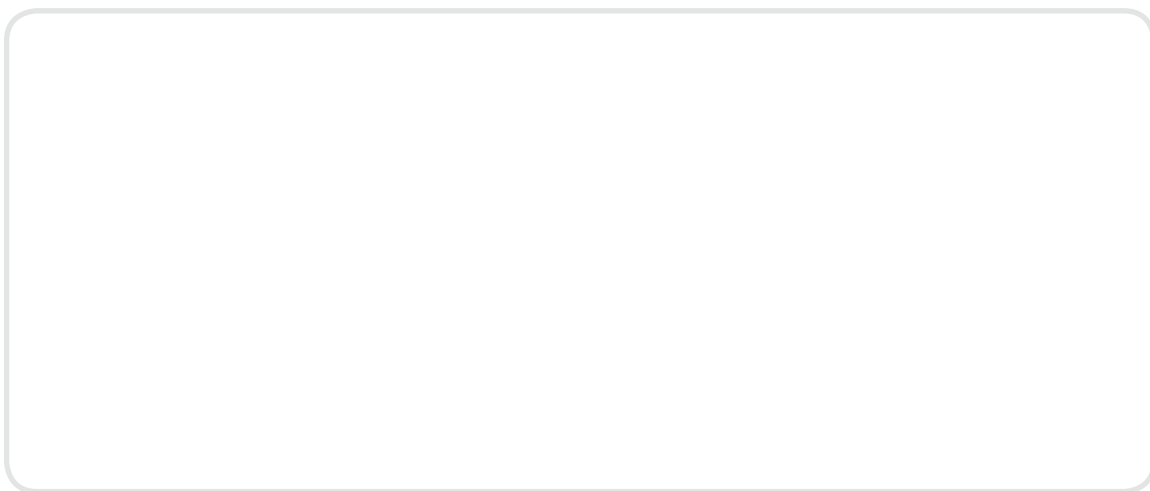


© Ték Image/SPL/Latinstock

Problematizando e classificando

Sob a orientação de seu professor, reúna-se em grupo com seus colegas para tratar das seguintes atividades e questões:

1. Faça, em seu caderno, uma lista de, pelo menos, 20 objetos usados no dia a dia.
2. Organize esses objetos em uma tabela, segundo algumas de suas principais características, identificando semelhanças e diferenças.



3. A partir dessas características, identifique os materiais que os compõem.

4. Esses objetos têm alguma coisa em comum? Explique.

5. O que explicaria, então, a diversidade de suas características e propriedades físicas?



Estado físico

Muitas características e propriedades dos corpos estão relacionadas ao seu estado físico, pois a ligação entre átomos e moléculas varia muito quando acontece uma mudança de estado. Nos sólidos, o potencial de ligação é forte e pode ser representado como se átomos e moléculas fossem ligados por uma mola, podendo vibrar em conjunto, cada qual em uma posição de equilíbrio. Nos líquidos, esse potencial de ligação é mais fraco, mas ainda suficiente para manter as moléculas ligadas umas às outras – a maior liberdade de movimentação explica a fluidez dos líquidos. Nos gases, o potencial de ligação entre as moléculas pode ser considerado nulo; por isso, uma molécula pode se movimentar de forma quase independente de outra, exceto quando há colisão.



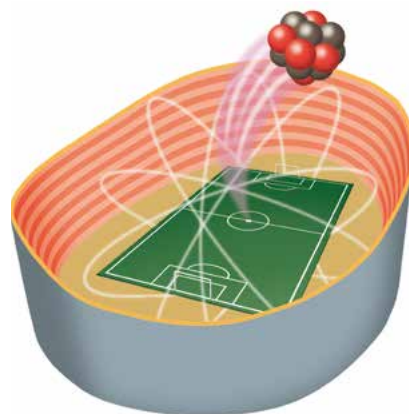
Leitura e análise de texto

Tamanho dos objetos estudados em Física Atômica

Ao examinar o tamanho relativo e o espaço entre partículas, é possível ter uma ideia dos tamanhos envolvidos nos objetos estudados em Física de Partículas. Se o núcleo de um átomo de hidrogênio fosse do tamanho da cabeça de um alfinete (1 mm), então o elétron nesse átomo estaria, aproximadamente, a 70 m de distância do núcleo.

Algumas relações de proporção que podem ajudá-lo na compreensão das dimensões atômicas e subatômicas são:

- um núcleo típico é dez vezes maior do que um próton;
- um átomo típico (o tamanho é determinado pelos elétrons mais externos) é 10 mil vezes maior do que um núcleo típico;
- uma cabeça de alfinete (1 mm = 10^{-3} m) é 10 milhões de vezes maior do que um átomo típico;
- na espessura de uma folha de papel A4 (75 g/cm³), há, aproximadamente, 1 milhão de átomos;
- a massa de um próton é, aproximadamente, 2 mil vezes maior que a de um elétron.



© Paulo Manzi

Representação aproximada da relação entre o tamanho do núcleo atômico e a sua eletrosfera. No caso, se o núcleo estivesse no centro do campo, o elétron mais próximo estaria atrás da trave.

Adaptado de: NUPIC/LAPEF. *A Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula: partículas elementares*. Bloco II. Ordem de grandeza e modelos atômicos. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/curso-de-particulas-elementares/arquivo/Curso%20de%20Particulas%20Elementares.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2013.

Com base nas informações anteriores, responda:

1. Se sua casa fosse o núcleo do átomo de hidrogênio e seu vizinho fosse o elétron, a que distância ele estaria?



Leitura e análise de texto

Raio atômico

A Mecânica Quântica permite obter o raio dos átomos dos elementos químicos. A tabela de Sargent-Welch fornece o valor para muitos deles. Veja a seguir alguns exemplos.

Tabela de Sargent-Welch

Raio atômico ($\cdot 10^{-10}$ m)

© Finalização de Lie Kobayashi sobre ilustrações de Pedro Antônio de Sousa Nero

H 0,37							He 0,60
Li 1,32	Be 1,11	B 0,88	C 0,77	N 0,70	O 0,66	F 0,64	Ne 0,90
Na 1,86	Mg 1,60	Al 1,43	Si 1,12	P 1,10	S 1,04	Cl 0,99	Ar 0,94
K 2,31	Ca 1,97	Ga 1,22	Ge 1,22	As 1,21	Se 2,17	Br 1,14	Kr 1,09
Rb 2,44	Sr 2,15	In 1,62	Sn 1,40	Sb 1,41	Te 1,37	I 1,33	Xe 1,30
Cs 2,62	Ba 2,17	Tl 1,71	Pb 1,75	Bi 1,46	Po 1,50	At 1,40	Rn 1,40

Volume do átomo

Ao pensarmos em um metal, a imagem que normalmente vem à cabeça é a de uma estrutura compacta, na qual os átomos estão muito próximos. Será que essa visão é correta? Qual o espaço ocupado pelos átomos numa barra de ferro?

É simples calcular o volume para cada átomo numa barra de ferro. Basta conhecer a densidade da barra ($\cong 7,86$ g/cm³) e a massa atômica do ferro (56), a qual indica a quantidade de matéria em 1 mol de um certo elemento. Utilizando a relação de Avogadro,

sabemos que em 1 mol de uma substância existem aproximadamente $6,02 \cdot 10^{23}$ átomos. Assim:

$$\begin{aligned} 56 \text{ g de ferro} & \text{--- } x \text{ cm}^3 \\ 7,86 \text{ g de ferro} & \text{--- } 1 \text{ cm}^3 \\ x & = 7,12 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Em $7,12 \text{ cm}^3$ de ferro temos $6,02 \cdot 10^{23}$ átomos; o volume para cada átomo é:

$$V = 7,12 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / 6,02 \cdot 10^{23} \text{ átomos.}$$

Ou:

$$V \cong 1,183 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3 \text{ para cada átomo.}$$

Agora, responda:

1. O raio atômico do ferro é $1,4 \cdot 10^{-10} \text{ m}$. Calcule o volume ocupado por ele e compare com o valor previsto.



VOCÊ APRENDEU?



1. O diamante e a grafite são constituídos de carbono, mas têm transparências muito diferentes. Por que alguns corpos se apresentam transparentes, e outros não?

2. Qual é a vantagem de utilizar a característica atômica como meio de classificação dos materiais?

3. O que caracteriza o estado físico de um corpo? Use a água como exemplo.

4. Se um átomo fosse do tamanho de uma cabeça de alfinete, a espessura da folha de papel teria qual medida?



LIÇÃO DE CASA



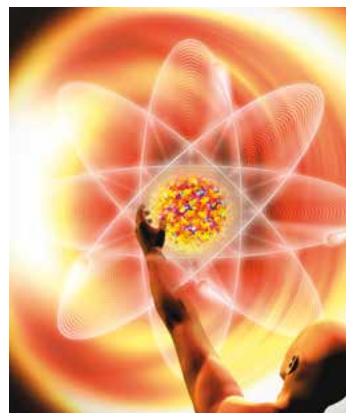
1. Pesquise em seu livro didático, na biblioteca de sua escola ou na internet: Qual é a característica atômico-molecular que explica a melhor ou a pior condução de calor nos corpos? Justifique.

2. Quantos átomos de ferro existem em um prego? (Use como guia a resolução do exemplo apresentado no texto “Raio atômico”).



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 COMO PODEMOS “VER” UM ÁTOMO?^a

Na Situação de Aprendizagem anterior, você aprendeu que a matéria é constituída de átomos e que a combinação entre eles bem como o estado físico da matéria permitem explicar a diversidade de características e propriedades percebidas. O átomo é o constituinte básico da matéria e sua dimensão é da ordem de 10^{-10} m. Com esse tamanho, deve ter ficado claro para você que um átomo não pode ser visto a olho nu, nem mesmo com o auxílio dos mais potentes instrumentos ópticos. Nesse fato reside um enigma: como foi possível “ver” o interior da matéria? Como sabemos representar o átomo?



© Mike Agiolo/Motiff/Corbis/Latinstock



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Observando algo invisível!

Você já participou de um jogo de sinuca ou brincou com bolinhas de gude? Se já fez isso, sabe que, quando atiramos uma bolinha com dada velocidade contra um objeto ou anteparo, dependendo de seu tamanho e formato, ela rebate de forma diferente. Vamos usar essa “técnica” simples: atirar bolinhas contra um anteparo (alvo) para observar como elas se comportam depois de se chocar contra o alvo. A atividade permitirá compreender uma importante experiência feita em 1908 pelos cientistas Ernest Rutherford, Ernest Marsden e Hans Geiger, usada para elaborar um modelo atômico. Você vai descobrir o formato e a estrutura de um material sem enxergá-lo diretamente, pois ele estará escondido embaixo de uma placa de madeira.

Materiais

- placa de madeira com um corpo material plano fixado numa das faces, que ficará virada para baixo;
- bolinhas bem pequenas, de plástico, vidro ou metal, de no máximo 1 cm de diâmetro;
- folhas em branco, lápis e caneta.

^a Adaptado de: NUPIC/LAPEF. *A Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula: partículas elementares*. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/curso-de-particulas-elementares/arquivo/Curso%20de%20Particulas%20Elementares.pdf.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2013.



Lembre-se!

Você precisará descobrir uma característica do objeto sem conseguir vê-lo diretamente. Por isso, não tente enxergá-lo. Se o fizer, a atividade perderá todo o sentido!

Mãos à obra!

1. Atire as bolinhas embaixo da placa, identificando sua trajetória.
2. Repare, com muito cuidado, qual caminho cada uma faz ao ser lançada em direção ao alvo e por qual caminho ela volta após bater nele.
3. Para melhorar suas observações, coloque um papel em branco sobre a placa e use uma caneta ou um lápis para marcar com precisão a trajetória das bolinhas.

Agora, procure responder com seus colegas de grupo às questões a seguir.

1. Qual é o possível formato do corpo embaixo da placa? Represente-o com um desenho.

2. Como e por que vocês chegaram a essa conclusão? Vocês poderiam confirmá-la?

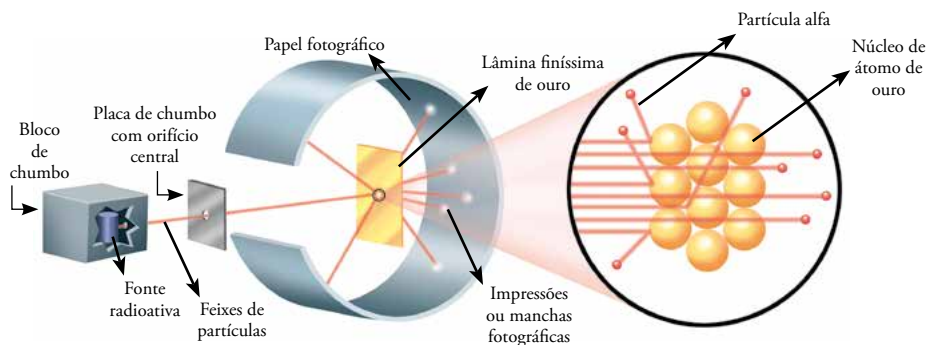
3. O tamanho da bolinha tem alguma relação com a capacidade de perceber os detalhes do formato do material? Se as bolinhas fossem menores, os resultados poderiam ser diferentes? Explique.

4. É possível “ver” algo invisível? Discuta com seus colegas e responda de acordo com a atividade realizada.



Leitura e análise de texto

O modelo atômico de Rutherford (1911)



© Paulo Manzini

Em 1911, o físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937) publicou os resultados de sua “experiência de espalhamento de partículas alfa”, na qual relata suas descobertas sobre a estrutura do átomo, que são a base para o modelo atômico que estudamos até os dias de hoje.

Em sua experiência, Rutherford bombardeou uma fina folha de ouro com partículas alfa (pequenas partículas radioativas portadoras de carga elétrica positiva, emitidas por alguns átomos radioativos, como o polônio) e observou que a maioria atravessou a lâmina, outras mudaram ligeiramente de direção e algumas ricochetearam, o que foi evidenciado por uma tela com material apropriado (fluorescente) usada para a identificação das partículas alfa. Mas o que Rutherford esperava com isso?

Esperava que as partículas alfa atravessassem a folha de ouro quase sem desvios, se tudo desse certo de acordo com os conhecimentos atômicos da época. Entretanto, os desvios foram muito mais intensos do que se poderia supor e algumas partículas até ricochetearam. Foi a partir dessa experiência que Rutherford apresentou suas ideias para o meio científico. Alguns conceitos do modelo de Thomson para o átomo foram mantidos, mas com modificações estruturais importantes.

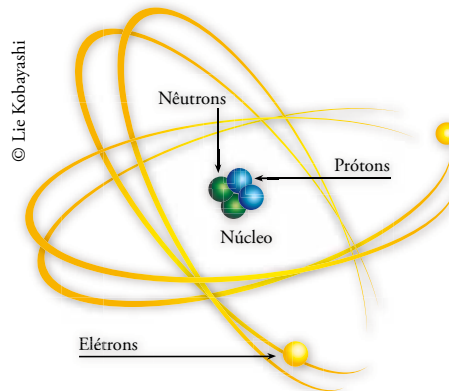
No modelo de Rutherford, os átomos são constituídos por um núcleo muito denso, carregado positivamente, no qual se concentra praticamente toda a massa. Os elétrons ficam ao redor desse núcleo positivo, distribuídos espaçadamente numa região denominada eletrosfera. Ele comparou seu modelo ao Sistema Solar, no qual o Sol seria o núcleo e os planetas seriam os elétrons. Surge, então, o célebre modelo planetário do átomo.

De sua experiência, Rutherford também pôde concluir que o átomo teria um núcleo com diâmetro da ordem de 10^{-14} m (hoje o valor aceito é de 10^{-15} m) e que o diâmetro do átomo seria da ordem de 10^{-10} m, ou seja, o núcleo seria mais de 10 mil vezes menor que o átomo. A unidade de medida conhecida por angstrom ($1 \text{ \AA} = 10^{-8}$ cm ou 10^{-10} m) foi proposta para caracterizar dimensões atômicas e moleculares; para dimensões nucleares, a unidade empregada é o fermi ou femtometro ($1 \text{ fermi} = 1 \text{ fm} = 10^{-15}$ m).

Portanto, as principais características do átomo de Rutherford são:

- o átomo não é maciço, mas formado por uma região central, denominada núcleo, muito pequena em relação ao diâmetro atômico;
- esse núcleo concentra praticamente toda a massa do átomo e é dotado de carga elétrica positiva, onde estão os prótons;
- na região ao redor do núcleo, denominada eletrosfera, os elétrons (partículas cerca de 1836 vezes mais leves do que os prótons) giram em órbitas circulares, neutralizando a carga nuclear.

As partículas alfa (α) são constituídas por núcleos de hélio (dois prótons e dois nêutrons) com carga +2 (${}_{2}^4\text{He}$) e massa 4 u (${}^4\text{He}$), sendo u = unidade de massa atômica $\cong 1,66 \cdot 10^{-24}$ g.



Adaptado de: BROCKINGTON, Guilherme; SOUSA, Wellington Batista de; UETA, Nobuko. *Física: Física moderna e contemporânea*, módulo 6. São Paulo: Pró-Universitário, USP/Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.ciencia.iao.if.usp.br/dados/pru/_fisicomodernacontemporanea17968.apostila.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2013.

Depois da leitura, com apoio de seu professor, responda, em seu caderno:

1. Represente o modelo atômico de Rutherford para o átomo de hidrogênio.
2. Faça um desenho que represente a força elétrica que atua no elétron.
3. Estime a intensidade da força elétrica que atua no elétron a partir do valor das cargas elétricas presentes no hidrogênio e no raio da órbita do elétron (busque os valores necessários).

4. A partir desse valor, estime a velocidade orbital do elétron (lembre-se de que os elétrons giram em torno do átomo).



VOCÊ APRENDEU?



1. Destaque as principais características do modelo atômico de Rutherford.

2. Por que, na experiência de Rutherford, a maioria das partículas atravessa a folha sem sofrer nenhum desvio?



LIÇÃO DE CASA



Pesquise em seu livro didático, na biblioteca de sua escola ou na internet:

1. Busque informações sobre os modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford e escreva, em poucas palavras, as ideias centrais de cada modelo. Procure notar a partir de qual modelo se introduzem as cargas elétricas no interior do átomo e a forma como elas estão distribuídas.
2. Em 1911, Rutherford publica os resultados de sua famosa e importante experiência, na qual bombardeou com partículas alfa uma fina lâmina de ouro. (Veja a primeira figura do texto “O modelo atômico de Rutherford (1911)”.) Uma partícula alfa é um núcleo de átomo de hélio ionizado. A partir do experimento descrito, explique por que as partículas alfa sofrem desvios de trajetória.

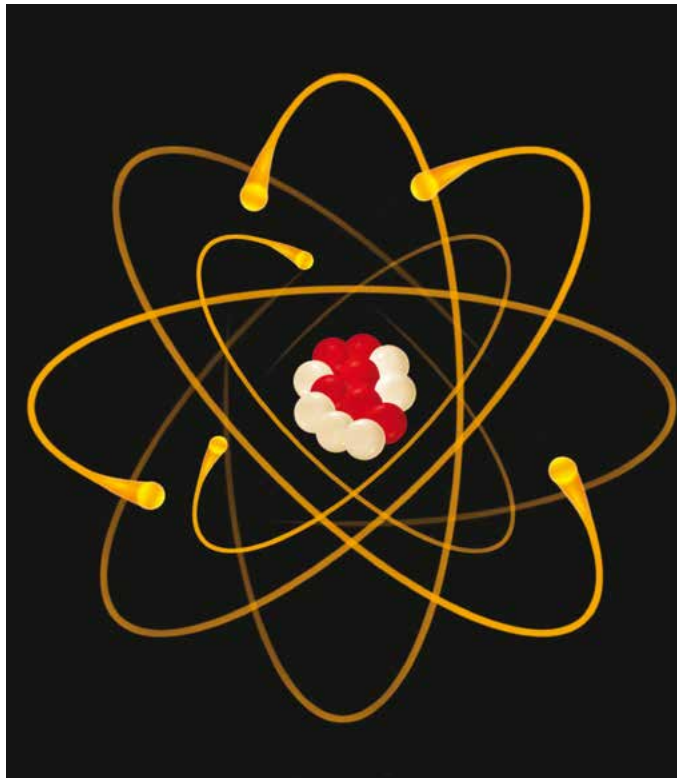


SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 DADOS QUÂNTICOS

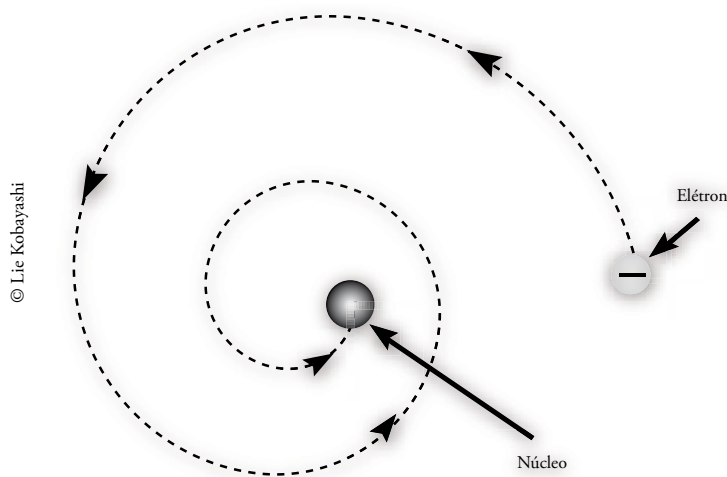
Na Situação de Aprendizagem anterior, estudamos o modelo proposto por Rutherford e vimos como esse modelo foi um passo importante no desenvolvimento da Ciência. Nesse modelo, elétrons giravam em torno do núcleo porque, se estivessem parados, seriam atraídos eletricamente por ele.

A aproximação com o modelo planetário, ou seja, imaginar que os elétrons orbitam o núcleo, foi uma forma interessante de pensar a estrutura interna do átomo. Mas esse modelo fez surgir um problema. A teoria aceita e conhecida até então, a Eletrodinâmica clássica, previa que toda partícula carregada em movimento e com aceleração deveria emitir energia. Dessa forma, o elétron deveria perder energia, diminuir a velocidade e se dirigir ao núcleo em um movimento espiralado, como mostra a figura abaixo.

© Don Farrall/Photodisc/Latinstock



Colapso do átomo



© Lie Kobayashi

Logo se percebeu que o modelo planetário do átomo era apenas uma primeira aproximação e que muitas descobertas seriam reveladas pela continuidade das pesquisas em Física Atômica.

Esta Situação de Aprendizagem pretende explorar uma das mais intrigantes propriedades atômicas, responsável por dar o “tom” das pesquisas no século XX: a quantização dos níveis de energia.



Leitura e análise de texto

O modelo atômico de Bohr (1913)

Em 1913, o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962), Prêmio Nobel em 1922, propôs um modelo atômico explicando a estabilidade do átomo. Bohr obteve um excelente resultado aplicando a teoria quântica do alemão Max Planck (1858-1947). Após um estudo detalhado do espectro descontínuo do átomo de hidrogênio, que tem apenas um elétron movendo-se em torno do núcleo, Bohr propôs um modelo atômico por meio dos seguintes postulados:

- o elétron descreve órbitas circulares ao redor do núcleo, cujos raios r_n são dados pela expressão: $r_n = n^2 \cdot \frac{\epsilon_0 \cdot h^2}{\pi \cdot m \cdot Z \cdot e^2}$; ϵ_0 = permissividade elétrica do vácuo
 h = constante de Planck
- as órbitas foram chamadas por Bohr de estados estacionários e, portanto, diz-se que o elétron está em um estado estacionário ou nível de energia em que cada órbita é caracterizada por um número quântico (n), que pode assumir valores inteiros entre 1, 2, 3, ...; a energia associada aos níveis de energia do hidrogênio é dada por: $E_n = \frac{-13,60 \text{ eV}}{n^2}$, notando-se que se utiliza aqui a unidade elétron-volt (eV) – que corresponde à energia de um elétron acelerado por 1 V –, conveniente para processos atômicos e mais simples que seu valor em joule ($1,6 \cdot 10^{-19}$ J);
- um elétron que permanece em dado estado estacionário não emite energia, apresentando, assim, uma energia constante;
- a passagem de um elétron de uma órbita para outra supõe absorção ou emissão de determinada quantidade de energia, conforme o elétron se move de uma posição menos energética para outra mais energética e vice-versa;
- a energia é absorvida ou liberada na forma de radiação eletromagnética e é calculada pela expressão: $\Delta E = h \cdot f$ ou $E_f - E_i = h \cdot f$.

Adaptado de: BROCKINGTON, Guilherme; SOUZA, Wellington Batista de; UETA, Nobuko. *Física: Física moderna e contemporânea*, módulo 6. São Paulo: Pró-Universitário, USP/Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.cienciamao.if.usp.br/dados/pru/_fisicamodernacontemporanea17968.apostila.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2013.

- Utilize as expressões matemáticas do texto para calcular o valor da energia dos níveis de 1 a 5 para o átomo de hidrogênio.



APRENDENDO A APRENDER

Fótons e o efeito fotoelétrico

Um importante passo no desenvolvimento das concepções sobre a natureza da luz foi dado no estudo de um fenômeno muito interessante, que recebeu o nome de efeito fotoelétrico. Esse efeito consiste na emissão de elétrons pela superfície de um material quando a luz visível ou ultravioleta incide sobre ela. Esse fenômeno pode acontecer com vários materiais; no entanto, é mais facilmente observado em metais. Para explicar o efeito fotoelétrico, Albert Einstein estabeleceu que a luz, ou qualquer outra forma de radiação eletromagnética, não é contínua, mas composta de pequenos “pacotes” de energia, ou fótons.

Com isso, no efeito fotoelétrico, cada elétron do material sobre o qual a luz incide pode absorver apenas um fóton por vez. Se a energia desse fóton for suficiente, o elétron pode ser “arrancado” da superfície do material, sendo emitido com uma determinada energia cinética. Einstein também explicou uma característica desconcertante do efeito fotoelétrico. Embora a intensidade da luz faça mais elétrons se projetarem do material, a velocidade dos elétrons liberados permanece a mesma, não importa o quanto a luz é mais ou menos brilhante. A única maneira de mudar a velocidade dos elétrons é usar uma cor diferente de luz. Como explicação, Einstein propôs que a energia de cada partícula de luz (fóton) depende de sua frequência, sendo h a constante de Planck ou constante de proporcionalidade.

Assim, a energia transportada por um fóton é dada pela expressão $E = f \cdot h$, onde E é a energia do fóton, f sua frequência e h a constante de Planck, cujo valor é aproximadamente $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$. Podemos aplicar essa expressão para saber o valor da energia de um fóton de qualquer radiação eletromagnética; por exemplo:

- A frequência da radiação eletromagnética vermelha (luz vermelha) é de $4,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$. A energia de um fóton dessa radiação (fóton vermelho) é:

$$E = f \cdot h = 4,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 2,9835 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

- A frequência da radiação eletromagnética azul (luz azul) é de $6,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$. A energia de um fóton dessa radiação (fóton azul) é:

$$E = f \cdot h = 6,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4,3095 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

Um fóton azul contém mais energia do que um fóton vermelho e age essencialmente como uma bola de bilhar com mais energia, transmitindo, desse modo, maior energia de movimento a um elétron.

Hoje, o efeito fotoelétrico é explorado nas mais diversas tecnologias, como nas células fotoelétricas – dispositivos que têm a capacidade de transformar energia luminosa, seja ela proveniente do Sol, seja de qualquer outra fonte, em energia elétrica. Essas células podem funcionar como geradoras de energia elétrica ou mesmo como sensores capazes de reagir à incidência de luz, como nas fotocélulas das portas de elevadores e lojas.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Dados quânticos

Você já deve ter participado de algum jogo de tabuleiro em que um dado indica quantas “casas” se pode andar. Agora, imagine que você comprou um jogo com defeito e que um dos dados veio com uma face com o número 0,5. Nesse caso, os jogadores poderiam estipular que quem tirasse esse número perderia sua vez, pois não há como andar “meia casa”! Só se pode avançar no jogo quando se tira um número inteiro, como 1, 2, 3 etc.

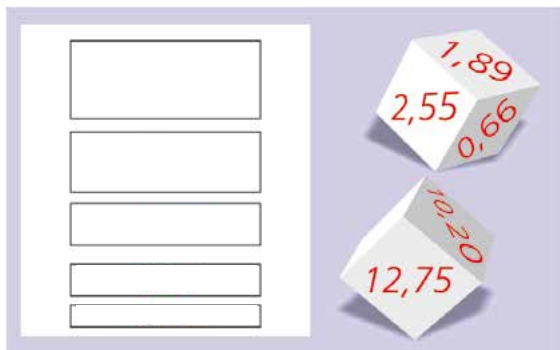
Vamos, então, supor que exista um jogo no qual, para avançar nas casas do tabuleiro, fossem necessários valores diferentes. Talvez um dado com um número “quebrado”, como 1,25, fosse útil e permitisse que você mudasse de casa. Esse será o tipo de jogo que faremos. Nosso tabuleiro representa os níveis energéticos de um átomo e o “pino” que levaremos de uma casa à outra representa um elétron.

Materiais

- cartolina;
- tesoura;
- caneta.

Mãos à obra!

1. Recorte uma cartolina de forma que você consiga fazer dois cubos. Eles serão os seus dados.
2. Nas faces de um dos dados escreva os números 0; 0,31; 10,20; 12,09; 12,75 e 13,06. Escreva os números 0; 0,66; 0,97; 1,89; 2,55 e 2,86 no segundo dado.
3. Agora você precisa montar um tabuleiro que seja compatível com seus dados. Para isso, cada casa corresponderá a um nível energético do átomo de hidrogênio. Para conhecer esses valores, utilize a fórmula $E = -13,60 \cdot Z^2/n^2$, onde **E** é a energia correspondente ao nível **n**, na unidade eV (elétron-volt). Os níveis atômicos vão de 1 a 5. (Lembre-se de que o número atômico **Z** do hidrogênio é 1.)



Vocês deverão partir do nível 1 e chegar ao nível 5. Para isso, o valor tirado no dado deve ser a exata diferença dos valores de dois níveis. Sob a orientação de seu professor, junte-se a seus colegas e veja quem consegue ser o primeiro a chegar ao nível 5. Cada um deverá ser um elétron e é obrigatório sempre jogar os dois dados.

Após realizar a atividade, responda em seu caderno às seguintes questões:

1. Quantas jogadas são necessárias para ir do nível 1 ao 5?
2. Qual é o nível mais energético dos cinco? O elétron precisa ganhar ou perder energia para chegar a esse nível?
3. O valor 10,10 eV permite que o elétron saia do primeiro nível? E o valor 10,30 eV?
4. O que significa “ser quantizado”? Dê alguns exemplos de objetos quantizados que você conhece.



VOCÊ APRENDEU?



1. Qual é o principal problema no modelo atômico proposto por Rutherford?

2. Por que a palavra “quantização” caracteriza tão bem os resultados obtidos pelo modelo de Bohr?

3. No modelo atômico de Bohr, o que é necessário acontecer para que um elétron passe de uma posição (órbita) menos energética para outra mais energética?



LIÇÃO DE CASA



1. Considere que o elétron no átomo de hidrogênio “salte” do nível de energia $n = 3$ para o estado fundamental (nível $n = 1$). Baseando-se no diagrama ou na expressão de níveis para o átomo de hidrogênio, responda:
 - a) Ao realizar esse “salto”, o elétron absorve ou emite energia? Qual é o valor da energia envolvida? Responda utilizando a unidade elétron-volt.

b) Qual o valor da energia, em joule, e da frequência do fóton ao realizar essa transição de nível?

2. Agora você vai explorar uma atividade interativa criada pela Rede Interativa Virtual de Educação (Rived), do Ministério da Educação. Para tanto, acesse o endereço <<http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/rived/rived-modulos-de-ensino-e-objetos-de-apredizagem>>, faça o *download* da simulação “Dardos quânticos” e explore-a. (Acesso em: 14 nov. 2013.)
3. O que é o efeito fotoelétrico? Por que esse efeito ocorre preferencialmente em superfícies metálicas? Justifique sua resposta.

O que eu aprendi...

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

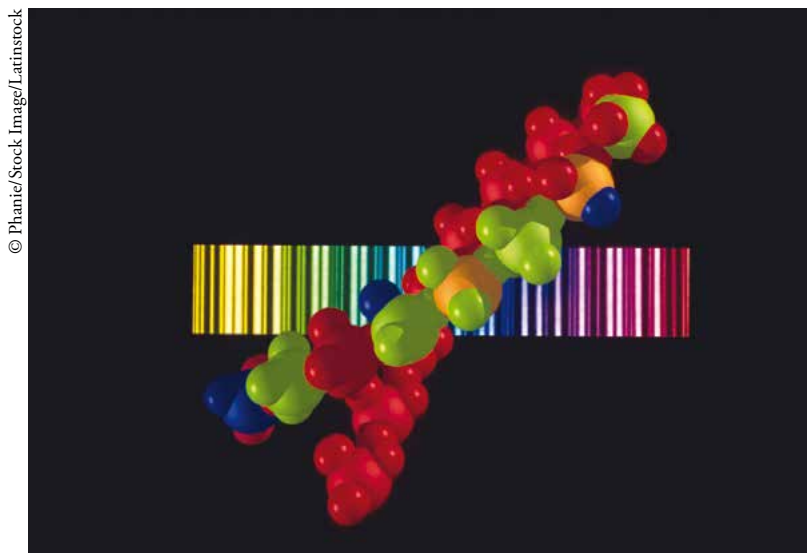
.....

.....



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 IDENTIFICANDO OS ELEMENTOS QUÍMICOS NOS MATERIAIS

Após o estudo do átomo de hidrogênio na Situação de Aprendizagem anterior, você deve ter percebido que esse átomo tem níveis de energia bem estabelecidos. Quando um elétron muda de um nível mais energético para um menos energético, o átomo de hidrogênio emite luz de uma frequência bem determinada. O que você pode imaginar agora é que, sendo o conjunto dos níveis de energia característico da substância que o emite, ele serve como uma espécie de “impressão digital” para átomos e moléculas. Se formos capazes de obter essas informações dos materiais, saberemos do que eles são feitos. Nesta Situação de Aprendizagem, estudaremos os espectros das substâncias e veremos por que eles podem ser considerados as impressões digitais dos elementos.



© Phantel/Stock Image/Latinstock

O que está escondido neste material?

É difícil imaginar que um fenômeno culinário corriqueiro possa ter relação com a Física Quântica, mas tem. Uma chama de fogão normalmente é azulada, que é a cor da luz emitida pelos gases de combustão submetidos a altas temperaturas, mas talvez você já tenha reparado que, quando alguém derruba parte de um alimento que está sendo cozido sobre o fogão, atingindo a chama, o fogo torna-se mais amarelado durante um breve intervalo.

Como já foi estudado, os átomos emitem luz de uma cor característica (frequência) quando um elétron muda de nível energético. No caso do fogão, em geral, o que torna a chama amarelada é o sal presente no alimento. O sal de cozinha é um composto de sódio (NaCl) e, quando esse material recebe energia, como pelo fogo, o elétron do átomo de sódio vai para um nível mais energético e emite uma luz amarelada quando volta ao nível fundamental.

Se o sal de cozinha não fosse composto de sódio, mas de outro elemento químico, como potássio, a cor seria outra. A cor da chama depende do elemento químico, pois cada elemento possui níveis de energia com valores característicos. Vimos que o átomo de hidrogênio tem determinados níveis energéticos ($-13,60$ eV, $-10,20$ eV etc.), mas, de um elemento químico para outro, esses valores podem mudar. Assim, a luz emitida nas transições de elétrons pode ter diferentes cores. É como dizer que cada elemento químico tem uma assinatura que pode ser desvendada pela luz emitida pelo elemento na combustão.

Robert Bunsen e Gustav Kirchhoff foram dois cientistas que estudaram a composição atômica dos materiais. Leia a carta de Bunsen e responda às questões a seguir.



Leitura e análise de texto

“No momento estou envolvido em uma pesquisa com Kirchhoff, que nos deixou noites em claro. Kirchhoff fez uma das mais belas e inesperadas descobertas: ele descobriu a causa das linhas escuras no espectro solar e conseguiu igualmente intensificá-las de forma artificial e provocar o seu aparecimento no espectro contínuo de uma chama, identificando a posição dessas linhas com as de Fraunhofer. Assim, abre-se a possibilidade de determinar a composição material do Sol e das estrelas fixas com o mesmo grau de certeza com que podemos constatar com nossos reagentes a presença de óxido de enxofre e cloro. Por esse método também é possível determinar a composição da matéria terrestre, distinguindo as partes componentes com a mesma facilidade com que se distingue a matéria contida no Sol. Pode, por exemplo, detectar o lítio em vinte gramas de água do mar. Para registrar a presença de muitas substâncias, esse método deve ser preferido a qualquer um dos até agora conhecidos. Assim, se tivermos uma mistura de lítio, potássio, sódio, bário, estrôncio e cálcio, tudo que se tem de fazer é levar um miligrama da mistura ao nosso aparelho para determinar a presença de todas as substâncias acima indicadas por mera observação. Algumas dessas reações são extremamente delicadas. Detectei cinco milésimos de miligrama de lítio com a maior facilidade e precisão. Descobri a presença desse metal em quase todas as amostras de potassa.”

ROSCOE, Henry. Bunsen Memorial Lecture. *Journal of Chemical Society. Transactions*, v. 77, p. 531, 1900. Tradução Maurício Pietrocola.

1. Qual é a importância da descoberta apresentada pelo cientista em sua carta?

2. Por que ele está tão entusiasmado com ela?



Leitura e análise de texto

Séries de Balmer

Um gás, ao ser excitado pela passagem de uma descarga elétrica, emite radiação. O espectro dessa radiação emitida não é contínuo, mas discreto, contendo apenas alguns comprimentos de onda. Esse espectro de emissão é característico do elemento no estado de vapor quando excitado, sendo único para tal elemento. Portanto, a análise do espectro de emissão fornece informações sobre a composição química de determinada substância.

Tal espectro tem origem na excitação da nuvem eletrônica ao redor do núcleo. Os elétrons excitados, ao passar para um estado de energia menor, emitem fótons cuja energia é igual à diferença de energia dos dois estados da transição. O espectro, em geral, constitui-se de diferentes séries de linhas para determinado elemento. A primeira observação de uma série coube a J. J. Balmer, que, em 1885, observou uma série de linhas discretas emitidas pelo hidrogênio.

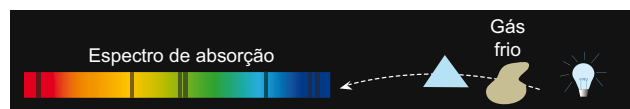
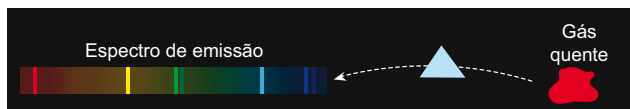
Linhas do espectro de hidrogênio (série de Balmer, espectro visível)			
Linha	Frequência (10^{14} Hz)	Comprimento de onda (10^{-9} m)	Cor
H_{α}	4,57	656	Vermelho
H_{β}	6,17	486	Azul-esverdeado
H_{γ}	6,91	434	Azul
H_{δ}	7,32	410	Violeta

Leis de Kirchhoff

Em seus trabalhos, Kirchhoff extraiu algumas “leis” empíricas muito úteis no tratamento de espectros. São elas:



© Lie Kobayashi



1. Um corpo opaco muito quente (sólido, líquido ou gasoso) emite um espectro contínuo.
2. Um gás transparente muito quente produz um espectro de linhas brilhantes (de emissão). O número e a posição dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás.
3. Se um espectro contínuo emitido por um corpo quente passar por um gás à temperatura mais baixa, a presença do gás frio faz surgir linhas escuras (absorção). O número e a posição dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás.

Elaborado por Maurício Pietrocola especialmente para o São Paulo faz escola.

Após a leitura do texto, responda:

1. Explique com suas palavras o que é um “espectro”.

2. Qual é a grande aplicabilidade dos espectros para a identificação de materiais?

3. O que define o número e a posição das linhas escuras em um espectro de absorção?



LIÇÃO DE CASA



1. Sabemos que o Sol é composto principalmente de hidrogênio e hélio. Pesquise em seu livro didático, na biblioteca de sua escola ou na internet quais outros elementos a análise espectral mostrou que lá existem.

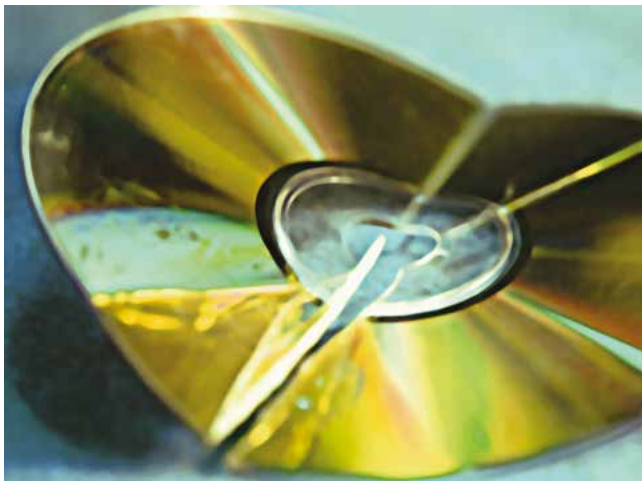
2. Qual é a relação entre um espectro de absorção e um espectro de emissão?



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 UM EQUIPAMENTO ASTRONÔMICO^a

Você já deve ter percebido que as lâmpadas utilizadas nas vias públicas ora são mais “amareladas”, ora são mais “azuladas”. Essa diferença de tonalidade está ligada ao tipo de gás que se encontra no interior da lâmpada. Se obtivéssemos o espectro dessas lâmpadas, seria fácil afirmar que elas são realmente feitas de sódio (as “amareladas”) ou de mercúrio (as “azuladas”). O espectroscópio é um equipamento que permite obter espectros. Vamos construir um modelo simplificado desse equipamento e, com a ajuda dele, obter e analisar o espectro de algumas fontes de luz.

© Derek P. Redfern/The Image Bank/Getty Images



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Montando um espectroscópio

Talvez você já tenha ouvido falar de grandes descobertas astronômicas: uma nova galáxia que até então era desconhecida, a explosão de uma estrela etc. Mas você já parou para pensar como é possível estudar um objeto celeste que está a uma distância tão grande de nós? Os astrônomos estudam o céu principalmente por meio da luz que os corpos emitem, que é a maior fonte de informação que chega à Terra. Analisando cuidadosamente as características da luz emitida, é possível descobrir muitas coisas que ocorrem no Universo. Construiremos um aparelho que permite analisar a luz, decompondo-a em suas diferentes frequências. Ele se chama espectroscópio e, por meio dele, poderemos estudar a luz emitida por muitos objetos.

Materiais

- fita isolante e fita adesiva comum;
- papel *color set* preto;
- um CD;
- cola e régua;
- estilete e tesoura;
- tubo de papelão (pode ser um tubo de papel higiênico).

© Fernando Favoretto



^a Adaptado de: NUPIC/LAPEF. *A Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula: Dualidade Onda-Partícula*. Bloco VIII – Espectroscopia. Aluno. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/Curso-de-Onda-Particula/textos-alunos/aluno%20-%20Bloco%20VIII%20-%20Espectroscopia.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2013.

Mãos à obra!

Montagem do espectroscópio

1. Com o papel *color set*, construa um cilindro de aproximadamente 4 cm de diâmetro e de 7 a 10 cm de comprimento. Use um tubo de papelão (tubo de papel higiênico ou papel-toalha) como base, se desejar. Veja a figura a seguir.

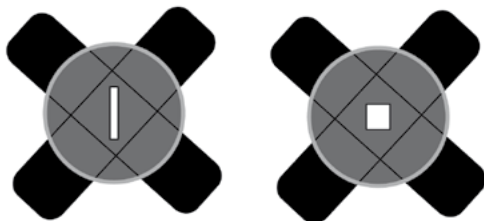
Tubo de papelão



© Fernando Favoretto

2. Utilizando o papel preto, faça duas tampas com abas para o cilindro, como na figura. Em uma delas, use um estilete para recortar uma fenda fina (mais ou menos $2\text{ cm} \times 1\text{ mm}$). Na outra tampa, faça uma abertura no centro (mais ou menos $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$).

Tampas



© Jairo Souza Design

3. Retire a película refletora do CD usando fita adesiva (grude-a na superfície e puxe-a). Se necessário, faça um pequeno corte com a tesoura no CD para facilitar o início da remoção. Veja a figura a seguir.

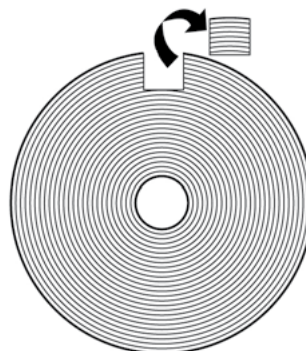
CD com a película removida



© Fernando Favoretto

4. Depois de retirar a película, recorte um pedaço quadrado do CD (mais ou menos $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$). Utilize preferencialmente as bordas, pois as linhas de gravação (que são invisíveis) são quase paralelas e, conseqüentemente, a imagem que elas irão formar será mais nítida. É importante fazer uma marcação no pedaço recortado do CD para não esquecer qual é a orientação das linhas (em qual posição as linhas são paralelas).

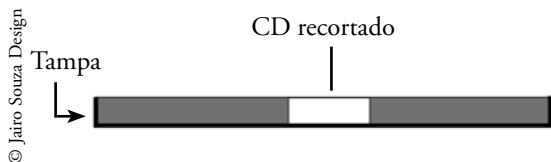
Recorte do pedaço de CD



© Jairo Souza Design

5. Cole as tampas no cilindro, deixando a fenda alinhada com a abertura. Fixe o pedaço recortado do CD na tampa com a abertura quadrada, usando a fita isolante apenas nas bordas.

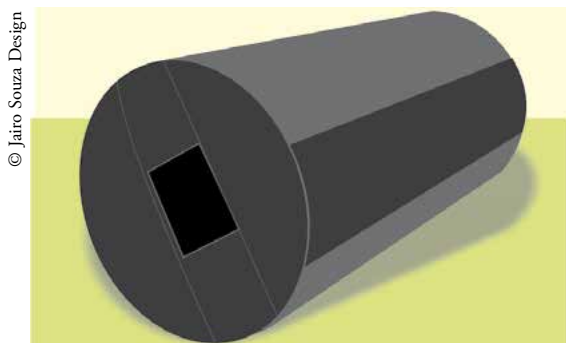
Fixação do pedaço recortado do CD na tampa



O ideal é orientar as linhas de gravação paralelamente à fenda do espectroscópio, pois assim as imagens que observaremos também estarão alinhadas com a fenda. Caso opte por usar cola, tenha cuidado para não sujar a superfície do CD. Nesse caso, fixe o pedaço de CD na parte interior do espectroscópio e aguarde o tempo necessário para a cola secar.

6. Para evitar que a luz penetre no interior do tubo por eventuais frestas, utilize fita isolante para vedar os pontos de união entre o cilindro e as tampas, conforme apresentado na figura a seguir.

Espectroscópio



Observações com o espectroscópio

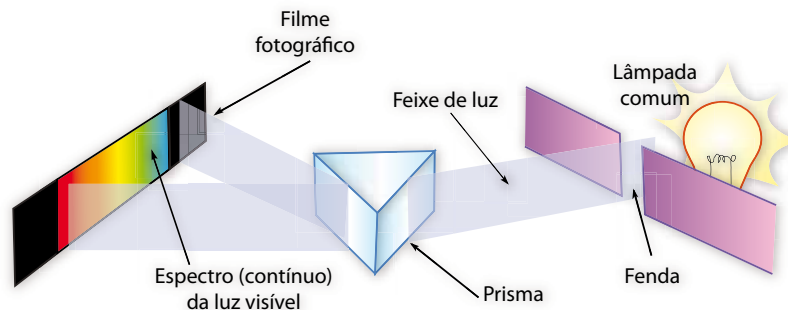
1. Com seu espectroscópio pronto, observe diferentes fontes de luz, como a luz solar, a luz de uma lâmpada de filamento, a luz de uma lâmpada fluorescente, a luz emitida por uma tela de TV etc. Para fazer a observação, aponte a parte recortada com uma fenda para o objeto luminoso e olhe pela parte que tem o pedaço de CD. Você não deve olhar diretamente para a fonte de luz, mas deve reparar na parte lateral interna do tubo, onde se formará o espectro. Para isso, varie um pouco a posição do espectroscópio até conseguir ver a formação do espectro dentro do tubo. Procure bem, de forma que as cores fiquem nítidas. Além disso, tome cuidado para saber se a luz que está entrando é realmente a do objeto observado.
2. Faça uma representação mostrando cada espectro observado, comparando as cores presentes em cada um deles. Verifique se as cores aparecem de forma igual, uma ao lado da outra sem interrupções, característica do espectro contínuo, ou se o espectro é discreto, ou seja, se apenas algumas cores aparecem (ou algumas cores aparecem em destaque) e se há regiões em que a luz não aparece, ficando uma faixa escura entre as cores.



Leitura e análise de texto

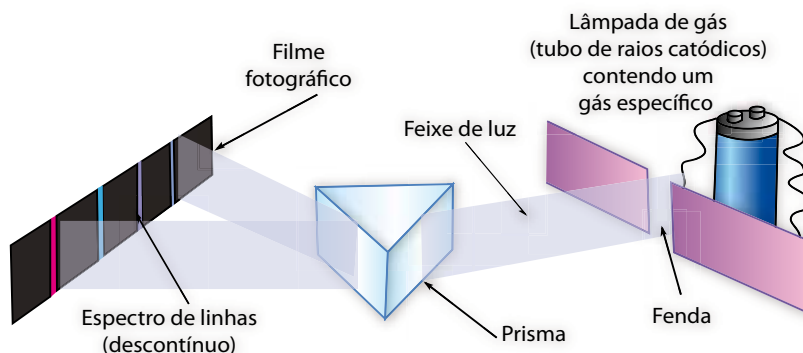
Espectros atômicos

Se fizermos a luz de uma lâmpada comum (de filamento incandescente) passar através de um prisma, ela será decomposta em várias cores, que são popularmente conhecidas como arco-íris. Cientificamente, o que se obtém é chamado de espectro da luz visível.



© Lie Kobayashi

Contudo, se repetirmos essa experiência utilizando a luz proveniente de uma lâmpada de gás, não obteremos o espectro completo. Apenas algumas linhas estarão presentes, correspondendo somente a determinadas frequências das ondas de luz visível. Essas linhas formam o espectro de linhas ou espectro atômico. (Veja o item “Leis de Kirchhoff” na Situação de Aprendizagem 4.)



© Lie Kobayashi

Alguns exemplos de espectros atômicos aparecem na próxima Situação de Aprendizagem. Como você pode perceber, as linhas obtidas dependem do elemento utilizado e são descontínuas.

Com base no modelo atômico de Bohr, você consegue entender o mistério dos espectros atômicos. Conforme seus postulados, os elétrons, ao serem excitados por uma fonte externa de energia, saltam para um nível de energia maior e, ao retornarem aos níveis de energia menor, liberam energia na forma de luz (fótons). Como a cor da luz emitida depende da energia entre os níveis envolvidos na transição e como essa diferença varia de elemento para elemento, a luz apresentará uma cor característica para cada elemento químico.

Adaptado de: BROCKINGTON, Guilherme; SOUSA, Wellington Batista de; UETA, Nobuko. *Física: Física moderna e contemporânea*, módulo 6. São Paulo: Pró-Universitário, USP/Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.cienciamao.if.usp.br/dados/pru/_fisicamodernacontemporanea17968.apostila.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2013.

Após a leitura do texto, responda:

1. Como podemos obter o espectro da luz visível?

2. Qual é a diferença entre espectros de linhas e espectros atômicos?



LIÇÃO DE CASA



1. O que define a cor de uma lâmpada?

2. Para que serve um espectroscópio?

3. Utilizando o modelo atômico de Bohr, explique o que é o espectro de emissão.

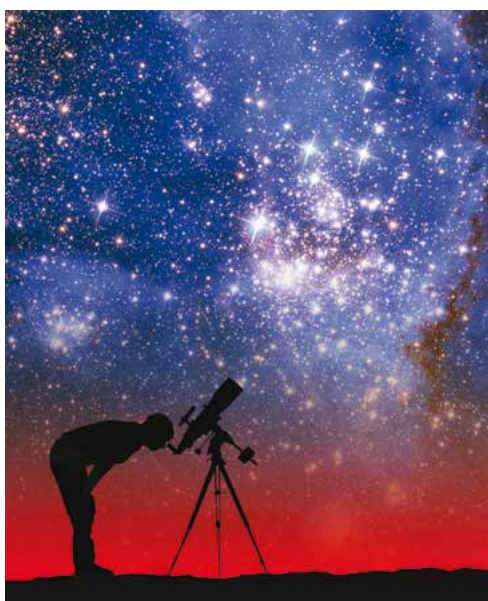
O que eu aprendi...





SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6 ASTRÔNOMO AMADOR^a

Frequentemente surgem notícias sobre alguma descoberta astronômica. Elas não aparecem apenas em revistas de divulgação científica, mas também em jornais impressos e televisivos, destinados a todo tipo de público. No entanto, raramente se discute como é possível que os cientistas estudem objetos que estão a milhares de anos-luz da Terra. Na Situação de Aprendizagem anterior, você montou um espectroscópio, que permitiu analisar a luz. Agora você vai aprender como obter informações da luz observada. O objetivo é relacionar as linhas espectrais emitidas por uma estrela à sua composição. A análise dessas linhas permite identificar os elementos químicos de uma estrela.



© Larry Landolfi/Photoresearchers/Latinstock



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Viajando até as estrelas

Por um breve momento, você vai trabalhar como um astrônomo e estudar as estrelas. Nesta atividade vamos descobrir os elementos químicos que formam uma estrela. Como já vimos, os átomos emitem e absorvem luz de cores e comprimentos de onda bem determinados. Assim, por meio das linhas presentes nos espectros de emissão das estrelas, vamos descobrir os elementos que as constituem.

^a Adaptado de: NUPIC/LAPEF. *A Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula*. Dualidade Onda-Partícula. Bloco VIII – Espectroscopia. Aluno. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/Curso-de-Onda-Particula/textos-alunos/aluno%20-%20Bloco%20VIII%20-%20Espectroscopia.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2013.

Materiais

- espectros de elementos químicos impressos em papel;
- espectro de estrela impresso em papel;
- régua transparente.

Espectros de elementos químicos

Espectro do alumínio (Al)



Espectro do cálcio (Ca)



Espectro do carbono (C)



Espectro do hélio (He)



Espectro do hidrogênio (H)



Espectro de estrela



Mãos à obra!

1. Seu grupo tem em mãos os espectros de diferentes elementos químicos e também o espectro de uma estrela.
2. Vocês devem comparar o espectro da estrela com os espectros dos elementos químicos.
3. Se o espectro apresentar todas as linhas correspondentes ao elemento, isso significa que ele é um dos constituintes da estrela.
4. Comparem com cuidado, pois a estrela é composta de vários elementos.



Leitura e análise de texto

Os espectros de emissão e absorção e os níveis de energia

Emissão de um fóton

<p style="font-size: small;">Espectro</p> <p style="font-size: small;">Colimador</p> <p style="font-size: small;">Luz emitida</p> <p style="font-size: small;">Elemento dispersor (prisma ou rede de difração)</p> <p style="font-size: small;">Gás excitado emite luz</p>	<p style="font-size: small;">Elétron</p> <p style="font-size: small;">Fóton emitido</p> <p style="font-size: small;">n=3</p> <p style="font-size: small;">n=2</p>	<p style="font-size: small;">Fóton emitido</p> <p style="font-size: small;">$E_3 = -1,51 \text{ eV}$</p> <p style="font-size: small;">$E_2 = -3,4 \text{ eV}$</p> <p style="font-size: small;">Hα Hβ Hγ Hδ</p>
<p style="font-size: x-small;">Procedimento experimental</p>	<p style="font-size: x-small;">O elétron salta do nível n = 3 para o nível n = 2 e emite um fóton de energia $E_3 - E_2$</p>	<p style="font-size: x-small;">O fóton de energia $E_3 - E_2$ corresponde exatamente à frequência da raia Hα da série de Balmer</p>

Supondo que na figura anterior temos uma amostra de hidrogênio que, de alguma forma, foi excitada, podemos então concluir que um elétron saltou do nível 2 para o nível 3. Em seguida, ele retorna para seu estado inicial n = 2, emitindo um fóton. No estado n = 3 a energia é $E_3 = -1,51 \text{ eV}$ e no estado n = 2 a energia é $E_2 = -3,4 \text{ eV}$. Assim, podemos calcular a frequência do fóton emitido:

$$\Delta E = \pm h \cdot f \qquad \pm f = \frac{E_2 - E_3}{h} \qquad f \cong 4,6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\pm f = \frac{\Delta E}{h} \qquad \pm f = \frac{-3,4 - (-1,51)}{4,1 \cdot 10^{-15}}$$

Utilizando uma chapa fotográfica podemos registrar essa linha e outras que sejam emitidas. Como houve emissão de energia pelo átomo, esse espectro recebe o nome **espectro de emissão**.

Absorção de um fóton

<p style="font-size: small;">Espectro</p> <p style="font-size: small;">Colimador</p> <p style="font-size: small;">Luz</p> <p style="font-size: small;">Elemento dispersor (prisma ou rede de difração)</p> <p style="font-size: small;">Fonte de luz</p> <p style="font-size: small;">Gás não excitado "filtra" a luz</p>	<p style="font-size: small;">Elétron</p> <p style="font-size: small;">Fóton absorvido</p> <p style="font-size: small;">n=4</p> <p style="font-size: small;">n=2</p>	<p style="font-size: small;">Fóton absorvido</p> <p style="font-size: small;">$E_4 = -0,85 \text{ eV}$</p> <p style="font-size: small;">$E_2 = -3,4 \text{ eV}$</p> <p style="font-size: small;">Hα Hβ Hγ Hδ</p>
<p style="font-size: x-small;">Procedimento experimental</p>	<p style="font-size: x-small;">O elétron salta do nível n = 2 para o nível n = 4, absorvendo um fóton de energia $E_4 - E_2$</p>	<p style="font-size: x-small;">O fóton de energia $E_4 - E_2$ corresponde exatamente à frequência da raia Hβ da série de Balmer</p>

Supondo que agora a amostra de hidrogênio é atravessada por um feixe de luz, os elétrons do gás podem absorver a energia da luz incidente, ou melhor, os fótons. Entretanto, não são todos os fótons que interessam aos elétrons, apenas aqueles cuja energia é suficiente para proporcionar um salto quântico entre os níveis de energia permitidos. Assim, alguns fótons de certa energia (frequência) serão absorvidos, enquanto outros passarão e não serão absorvidos pelo gás.

Imaginando que um elétron que esteja ocupando o nível $n = 2$, com energia $E_2 = -3,4$ eV, absorva determinado fóton do feixe incidente, saltando para uma órbita mais afastada, por exemplo, $n = 4$, com energia $E_4 = -0,85$ eV, a frequência do fóton absorvido será:

$$\Delta E = \pm h \cdot f \qquad \pm f = \frac{E_4 - E_2}{h} \qquad f \cong 6,2 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\pm f = \frac{\Delta E}{h} \qquad \pm f = \frac{-0,85 - (-3,4)}{4,1 \cdot 10^{-15}}$$

Mais uma vez, utilizando uma chapa fotográfica, podemos registrar este espectro. Só que agora teremos um espectro diferente do espectro de emissão, pois aparecerão linhas escuras, relativas à luz de certas frequências e que foram absorvidas do feixe incidente. Como houve absorção de energia, este espectro recebe o nome **espectro de absorção**.

Assim, os espectros de emissão e de absorção ocupam a mesma posição, pois estão associados a uma mesma frequência. A diferença fundamental é que as linhas de emissão correspondem a fótons emitidos num salto quântico, ao passo que as linhas escuras de absorção correspondem a fótons absorvidos durante um salto quântico.

Adaptado de: BRAZ JÚNIOR, Dulcídio. *Física moderna: tópicos para o Ensino Médio*. Campinas: Companhia da Escola, 2001. p. 52-53.

Após a leitura do texto, responda:

1. Qual é a frequência de um fóton emitido por um elétron que salta do nível 4 para o nível 1 num átomo de hidrogênio?



VOCÊ APRENDEU?



1. Como foi possível conhecer a constituição das estrelas?

2. Elabore uma hipótese de como é possível saber com precisão que o Sol é composto de hidrogênio e hélio.

3. Explique por que podemos comparar o espectro com uma “impressão digital”.



LIÇÃO DE CASA



Pesquise em seu livro didático, na biblioteca de sua escola ou na internet: com base no modelo atômico de Bohr, seus postulados e os espectros atômicos, procure justificar por que no espectro de emissão do hidrogênio existem quatro raias visíveis (veja os espectros atômicos no Roteiro de experimentação “Viajando até as estrelas”), visto que ele é um elemento que possui apenas um elétron em seu estado fundamental.

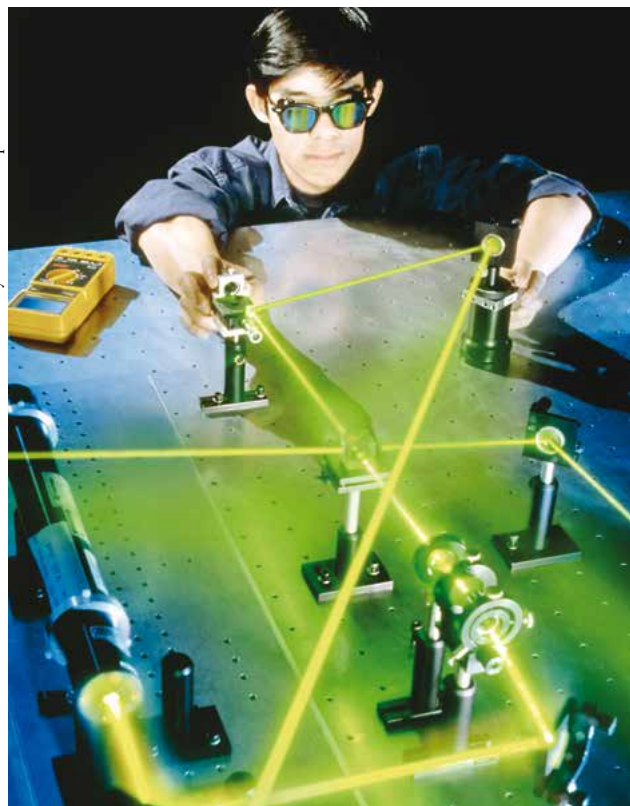


SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 O PODEROSO *LASER*

Você já foi surpreendido por um ponto luminoso vermelho movendo-se rapidamente numa parede próxima? Provavelmente sim e deve saber que se trata da luz projetada por uma ponteira *laser*, um utensílio que saiu dos filmes e livros de ficção científica para as barracas de camelô e lojas de bairro.

O *laser* está entre as inovações tecnológicas mais importantes da segunda metade do século XX. Desde sua invenção, na década de 1960, até hoje, sua aplicação já se estendeu para as mais diversas áreas tecnológicas e de pesquisa básica. Embora as pessoas já tenham ouvido falar em *laser*, raramente se tem clareza sobre como ele é produzido ou por que sua luz é diferente daquela emitida por uma lâmpada comum. Nesta Situação de Aprendizagem, vamos explorá-lo, a fim de descobrir o que há de especial nessa poderosa invenção.

© Firefly Productions/Cuspy/Corbis/Latinstock



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

O poderoso *laser*

Você já viu um *laser*? É bem provável que já tenha ouvido falar desse tipo de luz. Os dispositivos que emitem luz *laser* têm diversas aplicações, que vão desde o uso no comércio – com a leitura de códigos de barras – até delicadas cirurgias oftalmológicas. Mas você sabe o que é um *laser*? A palavra é uma sigla em inglês (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) que significa: amplificação de luz por emissão estimulada de radiação. O *laser* é a luz emitida de forma coerente por um conjunto de átomos, por meio de um processo especial para ganhar características específicas.

Primeiro, vamos investigar qual é a diferença entre a luz emitida por um *laser* e a emitida por uma lâmpada comum, como a de uma lanterna. Em seguida, estudaremos algumas aplicações do *laser*.

Materiais

- ponteira *laser*;
- lanterna comum;
- folha de papel branco;
- caneta esferográfica.

Mãos à obra!

Sob a coordenação de seu professor, você vai observar o comportamento da luz emitida por um *laser* e da luz emitida por uma lanterna. Para tanto, faça os dois procedimentos a seguir:

1. Incida os raios da lanterna e da ponteira *laser* sobre uma folha de papel branco situada a 5 cm de distância. Calcule o tamanho da mancha luminosa formada por ambas sobre a folha. Repita o procedimento, mas agora com a folha posicionada a 10 cm de distância. Calcule novamente o tamanho da mancha luminosa.
2. Pegue uma caneta esferográfica cujo corpo seja transparente e retire a carga do interior. Projete a luz da ponteira *laser* e da lanterna na caneta (sem carga), uma de cada vez, de modo que as luzes a atravessem. Veja se a aparência das cores da luz se modifica. Se tiver um pedaço de vidro (óculos, anel, brinco etc.), repita a operação.

Com base nas suas observações, responda:

1. Qual desses dispositivos emite luz monocromática (com apenas um comprimento de onda de determinada cor) e qual emite luz policromática (formada por um conjunto de ondas de diferentes cores)?

**Leitura e análise de texto****O funcionamento do *laser***

Os *lasers* podem ser produzidos a partir de diversos tipos de substâncias líquidas, sólidas e gasosas. Na tabela a seguir, são apresentados os tipos de *laser*, o meio utilizado para produzi-lo e o comprimento de onda da luz produzida. Veja que, de acordo com o meio, o comprimento de onda da luz emitida pode variar muito.

Tipo de <i>laser</i>	Meio ativo	Comprimento de onda de operação
Gasoso	Hélio – neônio (He – Ne)	0,63 μm ; 1,15 μm
	Gás carbônico (CO ₂)	10,6 μm
	Argônio (Ar)	0,488 μm ; 0,514 μm
	Nitrogênio (N)	0,337 μm
	Álcool	
Sólido	Rubi (Al ₂ O ₃ – Cr ₂ O ₃)	0,694 μm
	Neodímio-YAG*	1,06 μm
	Érbio-YAG*	2,94 μm
	Neodímio-YAG* – dobrado	0,532 μm
	Hólmio-YAG*	2,10 μm
	Arseneto de gálio (Ga – As)	0,6 μm – 1,1 μm
Líquido	Corantes	Todo o espectro

* YAG é uma pedra sintética que se assemelha ao diamante e que, para uso em *lasers*, recebe pequenas porções – diz-se que é dopada – de outros elementos químicos em sua estrutura.

O princípio básico de funcionamento do *laser* está baseado nas leis fundamentais da interação da radiação luminosa com a matéria. Mais especificamente, a luz *laser* é resultado de um fenômeno denominado emissão estimulada. E daí vem seu nome: *laser*, em inglês, significa amplificação de luz por emissão estimulada de radiação.

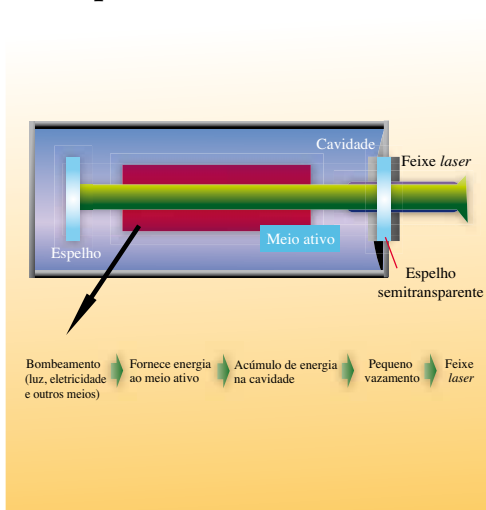
A emissão estimulada consiste no seguinte: vamos imaginar um átomo de determinado material com um elétron em estado excitado, ou seja, com “excesso” de energia.

Um elétron excitado volta rapidamente para o seu estado “natural”, isto é, para um nível de energia mais baixo. Ao fazer isso, ele devolve ao meio essa energia na forma de um pacote de luz (fóton). Porém, quando esse retorno é mais demorado – pelo menos nas escalas de tempo dos processos atômicos –, o nível excitado é considerado metaestável. Mas ele pode ser antecipado com a ajuda de um agente externo: outro fóton. Assim, a emissão estimulada resulta em dois fótons: um emitido pelo átomo excitado ao voltar ao seu estado de energia mais baixo e o próprio fóton que estimulou esse processo. Os dois são idênticos.

Na produção da luz *laser*, basicamente, um meio ativo – ou seja, uma amostra sólida, líquida ou gasosa –, contendo energia acumulada na forma de inúmeros átomos excitados em nível metaestável, é colocado no interior de uma cavidade óptica (para os propósitos desta Situação de Aprendizagem, podemos imaginar essa cavidade como um recipiente com as paredes internas espelhadas).

A luz do *laser*, portanto, provém justamente da emissão de fótons que ocorre quando, em um processo estimulado pela própria luz, elétrons retornam de seus estados excitados para níveis mais baixos de energia, acumulando na cavidade porções de luz fisicamente idênticas.

Esquema simplificado das partes que constituem um *laser*



O bombeamento fornece energia ao meio ativo. Com isso, há acúmulo de energia na cavidade. Nela, um espelho semitransparente permite um pequeno vazamento da luz produzida, que constitui o feixe de luz *laser*.

Uma abertura – ou mesmo um dos espelhos na extremidade da cavidade óptica, que deixa passar parte da luz (reflexão parcial) – permite que uma fração dessa luz escape continuamente do sistema. Essa fração é o feixe de luz *laser*. A figura resume o princípio de funcionamento do *laser*.

Adaptado de: BAGNATO, Vanderlei Salvador. O magnífico *laser*: aplicações modernas de uma solução em busca de problemas. *Ciência Hoje*, v. 37, n. 222, p. 30-37, dez. 2005.

Imagine um fóton que deu início ao processo de emissão estimulada, gerando dois fótons idênticos. Estes, por sua vez, podem estimular outros dois, que agora se somam a eles, formando quatro fótons idênticos, e assim sucessivamente. Imagine, agora, o que ocorrerá se os fótons que emergem desse sistema forem novamente jogados sobre ele com a ajuda de espelhos que são colocados em cada extremidade do meio ativo. A amplificação da luz ocorrerá de forma multiplicativa, gerando uma razoável quantidade de luz com as mesmas características de direção de propagação e frequência, entre outras.

Após vários passos, os fótons que se movimentam na direção determinada pelo eixo principal da cavidade óptica – composta de espelhos ao redor, bem como nas extremidades do meio ativo – formarão um feixe que apresenta uma intensidade considerável.

Depois da leitura do texto, responda:

1. O que significa emissão estimulada?



VOCÊ APRENDEU?



Quais são as principais características de um feixe de *laser*?



PESQUISA EM GRUPO

O *laser* ganha cada vez mais importância na sociedade moderna. Talvez você conheça apenas as “ponteiras”, mas ele tem muitas outras aplicações. Inicialmente, procure se lembrar de situações, equipamentos e notícias que envolvam o uso do *laser* e faça uma lista. Em seguida, amplie essa lista por meio de uma pesquisa em diversas fontes (bibliotecas, internet, jornais, revistas etc.). Para cada caso, complete com seu grupo a tabela a seguir:

Situação de uso	Aplicação	Vantagem
Telecomunicações	Fibras ópticas	Dezenas de milhares de ligações telefônicas simultâneas



LIÇÃO DE CASA



1. Qual é o número de fótons que corresponderia a 1 J de luz verde, 1 J de luz vermelha e 1 J de luz azul?
2. Assista e explore a animação que demonstra o funcionamento interno do *laser*, apresentada no site: <http://www.pet.dfi.uem.br/anim_show.php?id=77>. (Acesso em: 13 nov. 2013.)

TEMA 2:

FENÔMENOS NUCLEARES

Você já viu o símbolo representado nas figuras ao lado? O que imagina ser: uma advertência, um logotipo de empresa? Se você nunca o viu, saiba que ele indica a presença de radiação. Em geral, as pessoas associam radiação com coisas ruins. Porém, embora ela possa ser perigosa, não é necessariamente ruim.



© Roger Resmeyer/Corbis/Latinstock

Por mais contraditório que possa parecer, esse símbolo é muito comum em hospitais. Se você já fez uma radiografia, deve tê-lo visto na porta da sala de exames ou na máquina que “tira a radiografia”.

Hoje em dia, a radioatividade voltou a ser tema de debate, sobretudo com a proposta de criação de usinas nucleares para geração de energia elétrica. Os que defendem tais usinas acreditam que elas oferecem muitas vantagens em comparação às usinas termelétricas e mesmo a hidrelétricas (veja o volume 1 da 3ª série).

Como é possível avaliar os riscos e os benefícios do uso de materiais radioativos?

O objetivo deste tema é mostrar como ocorrem alguns dos fenômenos radioativos e discutir como eles se vinculam ao cotidiano. Pretende-se mostrar que muitos deles são fundamentais para a sobrevivência e que podem ser utilizados para promover o bem-estar do homem, por meio de aplicações na medicina, por exemplo.

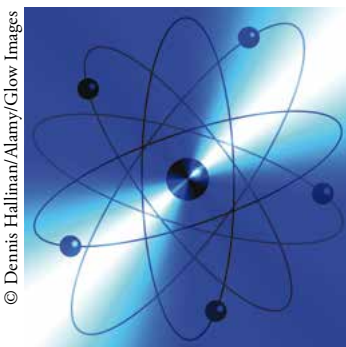
Para conhecer a radiação e sua interação com a matéria, é necessário partir de uma compreensão sobre o núcleo do átomo. As atividades anteriores abordavam fenômenos atômicos sem discutir especificamente a constituição do núcleo. Daqui em diante, ele passará de coadjuvante para ator principal nas discussões. A primeira Situação de Aprendizagem deste tema apresentará o modelo de núcleo, formado por prótons e nêutrons, e abordará o problema de sua estabilidade. Em seguida, serão explorados os tipos de radiação nuclear emitidos – as radiações α (alfa), β (beta) e γ (gama) – e será analisada a família de decaimento de um núcleo radioativo. Por fim, a última Situação de Aprendizagem deste tema propõe um debate sobre o uso das radiações em exames de diagnóstico médico.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 8 FORMAÇÃO NUCLEAR

Já lhe ocorreu perguntar como o núcleo atômico, que é constituído de prótons, pode permanecer coeso? Como cargas positivas que se repelem eletricamente podem permanecer tão juntas?

O objetivo desta Situação de Aprendizagem é apresentar a formação do núcleo e a existência de uma força nuclear forte^a, que o mantém ligado. Para isso, você vai realizar uma atividade que, por meio de materiais simples, simula a estabilidade do núcleo.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Construindo um núcleo

Você já deve saber que o núcleo é formado por prótons (cargas positivas) e nêutrons (sem carga elétrica). O desafio é explicar como ele se mantém “ligado”. Afinal, cargas de mesmo sinal não se repelem?! Para esclarecer a questão, vamos realizar uma atividade na qual você vai “construir” um núcleo atômico.

Materiais

- 16 bolinhas de isopor com diâmetro de aproximadamente 5 cm;
- molas espirais utilizadas para encadernação, com 6 cm de comprimento;
- fita adesiva.



^a O nome **força nuclear forte**, ou simplesmente **força forte**, é adotado para distingui-la da força nuclear fraca, responsável pela emissão β , na qual, por exemplo, um nêutron “se transforma” em próton, emitindo um elétron ($e^- \equiv \beta$).

Mãos à obra!

1. Divida em dois grupos o conjunto de bolinhas.
2. Marque as bolinhas de um grupo com a letra **P**, indicando que são prótons, e as do outro grupo com a letra **N**, para identificar os nêutrons.
3. O objetivo é manter o núcleo estável e coeso, ou seja, fazer todas as bolinhas ficarem grudadas umas às outras.

Regras

Para que a atividade represente como os núcleons (partículas que compõem o núcleo) interagem, você deve considerar a existência de dois tipos de interação entre eles:

- força de repulsão elétrica;
 - força forte.
1. Sempre que duas bolinhas estiverem se tocando, você deve colar entre elas uma fita adesiva; utilize apenas um pequeno pedaço em cada bolinha, suficiente para grudar a face de uma à da outra.
 2. Sempre que for ligar dois prótons, use uma mola, que deverá ser deformada para grudar em cada um deles.

Importante! Não use mola quando a ligação for entre dois nêutrons ou entre um nêutron e um próton.

Agora, você deverá montar seu núcleo de acordo com os procedimentos listados:

1. Tente montar um núcleo apenas com prótons.
2. Em seguida, utilize a mesma quantidade de prótons e nêutrons.
3. Agora, utilize mais nêutrons do que prótons.

Em cada caso, conte quantas bolinhas você consegue manter grudadas.

Ligação entre dois prótons

© Jairo Souza Design

Ligação entre nêutron e próton

© Jairo Souza Design

Após realizar a atividade, responda:

1. Por que colocar uma mola apenas entre dois prótons, e não entre um próton e um nêutron? O que a mola representa do ponto de vista da Física?

2. Em qual dos três arranjos que você montou foi mais fácil manter o “núcleo” unido? Por quê?

3. Com base no que observou, você saberia dizer qual é a importância do nêutron na constituição nuclear?



Leitura e análise de texto

Força forte

A estabilidade do núcleo se deve a uma força de atração chamada **força forte**. Essa força une as partículas presentes no núcleo – chamadas de núcleons – e age entre prótons, entre nêutrons ou entre próton e nêutron. Essa força é diferente das outras três forças que você já estudou em Física: a força gravitacional, a força elétrica e a força magnética.

É um tipo de força muito intensa, como seu próprio nome diz, mas tem curto alcance, agindo somente entre partículas constituintes do núcleo e sendo nula fora dele.

Os prótons e os nêutrons do núcleo estão aglomerados em uma região aproximadamente esférica. Os experimentos revelam que o raio r do núcleo depende do número de massa A e pode ser determinado aproximadamente pela seguinte expressão:

$$r = (1,2 \cdot 10^{-15}) \cdot \sqrt[3]{A},$$

onde **A** representa o número de massa e **r** é medido em metros (m).

A partir dela, podemos então calcular o raio do núcleo do alumínio ($A = 27$), por exemplo:

$$r = (1,2 \cdot 10^{-15}) \cdot \sqrt[3]{27} \Rightarrow r = (1,2 \cdot 10^{-15}) \cdot 3 \Rightarrow r = 3,6 \cdot 10^{-15} \text{ m.}$$

Adaptado de: NUPIC/LAPEF. *A Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula*: partículas elementares. Bloco III – A interação forte e os *quarks*. Entendendo a estabilidade do núcleo: a força forte. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/curso-de-particulas-elementares/arquivo/Curso%20de%20Particulas%20Elementares.pdf.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2013.

Agora, responda:

1. Existe interação nuclear entre nêutron e próton ou ela ocorre somente entre os prótons, que estão sujeitos à repulsão elétrica? Justifique.

2. Qual é a principal diferença entre a interação nuclear forte e as interações eletromagnéticas e gravitacionais?

3. Os átomos estáveis de menor e de maior número de massa têm, respectivamente, $A = 1$ (hidrogênio) e $A = 209$ (bismuto). Qual é o valor do raio atômico em cada caso?



APRENDENDO A APRENDER

No Brasil, a empresa estatal responsável pela geração de energia elétrica a partir de reações nucleares é a Eletronuclear. No país, existem duas usinas nucleares, localizadas em Angra dos Reis (RJ). A retomada do processo de implantação de uma terceira usina está em discussão desde 1998. No *site* <<http://www.eletronuclear.gov.br>> (acesso em: 13 nov. 2013), você pode conhecer mais sobre o assunto. Se puder, amplie a pesquisa, procurando informações em jornais e revistas sobre as três usinas. Fique atento à existência de argumentos a favor e contra a construção da terceira unidade.



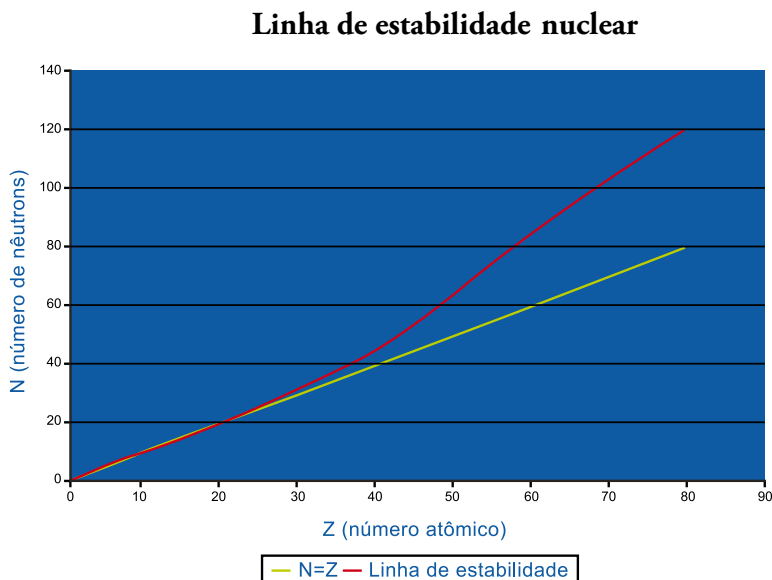
Leitura e análise de texto

Estabilidade nuclear

O alcance limitado da interação nuclear desempenha um papel importante na compreensão da estabilidade do núcleo. Para que um núcleo seja estável, é preciso que a repulsão elétrica entre os prótons seja compensada pela atração entre os núcleons através da interação nuclear (força forte). Entretanto, um próton repele todos os outros prótons do núcleo, já que a interação eletromagnética é uma interação de longo alcance. Um próton ou um nêutron, por outro lado, atrai apenas os vizinhos mais próximos por meio da interação nuclear. Nessas condições, quando o número **Z** de prótons do núcleo aumenta, o número **N** de nêutrons tem de aumentar ainda mais para que a estabilidade seja mantida. Pode-se considerar que existam cerca de 260 núcleos estáveis e centenas de núcleos instáveis. Uma representação útil na Física é um gráfico que apresenta **N** em função de **Z** para os elementos estáveis encontrados na natureza. Nesse gráfico, a linha reta (em amarelo) representa a condição onde $N = Z$, indicando que esses elementos, por possuírem números de prótons e nêutrons iguais, são estáveis. Isso ocorre com núcleos leves. Com o aumento do número atômico **Z**, os pontos que apresentam núcleos estáveis se afastam cada vez mais dessa reta, refletindo o fato de que é preciso um número relativo de nêutrons cada vez maior para compensar a repulsão elétrica dos prótons.

Com o aumento do número de prótons do núcleo, chega um ponto em que o aumento do número de nêutrons não é suficiente para compensar a repulsão elétrica. O núcleo estável com maior número de prótons ($Z = 83$) é o do bismuto, ${}_{83}\text{Bi}^{209}$, que contém 126 nêutrons.

Todos os núcleos com mais de 83 prótons, como o urânio ($Z = 92$), são instáveis e, com o tempo, se desintegram espontaneamente (veja a próxima atividade), até se tornarem estáveis. Essa desintegração espontânea foi denominada **radioatividade** e será aprofundada nas próximas atividades.



Adaptado de: SOUSA, Wellington Batista de. *Física das radiações: uma proposta para o Ensino Médio*. 2009. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-17092012-141621/pt-br.php>>. Acesso em: 13 nov. 2013.

Agora responda:

1. O que significa dizer que um átomo é estável? E que um átomo é instável?

2. Usando uma tabela periódica como referência e o gráfico apresentado no texto anterior, faça uma lista com cinco átomos estáveis e cinco átomos instáveis com massa atômica maior do que 83.

3. A partir do que você leu até agora sobre as forças que agem no interior do átomo, é mais fácil remover dele um próton ou um elétron? Justifique.



VOCÊ APRENDEU?



1. Por que um núcleo, que é formado por partículas de mesmo sinal e neutras, mantém-se unido?

2. Qual é o papel do nêutron na constituição nuclear?



LIÇÃO DE CASA



Faça uma pesquisa na biblioteca de sua escola ou na internet e explique a origem do nome *radioatividade*. Quais cientistas contribuíram para a descoberta dessa propriedade presente em alguns elementos? Qual é sua relação com o elemento químico rádio?

O que eu aprendi...





SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 9 DECAIMENTOS NUCLEARES: UMA FAMÍLIA MUITO ESTRANHA

Na Situação de Aprendizagem anterior, você estudou que átomos podem ser estáveis ou instáveis. Dependendo da composição entre prótons e nêutrons, um núcleo pode permanecer em equilíbrio por muito tempo. Mas o que acontece com os átomos que são instáveis? Nesse caso, dizemos que se trata de átomos radioativos, o que significa dizer que eles têm atividade radioativa. Nesta Situação de Aprendizagem, vamos estudar os tipos de atividade radioativa, ou melhor, os tipos de radiação que existem associados a átomos instáveis.



© Thomas Roepke/Cusip/
Corbis/Latinstock

O roteiro a seguir propõe uma atividade divertida: monte o quebra-cabeça e conheça a família radioativa do urânio e do tório.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Um quebra-cabeça radioativo

Um átomo radioativo emite três tipos de radiação quando está instável: α (alfa), β (beta) e γ (gama). Como dificilmente o núcleo resulta em outro núcleo estável com apenas uma transformação, ocorre uma série de outras transformações que são chamadas de **famílias radioativas**. Nesta Situação de Aprendizagem, você vai analisar as três famílias radioativas naturais, conhecidas como série do urânio, série do actínio e série do tório. Nelas aparecem apenas dois tipos de decaimento: α e β .

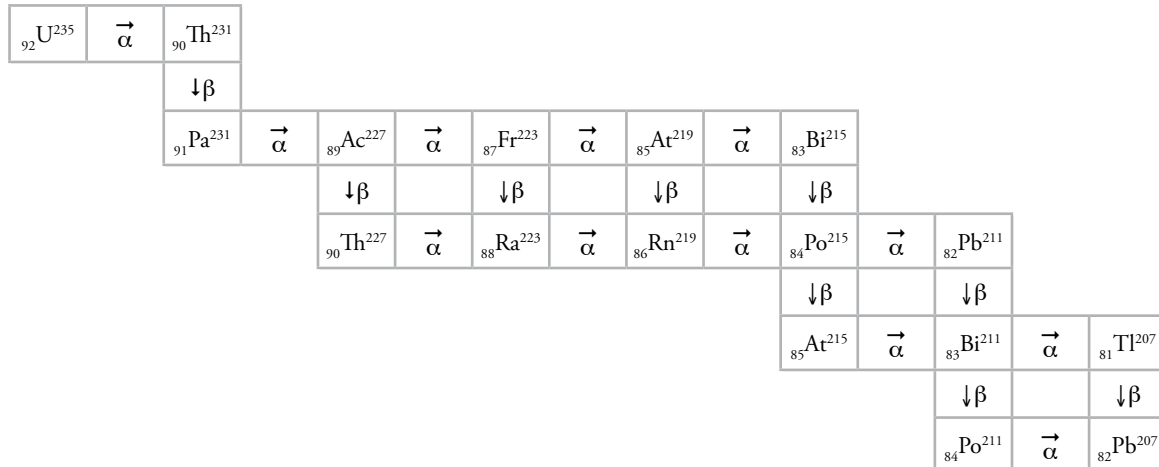
Materiais

- tabela com a série do actínio montada como exemplo;
- séries do urânio e do tório para ser organizadas.

Mãos à obra!

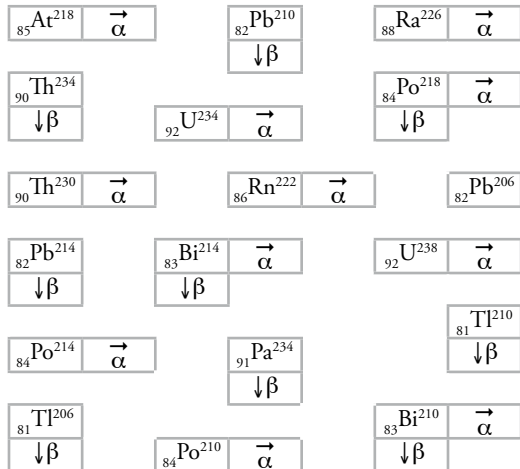
Uma família radioativa pode ser apresentada numa tabela que organiza os elementos químicos com uma série de decaimentos. A seguir apresentamos uma dessas tabelas:

Série do actínio

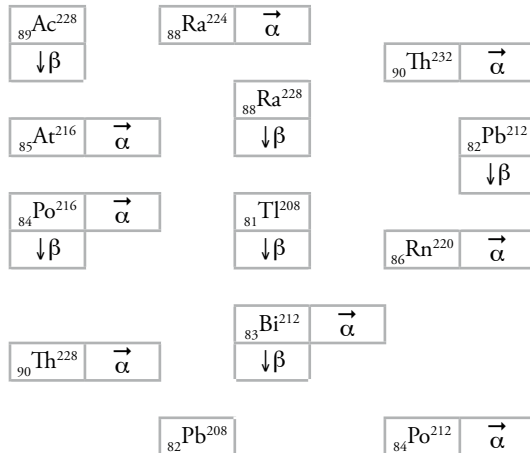


Conforme instruções de seu professor, organize os elementos a seguir como se estivesse montando um quebra-cabeça. Cada elemento químico só pode ser “encaixado” em outro se for o resultado do decaimento indicado. No fim, você deve ter uma série de decaimentos, como a que foi apresentada.

Peças da série do urânio



Peças da série do tório



Agora responda:

- Qual é o elemento resultante da emissão de uma partícula α por um núcleo de urânio 238?
 - ${}_{90}\text{Th}^{231}$.
 - ${}_{91}\text{Pa}^{234}$.
 - ${}_{90}\text{Th}^{234}$.
 - ${}_{91}\text{Pa}^{238}$.
- Qual partícula deve ser emitida para que se mantenha o número de massa e diminua em uma unidade o número atômico?
 - α .
 - β^+ .
 - β^- .
 - δ .
 - γ .

3. O que é uma série radioativa?



O misterioso neutrino

Essa partícula teve uma existência inicial somente teórica. Para manter válido o “sagrado” princípio da conservação de energia, deveria haver uma partícula com energia suficiente para equilibrar as energias no decaimento β . Como essa partícula não era detectada, acabou sendo encarada como uma solução arbitrária para salvar as leis da conservação. Ela deveria ser neutra e ter um tamanho muito menor do que o do nêutron. Assim, na década de 1930, o físico italiano Enrico Fermi a chamou de **neutrino**, “neutronzinho” em seu idioma natal. A teoria de Fermi era tão bem formulada que, mesmo não sendo detectado, os físicos passaram a não duvidar mais da existência do neutrino. Como não tem carga, ele não deixa rastro. Para se chocar com outra partícula, o neutrino deve atravessar uma parede de chumbo com cerca de 50 anos-luz de espessura! Com toda essa dificuldade em se mostrar, ele só foi detectado, de maneira indireta, em 1956, comprovando, 23 anos depois, a teoria de Fermi.

O que eu aprendi...

Handwriting practice area with ten horizontal dotted lines and a spiral binding on the left side.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 10 DESVENDANDO O QUE HÁ POR DENTRO DA “CAIXA-PRETA”

Nesta Situação de Aprendizagem, discutiremos a aplicabilidade de substâncias com núcleos radioativos para diagnóstico na medicina.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

O que há por dentro do corpo humano?

Você deve conhecer alguém que teve um problema de saúde e o médico precisou “ver” o que estava acontecendo dentro do corpo. Para isso, solicitou determinados exames para diagnosticar o problema. A atividade a seguir pretende mostrar como é possível “ver” o interior do corpo com o uso de radioisótopos.

Materiais

- pasta plástica fumê com 3 cm de espessura;
- imagens frontal e posterior de uma parte do corpo humano;
- lanterna portátil.

© Jairo Souza Design



Mãos à obra!

Como fazer para enxergar a imagem que está dentro da pasta sem abri-la:

1. Coloque a lanterna acesa dentro da pasta.
2. Agora você poderá descobrir qual é a imagem que está dentro dela.



Leitura e análise de texto

Elementos radioativos e suas aplicações na medicina nuclear

O uso de isótopos radioativos cria uma maneira de detectar e contar os átomos em amostras de materiais (orgânico, plástico etc.), o que seria muito difícil verificar com outros

métodos. Quando os isótopos são utilizados dessa forma, eles são chamados de “traçadores”. Eles são amplamente utilizados na medicina para construir imagens do corpo e diagnosticar doenças. Porém a emissão radioativa é, em geral, perigosa para os seres vivos. Alfa, beta, gama são chamadas radiações ionizantes; quando esses raios interagem com a matéria, são capazes de retirar um elétron do átomo que a constitui, rompendo ligações químicas. A perda de um elétron pode causar sérios danos, desde a morte da célula até mutações genéticas, como o câncer.

A radioatividade é natural e todos nós temos elementos radioativos, como o carbono-14. Em nosso ambiente há também um número grande de elementos radioativos feitos pelo homem. Materiais nucleares são usados para criar esses traçadores radioativos, que podem ser ingeridos ou injetados na corrente sanguínea. Eles fluem pelo sangue e se alojam nas estruturas que se deseja observar. Graças ao uso desses traçadores, diversas anormalidades podem ser detectadas.

Alguns órgãos do corpo têm capacidade de concentrar determinadas substâncias químicas. Por exemplo, a glândula tireoide concentra o iodo. Assim, com a ingestão de iodo radioativo, por meio de um líquido ou uma pílula, os principais tipos de tumor na tireoide podem ser identificados e tratados. Da mesma forma, alguns tumores cancerígenos concentram fosfato. Assim, com a injeção do isótopo radioativo fósforo-32 na corrente sanguínea, os tumores podem ser detectados em razão do aumento de sua atividade radioativa.

Na medicina nuclear, seja na produção de imagem, seja na fase de tratamento, a ingestão ou injeção de substâncias radioativas não causam dano ao corpo humano. Isso ocorre porque os radioisótopos utilizados decaem rapidamente, em minutos ou horas, tendo assim níveis de radiação toleráveis, e são eliminados pelo corpo em mais algum tempo.

Adaptado de: BROCKINGTON, Guilherme; SOUSA, Wellington Batista de; UETA, Nobuko. *Física: Física moderna e contemporânea*, módulo 6. São Paulo: Pró-Universitário, USP/Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.ciencia.ao.if.usp.br/dados/pru/_fisicomodernacontemporanea17968.apostila.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2013.

Agora, responda:

1. Por que em medicina nuclear utilizamos átomos radioativos e não átomos estáveis?

2. Explique com suas palavras o que você entendeu por “traçadores” radioativos.

3. Leia o texto e destaque dois átomos e os órgãos que eles podem auxiliar em mapeamento para construir imagens do corpo.
-
-



Tomografia por emissão de pósitron (PET, do inglês *Positron Emission Tomography*)

A PET produz imagens do corpo detectando a imagem da radiação emitida por determinadas substâncias radioativas. Elas são “marcadas” com um isótopo radioativo (como o carbono-11, oxigênio-15 ou nitrogênio-13) e depois são injetadas no corpo do paciente a ser examinado. Esses isótopos têm um curtíssimo tempo de decaimento e um aparelho detecta os raios gama liberados do local onde um pósitron emitido pela substância radioativa colide com um elétron do tecido do corpo do paciente. A PET fornece imagens do fluxo sanguíneo, bem como de funções bioquímicas, como o metabolismo da glicose no cérebro ou as rápidas mudanças nas atividades de várias partes do organismo humano. A desvantagem surge da necessidade de haver, nas proximidades do hospital, um acelerador de partículas, visto que os isótopos utilizados possuem meia-vida de minutos ou, no máximo, de poucas horas.

Tomografia computadorizada por emissão de fóton único (SPECT, do inglês *Single Photon Emission Computed Tomography*)

A SPECT é uma técnica semelhante à PET. Mas as substâncias radioativas utilizadas na SPECT (xenônio-133 ou iodo-123) têm um tempo de decaimento maior do que as empregadas na PET e emitem raios gama. A SPECT produz imagens menos detalhadas que a PET, porém o custo é mais baixo. Os aparelhos para SPECT são bem mais acessíveis e não precisam estar próximos a aceleradores de partículas, por causa do maior tempo de meia-vida dos isótopos utilizados.



VOCÊ APRENDEU?



1. O decaimento de um átomo, de um nível de energia excitado para um nível de energia mais baixo, ocorre com a emissão simultânea de radiação eletromagnética. A esse respeito, considere as seguintes afirmações:
 - I) A intensidade da radiação emitida é diretamente proporcional à diferença de energia entre os níveis inicial e final envolvidos.
 - II) A frequência da radiação emitida é diretamente proporcional à diferença de energia entre os níveis inicial e final envolvidos.

III) O comprimento de onda da radiação emitida é inversamente proporcional à diferença de energia entre os níveis inicial e final envolvidos.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas I e III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.



LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise na biblioteca de sua escola ou na internet qual é o princípio básico da imagem obtida numa tomografia computadorizada (TC).
2. Para conhecer algumas aplicações do *laser* na medicina, leia o texto disponível em <http://www.ced.ufsc.br/men5185/trabalhos/A2005_outros/39_laserm/apli.htm>. (Acesso em: 13 nov. 2013.)

O que eu aprendi...

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

TEMA 3:

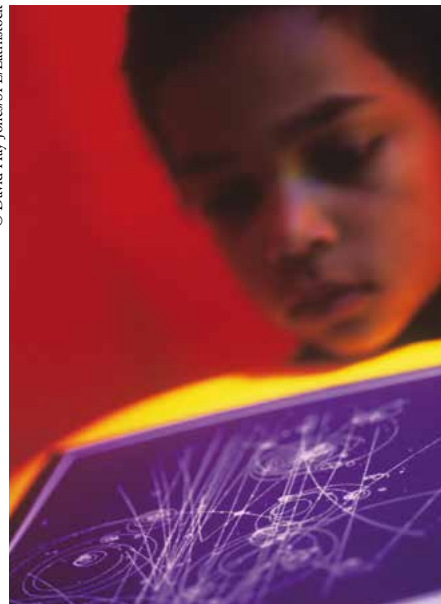
PARTÍCULAS ELEMENTARES

Os questionamentos sobre a composição e a estrutura da matéria acompanham a história humana. Na Grécia Antiga, vários filósofos, que buscavam entender do que a matéria seria formada, propuseram a existência de elementos básicos, como água, fogo, ar, terra ou “átomos”, que constituiriam a diversidade das coisas. Até hoje, esse assunto é intensamente estudado em busca do conjunto de elementos que estariam na base de tudo o que conhecemos no Universo.

A área que busca compreender entidades fundamentais da matéria, suas propriedades e características é a Física de Partículas. Tais estudos não têm caráter apenas prático, mas também filosófico.

Primeiro, discutiremos como a matéria foi pensada ao longo da história. Em seguida, estudaremos mais sistematicamente como a Física atual investiga o mundo do infinitesimal.

© David Hay Jones/SPL/Latinstock



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 11 A MATÉRIA EM UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA

© Donato Bramante/The Bridgeman Art Library/Getty Images



Muitos estudos de Física e de outras disciplinas têm origem em diferentes momentos do passado. Por exemplo, a descoberta do DNA tem pouco mais de 50 anos; o modelo atômico de Bohr tem 100 anos; a noção de calor como energia tem cerca de 200 anos; e assim por diante. Mas algumas ideias científicas podem ter tradição de mais de 2 500 anos.

A busca pelos elementos constituintes da matéria é muito antiga. Nesta atividade, você vai pesquisar alguns marcos históricos desse tema e associá-los a outros fatos e outras situações.



PESQUISA EM GRUPO

Você e seu grupo devem construir uma linha do tempo na forma de um grande mural ilustrado, representando várias épocas. Para isso, leia o roteiro a seguir.

Construindo uma linha do tempo

Cada grupo deverá pesquisar um período histórico (a ser definido pelo professor) e procurar compreender os seguintes aspectos:

- quais foram os mais importantes acontecimentos históricos da época;
- quais foram os principais filósofos, pensadores ou cientistas do período;
- quais eram as concepções deles sobre a matéria que compõe o Universo.

1. Para a realização deste trabalho, vocês deverão selecionar imagens que representem o tema pesquisado sobre o período definido para o grupo.
2. As imagens serão trazidas para a sala de aula e com elas vocês vão preencher uma parte da linha do tempo.
3. É importante que as imagens representem bem o que vocês pesquisaram e que cada grupo estude um período histórico diferente, para que, em conjunto, a classe construa o mural.
4. Pequenas legendas podem acrescentar informações às imagens.



Leitura e análise de texto

Os filósofos pré-modernos e a natureza da matéria

Na Grécia Antiga, uma corrente de filósofos acreditava que o Universo se reduzia a um, dois ou alguns poucos componentes da matéria. Tales de Mileto (c. 624 a.C.-c. 546 a.C.) acreditava que toda a imensa diversidade da natureza podia ser representada por um único elemento, a água, compreendida como “o começo de todas as coisas, sobre a qual a Terra flutuaria”. Tempos depois, outros filósofos questionaram, modificaram e ampliaram essa descrição, incluindo novos elementos. Para Anaxímenes de Mileto (c. 570 a.C.-c. 500 a.C.), o elemento primordial seria o ar, pois do ar em compressão se obtém água; para Xenófanés da Jônia (c. 570 a.C.-c. 460 a.C.), a terra seria o elemento mais primitivo do Universo; para Heráclito de Éfeso (c. 540 a.C.-c. 480 a.C.), o fogo seria o seu constituinte mais elementar. Empédocles (c. 495 a.C.-c. 435 a.C.) foi o primeiro a propor que terra, ar, fogo e água seriam as substâncias elementares da matéria.

Uma maneira diferente de conceber a matéria foi descoberta por volta do século V a.C. Partindo de fenômenos como a digestão alimentar e o cheiro dos alimentos, Leucipo e, mais tarde, seu aluno Demócrito (460 a.C.-370 a.C.) desenvolveram a teoria atomista. A palavra **átomo** é derivada do grego e significa indivisível (a = não; tomo = divisão). Essa escola acreditava que toda a matéria do mundo era composta de partículas muito pequenas, que não podiam ser destruídas nem quebradas. Evidentemente, não era possível a Demócrito valer-se de qualquer experiência que desse suporte a suas convicções.

As ideias de Empédocles foram adotadas por Platão (c. 427 a.C.-c. 347 a.C.) e Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.). Este último acrescentou àqueles quatro elementos um quinto, o éter, e ofereceu uma concepção de Universo completa que perdurou por mais de um milênio.

Durante a Idade Média (século V ao XV), os alquimistas mantiveram, em seus trabalhos, a proposta aristotélica, rejeitando assim a ideia de a matéria ser composta de átomos indivisíveis, hipótese que acabou hibernando por mais de 23 séculos! Só quando a Ciência Moderna se delineava, no início do século XVIII, o conceito de átomo foi retomado, entre outros, por John Dalton, físico e químico inglês.

Elaborado por Ivã Gurgel especialmente para o São Paulo faz escola.

Após a leitura do texto, responda:

1. Como alguns filósofos gregos explicavam a natureza da matéria? Exemplifique.

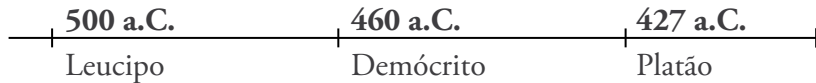
2. O que ocorreu com a ideia de átomo na Idade Média?



LIÇÃO DE CASA



1. Observe a linha do tempo a seguir e construa uma nova, com início em meados do século XVI, terminando no fim do século XVII. Pesquise filósofos ou cientistas que se distanciem no tempo com intervalos aproximadamente iguais aos da linha dos pensadores gregos.



2. Pesquise na biblioteca de sua escola, na internet ou em outras fontes e responda quais cientistas contemporâneos (dos dias de hoje) poderiam ser representados em sua linha do tempo. Justifique suas escolhas.

O que eu aprendi...



.....

.....

.....

.....

.....

.....

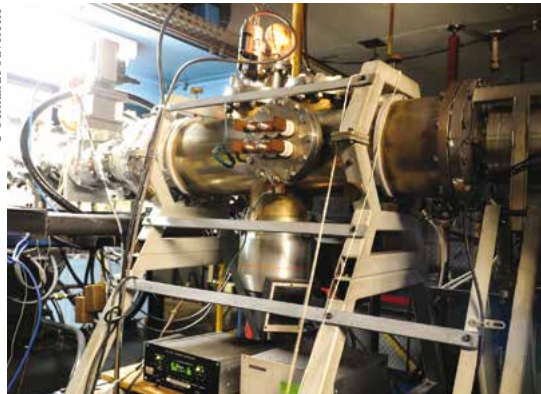
.....



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 12 AS CIÊNCIAS FÍSICAS NO BRASIL

Se você e os colegas se empenharam na atividade anterior, devem ter tido a oportunidade de conhecer diversos pensadores e cientistas. Na linha do tempo que você ajudou a construir havia algum brasileiro? O que havia no Brasil nos tempos de Aristóteles e nos tempos de Galileu? Com certeza, até o século XV não era possível aparecer nomes de brasileiros, mas e nos séculos XVIII, XIX e XX? Esta Situação de Aprendizagem tratará exatamente do Brasil no contexto da Ciência mundial.

© Fernando Favreto



Acelerador de partículas Pelletron do Instituto de Física da USP.

Cientistas brasileiros

1. Discuta com seu grupo e diga o nome de um brasileiro que fez parte de alguma descoberta/ produção científica importante.



Se sua resposta foi “nenhum”, talvez você se surpreenda com o texto a seguir.



Leitura e análise de texto

A seguir, reproduzimos o texto de uma reportagem publicada em 10 de março de 1948 no jornal *Folha da Noite*. Você vai perceber que ela está sem título! O seu desafio é dar um título para a matéria, baseado em sua compreensão do texto.

Folha da Noite

São Paulo – Quarta-feira, 10 de março de 1948.

Sugestão de título: _____

“Notícia procedente de Berkeley, na Califórnia, dá-nos conta de que sensacional descoberta acaba de ser feita por um jovem cientista brasileiro, Cesare Mansueto Giulio Lattes, diplomado pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de São Paulo, ao cabo de uma série de pesquisas em torno da energia atômica. Vem de conseguir o ex-estudante da nossa Universidade a produção artificial de ‘mésons’ subatômicos, utilizando-se de um gigantesco ‘cíclotron’ de quatro mil toneladas, que se acha instalado na Universidade da Califórnia.

Cientistas americanos emprestam à sensacional descoberta de Lattes a maior importância e têm-na mesmo como o maior acontecimento para os estudos nucleares, desde que se alcançou desintegração do átomo. [...]”



Leitura e análise de texto

César Lattes e o méson π



O físico brasileiro César Lattes.

© Unicamp-Arquivo Central/Staraq

Uma das partículas que interagem entre prótons e nêutrons no interior do núcleo atômico chama-se méson π (pi) ou pión. Ela foi proposta teoricamente pelo físico japonês H. Yukawa, em 1937, sendo detectada somente em 1947, ou seja, dez anos após sua proposição (Yukawa propôs a existência dos pions para explicar como funcionava a força atrativa capaz de conter, por exemplo, a enorme repulsão elétrica entre dois prótons). O físico brasileiro César Lattes foi um dos principais envolvidos na detecção dessa partícula. Tal fato foi um dos motivos que proporcionaram um grande e rápido desenvolvimento para a Física e para as Ciências no Brasil naquele período. Entre os trabalhos realizados, dois se destacaram tanto pela importância para a Física de Partículas como pela repercussão internacional: a participação na descoberta do pión utilizando raios cósmicos; e a participação na detecção do méson π , utilizando um acelerador de partículas. A descoberta do méson π rendeu a Cecil Powell (líder da equipe de Lattes) o Prêmio Nobel de Física em 1950.

Trabalho no exterior

Lattes foi levado à Universidade de Bristol (Inglaterra) em 1946 por Giuseppe Occhialini, com quem já havia colaborado na Universidade de São Paulo (USP) construindo câmaras de detecção de partículas. Occhialini trabalhava com Powell em Bristol. O laboratório da universidade estava recrutando alunos, mas, em virtude do incentivo do governo inglês no esforço de guerra, era difícil obter candidatos locais. Assim, Occhialini sugeriu a Powell que recrutasse o brasileiro.

As emulsões nucleares nos raios cósmicos

A emulsão fotográfica comum é um meio de registro, tendo usualmente um papel como suporte, que guarda imagens latentes (antes de serem reveladas). O problema na pesquisa com partículas é tornar um filme fotográfico comum sensível à passagem de uma partícula ionizante. Para isso, é necessário aumentar a quantidade de sais de prata no filme a ser revelado. Esse problema foi progressivamente tratado até ser resolvido, em 1946, com as emulsões nucleares.

A descoberta em Bristol

A grande descoberta de Lattes deu-se ao identificar que o composto tetraborato de sódio – bórax –, quando misturado às emulsões, era capaz de alongar em muito tempo a retenção das imagens. Isso viabilizava as exposições de longa duração necessárias para a detecção de partículas produzidas por raios cósmicos. Após a exposição frustrada das chapas nos Pireneus (cordilheira no sudoeste da Europa), a 2 800 m de altitude, por Occhialini, Lattes expôs as chapas no Monte Chacaltaya, nos Andes Bolivianos, a 5 500 m de altitude (ar mais rarefeito), e detectou rastros do méson π nas emulsões.

A descoberta em Berkeley

Os trabalhos feitos em Bristol com raios cósmicos não mostraram conclusivamente que o méson π era uma partícula nuclearmente ativa. Os mésons, inicialmente detectados na radiação cósmica, não existem normalmente no interior dos núcleos; eles são criados e emitidos durante colisões de projéteis externos com prótons e nêutrons dos núcleos. A demonstração experimental conclusiva foi realizada por Eugene Gardner e Lattes, que aceleraram partículas alfa de 380 MeV, utilizando um sincrocíclotron da Universidade da Califórnia, em 1948. As partículas alfa, ao incidirem sobre os prótons e nêutrons de um átomo de carbono, produziram os mésons π . Suas trajetórias foram registradas em emulsões nucleares colocadas no interior do equipamento.

Adaptado de: SANTOS NETO, Estevan Rouxinol dos. *Física no Brasil para o Ensino Médio: uma abordagem para a compreensão da Ciência e da atividade científica*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Departamento de Metodologia de Ensino, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://web.if.usp.br/cpgi/sites/default/files/Estevam_Rouxinol_dos_Santos_Neto.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2013.

Agora, responda:

1. Qual é a importância do trabalho de César Lattes para a Ciência da época?

2. Como Lattes chegou ao laboratório da Universidade de Bristol?

3. O que significa “desintegração nuclear”? (Lembre-se de que esse assunto foi estudado nas Situações de Aprendizagem 8 e 9.)

4. Explique por que o experimento feito por Giuseppe Occhialini para detecção do méson π não funcionou nos Pireneus, mas deu certo quando realizado por César Lattes no Monte Chacaltaya. Por que o experimento não foi bem-sucedido a 2 800 m de altitude, mas obteve sucesso na Bolívia, a 5 500 m?

5. O que é MeV? O que ele mede? Consulte seu livro didático, *sites* ou outras fontes de pesquisa e tente expressar esse valor em uma unidade mais conhecida.



VOCÊ APRENDEU?



1. Qual foi a importância do trabalho de Lattes na detecção do méson π ? Ele teria chegado a essa descoberta por mero acaso ou por uma sucessão de fatos? Explique.

2. Qual foi a importância dos filmes fotográficos na detecção do méson π ?



Veja o título dado à matéria veiculada pelo jornal *Folha da Noite* em março de 1948: “Um brasileiro amplia o campo de aplicação da energia atômica”. Compare com o título que você escolheu para essa matéria anteriormente. Você também pode acessar o Acervo Folha para consultar a matéria original. (Disponível em: <<http://acervo.folha.com.br/fdn/1948/03/10/1>>. Acesso em: 13 nov. 2013.)



LIÇÃO DE CASA

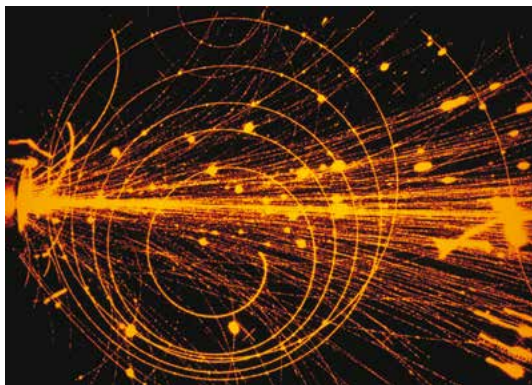


1. Pesquise na biblioteca de sua escola, na internet ou em outras fontes os nomes dos cientistas brasileiros relacionados a seguir. Qual é a área de trabalho deles e sua contribuição para a Ciência? Destaque o local e a data de seus trabalhos.
 - a) Padre Bartolomeu Lourenço de Gusmão.
 - b) Roberto Landell de Moura.
 - c) Mario Schenberg.
2. Consulte seu livro didático ou a internet e determine as características físicas do méson, como massa, carga elétrica etc. Por que sua detecção era difícil na época?



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 13

NOVAS PARTÍCULAS NO CENÁRIO DA FÍSICA



© Cem/SPL/Latinstock

Descobrimo novas partículas

As partículas são entidades com massa muito pequena, têm vida média às vezes efêmera e, para complicar, nem sempre possuem carga elétrica. Essas características fazem que as partículas passem, na maioria das vezes, despercebidas. Apenas para exemplificar, neste momento todos nós estamos sendo “atravessados” por um grande número de partículas, como os neutrinos e os mésons de origem cósmica, só que não percebemos nenhuma manifestação delas. Nesta Situação de Aprendizagem, vamos abordar o processo de detecção de partículas. O objetivo é mostrar como a Ciência desenvolveu meios de tornar tais entidades “visíveis aos nossos sentidos”. A investigação será fundamentada no estudo das trajetórias que as partículas deixam ao penetrar um gás convenientemente preparado.

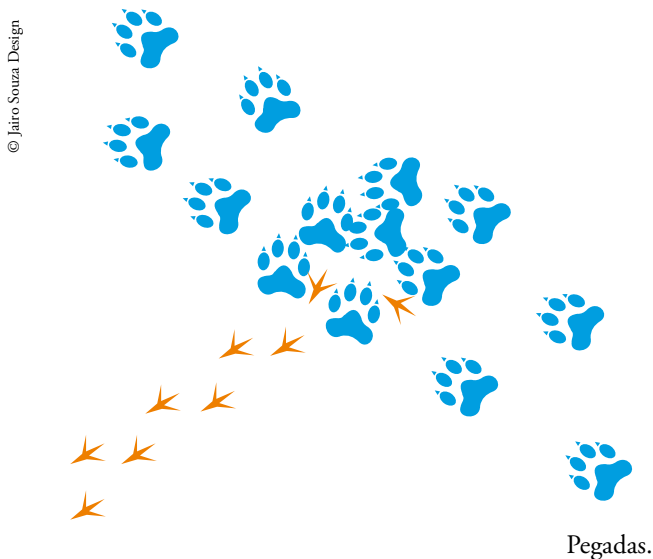
Na Situação de Aprendizagem anterior, vimos que, em 1947, foi descoberta uma partícula até então desconhecida: o méson. Com isso, alguém poderia perguntar: existem outras partículas, além de prótons, nêutrons, elétrons e mésons? A resposta é sim! Pesquisas iniciadas há cerca de 50 anos revelaram uma série de novas partículas. Elas assemelham-se em muitos aspectos aos prótons, aos nêutrons e aos elétrons. No entanto, pouco se fala sobre elas fora dos laboratórios e centros de pesquisa. Ocorre que a maior parte dessas partículas tem um “tempo de vida” muito curto, e muitas delas são detectadas apenas em situações ou equipamentos capazes de acelerar partículas até altíssimas energias.

Os primeiros estudos que detectaram esses tipos de partícula envolveram a pesquisa com raios cósmicos, isto é, radiação originária do espaço que chega à Terra dotada de alta energia. O dispositivo de detecção utilizado foi, inicialmente, a câmara de Wilson (ou de nuvens) e, posteriormente, a câmara de bolhas. Esta última consiste em um recipiente fechado com uma nuvem de vapor e gás. Com isso é possível detectar a passagem de uma dessas partículas por meio do rastro que ela deixa na nuvem (como um avião que deixa no céu um rastro indicativo de sua trajetória). Pelo estudo do caminho percorrido pela partícula na câmara de bolhas, podemos descobrir suas características, tais como massa e carga elétrica.

Parte I

Você já deve ter visto filmes de detetives ou de faroeste nos quais se tenta descobrir o caminho que alguém fez pelos rastros deixados. Em Física de Partículas acontece algo parecido. Para que você “sinta” um pouco a emoção de desvendar um mistério, vamos fazer o seguinte exercício:

1. Observe a figura a seguir. Ela representa pegadas que foram deixadas em um local.

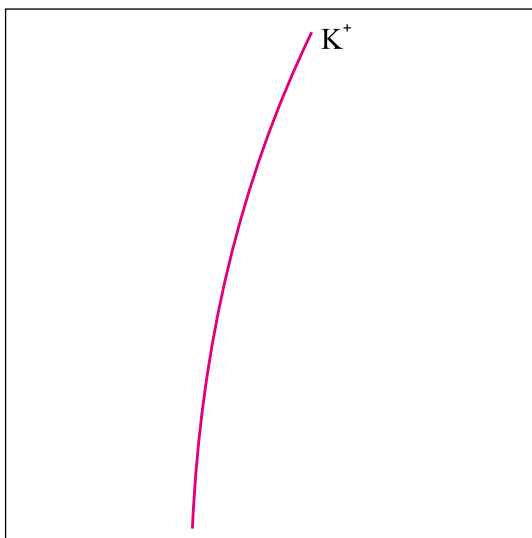


2. Agora, “invente” e relate uma história que forneça uma explicação para a imagem observada. Este relato será lido para a classe.

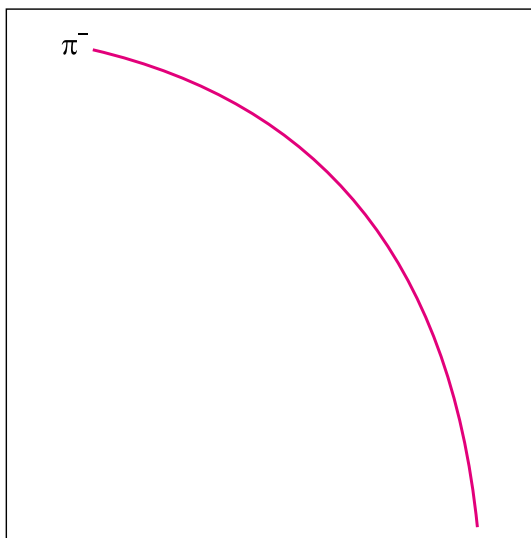
3. O que se pode concluir com base nas várias histórias ou explicações dadas para a figura?

Parte II

Após a primeira parte da atividade, você deve ter percebido que, por meio das pegadas (rastros), é possível imaginar uma explicação para o comportamento de algo que você não pôde testemunhar. Vamos ver agora como podemos obter informações sobre partículas quando estas passam por uma câmara de bolhas e ali deixam seu “rastro”. Observe as figuras a seguir, que mostram os rastros deixados pelas partículas.



Rastro deixado por um *kaon* positivo (K^+).

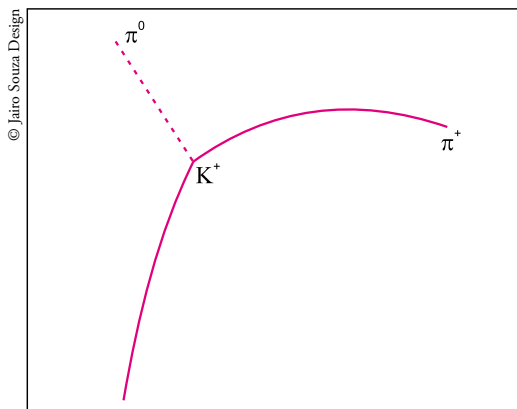


Rastro deixado por um píon negativo (π^-).

As partículas fazem uma trajetória curva em razão da presença de um campo magnético na câmara (veja o volume 1 da 3ª série). Aquelas com carga elétrica diferente de zero sofrem a ação de uma força perpendicular ao seu movimento quando entram em uma região de campo magnético. Essa força depende do campo e da carga elétrica; quanto maior a carga, mais intensa a força. Dependendo do sentido da força, para a direita ou para a esquerda, é possível saber se a carga elétrica é positiva ou negativa (veja nas figuras anteriores que a partícula positiva está curvada para a direita e a negativa, para a esquerda).

Com base na curvatura da trajetória, também é possível determinar sua massa. Isso ocorre porque, se temos duas partículas nas mesmas condições iniciais, ou seja, mesma carga elétrica e mesma energia cinética, submetidas a um mesmo campo magnético, a partícula de menor massa executará uma trajetória com curva mais acentuada. Assim, podemos afirmar que, no caso anterior, o *kaon* tem uma massa maior do que o píon, pois sua trajetória é uma curva menos acentuada.

O que torna o estudo em câmaras de bolhas ainda mais interessante não é apenas observar uma partícula “passando”, mas poder “pegá-la no flagra” ao se transformar em outra(s) partícula(s). Essa transformação pode ocorrer espontaneamente ou por intermédio de uma colisão. Veja o exemplo na figura a seguir.



Um *kaon* positivo (K^+) entra na câmara de bolhas e, em determinado instante, decai, isto é, transforma-se em um píon positivo (π^+) e em um píon neutro (π^0).

As partículas neutras não são detectadas nas câmaras de bolhas, e, por isso, são apresentadas com uma linha tracejada, apenas para indicar sua existência. Mesmo não aparecendo, elas devem ser consideradas, para que se possam explicar os fenômenos físicos, como veremos no experimento a seguir.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Diferentes reações em câmaras de bolhas

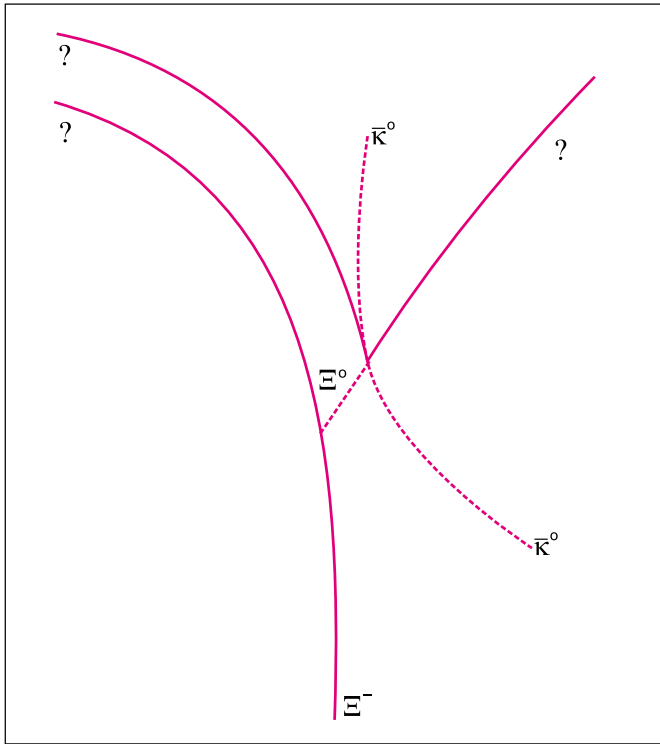
Materiais

- figuras de trajetórias de partículas disponíveis no final deste Caderno.

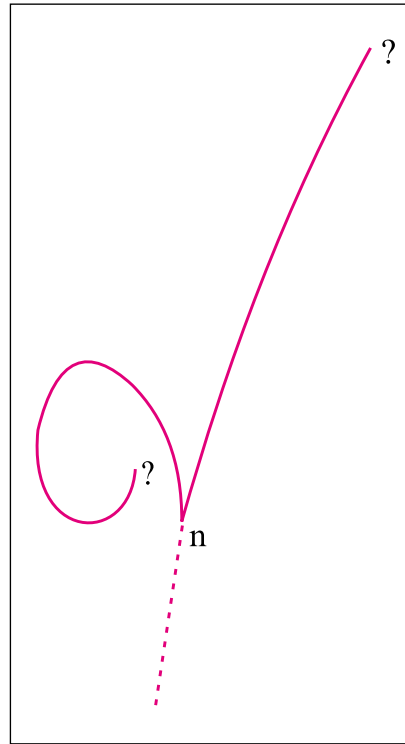
Mãos à obra!

Agora vocês deverão descobrir como um conjunto de partículas interage por meio dos “rastros” deixados por elas. Embora bastante simplificado, esse procedimento de análise é semelhante ao que César Lattes e outros cientistas realizavam com as imagens das câmaras de bolhas nos estudos de partículas.

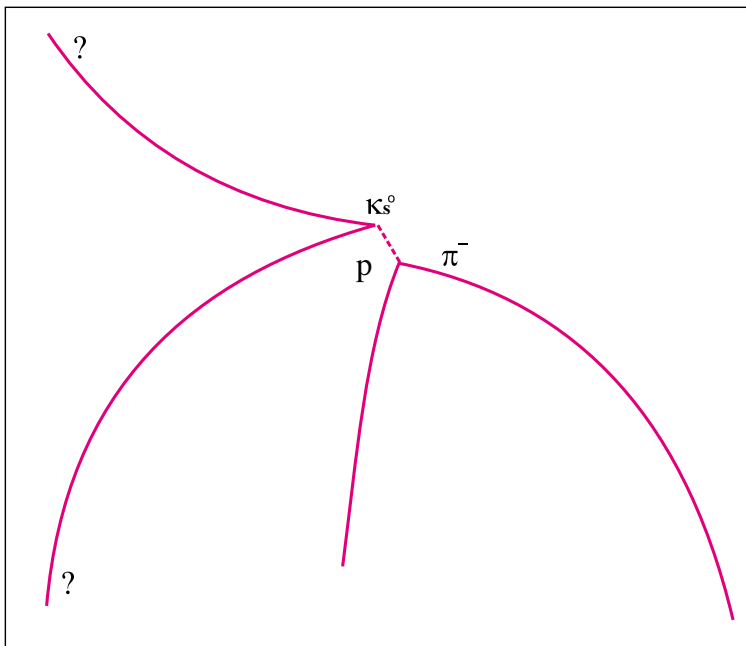
As imagens a seguir mostram as trajetórias (rastros) deixadas por partículas em uma câmara de bolhas, sem ocorrer nenhuma interação ou decaimento. Compare-as com as imagens das partículas de referência (final deste Caderno) e descubra quais transformações ocorreram em cada um dos casos apresentados a seguir. Para obter informações sobre as características dessas e de outras partículas, consulte a Tabela Características das partículas, apresentada adiante.



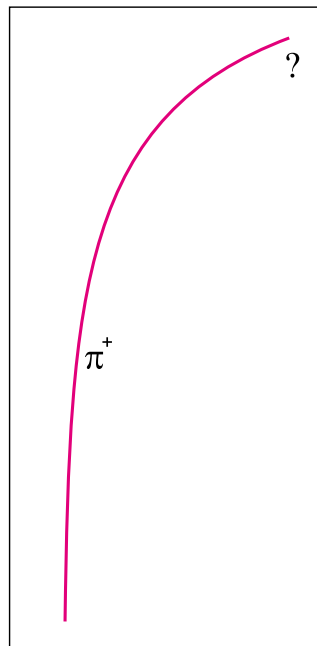
© Jairo Souza Design



© Jairo Souza Design



© Jairo Souza Design



© Jairo Souza Design

Características das partículas				
Partícula	Massa (MeV/c ²)	Vida média (s)	Carga elétrica (e)	Modos de decaimento
Elétron (e ⁻)	0,511	Estável	-1	
Múon (μ ⁻)	105,7	2,20 · 10 ⁻⁶	-1	e ⁻
Tau (τ ⁻)	1784	4 · 10 ⁻¹³	-1	(μ ⁻) ou (e ⁻)
Píon (π ⁺)	139,6	2,60 · 10 ⁻⁸	+1	μ ⁺
Píon (π ⁰)	135,0	0,83 · 10 ⁻¹⁶	0	2γ
Kaon (K ⁺)	493,7	1,24 · 10 ⁻⁸	+1	(μ ⁺) ou (π ⁰ e π ⁺)
Kaon (K _S ⁰)	497,7	0,89 · 10 ⁻¹⁰	0	(π ⁺ e π ⁻) ou (2π ⁰)
Kaon (K _L ⁰)	497,7	5,2 · 10 ⁻⁸	0	(π ⁺ e e ⁻) ou (π ⁻ e e ⁺) ou (3π ⁰)
Próton (p)	938,3	Estável	+1	
Nêutron (n)	939,6	920	0	(p e e ⁻)
Lambda (Λ ⁰)	1 115,6	2,6 · 10 ⁻¹⁰	0	(p e π ⁻) ou (n e π ⁰)
Sigma (Σ ⁺)	1 189,4	0,80 · 10 ⁻¹⁰	+1	(p e π ⁰) ou (n e π ⁺)
Sigma (Σ ⁰)	1 192,5	6 · 10 ⁻²⁰	0	(Λ ⁰ e γ)
Sigma (Σ ⁻)	1 197,3	1,5 · 10 ⁻¹⁰	-1	(n e π ⁻)
Xi (Ξ ⁰)	1 315	2,9 · 10 ⁻¹⁰	0	(Λ ⁰ e π ⁰)
Xi (Ξ ⁻)	1 321	1,64 · 10 ⁻¹⁰	-1	(Λ ⁰ e π ⁻)
Ômega (Ω ⁻)	1 672	0,82 · 10 ⁻¹⁰	-1	(Ξ ⁰ e π ⁻) ou (Λ ⁰ e K ⁻)

Exemplos de partículas descobertas ao longo do século XX. Fonte: SERWAY, R.; JEWETT JR., J. *Princípios de Física*. São Paulo: Thomson, 2004. v. 4.



Leitura e análise de texto

Formas de detecção de partículas elementares: câmara de bolhas

O físico Charles Thomson Rees Wilson levou 40 anos para aperfeiçoar a técnica experimental usada para a detecção de partículas elementares, finalmente concluída em 1911. Trabalhando na Universidade de Cambridge, na Inglaterra, Wilson usou estudos sobre a conduta de íons nos gases para idealizar um modo de detectar a passagem de partículas. Se um feixe de

partículas carregadas atravessasse um vapor super-resfriado, este se condensaria em gotículas em torno daquelas partículas, razão pela qual esse dispositivo passou a ser conhecido como câmara de névoa. Como esse dispositivo, também denominado câmara de Wilson, foi muito útil ao estudo da radioatividade e dos raios catódicos na primeira metade do século XX, Wilson recebeu, com o físico norte-americano Arthur Holly Compton, o Prêmio Nobel de Física de 1927.

A câmara de Wilson foi substituída pela câmara de bolhas, inventada pelo físico estadunidense Donald Arthur Glaser. A grande vantagem da câmara de bolhas em relação à câmara de névoa decorre do fato de que a substituição do gás supersaturado por um líquido superaquecido faz que haja aumento de mais de mil vezes na densidade da câmara, possibilitando, dessa maneira, o maior número de colisões entre as partículas ionizantes e os alvos (partículas constituintes do líquido da câmara) e, em consequência, as trajetórias das partículas que estão sendo observadas se tornam mais curtas. As primeiras investigações sobre a formação de bolhas em torno de um íon, por ebulição de um líquido superaquecido – ideia central da câmara de bolhas –, foram apresentadas por Glaser em 1952.

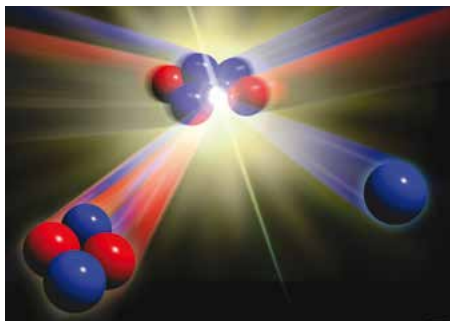
Elaborado por Maurício Pietrocola especialmente para o São Paulo faz escola.

1. Por que as câmaras de bolhas têm esse nome?

2. Explique por que, em uma câmara de bolhas, partículas com massa menor realizam trajetórias na forma de curvas mais acentuadas em comparação com as de massa maior. Explique também por que algumas trajetórias sob a ação do campo magnético são espirais e não circulares.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 14 TRANSFORMAÇÕES DE PARTÍCULAS



© Seymour/SPL/Latinstock

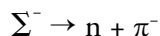
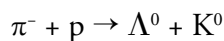
Na Situação de Aprendizagem anterior, quando você estudou o mundo das partículas, verificou que ele é repleto de surpresas, pois uma partícula nem sempre permanece estável, podendo se transformar em outra. Nesse contexto, poderíamos nos perguntar: essas transformações são ao acaso, aleatórias, ou existe alguma regra que nos permite compreendê-las? A resposta a essa pergunta está nas leis de conservação, que você já estudou nos anos anteriores.

O mundo das partículas e as leis de conservação

Você já estudou grandezas físicas que se conservam. A energia é um exemplo, pois, quando analisamos um sistema fechado, com um conjunto de corpos interagindo, vemos que a quantidade total de energia permanece inalterada, pois não há influência externa. Quando analisamos as transformações das partículas, devemos considerar que existe um conjunto de regras a ser seguidas.

Conservação da carga elétrica

Uma das regras importantes no estudo das partículas é o princípio de conservação da carga elétrica. Quando ocorre uma reação, isto é, a transformação de uma ou mais partículas em outras, a quantidade de carga total antes e depois da reação deve ser a mesma. Veja os exemplos a seguir que mostram reações que causaram transformações de partículas:

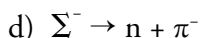
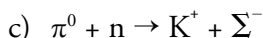
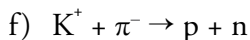
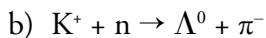
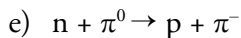
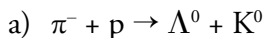


No primeiro caso, um pión negativo interage com um próton positivo. A quantidade total de carga elétrica é zero, pois a soma de um elemento positivo com um negativo é nula: $(+1) + (-1) = 0$. Se verificarmos o resultado da reação, veremos que existem duas partículas, lambda e kaon, ambas neutras. Uma vez que ambas são neutras, como indicado pelo índice zero, o resultado também será nulo ($0 + 0 = 0$).

No segundo caso, a partícula inicial é a sigma negativa. Após a reação, que neste caso é um decaimento espontâneo, ela se transforma em um nêutron, sem carga, e em um pión negativo. Observamos que em ambos os casos a quantidade de carga é conservada, pois o valor inicial é igual ao valor final.

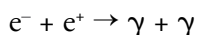
Veja se você compreendeu a explicação resolvendo o exercício:

1. Quais das reações apresentadas a seguir podem ocorrer, ou seja, quais não violam o princípio de conservação de carga elétrica?

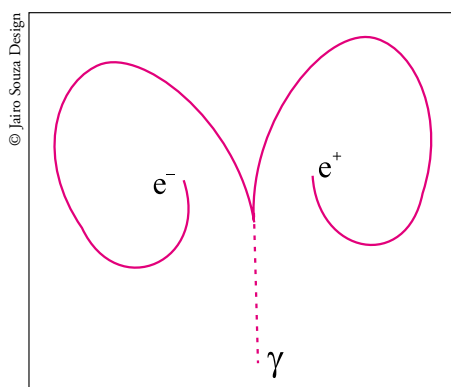
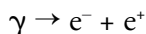


Conservação da massa-energia

Você já estudou que a energia se conserva em sistemas fechados, ou seja, o total da energia antes de determinado acontecimento deveria permanecer igual depois dele. Essa regra continua válida para as partículas, mas cuidado: a massa pode ser transformada em energia e vice-versa (veja o volume 1 da 1ª série). Uma reação interessante ocorre quando uma partícula se encontra com sua antipartícula (observe a figura a seguir): ambas se aniquilam e se transformam em energia emitida na forma de radiação eletromagnética, radiação γ , conforme a seguinte reação:



O oposto também pode ocorrer. Se tivermos radiação gama com quantidade suficiente de energia, podemos criar um par: partícula e antipartícula. Esse processo segue esta reação:



Formação de um par elétron-pósitron em uma câmara de bolhas.

A quantidade de energia necessária para a criação de um par é dada pela equação de Albert Einstein: $E = m_0 \cdot c^2$, sendo E a energia, m_0 a massa de repouso da partícula e c a velocidade da luz. Por exemplo, para se criar um par elétron-pósitron, a energia necessária será igual à soma das massas das partículas multiplicada pela velocidade da luz ao quadrado. Como ambas têm a mesma massa, $0,511 \text{ MeV}/c^2$, basta fazer $2 \cdot 0,511 \text{ MeV}/c^2$. Repare que a unidade de massa

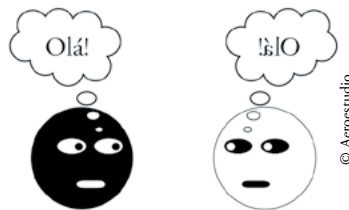
indicada já está em função da velocidade da luz, fazendo que o resultado venha diretamente da multiplicação, isto é, 1,022 MeV. A energia liberada no encontro de uma partícula com sua oposta é dada pela mesma equação. Veja que, em lugar de circular, a trajetória é espiral, por causa da perda da energia pelas partículas, ao produzirem bolhas na câmara. Note que, assim como eV é uma unidade apropriada para processos atômicos (como vimos na Situação de Aprendizagem 3), milhões de elétrons-volt (MeV) é adequada para processos nucleares.



As antipartículas e a descoberta do pósitron

Imagine você andando na rua. De repente, olha para o outro lado e vê, na outra calçada, uma pessoa muito parecida com você, mas com uma peculiaridade: uma característica nela é oposta; a pinta ou *piercing* do lado direito está no lado esquerdo, ou a divisão do cabelo está invertida. Acho que você, como qualquer um, ficaria espantado e muito assustado, perguntando como é possível isso acontecer.

Para nossa tranquilidade, sabemos que isso é praticamente impossível de ocorrer com as pessoas, mas não com as partículas elementares! A ideia de partículas quase idênticas (mas com propriedade oposta) começou a ser formulada em 1928, quando o inglês Paul Dirac elaborou uma expressão matemática para a função de onda do elétron.



Dirac notou que essa expressão admitia duas soluções, uma com energia positiva e a outra, “misteriosa”, com energia negativa. Ele considerou que esta não deveria ser descartada. Mas, ao propor isso, ele se confrontou com uma questão: dada a tendência dos sistemas físicos de evoluir para o estado de energia mínima, elétrons deveriam ir para estados cada vez mais negativos, sem nunca se estabilizar. Para solucionar esse problema, Dirac postulou que todos os estados negativos de energia já estariam ocupados por elétrons. Dessa forma, o princípio da exclusão de Pauli impediria que os elétrons dos estados positivos transitassem para os estados negativos já ocupados, estabilizando os sistemas. Com isso, somente seriam observados efeitos quando um elétron, que ocupa um dos estados negativos, fosse excitado e transitasse para um estado positivo, deixando um buraco (ou uma bolha). Esse buraco, que poderia ser observado, se comportaria como uma partícula de carga e energia positivas. O candidato mais óbvio para ocupar esse lugar seria o próton. No entanto, a equação previa que essa partícula deveria ter a mesma massa do elétron. A interpretação de Dirac foi parcialmente validada só em 1932, quando o norte-americano Carl David Anderson (1905-1991) detectou experimentalmente partículas com a mesma massa do elétron, porém de carga positiva. Elas foram denominadas pósitron (e^+).

A ideia inicial de Dirac foi superada ou ampliada no final da década de 1940, com o desenvolvimento da eletrodinâmica quântica (QED) por Richard Feynman (1918-1988) e Ernst Stueckelberg (1905-1984), que propuseram a ideia de antipartículas. Segundo eles, para cada partícula existe uma antipartícula com a mesma massa e carga de sinal contrário.

Assim, a nova teoria previa também antiprótons e antinêutrons, por exemplo. Essas partículas foram detectadas respectivamente em 1955 e 1956, com a construção de aceleradores de partículas mais potentes.

A característica mais notável que envolve as antipartículas é que, quando encontram suas partículas equivalentes, ambas se aniquilam, transformando-se em energia.

Hoje em dia, também se produz anti-hidrogênio (pósitron + antipróton) em grandes aceleradores.

Adaptado de: SIQUEIRA, Maxwell. *Do visível ao indivisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para a Educação Básica*, 2006. Disponível em: <<http://www.nupic.fe.usp.br/Publicacoes/teses/DissertMAXWELL.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2013.



PARA SABER MAIS

É possível que você não tenha entendido alguns trechos do texto anterior, mas, se este tema despertou seu interesse, pesquise os seguintes assuntos:

1. Qual é o princípio de exclusão de Pauli?
2. Por que os sistemas físicos tendem ao nível de energia mínima?
3. Como um buraco deixado por um elétron de energia negativa pode ser pensado como uma partícula positiva de energia positiva?
4. Quem detectou o antipróton e o antinêutron?
5. Como seria a representação de um anti-hidrogênio?

Lei da Conservação da quantidade de movimento

Além da conservação da massa-energia e da carga, as partículas elementares também obedecem à Lei da Conservação da quantidade de movimento. Vale lembrar que essa grandeza física é expressa em sua forma mais genérica em termos de vetores e relaciona a evolução de um sistema físico antes e depois de um dado evento, por meio da seguinte expressão:

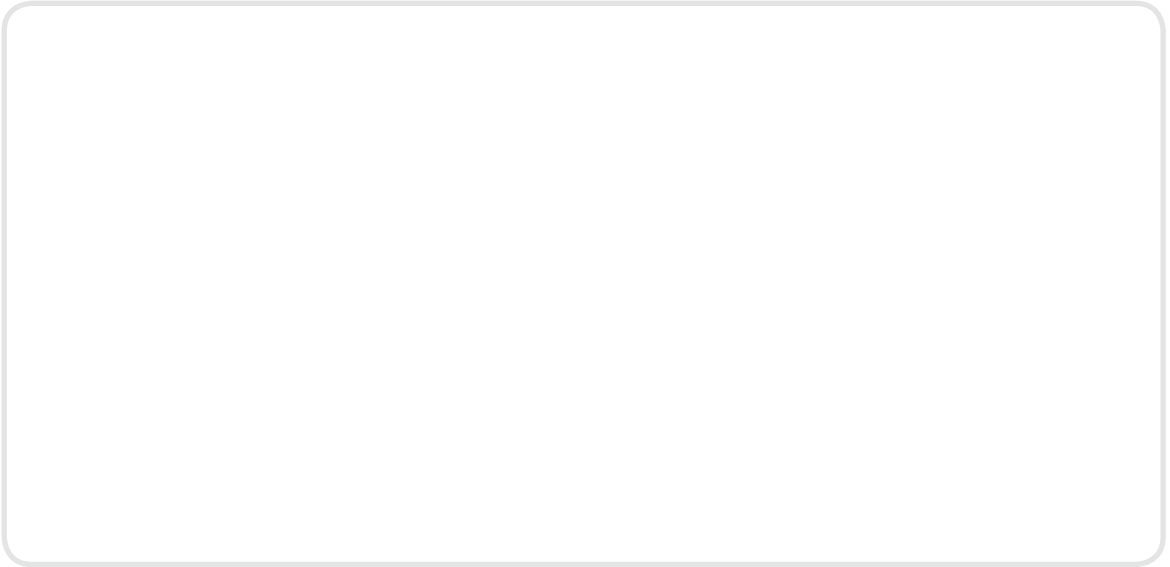
$$\vec{Q}_{\text{antes}} = \vec{Q}_{\text{depois}}$$

Utilizando também esta lei, resolva o problema a seguir.

1. Um fóton de energia E_γ maior do que $1,022 \text{ MeV}/c^2$ ($2 \cdot 0,511 \text{ MeV}/c^2$) pode interagir com um material criando um par elétron-pósitron. A energia excedente se transforma em energia cinética do par elétron-pósitron, que atravessa o material, perdendo energia sucessivamente por excitação ou ionizações de átomos. Quando o pósitron perde toda a sua energia cinética e para, ele se aniquila com algum elétron e há a emissão de dois raios gama.

a) Determine a energia de cada raio gama. Explique por que precisam ser criados dois raios.

b) Desenhe possíveis trajetórias para os dois raios gama produzidos.



VOCÊ APRENDEU?



1. Por que a Lei da Conservação da energia não pode ser aplicada em sua forma original às partículas elementares?

2. Explique o que são as antipartículas.



LIÇÃO DE CASA



- Determine a energia mínima do fóton para que as seguintes reações ocorram:
 - $\gamma \rightarrow \mu^+ + \mu^-$
 - $\gamma \rightarrow \bar{p} + n + \pi^+$
 - $\gamma \rightarrow \pi^+ + K^+ + \Sigma^- + \bar{p}$
- Imagine uma nave do futuro, como a da série *Star Trek*, em que o motor tem como base a reação matéria/antimatéria.
 - Explique qual seria sua vantagem sobre outros tipos de propulsor (combustão, fissão etc.).
 - Imagine que o aniquilamento ocorresse entre hidrogênio e anti-hidrogênio e escreva a reação.
 - Calcule a energia na forma de radiação (fóton) obtida em cada aniquilamento.
 - Se tivéssemos 1 L de gasolina e 1 L de matéria/antimatéria, quanta energia poderia ser obtida em cada processo? Dados: 1 L de gasolina pode produzir, por meio da combustão, $3,6 \cdot 10^6$ J. Nas condições normais de temperatura e pressão (CNPT), 1 mol ($\cong 6,02 \cdot 10^{23}$ núcleos) de hidrogênio/anti-hidrogênio ocupa 22,4 L.

O que eu aprendi...

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

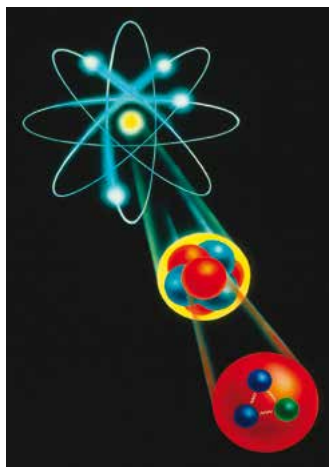
.....





SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 15

O MODELO DOS *QUARKS*



© Michael Gilbert/SPL/Latinstock

Na Situação de Aprendizagem 13, você aprendeu que existe uma quantidade de partículas muito maior do que imaginávamos. Além de prótons, nêutrons e elétrons, há várias outras partículas, como píons, taus e *kaons*. Com isso, a ideia de partícula elementar foi abalada, pois a enorme quantidade de partículas elementares não combina com o propósito de encontrar os constituintes básicos.

Nesta Situação de Aprendizagem, você estudará a tentativa de fundamentar todas essas partículas como uma combinação de poucas entidades. Os *quarks* retomam o sonho dos atomistas gregos de basear a diversidade do mundo em alguns poucos tijolos elementares.

Gell-Mann e a ideia de *quark*

Um dos físicos que tiveram a sensação de que existiam partículas demais foi Murray Gell-Mann. Ao analisar as características das partículas conhecidas, percebeu que poderíamos imaginar que as partículas que interagem por meio da força forte (ou seja, as intensas forças atrativas que só atuam no interior dos núcleos) são formadas por um grupo de partículas ainda menores, isto é, mais elementares, que ele chamou de *quarks* de carga fracionária. Inicialmente, ele considerou que existiam três tipos de *quark*: o *up* (u), o *down* (d) e o *strange* (s). Alguns anos depois, mais três *quarks* foram acrescentados, denominados *charmed* (c), *bottom* (b) e, por último, o *quark top* (t). Além desses seis *quarks*, já se sabia que toda partícula tem uma irmã gêmea – as antipartículas (lembre-se da Situação de Aprendizagem 14). Com isso, temos ao todo 12 partículas (6 *quarks* e 6 *antiquarks*) que constituem a base para formar todas as outras partículas que interagem por meio da força forte. O conjunto de partículas formadas é chamado de **hádrons** (do termo grego para “forte”).

Os *quarks* têm carga elétrica. No entanto, sua carga elétrica é fracionária, com valores que podem ser de $+\frac{2}{3}e$ e ou de $-\frac{1}{3}e$ (e é a carga elementar do elétron, com o valor em módulo de $1,6 \cdot 10^{-19}$ C).

Além da carga elétrica, os *quarks* têm um segundo tipo de carga, denominado carga de cor. Isso não significa que eles sejam coloridos de verdade; esse nome foi dado porque esse novo tipo de propriedade seria expresso de três formas diferentes. Considerando que as cores presentes no nosso dia a dia são combinações de três cores primárias (cor-luz), denominou-se a carga dos *quarks* de carga de cor ou simplesmente carga-cor. Elas são azul, verde e vermelho. Veja que as cores dos *antiquarks* são as cores complementares das cores primárias: amarelo (antiazul), magenta (antiverde) e ciano (antivermelho).

Traduzindo em termos de *quarks*, um próton seria formado por dois *quarks up* e um *quark down*:

$$p = uud$$

Veja que, em termos de carga, teríamos:

$$u + u + d = +\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = 1 \text{ (a carga do próton é uma vez o valor da carga elementar)}$$

Em termos de cores, poderíamos ter:

u (vermelho) + u (azul) + d (verde)

Um méson π (+) é formado por um *quark* e um *antiquark*.

A tabela a seguir faz um resumo dessas características:

Características dos quarks					
Nome	Carga elétrica	Carga de cor	Nome	Carga elétrica	Carga de cor
<i>Up</i>	$+\frac{2}{3}e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antiup</i>	$-\frac{2}{3}e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Charmed</i>	$+\frac{2}{3}e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Anticharmed</i>	$-\frac{2}{3}e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Top</i>	$+\frac{2}{3}e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antitop</i>	$-\frac{2}{3}e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Down</i>	$-\frac{1}{3}e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antidown</i>	$+\frac{1}{3}e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Strange</i>	$-\frac{1}{3}e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antistrange</i>	$+\frac{1}{3}e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Bottom</i>	$-\frac{1}{3}e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antibottom</i>	$+\frac{1}{3}e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo

Fonte: SERWAY, R.; JEWETT JR., J. *Princípios de Física*. São Paulo: Thomson, 2004. v. 4.



Importante!

Os elétrons não são formados por *quarks*. Diferentemente dos hádrons, os elétrons pertencem a uma família de partículas que não interagem por meio da força forte e que é chamada de **lépton**. O múon e o tau são léptons (do termo grego para “leve”) também e têm carga elétrica idêntica à dos elétrons, mas maior massa. Veja o texto “A origem do nome *quark*”, adiante.

1. Por que partículas, como o próton, não podem ser formadas por apenas dois *quarks*?

2. Por que o conjunto proposto de *quarks* não poderia se limitar a apenas seis?

3. Um elétron pode ser atraído por outro elétron do mesmo modo que ocorre entre um par de prótons presente no núcleo atômico? Justifique.

4. Ligue as cores primárias da coluna da esquerda com suas respectivas cores complementares na coluna da direita.



Montando partículas com *quarks*

Receita: toda partícula formada por *quarks* é chamada de hádron e deve ter:

- uma carga elétrica que seja um número inteiro entre -2 e 2 (isto é, -2 , -1 , 0 , $+1$ ou $+2$);
- uma carga de cor sempre branca.

Para obter uma partícula com essas características, você deve combinar dois ou mais *quarks*. E, ao juntá-los, você precisa somar suas cargas elétricas e de cor.



Regras da soma de cores

Você já deve ter estudado a soma de cores na 2ª série. Mas, para ajudar, apresentamos um resumo das regras da soma de cores:

Vermelho + Azul + Verde = Branco

Vermelho + Azul = Magenta

Vermelho + Verde = Amarelo

Verde + Azul = Ciano

Agora, responda:

1. É possível formar uma partícula de quatro *quarks*? Justifique.

2. Por que não há uma partícula de carga $3e$?

3. Determine a carga elétrica (em múltiplos de e) dos bárions e dos mésons da tabela a seguir.

Partículas formadas por <i>quarks</i> hádrons					
Bárions	<i>Quarks</i>	Carga elétrica	Mésons	<i>Quarks</i>	Carga elétrica
Próton (p)	uud		Píon (π^+)	$\bar{d}u$	
Nêutron (n)	udd		Píon (π^-)	$\bar{u}d$	
Lambda (Λ^0)	uds		<i>Kaon</i> (K^+)	$\bar{s}u$	
Delta (Δ^{++})	uuu		<i>Kaon</i> (K^0)	$\bar{s}d$	
Sigma (Σ^+)	uus		<i>Kaon</i> (\bar{K}^0)	$\bar{d}s$	
Sigma (Σ^0)	uds		<i>Kaon</i> (K^-)	$\bar{u}s$	
Sigma (Σ^-)	dds		J/ψ	$\bar{c}c$	
Xi (Ξ^0)	uss		D^+	$\bar{d}c$	
Xi (Ξ^-)	dss		D_0	$\bar{u}c$	
Ômega (Ω^-)	sss		D_s^+	$\bar{s}c$	
Lambda (Λ_c^0)	udc		B^+	$\bar{b}u$	
Sigma (Σ_c^{++})	uuc		\bar{B}^0	$\bar{d}b$	
Sigma (Σ_c^+)	udc		B^0	$\bar{b}d$	
Xi (Ξ_c^+)	usc		B^-	$\bar{u}b$	

Fonte: SERWAY, R.; JEWETT JR., J. *Princípios de Física*. São Paulo: Thomson, 2004. v. 4.



Dica!

A ideia dessa questão é que você suponha a composição das partículas tendo a carga elétrica como parâmetro. Depois, compare os resultados obtidos com os dos demais alunos de sua classe. Aguarde a correção e a discussão que serão feitas pelo seu professor.



A origem do nome *quark*

Em 1963, o cientista Murray Gell-Mann atribuiu o nome *quark* aos constituintes fundamentais dos núcleons. Em seu livro *O quark e o jaguar: aventuras no simples e no complexo*, ele conta que, antes de a palavra ter grafia, já imaginava sua sonoridade, que deveria ser algo como *kwork*. Então, em uma de suas olhadelas no livro *Finnegans Wake*, de James Joyce, deparou-se com a palavra *quark* na frase *Three quarks for Muster Mark*, que, evidentemente, foi bolada para rimar e significa “Três *quarks* ao Senhor Mark”. A frase é particularmente interessante já que contém a palavra *quark*, cuja pronúncia é parecida com o que Gell-Mann procurava (*kwork*), e ainda de quebra tinha o termo “três”, mesma quantidade de *quarks* que compõem prótons e nêutrons. Entre outras coisas, a palavra *quark* reproduz o “pio da gaivota”, segundo o próprio Gell-Mann. (Você pode ler mais em: GELL-MANN, Murray. *O quark e o jaguar: aventuras no simples e no complexo*. Rio de Janeiro: Rocco, 1996.)



Leitura e análise de texto

Léptons e *quarks*: os constituintes básicos de todo o Universo

A Física de Partículas Elementares, ao estudar o núcleo dos átomos, revelou um “segredo” profundo da natureza: os prótons e os nêutrons não eram partículas verdadeiramente elementares. Mas, com isso, surgiu uma quantidade enorme de partículas e foram criadas diversas formas de organizá-las em famílias, grupos etc.

Classificação das partículas elementares

As partículas fundamentais podem ser separadas em três grupos, chamados coletivamente de léptons, de hádrons (formados por *quarks*) e de bósons (mediadores desses dois grupos). Todas essas partículas fundamentais possuem antipartículas também consideradas fundamentais. A classificação delas nesses grupos é feita de acordo com características que elas possuem.

Lépton

Partícula elementar que não interage por meio da força forte. Segundo o modelo padrão, há seis tipos de lépton.

Nome do lépton	Carga elétrica	Tempo de vida (em segundos)
Elétron	-1	Infinito
Neutrino do elétron	0	Infinito
Múon	-1	$2,197 \cdot 10^{-6}$
Neutrino do múon	0	Infinito
Tau	-1	$3,3 \cdot 10^{-13}$
Neutrino do tau	0	Infinito

Hádrons, formados por *quarks*

Praticamente todas as partículas que mencionamos ao longo do Caderno e que não eram léptons são hádrons formados por *quarks*. A Tabela Partículas formadas por *quarks* hádrons apresenta algumas delas. Por exemplo, um próton é constituído por um *quark down* e dois *quarks up*. Dizemos então que o próton tem a estrutura uud. Um nêutron é formado por um *quark up* e dois *quarks down*. Portanto, os nêutrons têm a estrutura udd. Há uma grande surpresa nisso tudo. Embora estejam listados seis tipos básicos de *quark*, o Universo, como o conhecemos hoje, ou seja, para o estado de energia atual, é formado simplesmente pelos *quarks* dos tipos *u* e *d*! As outras partículas, formadas por *quarks* dos tipos *s*, *c*, *b* e *t*, só existiram no Universo mais primordial quando a temperatura (e, portanto, a energia) era muito mais alta. Essas partículas hoje só surgem em experiências realizadas nos grandes aceleradores de partículas que existem em laboratórios como o Cern, na Suíça, o FermiLab, nos Estados Unidos, ou o Desy, na Alemanha.

Partículas mediadoras

São partículas mediadoras dos vários processos físicos que ocorrem no interior da matéria. Elas também são partículas fundamentais e assumem importante papel no estudo das interações fundamentais.

Mediador	Símbolo	Carga elétrica	Tempo de vida
Glúon	g	0	Infinito
Fóton	γ	0	Infinito
Bósons intermediários	W^{\pm}	± 1	Desconhecido
	Z^0	0	Desconhecido

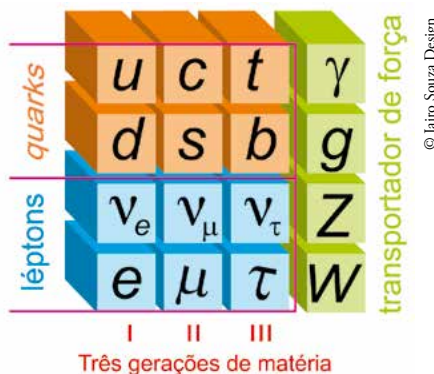
Classificação das partículas elementares nucleares

O núcleo atômico é muito mais complexo do que um simples aglomerado de prótons e nêutrons. Aliás, damos o nome genérico de núcleons aos prótons e aos nêutrons.

Experiências realizadas com raios cósmicos e em laboratórios de altas energias mostraram a existência de muitas outras partículas, algumas muito pesadas, no interior do núcleo atômico. A descoberta dessas partículas é que conduziu os físicos a acreditar na existência dos *quarks* como os constituintes básicos das partículas nucleares. As partículas que estão no interior do núcleo atômico são hádrons.

Tendo em vista propriedades comuns entre várias dessas partículas, os físicos as classificaram em duas famílias, chamadas mésons e bárions. Todos os mésons e bárions são formados por *quarks*, embora de modos diferentes. Mésons e bárions são hádrons.

Adaptado do Ensino a Distância, curso Cosmologia 2008, do Observatório Nacional (ON/MCT).



Desafio!

Você aprendeu que prótons e nêutrons são constituídos de partículas elementares chamadas *quarks*: os *quarks up* (*u*) e *down* (*d*). O próton é constituído de três *quarks*: dois do tipo *u* e um do tipo *d*. O nêutron também é constituído de três *quarks*: dois do tipo *d* e um do tipo *u*. Sabendo que a carga elétrica do próton é igual a uma unidade de carga e a do nêutron, igual a zero, deduza as cargas elétricas de *u* e *d*.



LIÇÃO DE CASA

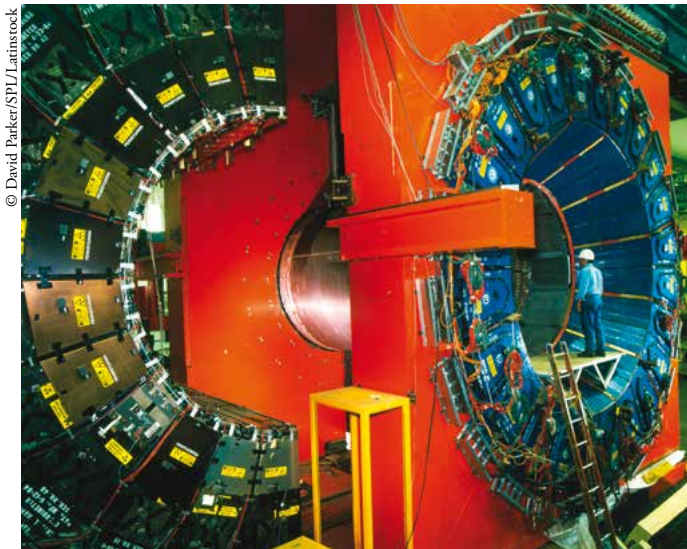


No estudo dos raios cósmicos, são observadas partículas chamadas píons. Considere um pión com carga elétrica e^+ se desintegrando (isto é, se dividindo) em duas outras partículas: um múon com carga elétrica e^+ e um neutrino. De acordo com o princípio da conservação da carga, qual carga elétrica o neutrino deverá ter?



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 16

ACELERADORES DE PARTÍCULAS: NOVAS PERSPECTIVAS PARA O CONHECIMENTO



No ano de 2008, entrou em operação o LHC, sigla em inglês para Grande Colisor de Hádrons (*Large Hadron Collider*), um acelerador de partículas que foi projetado para atingir energias enormes e realizar experiências que ajudarão a explicar algumas questões ainda em aberto sobre as partículas elementares. Por meio da pesquisa e da leitura de textos de divulgação científica, você entrará em contato com esta nova fase de desenvolvimento da Ciência.

Novas descobertas em aceleradores de partículas

A Física já respondeu a todas as questões sobre como a matéria se comporta? A resposta, claramente, é não. Muitos cientistas buscam respostas para questões que ainda estão em aberto. Você sabe quais são essas questões? Você sabe como os cientistas têm trabalhado para resolvê-las? Nesta Situação de Aprendizagem, descobriremos isso por meio da pesquisa e da leitura de notícias sobre o desenvolvimento da Ciência.



Opções de texto

A seguir temos uma lista de textos que tratam de experimentos em aceleradores de partículas. Essa lista pode ser ampliada por uma pesquisa em revistas, jornais e portais eletrônicos de universidades e institutos de pesquisa. Consulte seu professor.

- O colosso criador e esmagador de matéria, *Ciência Hoje*, abr. 2008. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/revista-ch-2008/247/o-colosso-criador-e-esmagador-de-materia>>. Acesso em: 13 nov. 2013.

- Brasileiros no LHC tentam confirmar previsão de Lattes, *Folha Online*, 6 abr. 2009. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u389472.shtml>>. Acesso em: 13 nov. 2013.
- A máquina do fim do mundo, *Veja*, 9 abr. 2008. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/090408/p_086.shtml>. Acesso em: 13 nov. 2013.
- Ponto de encontro, revista *Pesquisa Fapesp*, maio 2008. Disponível em: <<http://revista.pesquisa.fapesp.br/2008/05/01/ponto-de-encontro>>. Acesso em: 13 nov. 2013.
- Um olhar sobre o início de tudo, especial da revista *Veja*, 25 jun. 2008. p. 73.
- Uma máquina de descobertas, revista *Scientific American Brasil*, mar. 2008.

Você receberá de seu professor indicações precisas sobre a escolha, a leitura e a interpretação desses textos. Em seguida, responda:

1. Você reconheceu alguma das ideias discutidas neste Caderno na(s) reportagem(ns) lida(s)? Em caso positivo, quais ideias?

2. O que é um acelerador de partículas? Quais tipos de acelerador existem?

3. A quais questões os cientistas que trabalham nesses aceleradores buscam responder?

4. Quantas vezes o LHC é mais energético do que o ciclotron descrito na Situação de Aprendizagem 12?



APRENDENDO A APRENDER

Meios de obter partículas aceleradas: raios cósmicos e aceleradores

Para estudar a estrutura íntima da matéria, é preciso usar partículas que colidam com ela. Até 1910, a radiação mais penetrante conhecida eram os raios gama, emitidos por substâncias radioativas e que chegavam a atravessar espessuras de até 5 cm de chumbo. Os raios cósmicos os substituíram e conseguiram atravessar com facilidade 10 cm de chumbo. Essa radiação consistia basicamente em fragmentos microscópicos de corpos celestes (Sol, explosões de estrelas etc.) eletricamente carregados e com alta energia. Ela foi usada nos primeiros estudos de Física de partículas elementares. Os raios cósmicos foram, então, substituídos por feixes de partículas acelerados por máquinas de grande porte em condições de maior controle.

Os conceitos básicos necessários para acelerar uma partícula são dois: (a) uma partícula carregada é acelerada por meio de um campo elétrico e (b) curvada por um campo magnético. As máquinas que fazem isso são chamadas aceleradores de partículas.

Por mais incrível que possa parecer, a maioria de nós tem (ou tinha, antes da televisão de tela plana) um acelerador de partículas em casa! A conhecida “televisão de tubo” tem, basicamente, as mesmas características de um acelerador de partículas: elétrons são liberados pelo aquecimento de um filamento, acelerados por um campo elétrico, colimados por um campo magnético e, por fim, atingem a tela produzindo uma imagem.

Um componente básico de qualquer acelerador é a fonte de íons e a maneira mais fácil de produzi-los é ionizar átomos de hidrogênio. Esse feixe é injetado em um acelerador que pode ser de dois tipos: linear e circular. No Brasil, há aceleradores lineares no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), localizado no Rio de Janeiro, no departamento de Física Nuclear do Instituto de Física da USP e em muitos hospitais. Os aceleradores circulares são conhecidos também como cíclotrons e podem ser encontrados no Instituto de Energia Nuclear (IEN) e no Instituto de Pesquisas Nucleares (Ipen), respectivamente nas cidades do Rio de Janeiro e de São Paulo.

Vamos acelerar uma partícula elementar?

O endereço a seguir permite que você acesse uma simulação do processo que ocorre em aceleradores lineares: <<http://cern50.web.cern.ch/cern50/multimedia/LHCGame/StartGame.html>>. (Acesso em: 13 nov. 2013.) No *site*, há opções em quatro línguas, mas a escolha não interfere no jogo em si. Apenas pule as instruções clicando na seta até chegar à etapa 1 do jogo. Depois da seleção do idioma, vão aparecer na tela uma partícula carregada e uma região com uma diferença de potencial (ddp). Com um alternador (o botão retangular vermelho e azul, com os sinais + e –) você terá de modificar os polos para que a ddp provoque a aceleração das partículas. Assim que você conseguir atingir a energia desejada, a simulação termina.



VOCÊ APRENDEU?



1. Se você entendeu o funcionamento de um acelerador linear, responda: Por que eles são mais fáceis de ser construídos para alcançar altíssimas energias do que os circulares?

2. Qual é a diferença entre aceleradores lineares e aceleradores em ciclos? Quais são as vantagens e as desvantagens de cada um deles?

3. Por que é necessário construir aceleradores cada vez maiores?



LIÇÃO DE CASA



1. (Fuvest – 2009) Com o objetivo de criar novas partículas, a partir de colisões entre prótons, está sendo desenvolvido no Cern (Centro Europeu de Pesquisas Nucleares) um grande acelerador (LHC). Nele, através de um conjunto de ímãs, feixes de prótons são mantidos em órbita circular, com velocidades muito próximas à velocidade c da luz no vácuo. Os feixes percorrem longos tubos, que juntos formam uma circunferência de 27 km de comprimento, onde é feito vácuo. Um desses feixes contém $N = 3,0 \cdot 10^{14}$ prótons, distribuídos uniformemente ao longo dos tubos, e cada próton tem uma energia cinética E de $7,0 \cdot 10^{12}$ eV. Os prótons repassam inúmeras vezes por cada ponto de sua órbita, estabelecendo, dessa forma, uma corrente elétrica no interior dos tubos. Analisando a operação desse sistema, estime:
- A energia cinética total E_c , em joules, do conjunto de prótons contidos no feixe.
 - A velocidade v , em km/h, de um trem de 400 toneladas que teria energia cinética equivalente à energia do conjunto de prótons contidos no feixe.
 - A corrente elétrica i , em amperes, que os prótons em movimento estabelecem no interior do tubo onde há vácuo.

Dados:

$$q = \text{Carga elétrica de um próton} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

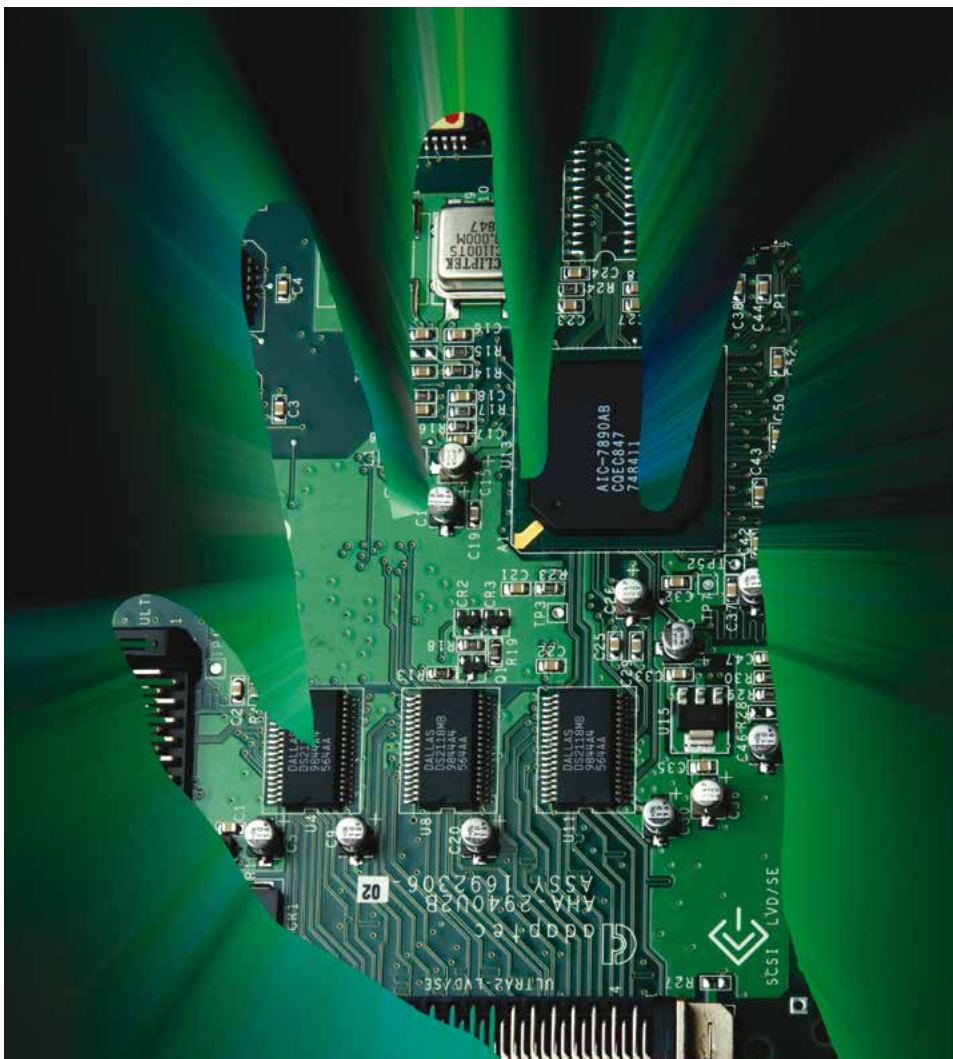
$$1 \text{ elétron-volt} = 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Atenção! Não utilize expressões envolvendo a massa do próton, pois, como os prótons estão a velocidades próximas à da luz, os resultados seriam incorretos, uma vez que sua massa inercial cresce com a velocidade.

TEMA 4:

MICROELETRÔNICA E INFORMÁTICA

Os hábitos humanos mudaram muito com o uso dos atuais equipamentos eletrônicos. A facilidade em obter e trocar informações trouxe nova dinâmica à nossa maneira de viver. Diariamente, utilizamos termos como *bits* e *bytes*, que raramente compreendemos. Hoje em dia, a discussão sobre a TV digital está presente na mídia, e importantes decisões relacionadas às formas de comunicação têm sido tomadas. Em face dessa realidade, passaremos a discutir o conhecimento científico relacionado a tais questões.



© Victor de Schwaberg/SPL/Latinstock

Placa de circuito eletrônico.

Aproveite a conversa e discuta com seus colegas as seguintes questões:

1. O que é o som? Como ele se propaga?

2. Como é possível vocês se comunicarem com esse “telefone”?

3. Por que o fio deve estar bastante esticado e o furo no copo deve ser bem pequeno para o telefone funcionar?



Desafio!

Seria possível se comunicar através desse fio de uma forma diferente da proposta na atividade? Faça hipóteses sobre como isso poderia ocorrer e as teste para verificar sua funcionalidade. Lembre-se de que a comunicação não se resume a falas.



Leitura e análise de texto

Analógica × digital

Você já deve ter ouvido falar de “mundo digital”. Para muitos, a digitalização é a responsável pela transformação do modo de vida moderno. Mas o que há de especial em ser “digital”? A primeira coisa que vem em mente quando pensamos nesse termo são as “impressões digitais”.

Mas, além disso, podemos lembrar também que a maioria das calculadoras tem oito dígitos (que são a sequência máxima de algarismos que aparecem no visor). A grande revolução foi causada pela digitalização da informação. Ou seja, palavras, frases, imagens, sons foram transformados em códigos que podem ser facilmente transmitidos.

A revolução nas comunicações começou com a invenção do telégrafo e tomou proporções enormes com o advento da informática nas décadas de 1950 e 1960. O que diferencia a comunicação digital da analógica é que, na última, o princípio básico é a transmissão de oscilações que têm características semelhantes às da onda que as produziu. Essa transmissão pode ser por meio de ondas eletromagnéticas, ondas mecânicas ou mesmo na forma de oscilações de correntes alternadas em um fio. Assim, a onda sonora é transformada em outro tipo de onda, que tem maior alcance na transmissão e é retransformada em som na recepção.

Já na comunicação digital, o princípio básico é a decodificação de uma informação em um código binário e a transmissão dessa informação por meio de pulso ou sinais de dois tipos que são recodificados no fim do processo. Algo interessante de notar é que, na transmissão analógica, um pequeno “abalo” na oscilação que está sendo transmitida pode modificar algumas de suas características (a diminuição na amplitude da onda em um ponto, por exemplo) e isso se torna um ruído na transmissão. Já no caso da transmissão digital, como o processo se resume a dois tipos de sinal, que geralmente são bem distintos, um pequeno problema de transmissão não abala a comunicação, pois a natureza da informação se preserva.

Elaborado por Maurício Pietrocola especialmente para o São Paulo faz escola.

Com base no texto, responda:

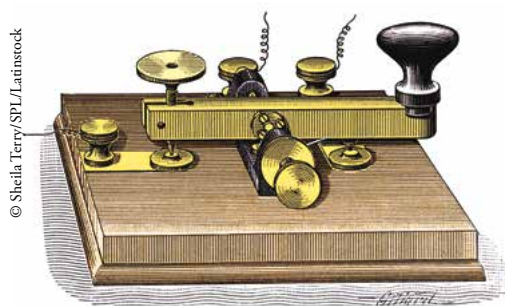
1. Quais são as vantagens e as desvantagens do uso de transmissões analógicas e digitais?



Leitura e análise de texto

Telégrafo

Além do código que leva seu nome, Samuel Morse (1791-1872) também foi responsável pela invenção do telégrafo, um aparelho simples que usava uma bateria, um interruptor e um pequeno eletroímã. A comercialização do telégrafo



© Sheila Terry/SPL/Latinstock

espalhou a tecnologia rapidamente. A primeira grande obra ocorreu quando, nos anos 1860, o Estado da Califórnia foi ligado ao resto dos Estados Unidos. Em pouco tempo, regiões do mundo todo já estavam conectadas graças ao invento de Morse. No entanto, esse trabalho não foi fácil. Para tornar possível a ligação entre diferentes continentes, como a América e a Europa, foi necessário espalhar cabos pelo Oceano Atlântico. A tarefa exigia um enorme navio que suportasse a grande quantidade de cabos necessária para cruzar o Atlântico. Nessa época somente um navio foi capaz de realizar tal feito. É importante notar que o mundo se tornou conectado primeiro por fios, antes de ser conectado por trilhos, já que a estrada de ferro transcontinental não foi completada antes de 1869.

No Brasil, segundo Ildeu de Castro Moreira e Mauro Costa Silva, a implantação do telégrafo está ligada ao nome do mineiro Guilherme Schüch de Capanema (1824-1908), posteriormente Barão de Capanema, então professor de Física e Mineralogia da Escola Militar no Rio de Janeiro. Em maio de 1852, sob a sua direção, inaugurava-se a primeira linha telegráfica no Brasil, que ia da Quinta Imperial ao Quartel do Campo, no Rio, com três quilômetros de linha subterrânea. As ligações telegráficas entre as várias cidades da costa brasileira e do Brasil com a Europa foram realizadas em 1873 e 1874, respectivamente, por meio de cabos submarinos de companhias inglesas. Curiosamente, o grande físico inglês William Thomson (Lord Kelvin) e seu colega Fleeming Jenkin eram engenheiros especialistas na colocação de cabos e supervisionaram a instalação do cabo entre Recife e Belém. Outro fato interessante foi a invenção, feita por Capanema, de um novo isolador para as linhas telegráficas terrestres. Devido às condições ambientais nos trópicos (calor e alta umidade) a deterioração rápida dos isoladores era um problema grave. Isso levou Capanema a inventar um novo tipo, todo feito de vidro, porcelana, ebonite etc., mas que não usava peças metálicas. A invenção recebeu a patente número 4171, em 1873, no Reino Unido. Esse isolador foi usado no Brasil e temos a informação de Capanema de que teria sido usado também na grande linha telegráfica da Índia.

Adaptado de: MOREIRA, Ildeu de Castro; SILVA, Mauro Costa. Capanema: um professor de Física cria a telegrafia no Brasil. *Física na Escola*, v. 2, n. 2, 2001. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num2/a07.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2013.

1. Cite uma vantagem da transmissão digital em relação à transmissão analógica.

2. Qual foi a solução criada por Capanema para evitar a deterioração das linhas telegráficas terrestres?



LIÇÃO DE CASA



1. Você já deve ter ouvido falar da expressão S.O.S., para indicar pedido de socorro. Pesquise o contexto de criação e uso desse termo.

2. Pesquise o que é a codificação MP3, usada na compactação de músicas. No que ela se diferencia da codificação *wave* (WAV) original nos CDs de música?

O que eu aprendi...





SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 18 TRANSISTORES: O OUVIDO ELETRÔNICO

Nas aulas anteriores, foram discutidas duas formas de comunicação, uma baseada em ondas (analógica) e outra baseada em códigos (digital). No entanto, em ambas as formas, nossos sentidos são usados para detectar a informação, no caso a audição ou a visão. Uma questão que poderíamos formular é: Como um computador identifica um sinal enviado a ele?

Para discutirmos como um equipamento eletrônico funciona, primeiro vamos relembrar alguns conceitos já abordados. No volume 1, estudamos a eletricidade e aprendemos que circuitos elétricos estabelecem uma corrente elétrica, que consiste no movimento ordenado de elétrons em razão da presença de uma diferença de potencial (tensão). Quando a transmissão de eletricidade é feita a longas distâncias, a tensão utilizada é alternada, isto é, ela oscila no tempo durante a propagação ao longo do fio. Vimos na Situação de Aprendizagem anterior que algo que oscila pode transmitir informação por meio de suas características ondulatórias. Com isso, a eletricidade pode transmitir a informação da fala por longas distâncias (este é o princípio de comunicação de um microfone ligado a um amplificador, por exemplo). Para tornar esse processo viável, é necessário que algum dispositivo possa identificar essa informação elétrica no final da transmissão. Mas que dispositivo é esse?



© G1PhotoStock Z1/Alamy/Clow Images

Transistores.

Uma conversa eletrônica

Inicialmente eram utilizadas válvulas, que consistiam em placas metálicas dentro de um tubo de vidro sem ar, que modificavam ou ampliavam a passagem de corrente. Esse tipo de dispositivo foi utilizado para a construção dos primeiros computadores. No entanto, a válvula era pouco eficiente, em razão de alguns motivos: aquecimento excessivo, fragilidade e tamanho relativamente grande. Uma revolução ocorreu quando três físicos estadunidenses, John Bardeen (1908-1991), Walter Brattain (1902-1987) e William Shockley (1910-1989), desenvolveram um dispositivo chamado transistor. Para explicar seu funcionamento, precisaremos voltar a discutir alguns elementos de Física Quântica.

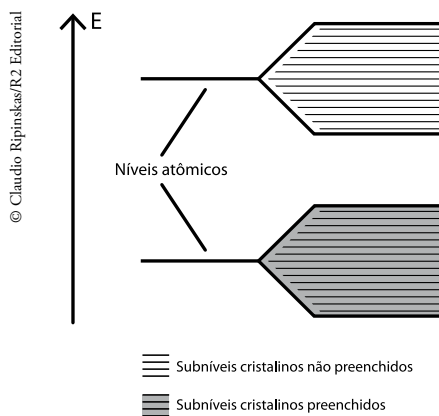
Como vimos anteriormente, os átomos têm seus elétrons distribuídos em níveis eletrônicos definidos. Quando os átomos se ligam para formar moléculas e cristais, dependendo de como isso é feito, a movimentação do elétron pode ser difícil, tornando o material um isolante (não conduz eletricidade). Por outro lado, há configurações em que existem elétrons livres e o material se revela um condutor elétrico. A diferença entre um caso e outro está no preenchimento das últimas bandas eletrônicas, como veremos a seguir.



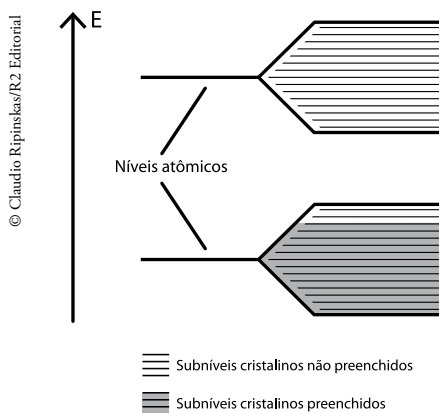
Bandas eletrônicas e condutividade dos materiais

Para os elétrons compartilhados entre os átomos de um cristal, este constituiu um sistema quântico único em cujos níveis de energia eles se distribuem. Mas, como elétrons (e férmions em geral) não podem acumular-se em um nível, a *cada nível atômico correspondem muitos subníveis que, juntos, constituem uma banda eletrônica*.

A condutividade dos materiais só depende do tipo de ocupação das bandas com energia mais alta. Os elétrons de uma banda totalmente cheia não têm mobilidade, pois não há subníveis livres acima daqueles que eles já ocupam – esse caso corresponde a um isolante. Em bandas parcialmente preenchidas, a mobilidade de elétrons é possível – o que corresponde a um condutor.

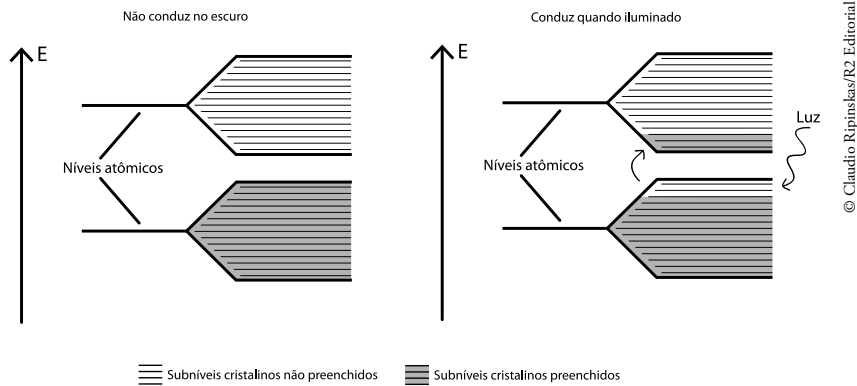


Isolante.



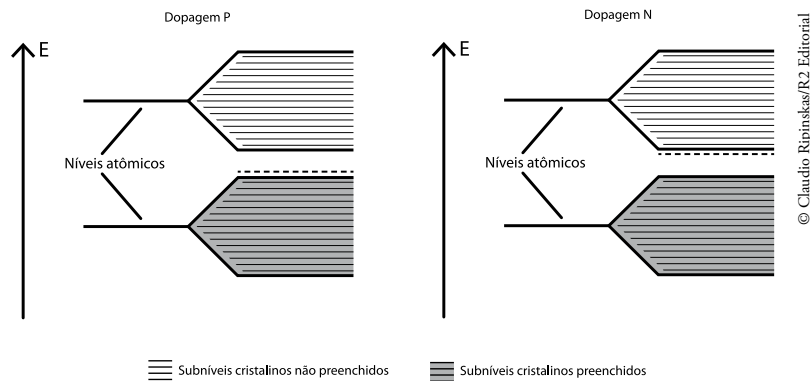
Condutor.

Quando a banda vazia está bem próxima à banda cheia que existe abaixo dela, a incidência de luz pode lançar elétrons para a banda de cima. Esse é o caso dos semicondutores, como o silício e o germânio, que conduzem corrente sob iluminação de frequência adequada.



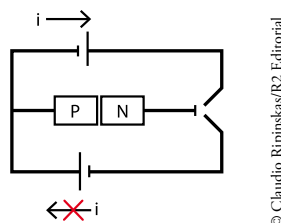
Semicondutor intrínseco.

Semicondutores como o silício podem ser dopados com “impurezas”. Para isso, recebem uma quantidade de átomos de fósforo ou de boro que, em lugar de quatro, têm respectivamente cinco e três elétrons em seu último nível eletrônico. Assim, os semicondutores passam a ter, junto a suas últimas bandas, novos “níveis de impureza”. Quando são usados átomos com mais elétrons em seu último nível, esse processo é chamado dopagem P (positivo); quando são usados átomos com menos elétrons em seu último nível, ele é chamado dopagem N (negativo).



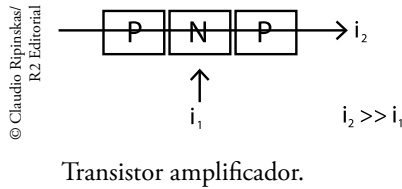
Semicondutores extrínsecos dopados.

Se os dois tipos de materiais dopados são combinados, há uma recombinação de elétrons e lacunas na região da junção entre eles. A junção PN e a junção NP produzem um diodo com propriedades retificadoras, ou seja, um diodo que só conduz corrente em um sentido.



Diodo retificador.

Outra possibilidade é a junção em “sanduíche” PNP ou NPN, que produz transistores com função amplificadora.



Os *chips* da microeletrônica moderna são cristais dentro dos quais há inúmeros diodos e transistores minúsculos, que compõem circuitos capazes de processar informações e operações lógicas. Eletrodomésticos, equipamentos de som, *pen drives* e computadores, por exemplo, são aparelhos que funcionam ou são controlados com base nesses dispositivos.

Elaborado por Luis Carlos de Menezes especialmente para o São Paulo faz escola.

Agora, responda:

1. Como um computador identifica um sinal enviado a ele?

Linguagem binária

A princípio, qualquer informação analógica pode ser transformada em um sistema com dois sinais, como no caso do código Morse, que usa o traço e o ponto. Damos à linguagem escrita dessa forma o nome de linguagem binária. Em computação, isso é feito decodificando uma informação como uma sequência de zeros e uns (0 e 1). Os números decimais que conhecemos podem ser representados pela chamada representação BCD (*Binary Coded Decimal* ou Decimal Representado em Binário) da seguinte forma:

0 = 0000	1 = 0001	2 = 0010	3 = 0011	4 = 0100
5 = 0101	6 = 0110	7 = 0111	8 = 1000	9 = 1001

Tem-se que o número 735, por exemplo, é representado em BCD pelo conjunto:

0111 0011 0101

Um aspecto matemático interessante é que essa convenção se baseia na diferenciação da base potencial de um número. Um número representado na base 10 como estamos acostumados pode ser escrito da seguinte forma:

$$735 = (7 \cdot 10^2) + (3 \cdot 10^1) + (5 \cdot 10^0)$$

$$15436 = (1 \cdot 10^4) + (5 \cdot 10^3) + (4 \cdot 10^2) + (3 \cdot 10^1) + (6 \cdot 10^0)$$

Os números representados na base binária seguem a mesma lógica, só que utilizando uma base 2. O código binário é sempre o fator que multiplica a base.

$$3 = 0011 = (0 \cdot 2^3) + (0 \cdot 2^2) + (1 \cdot 2^1) + (1 \cdot 2^0)$$

$$7 = 0111 = (0 \cdot 2^3) + (1 \cdot 2^2) + (1 \cdot 2^1) + (1 \cdot 2^0)$$

$$9 = 1001 = (1 \cdot 2^3) + (0 \cdot 2^2) + (0 \cdot 2^1) + (1 \cdot 2^0)$$

Por meio desse código, podemos compor outros tipos de informação. Podemos, por exemplo, associar um número a cada letra, como a = 1, b = 2, c = 3 etc., e assim construir o alfabeto por meio do código binário.

1. Escreva a data de seu nascimento (dia, mês e ano) em base 10 e em base 2. Em seguida, escreva-a em representação BCD.



VOCÊ APRENDEU?



1. Explique qual é o papel da dopagem na construção de um transistor ou de um diodo retificador.

2. Usando o exemplo de atribuir a cada letra do alfabeto um número (veja o texto “Linguagem binária”), escreva seu nome em representação BCD.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 19

A INFORMAÇÃO E A TECNOLOGIA NA VIDA ATUAL



© Juca Martins/Olhar Imagem

Tecnologia e vida contemporânea.

Nas últimas Situações de Aprendizagem, foram discutidas as formas de transmissão de informação e de gravação. Para encerrar este tema, propomos uma discussão sobre o impacto da informação e sua presença na vida cotidiana.

O mundo digital em nossas vidas

Você já teve problema para gravar um arquivo muito grande em um *pen drive*? Ou já percebeu que a maioria dos vídeos não cabe em CDs? E os disquetes, você conhece alguém que ainda os guarda? Qual é a capacidade de cada um deles para armazenar informações? CDs, DVDs, disquetes e *pen drives* duram mais ou menos do que um livro de papel? Boa parte do que temos, como músicas, textos, filmes, está armazenada de forma virtual nesses equipamentos. Lidar com questões como essas é fundamental para um cidadão do mundo digital.

Os textos a seguir ajudam a compreender como se estimam a capacidade de armazenamento e o tempo de vida das mídias.



Leitura e análise de texto

Bits e bytes

A quantidade de *bits* de uma informação corresponde à quantidade de números 0 e 1 de que precisamos para representá-la. Se algo é representado por uma sequência de três dígitos, como 010 ou 110, essa informação tem três *bits*. Se uma informação é representada por um conjunto de cinco dígitos, como 10101 ou 11101, essa informação é de cinco *bits*. Então temos uma regra geral: o número de *bits* é a quantidade de casas (para escrever 0 e 1) necessárias para construir determinado código.

A representação do conjunto básico de símbolos, como letras, números, sinais matemáticos etc., exige que tais informações tenham oito casas. Assim, denominou-se o conjunto de oito *bits* como um *byte*. Veja a convenção a seguir:



© Phorodisc/Getty Images

Produção de mídias.

1 <i>byte</i> (B) = 8 <i>bits</i>	1 <i>gigabyte</i> (GB) = 2^{30} <i>bytes</i> = 1 073 741 824 <i>bytes</i>
1 <i>kilobyte</i> (KB) = 2^{10} <i>bytes</i> = 1 024 <i>bytes</i>	1 <i>terabyte</i> (TB) = 2^{40} <i>bytes</i> = 1 099 511 627 776 <i>bytes</i>
1 <i>megabyte</i> (MB) = 2^{20} <i>bytes</i> = 1 048 576 <i>bytes</i>	1 <i>petabyte</i> (PB) = 2^{50} <i>bytes</i> = 1 125 899 906 842 624 <i>bytes</i>

Essa discussão é interessante, pois permite compreender o significado do termo *byte*, que é tão utilizado atualmente. Repare que *byte* é diferente de *bit* e, em geral, o primeiro é representado por um **B** maiúsculo e o segundo, por um **b** minúsculo. Quando uma rede de internet tem uma velocidade de 1 MB (na verdade, 1 MB/s), isso significa que ela está transmitindo mais de 1 milhão de códigos por segundo.

Elaborado por Ivã Gurgel especialmente para o São Paulo faz escola.



Leitura e análise de texto

Tempo de vida das mídias

Um disco gravável dura em média cinco anos se for bem cuidado e se a mídia for de boa qualidade. Não há escapatória. Após certo tempo o disco já não é lido e aparecem manchas que não desaparecem. Por ser orgânica, a camada de armazenamento se deteriora com facilidade. Suor, umidade, luz e até calor podem causar rápido desgaste. Os motivos da perda das informações são diversos: desde arranhões, mofo e descascamento da camada refletora da mídia até o fim da vida útil do disco, que, muitas vezes, não dura mais do que seis meses, embora, segundo os fabricantes, devesse permanecer muito mais tempo sem defeitos.

Elaborado por Maurício Pietrocola especialmente para o São Paulo faz escola.

Após a leitura dos textos, discuta e responda às questões a seguir. Para isso, será necessário pesquisar para complementar as informações disponíveis nos textos.

1. Em média, quantas páginas digitadas cabem em um HD de um computador moderno? Isso seria equivalente a quantos livros?

2. Quanto tempo dura um livro impresso bem cuidado? Quanto tempo duram os dispositivos eletrônicos de armazenamento de informação, como os CDs, *pen drives* e HDs?

3. Com base nas informações das questões anteriores, discuta o papel que a mídia digital tem em nossa vida atualmente e compare quais são as diferenças que ela traz em relação à vida de uma pessoa que, há alguns anos, não dispunha de computadores ou outros equipamentos eletrônicos.



Curiosidade!

“Nanobíblia”

O *chip* minúsculo que você vê na foto contém todo o Velho Testamento em hebraico!



© Handout/Getty Images



VOCÊ APRENDEU?



1. Qual é a diferença entre um processador de 32 *bits* e um de 64 *bits*? Explique a vantagem de trabalhar com processadores de 64 *bits*.

2. Liste as vantagens e as desvantagens das mídias digitais (CDs, DVDs etc.) e das mídias em papel (livros).



LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise na biblioteca de sua escola ou na internet:
 - a) Quantos *gigabytes* são necessários para registrar uma hora de vídeo com qualidade comercial?
 - b) Qual é o princípio de armazenamento nas seguintes mídias: disquete, CD, DVD, *pen drive*?

© Claudio Ripinskas/R2 Editorial

1 1.0079 1 H 1 Hidrogênio	2 9.0122 4 Be Berílio	3 6.941(2) 3 Li Lítio	4 47.887 22 Ti Titânio	5 50.942 23 V Vanádio	6 51.996 24 Cr Cromio	7 54.938 25 Mn Manganês	8 55.845(3) 26 Fe Ferro	9 58.933 27 Co Cobalto	10 58.693 28 Ni Níquel	11 63.546(3) 29 Cu Cobre	12 65.39(2) 30 Zn Zinco	13 10.811(5) 5 B Boro	14 12.011 6 C Carbono	15 14.007 7 N Nitrogênio	16 15.999 8 O Oxigênio	17 18.998 9 F Flúor	18 4.0026 2 He Hélio																																
11 22.990 11 Na Sódio	12 24.305 12 Mg Magnésio	19 39.098 19 K Potássio	21 88.906 21 Sc Escândio	23 50.942 23 V Vanádio	24 51.996 24 Cr Cromio	25 54.938 25 Mn Manganês	26 55.845(3) 26 Fe Ferro	27 58.933 27 Co Cobalto	28 58.693 28 Ni Níquel	29 63.546(3) 29 Cu Cobre	30 65.39(2) 30 Zn Zinco	35 35.453 17 Cl Cloro	36 83.904 18 Ar Argônio	37 85.468 37 Rb Rubídio	38 87.62 38 Sr Estrôncio	39 88.906 39 Y Ítrio	40 91.224(2) 40 Zr Zircônio	41 92.906 41 Nb Nióbio	42 92.906 42 Mo Molibdênio	43 98.906 43 Tc Tecnécio	44 101.07(2) 44 Ru Rútenio	45 102.91 45 Rh Ródio	46 106.42 46 Pd Paládio	47 107.87 47 Ag Prata	48 112.41 48 Cd Cádmio	49 114.82 49 In Índio	50 118.71 50 Sn Estanho	51 121.76 51 Sb Antimônio	52 127.60 52 Te Telúrio	53 126.90 53 I Iodo	54 131.29(2) 54 Xe Xenônio	55 132.91 55 Cs Césio	56 137.33 56 Ba Bário	57-71 Série dos Lantanídeos	72 175.49(2) 72 Hf Háfnio	73 180.95 73 Ta Tântalo	74 183.84 74 W Tungstênio	75 186.21 75 Re Rênio	76 190.23(3) 76 Os Osmio	77 192.22 77 Ir Írídio	78 195.08(3) 78 Pt Platina	79 196.97 79 Au Ouro	80 200.59(2) 80 Hg Mercúrio	81 204.38 81 Tl Chumbo	82 207.2 82 Pb Chumbo	83 208.98 83 Bi Bismuto	84 209.98 84 Po Polônio	85-103 Série dos Actinídeos	86 222.02 86 Rn Radônio

Série dos Lantanídeos

138.91 57 La Lantânio	140.12 58 Ce Cério	140.91 59 Pr Praseodímio	144.24(3) 60 Nd Neodímio	145.92 61 Pm Promécio	150.36(3) 62 Sm Samário	151.96 63 Eu Európio	157.25(3) 64 Gd Gadolínio	158.93 65 Tb Térbio	162.50(3) 66 Dy Disprósio	164.93 67 Ho Hólmio	167.26(3) 68 Er Érbio	168.93 69 Tm Túlio	172.04(3) 70 Yb Íterbio	174.95 71 Lu Lutécio
--------------------------------	-----------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------	------------------------------------	------------------------------	------------------------------------	------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	----------------------------------	-------------------------------

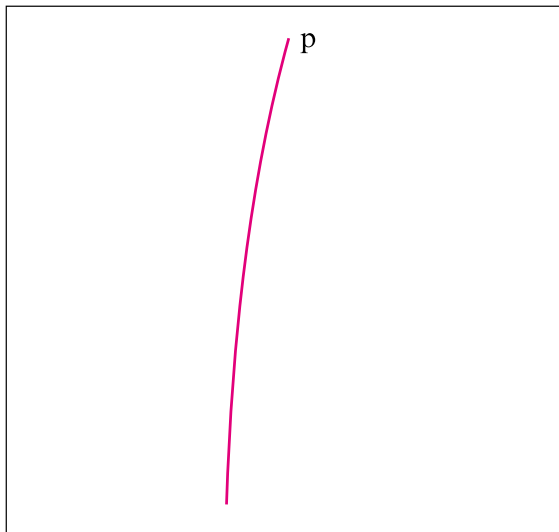
Série dos Actinídeos

227.03 89 Ac Actínio	232.04 90 Th Tório	231.04 91 Pa Protactínio	238.03 92 U Urânio	237.05 93 Np Netúnio	239.05 94 Pu Plutônio	241.06 95 Am Americônio	244.06 96 Cm Cúrio	249.08 97 Bk Berquelônio	252.08 98 Cf Califórnio	252.08 99 Es Einsteinônio	257.10 100 Fm Férmio	258.10 101 Md Mendelévio	259.10 102 No Nobelônio	262.11 103 Lr Laurêncio
-------------------------------	-----------------------------	-----------------------------------	-----------------------------	-------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-----------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

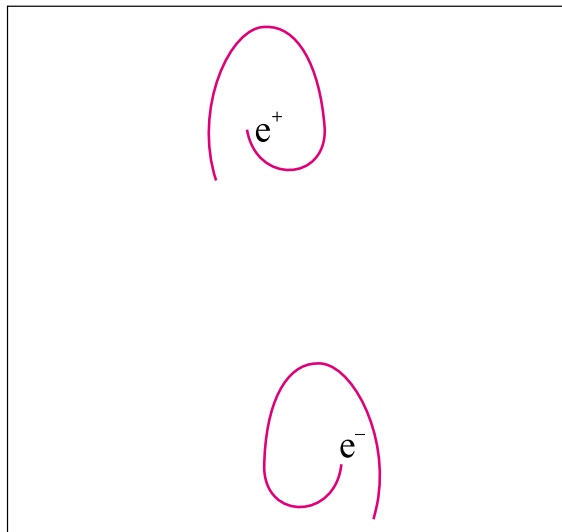
Massa atômica
 Símbolo
 N° atômico
 Nome do elemento

Tabela periódica.

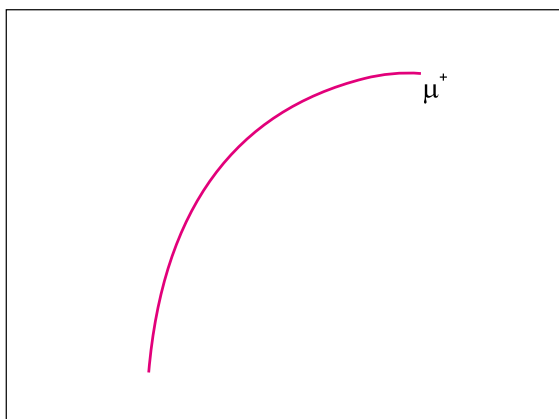
Figuras para a atividade proposta no Roteiro de experimentação da Situação de Aprendizagem 13.



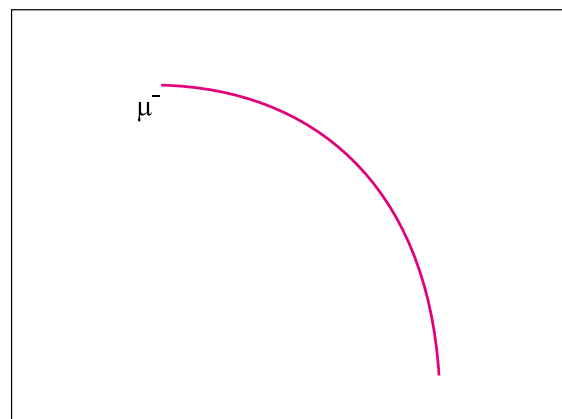
© Jairo Souza Design



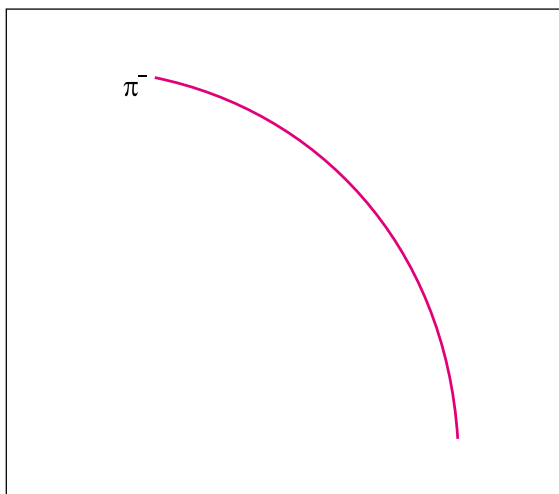
© Jairo Souza Design



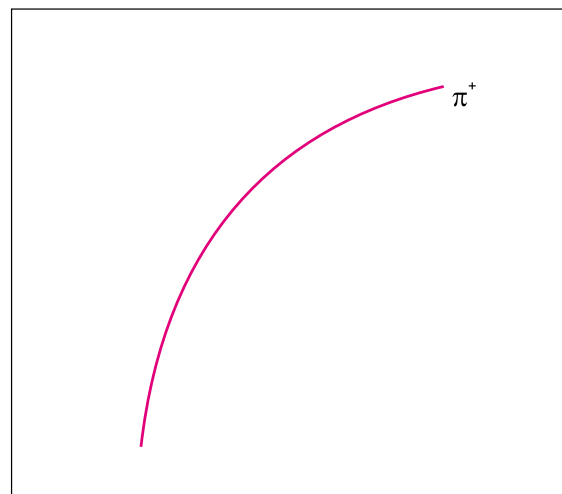
© Jairo Souza Design



© Jairo Souza Design



© Jairo Souza Design



© Jairo Souza Design

Partículas de referência, conjunto de seis trajetórias.

CONCEPÇÃO E COORDENAÇÃO GERAL NOVA EDIÇÃO 2014-2017

COORDENADORIA DE GESTÃO DA EDUCAÇÃO BÁSICA – CGEB

Coordenadora

Maria Elizabete da Costa

Diretor do Departamento de Desenvolvimento Curricular de Gestão da Educação Básica

João Freitas da Silva

Diretora do Centro de Ensino Fundamental dos Anos Finais, Ensino Médio e Educação Profissional – CEFAF

Valéria Tarantello de Geogel

Coordenadora Geral do Programa São Paulo faz escola

Valéria Tarantello de Geogel

Coordenação Técnica

Roberto Canossa

Roberto Liberato

Suely Cristina de Albuquerque Bomfim

EQUIPES CURRICULARES

Área de Linguagens

Arte: Ana Cristina dos Santos Siqueira, Carlos Eduardo Povinha, Kátia Lucila Bueno e Roseli Ventrella.

Educação Física: Marcelo Ortega Amorim, Maria Elisa Kobs Zacarias, Mirna Leia Violin Brandt, Rosângela Aparecida de Paiva e Sergio Roberto Silveira.

Língua Estrangeira Moderna (Inglês e

Espanhol): Ana Beatriz Pereira Franco, Ana Paula de Oliveira Lopes, Marina Tsunokawa Shimabukuro e Neide Ferreira Gaspar.

Língua Portuguesa e Literatura: Angela Maria Baltieri Souza, Clarícia Akemi Eguti, Idê Moraes dos Santos, João Mário Santana, Kátia Regina Pessoa, Mara Lúcia David, Marcos Rodrigues Ferreira, Roseli Cordeiro Cardoso e Rozeli Frasca Bueno Alves.

Área de Matemática

Matemática: Carlos Tadeu da Graça Barros, Ivan Castilho, João dos Santos, Otavio Yoshio Yamanaka, Rosana Jorge Monteiro, Sandra Maira Zen Zacarias e Vanderley Aparecido Cornatione.

Área de Ciências da Natureza

Biologia: Aparecida Kida Sanches, Elizabeth Reymi Rodrigues, Juliana Pavani de Paula Bueno e Rodrigo Ponce.

Ciências: Eleuza Vania Maria Lagos Guazzelli, Gisele Nanini Mathias, Herbert Gomes da Silva e Maria da Graça de Jesus Mendes.

Física: Anderson Jacomini Brandão, Carolina dos Santos Batista, Fábio Bresighello Beig, Renata Cristina de Andrade Oliveira e Tatiana Souza da Luz Stroeymeyte.

Química: Ana Joaquina Simões S. de Mattos Carvalho, Jeronimo da Silva Barbosa Filho, João Batista Santos Junior, Natalina de Fátima Mateus e Roseli Gomes de Araujo da Silva.

Área de Ciências Humanas

Filosofia: Emerson Costa, Tânia Gonçalves e Teônia de Abreu Ferreira.

Geografia: Andréia Cristina Barroso Cardoso, Débora Regina Aversan e Sérgio Luiz Damiatí.

História: Cynthia Moreira Marcucci, Maria Margarete dos Santos Benedicto e Walter Nicolas Otheguy Fernandez.

Sociologia: Alan Vitor Corrêa, Carlos Fernando de Almeida e Tony Shigueki Nakatani.

PROFESSORES COORDENADORES DO NÚCLEO PEDAGÓGICO

Área de Linguagens

Educação Física: Ana Lucia Steidle, Eliana Cristine Budiski de Lima, Fabiana Oliveira da Silva, Isabel Cristina Albergoni, Karina Xavier, Katia Mendes e Silva, Liliane Renata Tank Gullo, Marcia Magali Rodrigues dos Santos, Mônica Antonia Cucatto da Silva, Patrícia Pinto Santiago, Regina Maria Lopes, Sandra Pereira Mendes, Sebastiana Gonçalves Ferreira Viscardi, Silvana Alves Muniz.

Língua Estrangeira Moderna (Inglês): Célia Regina Teixeira da Costa, Cleide Antunes Silva, Ednéa Boso, Edney Couto de Souza, Elana Simone Schiavo Caramano, Eliane Graciela dos Santos Santana, Elisabeth Pacheco Lomba Kozokoski, Fabiola Maciel Saldão, Isabel Cristina dos Santos Dias, Juliana Munhoz dos Santos, Kátia Vitorian Gellers, Lídia Maria Batista Bomfim, Lindomar Alves de Oliveira, Lúcia Aparecida Arantes, Mauro Celso de Souza, Neusa A. Abruñhosa Tápias, Patrícia Helena Passos, Renata Motta Chicoli Belchior, Renato José de Souza, Sandra Regina Teixeira Batista de Campos e Silmara Santade Masiero.

Língua Portuguesa: Andrea Righeto, Edilene Bachega R. Viveiros, Eliane Cristina Gonçalves Ramos, Graciana B. Ignacio Cunha, Letícia M. de Barros L. Viviani, Luciana de Paula Diniz, Márcia Regina Xavier Gardenal, Maria Cristina Cunha Riondet Costa, Maria José de Miranda Nascimento, Maria Márcia Zamprônio Pedroso, Patrícia Fernanda Morande Roveri, Ronaldo Cesar Alexandre Formici, Selma Rodrigues e Sílvia Regina Peres.

Área de Matemática

Matemática: Carlos Alexandre Emídio, Clóvis Antonio de Lima, Delizabeth Evanir Malavazzi, Edinei Pereira de Sousa, Eduardo Granado Garcia, Evaristo Glória, Everaldo José Machado de Lima, Fabio Augusto Trevisan, Inês Chiarelli Dias, Ivan Castilho, José Maria Sales Júnior, Luciana Moraes Funada, Luciana Vanessa de Almeida Buranello, Mário José Pagotto, Paula Pereira Guanais, Regina Helena de Oliveira Rodrigues, Robson Rossi, Rodrigo Soares de Sá, Rosana Jorge Monteiro,

Rosângela Teodoro Gonçalves, Roseli Soares Jacomini, Sílvia Ignês Perquetti Bortolatto e Zilda Meira de Aguiar Gomes.

Área de Ciências da Natureza

Biologia: Aureli Martins Sartori de Toledo, Evandro Rodrigues Vargas Silvério, Fernanda Rezende Pedroza, Regiani Braguim Chioderoli e Rosimara Santana da Silva Alves.

Ciências: Davi Andrade Pacheco, Franklin Julio de Melo, Liamara P. Rocha da Silva, Marceline de Lima, Paulo Garcez Fernandes, Paulo Roberto Orlandi Valdastrí, Rosimeire da Cunha e Wilson Luís Prati.

Física: Ana Claudia Cossini Martins, Ana Paula Vieira Costa, André Henrique Ghelfi Rufino, Cristiane Gislene Bezerra, Fabiana Hernandez M. Garcia, Leandro dos Reis Marques, Marcio Bortoletto Fessel, Marta Ferreira Mafra, Rafael Plana Simões e Rui Buosi.

Química: Armenak Bolean, Cátia Lunardi, Cirila Tacconi, Daniel B. Nascimento, Elizandra C. S. Lopes, Gerson N. Silva, Idma A. C. Ferreira, Laura C. A. Xavier, Marcos Antônio Gimenes, Massuko S. Warigoda, Roza K. Morikawa, Sílvia H. M. Fernandes, Valdir P. Berti e William G. Jesus.

Área de Ciências Humanas

Filosofia: Álex Roberto Genelhu Soares, Anderson Gomes de Paiva, Anderson Luiz Pereira, Claudio Nitsch Medeiros e José Aparecido Vidal.

Geografia: Ana Helena Veneziani Vitor, Célio Batista da Silva, Edison Luiz Barbosa de Souza, Edivaldo Bezerra Viana, Elizete Buranello Perez, Márcio Luiz Verni, Milton Paulo dos Santos, Mônica Estevan, Regina Célia Batista, Rita de Cássia Araujo, Rosinei Aparecida Ribeiro Libório, Sandra Raquel Scassola Dias, Selma Marli Trivellato e Sonia Maria M. Romano.

História: Aparecida de Fátima dos Santos Pereira, Carla Flaitt Valentini, Claudia Elisabete Silva, Cristiane Gonçalves de Campos, Cristina de Lima Cardoso Leme, Ellen Claudia Cardoso Doretto, Ester Galesi Gryga, Karin Sant'Ana Kossling, Marcia Aparecida Ferrari Salgado de Barros, Mercia Albertina de Lima Camargo, Priscila Lourenço, Rogerio Sicchieri, Sandra Maria Fodra e Walter Garcia de Carvalho Vilas Boas.

Sociologia: Anselmo Luis Fernandes Gonçalves, Celso Francisco do Ó, Lucila Conceição Pereira e Tânia Fetchir.

Apoio:

Fundação para o Desenvolvimento da Educação - FDE

CTP, Impressão e acabamento

Log & Print Gráfica e Logística S.A.

GESTÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO EDITORIAL 2014-2017

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI

Presidente da Diretoria Executiva
Mauro de Mesquita Spinola

GESTÃO DE TECNOLOGIAS APLICADAS À EDUCAÇÃO

Direção da Área
Guilherme Ary Plonski

Coordenação Executiva do Projeto
Angela Sprenger e Beatriz Scavazza

Gestão Editorial
Denise Blanes

Equipe de Produção

Editorial: Amarilis L. Maciel, Ana Paula S. Bezerra, Angélica dos Santos Angelo, Bóris Fatigati da Silva, Bruno Reis, Carina Carvalho, Carolina H. Mestriner, Carolina Pedro Soares, Cintia Leitão, Eloiza Lopes, Érika Domingues do Nascimento, Flávia Medeiros, Giovanna Petrólino Marcondes, Gisele Manoel, Jean Xavier, Karinna Alessandra Carvalho Taddeo, Leslie Sandes, Mainã Greeb Vicente, Maira de Freitas Bechtold, Marina Murphy, Michelangelo Russo, Natália S. Moreira, Olivia Frade Zambone, Paula Felix Palma, Pietro Ferrari, Priscila Risso, Regiane Monteiro Pimentel Barboza, Renata Regina Buset, Rodolfo Marinho, Stella Assumpção Mendes Mesquita, Tatiana F. Souza e Tiago Jonas de Almeida.

Direitos autorais e iconografia: Beatriz Fonseca Micsik, Dayse de Castro Novaes Bueno, Érica Marques, José Carlos Augusto, Juliana Prado da Silva, Marcus Ecclessi, Maria Aparecida Acunzo Forli, Maria Magalhães de Alencastro, Vanessa Bianco e Vanessa Leite Rios.

Edição e Produção editorial: R2 Editorial, Jairo Souza Design Gráfico e Occy Design (projeto gráfico).

CONCEPÇÃO DO PROGRAMA E ELABORAÇÃO DOS CONTEÚDOS ORIGINAIS

COORDENAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DOS CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS DOS CADERNOS DOS PROFESSORES E DOS CADERNOS DOS ALUNOS
Ghisleine Trigo Silveira

CONCEPÇÃO
Guiomar Namó de Mello, Lino de Macedo, Luis Carlos de Menezes, Maria Inês Fini (coordenadora) e Ruy Berger (em memória).

AUTORES

Linguagens

Coordenador de área: Alice Vieira.
Arte: Gisa Picosque, Mirian Celeste Martins, Geraldo de Oliveira Suzigan, Jéssica Mami Makino e Sayonara Pereira.

Educação Física: Adalberto dos Santos Souza, Carla de Meira Leite, Jocimar Daolio, Luciana Venâncio, Luiz Sanches Neto, Mauro Betti, Renata Elsa Stark e Sérgio Roberto Silveira.

LEM – Inglês: Adriana Ranelli Weigel Borges, Alzira da Silva Shimoura, Lívia de Araújo Donnini Rodrigues, Priscila Mayumi Hayama e Sueli Salles Fidalgo.

LEM – Espanhol: Ana Maria López Ramírez, Isabel Gretel Maria Eres Fernández, Ivan Rodrigues Martin, Margareth dos Santos e Neide T. Maia González.

Língua Portuguesa: Alice Vieira, Débora Mallet Pesarim de Angelo, Eliane Aparecida de Aguiar, José Luis Marques López Landeira e João Henrique Nogueira Mateos.

Matemática

Coordenador de área: Nilson José Machado.
Matemática: Nilson José Machado, Carlos Eduardo de Souza Campos Granja, José Luiz Pastore Mello, Roberto Perides Moisés, Rogério Ferreira da Fonseca, Ruy César Pietropaolo e Walter Spinelli.

Ciências Humanas

Coordenador de área: Paulo Miceli.
Filosofia: Paulo Miceli, Luiza Christov, Adilton Luis Martins e René José Trentin Silveira.

Geografia: Angela Corrêa da Silva, Jaime Tadeu Oliva, Raul Borges Guimarães, Regina Araujo e Sérgio Adas.

História: Paulo Miceli, Diego López Silva, Glaydson José da Silva, Mônica Lungov Bugelli e Raquel dos Santos Funari.

Sociologia: Heloisa Helena Teixeira de Souza Martins, Marcelo Santos Masset Lacombe, Melissa de Mattos Pimenta e Stella Christina Schrijnemaekers.

Ciências da Natureza

Coordenador de área: Luis Carlos de Menezes.
Biologia: Ghisleine Trigo Silveira, Fabiola Bovo Mendonça, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene Aparecida Esperante Limp, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Olga Aguilar Santana, Paulo Roberto da Cunha, Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira e Solange Soares de Camargo.

Ciências: Ghisleine Trigo Silveira, Cristina Leite, João Carlos Miguel Tomaz Micheletti Neto, Julio César Foschini Lisboa, Lucilene Aparecida Esperante Limp, Maira Batistoni e Silva, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Paulo Rogério Miranda Correia, Renata Alves Ribeiro, Ricardo Rechi Aguiar, Rosana dos Santos Jordão, Simone Jaconetti Ydi e Yassuko Hosoume.

Física: Luis Carlos de Menezes, Estevam Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luis Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Sonia Salem e Yassuko Hosoume.

Química: Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Denise Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Fernanda Penteado Lamas e Yvone Mussa Esperidião.

Caderno do Gestor

Lino de Macedo, Maria Eliza Fini e Zuleika de Felice Murrie.

A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo autoriza a reprodução do conteúdo do material de sua titularidade pelas demais secretarias de educação do país, desde que mantida a integridade da obra e dos créditos, ressaltando que direitos autorais protegidos* deverão ser diretamente negociados com seus próprios titulares, sob pena de infração aos artigos da Lei nº 9.610/98.

* Constituem "direitos autorais protegidos" todas e quaisquer obras de terceiros reproduzidas no material da SEE-SP que não estejam em domínio público nos termos do artigo 41 da Lei de Direitos Autorais.

* Nos Cadernos do Programa São Paulo faz escola são indicados sites para o aprofundamento de conhecimentos, como fonte de consulta dos conteúdos apresentados e como referências bibliográficas. Todos esses endereços eletrônicos foram checados. No entanto, como a internet é um meio dinâmico e sujeito a mudanças, a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo não garante que os sites indicados permaneçam acessíveis ou inalterados.

* Os mapas reproduzidos no material são de autoria de terceiros e mantêm as características dos originais, no que diz respeito à grafia adotada e à inclusão e composição dos elementos cartográficos (escala, legenda e rosa dos ventos).



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
Secretaria da Educação