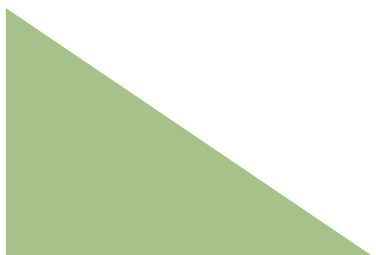




ensino médio
3ª SÉRIE
3º bimestre - 2008



caderno do
PROFESSOR

FÍSICA



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador
José Serra

Vice-Governador
Alberto Goldman

Secretária da Educação
Maria Helena Guimarães de Castro

Secretária-Adjunta
Iara Gloria Areias Prado

Chefe de Gabinete
Fernando Padula

Coordenador de Estudos e Normas
Pedagógicas
José Carlos Neves Lopes

Coordenador de Ensino da Região
Metropolitana da Grande São Paulo
José Benedito de Oliveira

Coordenadora de Ensino do Interior
Aparecida Edna de Matos

Presidente da Fundação para o
Desenvolvimento da Educação – FDE
Fábio Bonini Simões de Lima

EXECUÇÃO

Coordenação Geral
Maria Inês Fini

Concepção
Guiomar Namó de Mello
Lino de Macedo
Luis Carlos de Menezes
Maria Inês Fini
Ruy Berger

GESTÃO

Fundação Carlos Alberto Vanzolini

Presidente do Conselho Curador:
Antonio Rafael Namur Muscat

Presidente da Diretoria Executiva:
Mauro Zilbovicius

Diretor de Gestão de Tecnologias
aplicadas à Educação:
Guilherme Ary Plonski

Coordenadoras Executivas de Projetos:
Beatriz Scavazza e Angela Sprenger

APOIO

CENP – Coordenadoria de Estudos e Normas
Pedagógicas

FDE – Fundação para o Desenvolvimento da
Educação

Coordenação do Desenvolvimento dos Conteúdos Programáticos e dos Cadernos dos Professores

Ghisleine Trigo Silveira

Coordenação de Área para o Desenvolvimento dos Conteúdos Programáticos e dos Cadernos dos Professores

Ciências Humanas e suas Tecnologias:
Angela Corrêa da Silva e Paulo Miceli

Ciências da Natureza e suas Tecnologias:
Sônia Salem

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias:
Alice Vieira

Matemática:
Nilson José Machado

Autores

Ciências Humanas e suas Tecnologias

Filosofia: Adilton Luís Martins e Paulo Miceli

Geografia: Angela Corrêa da Silva, Jaime Tadeu
Oliva, Raul Borges Guimarães, Regina Célia Corrêa
de Araújo e Sérgio Adas

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

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Biologia: Felipe Bandoni de Oliveira, Ghisleine
Trigo Silveira, Lucilene Aparecida Esperante Limp,
Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira e
Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira

Ciências: Cristina Leite, João Carlos Thomaz
Micheletti Neto, Maira Batistoni e Silva, Maria
Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Paulo
Rogério Miranda Correia, Renata Alves Ribeiro,
Ricardo Rechi Aguiar e Yassuko Hosoume

Física: Ivã Gurgel, Guilherme Brockington, Luís
Paulo de Carvalho Piassi, Maurício Pietrocola Pinto
de Oliveira e Yassuko Hosoume

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

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

Arte: Gisa Picosque, Jéssica Mami Makino, Miriam
Celeste Martins e Sayonara Pereira

Educação Física: Adalberto dos Santos Souza,
Jocimar Daolio, Luciana Venâncio, Luiz Sanches
Neto, Mauro Betti e Sérgio Roberto Silveira

LEM – Inglês: Adriana Ranelli Weigel Borges,
Alzira da Silva Shimoura, Livia de Araújo
Donnini Rodrigues e Priscila Mayumi Hayama

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

Matemática

Matemática: Carlos Eduardo de Souza Campos
Granja, José Luiz Pastore Mello, Nilson José
Machado, Roberto Perides Moisés e Walter Spinelli

Caderno do Gestor

Zuleika de Felice Murrie

Consulta à rede sobre experiências exitosas

Lourdes Athié e Raquel B. Namó Cury

Equipe de Produção

Coordenação Executiva: Beatriz Scavazza

Assessores: Alex Barros, Beatriz Blay, Denise
Blanes, Eliane Yambanis, Heloisa Amaral Dias de
Oliveira, Luís Márcio Barbosa, Luiza Christov,
Paulo Eduardo Mendes e Vanessa Dias Moretti

Equipe Editorial

Coordenação Executiva: Angela Sprenger

Projeto Editorial: Zuleika de Felice Murrie

Edição e Produção Editorial: Edições Jogo de
Amarelinha, Conexão Editorial, Jairo Souza Design
Gráfico e Ocy Design (projeto gráfico)

CTP, Impressão e Acabamento

Imprensa Oficial do Estado de São Paulo

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.

Catálogo na Fonte: Centro de Referência em Educação Mario Covas

São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.

S239C Caderno do professor: física, ensino médio – 3ª série, 3º bimestre / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Yassuko Hosoume, Ivã Gurgel, Guilherme Brockington, Luís Paulo de Carvalho Piassi. – São Paulo : SEE, 2008.

ISBN 978-85-7849-050-8

1. Física 2. Ensino Médio 3. Estudo e ensino I. Fini, Maria Inês. II. Oliveira, Maurício Pietrocola Pinto de. III. Hosoume, Yassuko. IV. Gurgel, Ivã. V. Brockington, Guilherme. VI. Piassi, Luís Paulo de Carvalho. VII. Título.

CDU: 373.5:53

Prezado(a) professor(a),

Iniciamos em 2008 uma nova jornada de trabalho para atender uma das prioridades da área de educação neste governo: o ensino de qualidade.

Sabemos que o alcance desta meta é concretizado essencialmente na sala de aula, pelo professor e seus alunos. Por essa razão, com o intuito de facilitar tal trajetória, este documento foi elaborado por competentes especialistas na área de educação. Com o conteúdo organizado por bimestre, o Caderno do Professor oferece orientação completa para o desenvolvimento das situações de aprendizagem propostas para cada disciplina.

Esperamos que você aproveite e implemente as orientações didático-pedagógicas aqui contidas. Estaremos atentos e prontos para esclarecer dúvidas ou dificuldades, e promover ajustes ou adaptações que aumentem a eficácia deste trabalho.

Aqui está nosso novo desafio. Com determinação e competência, certamente iremos vencê-lo!

Conto com você.

Maria Helena Guimarães de Castro

Secretária da Educação do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

São Paulo faz escola – Uma Proposta Curricular para o Estado	5
Ficha do Caderno	7
Orientação sobre os conteúdos do bimestre	8
Tema 1 – Matéria, suas propriedades e organização. Átomo: emissão e absorção da radiação	9
Situação de Aprendizagem 1 – Objetos que compõem o nosso mundo: semelhanças e diferenças	11
Situação de Aprendizagem 2 – Como podemos “ver” um átomo?	14
Situação de Aprendizagem 3 – Dados quânticos	18
Situação de Aprendizagem 4 – Identificando os elementos químicos dos materiais	22
Situação de Aprendizagem 5 – Um equipamento astronômico	25
Situação de Aprendizagem 6 – Astrônomo amador	30
Situação de Aprendizagem 7 – O misterioso <i>laser</i>	33
Grade de avaliação das Situações de Aprendizagem	37
Propostas de questões para aplicação em avaliação	38
Tema 2 – Fenômenos Nucleares	39
Situação de Aprendizagem 8 – Formação nuclear	40
Situação de Aprendizagem 9 – Decaimentos nuclear: uma família muito estranha	44
Situação de Aprendizagem 10 – Desvendando o que há por dentro da “caixa-preta”	48
Grade de avaliação das Situações de Aprendizagem	51
Propostas de questões para aplicação em avaliação	52
Proposta de Situações de Recuperação	53
Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema	54
Considerações finais	55

SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Prezado(a) professor(a),

Apresento-lhe os textos gerais e específicos dos Cadernos do Professor, parte integrante da Proposta Curricular de 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental – Ciclo II e do Ensino Médio do Estado de São Paulo. A Secretaria da Educação do Estado assumiu a liderança na formulação dessa Proposta, visando aprimorar o trabalho pedagógico e docente na rede pública de ensino, em parceria com seus professores, coordenadores, assistentes pedagógicos, diretores e supervisores.

A Proposta não pretende ser mais uma novidade pedagógica, mas atuar como uma retomada dos diversos caminhos curriculares que esta Secretaria já traçou e que muitas escolas já incorporaram em suas práticas.

Nesse processo, a Secretaria da Educação já buscou identificar práticas de gestão escolar e de sala de aula para subsidiar a implementação da Proposta. Agora se propõe a coordenar, apoiar e avaliar o desenvolvimento curricular.

A relevância e a pertinência da aprendizagem dos conteúdos educacionais para a formação do cidadão foram definidas na organização curricular, proposta a todas as escolas. De acordo com elas, o sistema de ensino deve assumir a indicação de elementos básicos para que suas escolas possam promover uma educação de qualidade, que atenda os objetivos sociais.

Para atingir esses objetivos, o primeiro elemento construído foi a Base Curricular, referência comum a todas as escolas da rede estadual. Ela descreve os conteúdos disciplinares a serem desenvolvidos em cada série, bem como o que se espera dos alunos no que diz respeito à capacidade de realização desses conteúdos. De um lado, essa base orienta a organização dos projetos curriculares em cada escola; de outro, esclarece a sociedade sobre seu compromisso com o desenvolvimento de crianças e jovens.

Fruto do trabalho coletivo, de caráter interdisciplinar, a Proposta procura estabelecer elos entre os conhecimentos culturais socializados pela escola e as indicações de procedimentos organizadas didaticamente.

Para isso, foram identificados e organizados, nos Cadernos do Professor, os conhecimentos disciplinares por série e bimestre, assim como as habilidades e competências a serem promovidas. Trata-se de orientações para a gestão da aprendizagem na sala de aula, para a avaliação, e também de sugestões bimestrais de projetos para a recuperação das aprendizagens.

A sociedade exige dos indivíduos competências e habilidades específicas, que são desenvolvidas de forma espontânea por alguns, no contexto da educação familiar, mas que, para outros, estão atreladas ao processo de escolarização.

O compromisso de inter-relacionar as disciplinas, permitindo ao aluno compreendê-las no sentido global da cultura, da ciência e da vida, foi um trabalho árduo que procuramos realizar. Esperamos agora contar com o apoio da escola e de seus educadores na implantação, no desenvolvimento e na avaliação dessa Proposta.

A Proposta desenha, ainda, ações para apoiar a escola na gestão de seus recursos, a fim de oferecer aos alunos da rede pública de ensino uma educação à altura dos desafios contemporâneos. Seu desenvolvimento faz com que o Governo do Estado de São Paulo possa cumprir o compromisso de garantir a todas as crianças e jovens uma educação básica de qualidade.

Maria Inês Fini

Coordenadora Geral da Proposta Curricular
para o Ensino Fundamental – Ciclo II e
Ensino Médio do Estado de São Paulo

FICHA DO CADERNO

Matéria e Radiação

Nome da disciplina:	Física
Área:	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
Etapa da educação básica:	Ensino Médio
Série:	3ª
Período letivo:	3º bimestre de 2008
Aulas semanais:	2
Semanas previstas:	8
Aulas no bimestre:	16
Temas e conteúdos:	
Coordenação de CNT:	Sonia Salem
Equipe de Biologia:	Ghisleine Trigo Silveira, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene Aparecida Esperante Limp e Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira.
Equipe de Ciências:	Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Yassuko Hosoume, Cristina Leite, João Carlos Thomaz Micheletti Neto, Maíra Batistoni e Silva, Paulo Rogério Miranda Correia, Renata Alves Ribeiro e Ricardo Rechi Aguiar.
Equipe de Física:	Ivã Gurgel (responsável pelo caderno), Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Yassuko Hosoume, Guilherme Brockington e Luis Paulo de Carvalho Piassi.
Equipe de Química:	Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Fernanda Penteadó Lamas e Yvone Mussa Esperidião.

ORIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO BIMESTRE

Neste bimestre estudaremos a constituição da matéria por meio de dois enfoques complementares. Primeiramente, nos temas Matéria, suas propriedades e organização e Átomo: emissão e absorção da radiação analisaremos como alguns fenômenos e objetos tecnológicos podem

ser compreendidos através da Física Atômica, com um olhar que privilegia os fenômenos que ocorrem na eletrosfera. Em seguida, no tema Fenômenos Nucleares, examinaremos a estrutura do núcleo atômico, discutindo a emissão de radiação e sua utilização em medicina.

TEMA 1 – MATÉRIA, SUAS PROPRIEDADES E ORGANIZAÇÃO. ÁTOMO: EMISSÃO E ABSORÇÃO DA RADIAÇÃO

Apresentação da proposta

Percebemos diariamente que os objetos que nos rodeiam são formados por uma diversidade muito grande de materiais. Alguns desses objetos são feitos, por exemplo, de plástico; outros, de madeira, vidro ou metal. Intuitivamente, qualquer jovem percebe diferenças entre as características físicas desses materiais. No entanto, raramente nos questionamos como é possível existir uma diversidade tão grande de materiais, sobretudo se incluirmos os seres vivos nessa lista. Os átomos e suas formas de agrupamento permitem entender isso. Atualmente muitos objetos tecnológicos que têm influenciado profundamente a sociedade, como os equipamentos eletrônicos de CD e os televisores, entre outros, envolvem fenômenos atômicos. Para melhor compreendê-los, estudaremos o átomo do ponto de vista da eletrosfera e buscaremos mostrar sua relação com alguns elementos presentes em nossa vida. Para isso, partiremos de uma discussão sobre as transições dos elétrons, mostraremos suas aplicações nos estudos de caracterização de materiais por meio de espectros e estudaremos o funcionamento dos raios *laser*.

Conhecimentos Priorizados

Até o presente momento, os alunos aprenderam, principalmente, fenômenos pertencentes à chamada Física Clássica. Estudaram conceitos relacionados a movimento, calor, luz, eletricidade etc., fenômenos presentes no cotidiano e quase sempre evidentes no nosso dia-a-dia. Neste momento, iniciaremos uma nova etapa através do estudo que

buscará, sobretudo, discutir a dimensão microscópica do nosso universo e apresentar alguns fenômenos que ocorrem neste mundo “muito pequeno”. A estrutura do átomo, as formas de distribuição dos elétrons e os mecanismos de emissão e absorção de energia serão abordados nesta primeira parte do Caderno.

Competências e Habilidades

No estudo desses temas serão privilegiados o desenvolvimento das seguintes competências e habilidades:

1. Compreender a constituição e organização da matéria, suas especificidades e suas relações com modelos físicos.
2. Utilizar os modelos atômicos propostos para explicar características macroscópicas observáveis e propriedades dos materiais.
3. Compreender processos de construção de idéias na Ciência, por meio de leituras, interpretação e discussão de textos históricos.
4. Utilizar procedimentos e instrumentos de observação, representar resultados experimentais, elaborar hipóteses e interpretar resultados em situações que envolvem fenômenos de espalhamento de partículas.
5. Compreender e obter as transições de elétrons no átomo de Hidrogênio.
6. Compreender o uso de dispositivos a *laser* e outros aspectos da tecnologia atual.

Metodologia e Estratégias

Neste estudo serão propostas sete Situações de Aprendizagem. Iniciaremos com um levantamento de objetos presentes em nosso universo, identificando semelhanças e diferenças. O propósito desse levantamento inicial e de seu encaminhamento é sensibilizar os alunos para o tema, despertando o desafio de perceber e procurar compreender a diversidade da matéria presente em nosso mundo. Em seguida, sugerimos uma atividade experimental de espalhamento de bolinhas, que possibilita, por meio da analogia, compreender um experimento histórico, realizado por Rutheford, em 1908. Essa atividade constitui, também, um exercício interessante para discutir a necessidade de se elaborar modelos científicos quando se deseja explicar uma realidade à qual não se tem acesso direto. A quantização da energia de radiação pelo átomo será abordada por meio de uma atividade lúdica, um jogo, que além de motivante e desafiador, permite compreender conceitos e modelos novos, que não são triviais aos alunos. Nas Situações de Aprendizagem seguintes são propostos experimentos com materiais simples, envolvendo a construção e o uso de espectroscópios para caracterizar substâncias por meio da análise de espectros de linha. Assim, por meio desses experimentos, os alunos podem tomar contato direto com uma atividade científica de importante aplicação nos dias atuais. Finalmente, trataremos do *laser*, suas características e aplicações, utilizando como recurso didático a exploração de uma caneta-*laser*, além da leitura e análise de artigos científicos, estratégias que aproximam os alunos de temas relevantes da ciência e tecnologia contemporâneas. O tempo previsto para as atividades, incluindo sua realização pelos alunos e a discussão e sistematização pelo professor, é de dez aulas. Contudo, este tempo deve ser administrado pelo professor de acordo com o número efetivo de aulas de que ele dispõe. Assim, o professor pode optar estender a duração de uma atividade, para ter

uma discussão mais cuidadosa, e simplificar a execução de outra, conforme o interesse e necessidades de cada turma.

Avaliação

Ao final da realização destas Situações de Aprendizagem, os alunos deverão ter compreendido o modelo atual de átomo e sua importância na constituição dos corpos. Espera-se, também, que eles reconheçam os processos de emissão e absorção de energia pelos elétrons e as tecnologias a eles associadas. A avaliação da aprendizagem deve ser feita principalmente por meio da observação do envolvimento dos alunos com as atividades, verificando se eles conseguiram realizá-las adequadamente, a partir da leitura dos roteiros, e se sistematizaram as discussões sobre os temas apresentados em textos escritos ou na resolução de questões analíticas com linguagem científica adequada – o que será enfatizado durante a realização das atividades.

Entretanto, em qualquer desses momentos ou na utilização dos instrumentos de avaliação – seja nos experimentos, seja nas respostas às questões e problemas propostos ou na interpretação de um texto –, mais importante do que chegar a conclusões e resultados “corretos”, o professor deve valorizar, estar atento e, se possível, registrar o desempenho e evolução do aprendizado dos alunos. Ele pode, por exemplo, verificar a participação do aluno, individualmente ou no grupo, em cada uma das atividades propostas; comparar as concepções e conhecimentos prévios, no início do tratamento do tema, com as novas concepções e conhecimentos ao final do processo; avaliar conhecimentos específicos, por meio de produções nas atividades (apresentados na Grade de Avaliação das Situações de Aprendizagem, ao final dos Temas), ou, ainda, o desenvolvimento de habilidades e competências almejadas.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1

OBJETOS QUE COMPÕEM O NOSSO MUNDO: SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: modelos atômicos e de organização de átomos e moléculas na constituição da matéria (para explicar as características macroscópicas observáveis).

Competências e habilidades: identificar diferentes tipos de materiais no cotidiano; classificar os componentes do universo físico, a partir de critérios especificados em discussões de grupo; compreender a constituição e organização da matéria viva e não-viva, suas especificidades e suas relações com a estrutura atômica.

Estratégias: organização de conhecimentos prévios, primeiramente com discussão em pequenos grupos, a partir de um roteiro, e, depois, sistematização em grande grupo.

Recursos: Roteiro da Situação de Aprendizagem, visando identificar as características básicas da matéria.

Avaliação: verificar a variedade e a qualidade das manifestações dos alunos; a capacidade de organizar e estabelecer categorias, em função de características inferidas; a clareza da produção do relatório que sintetiza a discussão em grupo.

Objetivo /Contexto

O objetivo da atividade é fazer com que os alunos apresentem suas idéias e reflitam a respeito das características da matéria, buscando identificar qual é o elemento básico de sua composição. Após a realização desse levantamento, pode-se discutir, de forma geral, quais são as características específicas de cada

corpo, como, por exemplo: se é vivo ou não; se é um material condutor de eletricidade ou calor ou não; se é opaco ou transparente etc. No final, os alunos devem pensar sobre o que estes materiais têm em comum e, assim, reconhecer que a base comum de qualquer corpo é o átomo, estrutura que nos permite explicar muitas diferenças entre as características físicas dos materiais.

Roteiro 1 – Corpos que compõem o universo ao nosso redor

Você já deve ter notado que o mundo é formado por uma quantidade muito grande de seres e objetos muito diferentes entre si. Você, por exemplo, é muito diferente da cadeira em que está sentado! A cadeira é feita de mais de um tipo material e existem cadeiras diferentes umas das outras. *Mas, você já pensou como é possível existir coisas tão diferentes umas das*

outras? Então, é hora de tentar entender como isso é possível. Reúna-se em grupo com seus colegas e discuta as seguintes questões:

1. Liste, no mínimo, 20 objetos diferentes presentes no mundo ou no universo em que vivemos.
2. Organize esses objetos, segundo algumas de suas principais características, identificando semelhanças e diferenças.

3. Dentre essas características, identifique os materiais de que esses objetos são feitos.
4. Agora procure responder à questão: Esses objetos têm alguma coisa em comum? Se sim, o quê?
5. O que explicaria, então, a diversidade de suas características e propriedades físicas?

Mãos à Obra

A partir da discussão das questões propostas neste Roteiro, elabore um relatório, organizando e sistematizando as respostas e conclusões a que o grupo chegou.

Encaminhando a ação

O professor pode iniciar a Situação de Aprendizagem apresentando o Roteiro que instiga a discussão sobre as diferenças entre os objetos presentes ao nosso redor, problematizando a causa de uma diversidade tão grande de corpos. *Será que a quantidade de objetos diferentes é ilimitada ou será que existe um limite físico para isso?* Após essa discussão inicial, os alunos podem começar a realizar a atividade. Inicialmente dê liberdade para que eles desenvolvam o Roteiro. Se tiverem dificuldade, auxilie-os fornecendo sugestões. Na etapa de levantamento sobre os corpos presentes no universo, oriente para que listem coisas comuns do cotidiano, presentes na sala de aula, em casa, na rua, nos jardins, no céu, na superfície da Terra etc.; e coisas de percepção menos imediata presentes em nosso corpo, no interior de máquinas e equipamentos, no ar, na água etc. Dessa forma, não será difícil para que os alunos criem uma lista enorme, na qual possivelmente surgirão nomes muito variados como mesa, cadeira, computador, animais, plantas, roupas, lâmpadas, relógios, nuvem, estrelas, água, célula, chip, circuito elétrico etc.

A resposta à segunda questão deve ser um pouco mais elaborada, pois os alunos deverão criar categorias para classificar os itens listados na questão anterior. Nessa etapa, é preciso deixar bem claro aos alunos que estas categorias, em alguma medida, devem se referir a noções científicas. Uma classificação,

por exemplo, de feio e bonito, não é válida para uma discussão acerca das propriedades da matéria. Vale notar que existem diferentes classificações possíveis. Para isso, pode-se sugerir a organização de uma tabela: na primeira coluna serão registrados os objetos listados e nas demais colunas, algumas características selecionadas, como: estado físico, rigidez, transparência/opacidade, orgânico ou não-orgânico, elasticidade, densidade, condutividade elétrica, condutividade térmica, vivo ou não-vivo etc.

A análise dessas categorias pode começar pela classificação de vivo e não-vivo. Essa diferenciação é importante, pois tradicionalmente a Física estuda as características da matéria sem vida, enquanto a vida é o objeto de estudo da Biologia. Os alunos devem perceber que a Física conceitua, modela, explica características da matéria “não-viva”, ou melhor, não tem como foco explicar a vida. Todavia, em nossos estudos de Física, pode-se questionar sobre como os “objetos físicos” podem afetar nossa vida como, por exemplo, no caso de uma interação da radiação com nosso corpo. Através desta discussão, podemos esclarecer como as ciências se definem em relação ao seu objeto de estudo e debater questões relacionadas aos limites de atuação das várias áreas científicas.

Feita esta primeira classificação (vivo ou não-vivo), passa-se a tratar das características físicas dos materiais. Aqui pode aparecer uma gama de classificações, por exemplo, em relação ao estado físico (sólido, líquido ou gasoso); em relação à condução de eletricidade

e calor (condutor ou isolante); em relação à interação com luz (opacos ou transparentes), ou se são produtores de luz, se refletem, absorvem ou refratam luz predominantemente etc. Em seguida, os objetos devem ser classificados segundo os materiais de que são feitos: metal, plástico, papel, madeira, vidro, solução aquosa etc. Finalmente, quanto à última questão do Roteiro, o professor deve perguntar o que explicaria essas diferenças de características físicas ou materiais, dirigindo a discussão para a constituição da matéria. Para isso, sugere-se trabalhar, com especial atenção, as questões 4 e 5 do Roteiro: *O que há em comum nesses objetos e materiais?* Os alunos podem apresentar mais de uma resposta e o professor deve explorá-las, procurando demonstrar aos alunos que o elemento básico de toda matéria são os átomos, ou seja, que todos esses objetos são constituídos por átomos. Esse momento seria uma oportunidade para se discutir a questão 5: *O que explicaria, então, a diversidade de suas características e propriedades físicas? Em outras palavras, não seriam esses átomos, ou sua organização, que diferenciariam, em última instância, uns materiais de outros?* Esta questão é fundamental, pois permite esclarecer que o estudo do “mundo atômico” possibilita explicar e entender as características e diversidade da matéria no mundo ao nosso redor.

Para que toda essa discussão seja efetiva e a atividade não perca o foco, é recomendável dividi-la em dois momentos. O primeiro consiste na discussão das questões em grupo pelos alunos. No entanto, raramente eles chegam às conclusões esperadas sozinhos ou apenas com a ajuda parcial do professor. Por isso, é fundamental que iniciem o debate e dêem os primeiros passos por si próprios, mas as conclusões finais precisam ser organizadas pelo professor. No segundo momento, após a realização da atividade pelos alunos, o professor deve discutir com todo o grupo de alunos, sistematizando e destacando quais são as principais características físicas da matéria. Dificilmente essa segunda fase de discussão em grupo é feita na mesma aula em que os alunos iniciam a atividade. Portanto, o professor pode iniciar a

aula seguinte retomando a discussão e fazendo uma apresentação sistemática dela.

Encaminhamento complementar

Para complementar a discussão da atividade, o professor pode apresentar (ou retomar) o modelo de átomo constituído de um núcleo, com partículas positivas e neutras, e elétrons, em órbitas ao seu redor. Com o modelo atômico apresentado de forma qualitativa e sem muitos detalhes, já é possível discutir, de maneira pouco formal, a relação entre as características físicas da matéria e sua estrutura atômica. A **condução** pode ser definida como o movimento de elétrons que estão mais fracamente ligados, localizados na chamada banda ou região de condução. Os **isolantes**, ao contrário, são os materiais nos quais não há elétrons na banda de condução e, conseqüentemente, não há elétrons que possam transitar dentro da estrutura atômica do material. A **absorção/emissão de luz** pode ser explicada como a interação desta com o elétron, no qual ele pode vibrar, ou não, na mesma frequência da luz incidente (neste momento não é preciso abordar os detalhes deste efeito, que será discutido especificamente nas Situações de Aprendizagem 3, 4 e 5, mas o aluno deve ser sensibilizado para esse aspecto). Esclareça que o **estado físico** depende do potencial de ligação entre as moléculas do material. Nos sólidos, o potencial de ligação é representado como se as moléculas fossem ligadas por uma mola: elas podem vibrar em conjunto, cada qual em uma posição de equilíbrio. Nos líquidos, esse potencial 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 e por isso uma molécula pode se movimentar de forma independente da outra. Nas aulas seguintes serão discutidas, com mais detalhes, as características dos átomos e como isso nos permite explicar e responder com mais propriedade às questões propostas nesse primeiro Roteiro, bem como compreender alguns fenômenos naturais e equipamentos presentes em nosso dia-a-dia.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2

COMO PODEMOS “VER” UM ÁTOMO? ¹

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: estrutura atômica e espalhamento de partículas; modelo atômico de Rutherford; modelo atômico de Bohr.

Competências e habilidades: compreender processos de construção de idéias na ciência; explorar historicamente o processo de construção de modelos da estrutura atômica; utilizar procedimentos e instrumentos de observação, representar resultados experimentais, elaborar hipóteses e interpretar resultados em situações que envolvem fenômenos de espalhamento de partículas.

Estratégias: realização de atividades experimentais em grupo; leitura do guia de execução do experimento; elaboração de hipóteses de trabalho; análise dos resultados e discussão com a classe.

Recursos: Roteiro da Situação de Aprendizagem; material para a experiência.

Avaliação: avaliar a capacidade dos alunos em levantar hipóteses e a qualidade da argumentação ao justificá-las.

Objetivo /Contexto

Na aula anterior, definiu-se átomo como constituinte básico da matéria. No entanto, devido à sua dimensão, da ordem de 10^{-10} m, esse constituinte não pode ser observado a olho nu e nem mesmo com a ajuda dos mais poderosos equipamentos. Com isso, uma pergunta fica em aberto: *Como podemos compreender a estrutura de algo invisível?*

O principal objetivo dessa atividade é mostrar aos alunos como foi possível a Rutherford e seus colaboradores formular o modelo de átomo em que os elétrons estão fora do núcleo. Para isso, apresentamos uma atividade que é uma analogia ao experimento que o cientista realizou em 1908. Após a realização da atividade, na aula seguinte, será feita uma apresentação sobre como foi realizada a experiência de Rutherford e o modelo atômico de Bohr.

Roteiro 2 – Observando algo invisível!!!

Você já deve ter participado ou visto um jogo de sinuca ou de bolinhas de gude. Se já fez isso, sabe que quando atiramos uma bolinha com uma dada velocidade contra um objeto ou anteparo, dependendo do seu tamanho e formato, ela rebate de forma diferente. Utilizando essa “técnica” simples,

vocês farão uma atividade que permite compreender uma importante experiência feita em 1908 pelos cientistas Ernest Rutherford, Ernest Marsden e Hans Geiger, que resultou na elaboração de um modelo atômico. Você deverá descobrir o formato e a estrutura de um material sem poder enxergá-lo diretamente, pois estará escondido embaixo de uma placa de madeira.

¹ Esta Situação de Aprendizagem é uma adaptação de uma atividade do curso *Física de Partículas Elementares* elaborado por Maxwell Roger da Purificação Siqueira e colaboradores do Núcleo de Pesquisas em Inovação Curricular (NUPIC-FEUSP).

Material

- ▶ placa de madeira com um corpo material plano fixado e escondido embaixo;
- ▶ bolinhas bem pequenas, de plástico, vidro ou metal, com no máximo 1cm de diâmetro;
- ▶ folhas em branco, lápis e caneta;
- ▶ folha de isopor (de, no máximo, 2 cm de espessura).

Mãos à Obra

Atire as bolinhas embaixo da placa identificando sua trajetória. Repare com muito cuidado qual o caminho que cada uma faz quando está indo em direção ao material e por qual caminho ela volta após bater nele. Para melhorar suas observações, utilize um papel em branco sobre a placa

e uma caneta ou lápis para marcar com precisão as trajetórias das bolinhas. Depois procure responder com seus colegas de grupo às seguintes questões:

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

Lembre-se: você terá que descobrir uma característica do objeto sem conseguir vê-lo diretamente. Por isso, não tente um meio de enxergá-lo, pois a atividade perderá todo o seu sentido!

Encaminhando a ação

O professor pode iniciar a aula com a questão: *É possível “enxergar” algo sem utilizar a visão? Ou seja, é possível inferirmos características de um objeto sem enxergá-lo diretamente por meio da visão?* Os alunos poderão responder que sim, se utilizarmos outros sentidos como o tato, por exemplo. Em seguida se pode questionar: *Se nenhum dos nossos sentidos for capaz de nos dar informações sobre um determinado corpo, o que fazemos?* O professor, então, pode iniciar a atividade, que exemplifica uma forma alternativa de estudarmos a constituição de um objeto material sem vê-lo diretamente.

Primeiramente é conveniente ressaltar alguns cuidados em relação à realização da atividade pelos alunos. Devemos evitar ao má-

ximo que eles vejam o formato da figura sob a placa, pois isso invalida completamente o sentido da atividade. Para isso, é interessante que as placas e os materiais estejam pintados de preto, o que dificulta a visualização. Além disso, as placas devem ter um tamanho que seja aproximadamente o dobro do tamanho do objeto abaixo dela, que deve ficar completamente coberto. É mais fácil construir os “objetos” com isopor. O professor pode cortar a folha de isopor (com espessura superior a dois cm) em diferentes formatos geométricos como triângulos, quadrados, círculos etc., com alguns detalhes para que o formato não seja muito trivial. Assim, cada grupo pode ter uma placa que esconde algo diferente dos outros grupos e cada um deverá descobrir o formato do objeto de seu arranjo particular. Os materiais para essa atividade podem ser obtidos em papelarias ou bazares.

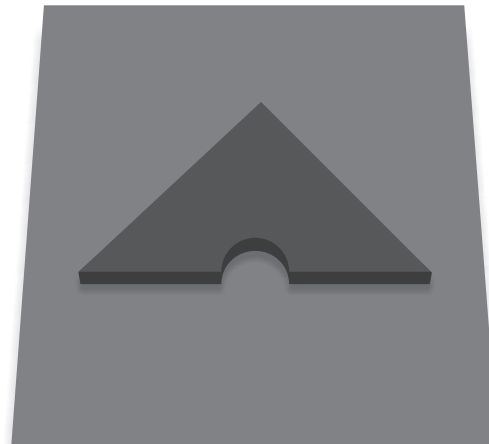
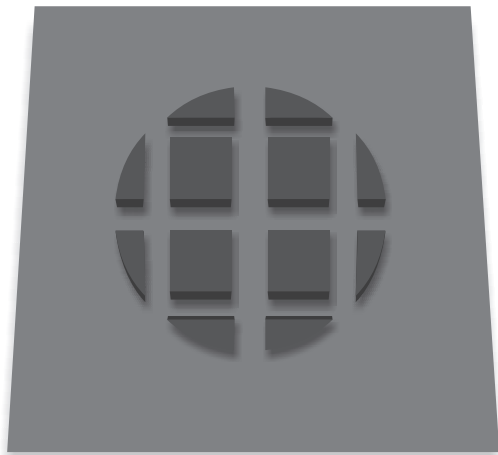


Figura 1 e 2 – Exemplos para a construção de placas

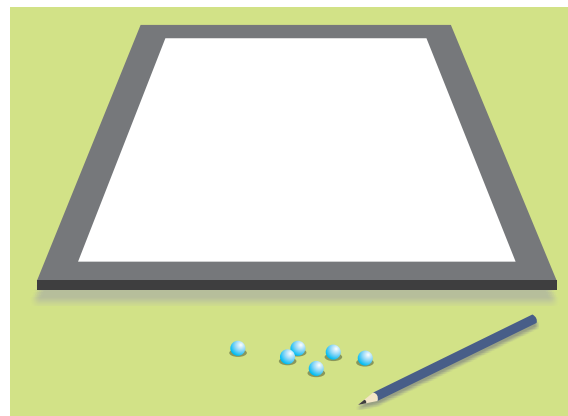
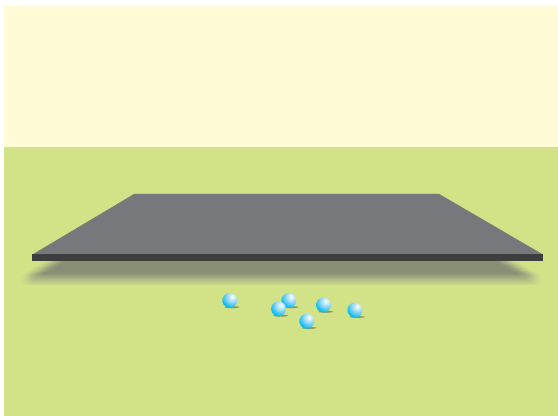


Figura 3 e 4– Placas dispostas na posição para a realização da atividade.

Pode-se, eventualmente, pedir aos alunos que façam a atividade no chão, caso não haja uma mesa adequada para colocar as placas, o que também dificulta a visão do objeto.

Mesmo depois da realização da atividade, é importante que os alunos não vejam o formato do material. Isso é fundamental para a discussão que ocorrerá em seguida. Inicialmente, os alunos podem se sentir incomodados com isso, mas, após a discussão eles entenderão o sentido

dessa opção. Ao final da atividade, os alunos podem apresentar suas conclusões e discutir com a turma as respostas às questões propostas. Eventualmente o professor pode optar em utilizar uma aula a mais para o debate dos alunos, pois, em geral, é interessante refletir sobre o seu próprio processo de construção de idéias através de hipóteses e verificações.

Para encaminhar essa atividade, na própria aula da discussão e na seguinte, o professor

deve estar atento a algumas questões que ela permite suscitar. Inicialmente é importante que fique claro para o aluno que as evidências que temos do mundo atômico são sempre indiretas, quando o estudamos. É um procedimento semelhante ao que um detetive deve realizar. Ao buscar pistas, muitas vezes sutis e escassas, ele tenta compor uma explicação para algum acontecimento ou fenômeno. Os alunos percebem esta dinâmica de construção do conhecimento quando respondem à segunda pergunta proposta no Roteiro. Ao refletirem sobre como procederam na realização da atividade, é comum que eles mesmos apontem que não há como ter certeza sobre o que está escondido abaixo da placa, mas que com a análise da trajetória das bolinhas é possível fazer suposições sobre características do objeto. O segundo ponto a se discutir, decorrência do primeiro, é a constatação de que um físico nunca acessa uma realidade absoluta, mas sugere modelos para representá-la a partir de diferentes procedimentos de investigação. Ou seja, os cientistas formulam modelos que representam essa parcela do mundo que nós não podemos observar diretamente, procurando fazer com que esses modelos correspondam, em algum grau, com o mundo observável. Esse ponto também pode ser percebido pelos alunos, e é comum que eles apontem que, depois de criada a representação do objeto, é possível testá-la. Se houver alguma imperfeição ou uma parte vazada na placa, os alunos começam a atirar a bolinha o mais próximo possível daquele ponto para verificar se ela é rebatida (ou passa sem rebater no caso de uma parte vazada) da maneira que eles esperavam. Em outras palavras, eles percebem que é possível fazer previsões com o modelo construído e utilizam esta constatação para validar o modelo (representação do objeto escondido) proposto por eles. Nesse contexto de discussão, é possível questionar a precisão de suas medidas e pensar em como aperfeiçoá-las. Nessa atividade, o tamanho das bolinhas é o fator principal, pois quanto menor a bolinha, maior a chance de se perceber pequenos detalhes do objeto.

Após essa discussão geral sobre a natureza das experiências científicas, o professor pode iniciar a explicação do experimento realizado por Rutherford e seus colaboradores. Nesse experimento, eles utilizaram uma fonte radioativa que emite partículas α para formar um feixe (na atividade, as bolinhas representam este feixe de partículas α). Essas partículas são formadas por dois prótons e dois nêutrons, tendo assim carga elétrica positiva, algo que já se sabia na época. Além disso, elas têm uma massa grande em relação à do elétron (cerca de 8.000 vezes maior) e são emitidas com uma grande energia fazendo com que se possa desconsiderar seu choque com um elétron específico. Utilizando esta fonte de α e uma placa de chumbo, os cientistas obtiveram um feixe colimado, isto é, de partículas emitidas com as mesmas características em relação à sua trajetória e energia. Para estudar a estrutura atômica de um material, eles incidiram esse feixe em uma folha muito fina de ouro, com cerca de 10^{-6} m, e colocaram uma espécie de papel fotográfico, tratado com sulfeto de zinco (ZnS), em torno do alvo de ouro. O papel tinha a função de identificar a direção da trajetória das partículas que saíram após interagir com os átomos de ouro do material. Como o modelo atômico vigente na época era o proposto por J. J. Thomsom – no qual o átomo era uma massa positiva, da ordem de 10^{-10} m, com elétrons distribuídos em seu corpo, vibrando em posições de equilíbrio –, o que se esperava era que as partículas atravessassem a folha de ouro sem desvio algum ou com no máximo 1° de desvio em relação à trajetória original. No entanto, um número significativo de partículas foram desviadas com um ângulo de mais de 90° , isto é, foram rebatidas. Para explicar o fato, em 1911, três anos após a realização da experiência, Rutherford propôs o modelo atômico no qual o núcleo tem uma dimensão 10.000 vezes menor que o raio atômico típico, isto é, o núcleo tem uma ordem de grandeza de 10^{-14} m, onde apenas existem cargas positivas e neutras e fora dele, na forma de órbitas planetárias, os elétrons estariam distribuídos aleatoriamente.

Encaminhamento complementar

Após a apresentação do modelo atômico de Rutherford, o professor pode encaminhar em uma aula expositiva os seus limites e desdobramentos e apresentar a proposição de Bohr, destacando os aspectos a seguir, que podem ser aprofundados por meio das leituras apresentadas nas referências.

O modelo de Rutherford, apesar de ter sucesso ao explicar a estrutura do átomo, deixou algumas questões em aberto. *Considerando que os elétrons sofrem uma atração em direção ao núcleo, devido à força de Coulomb, por que eles não caíram no núcleo em um movimento em espiral? Em segundo lugar, por que os átomos emitiam radiações eletromagnéticas com frequências específicas, e não com um valor qualquer, visto que esses elétrons poderiam estar a qualquer distância (proporcional ao raio atômico) do núcleo e emitiriam ondas eletromagnéticas continuamente até cair nele?*

Para resolver essas questões, Niels Bohr presupôs, em 1913, que os elétrons somente poderiam estar localizados em órbitas circulares com raios de tamanhos específicos, que foram determinados postulando-se que o momento angular referente ao giro do elétron em torno do núcleo fosse um múltiplo de um determinado número, $h/2\pi$, sendo h a constante de Planck, proposta treze anos antes e que tem o valor de aproximadamente $6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ou $4,136 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$. Dessa forma, ele elaborou um modelo atômico que aperfeiçoou o modelo de Rutherford. A partir de então as órbitas são quantizadas e os elétrons sempre terão

alguns valores característicos de energia, pois somente podem interagir com o núcleo em determinadas distâncias, o que também limita as possibilidades de sua velocidade de giro em torno do núcleo (isto é, tanto sua energia potencial elétrica quanto sua energia cinética são definidas de acordo com a órbita na qual ele está). Bohr elabora uma expressão matemática para determinar esses possíveis valores de energia que o elétron pode ter. No entanto, esse modelo matemático funciona apenas para os cálculos referentes aos átomos que têm um elétron, como no caso do Hidrogênio ou átomos mais pesados que estejam ionizados. A expressão pode ser escrita de maneira simplificada como $E = -13,6 \cdot Z^2/n^2$, sendo Z o número atômico do átomo e n o número da órbita onde o elétron está, que é contado da órbita mais próxima para a mais longe a partir de um.

Além de propor a existência de órbitas específicas, Bohr postulou que os elétrons não emitem radiação devido ao seu movimento circular em torno do núcleo, mas apenas a emitem quando ele passa de um nível de energia para outro, sendo que o valor da energia emitida é o valor da diferença de cada nível.

Após a apresentação do experimento de Rutherford, pôde-se discutir os aperfeiçoamentos trazidos pelo modelo de Bohr e apresentar a fórmula para realização do cálculo dos níveis energéticos. Isso é importante, pois será necessário para a realização e compreensão das Situações de Aprendizagem seguintes. No entanto, não é necessário trabalhar exercícios numéricos, pois isto será objeto das próximas atividades.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3

DADOS QUÂNTICOS

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: a quantização da energia para explicar a absorção e a emissão da radiação pela matéria. Modelo atômico de Bohr.

Competências e habilidades: elaborar hipóteses sobre os processos e componentes envolvidos nas trocas de energia no átomo; utilizar o modelo de quantização da energia para explicar a absorção e a emissão de radiação pela matéria; utilizar tratamento matemático para os níveis de energia do átomo de Hidrogênio.

Estratégias: realização em grupo de atividade lúdica na forma de um jogo de dados. Leitura do guia de execução da Situação de Aprendizagem; elaboração de hipóteses sobre os processos de emissão e absorção atômicos; análise dos resultados e discussão com a classe: jogo de dados e análise de questões.

Recursos: Roteiro da Situação de Aprendizagem, cartolina, papel branco, tesoura e cola.

Avaliação: avaliar a compreensão dos alunos em relação ao conceito de quantização e a qualidade das respostas às questões propostas, do ponto de vista matemático e conceitual.

Objetivo/ Contexto

O objetivo da Situação de Aprendizagem é analisar as transições, entre níveis de energia, possíveis a um elétron no átomo de Hidrogênio. Como esse não é um conceito simples, propõe-se uma atividade lúdica para ajudar os alunos a compreender as possibilidades de transição de um nível de menor energia para um nível de maior energia. Os estudantes deve-

rão trabalhar, inicialmente, a dimensão discreta desses níveis e perceber que as transições só ocorrem quando a energia tem o valor exato da diferença de energia dos níveis eletrônicos. No entanto, as possibilidades de mudança não se limitam aos níveis vizinhos, podendo, por exemplo, ir da segunda para a quinta órbita. Com isso, eles poderão sistematizar as idéias do modelo de Bohr, tanto do ponto de vista conceitual, quanto sua relação matemática.

Roteiro 3 – Dados Quânticos

Você já deve ter jogado algum jogo de tabuleiro, em que um dado indica quantas “casas” se pode pular. 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 este número teria perdido sua vez, pois não há como pular “meia casa”! Só se pode pular de casa se tirar um número inteiro, como 1, 2, 3 etc.

Vamos, então, supor que exista um jogo no qual para avançar as casas do tabuleiro fosse preciso 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 hoje. Nosso tabuleiro representa os níveis energéticos de um átomo e o “pino” que nós iremos levar de uma “casa” à outra representa um elétron.

Mãos à Obra

1. Recortem uma cartolina de forma que vocês consigam fazer dois cubos com ela. Eles serão os seus dados.
2. Em um dos cubos escreva os números 0; 0,31; 10,20; 12,09; 12,75 e 13,06. Cada número deverá ser escrito em uma face do dado. 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 saber estes valores, utilize a fórmula $E = -13,6 \cdot Z^2/n^2$, onde E é a energia correspondente ao nível n , na unidade eV (elétron-Volt). Os níveis atômicos vão de 1 a 5. (Lembre-se que o número atômico Z do Hidrogênio é 1).

Vocês deverão partir do nível 1 e chegar até o nível 5. Para isso, o valor tirado no dado deve ser a exata diferença dos valores de dois níveis. Junte-se com seus colegas e vejam 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 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.

Encaminhando a ação

Essa atividade permite um tratamento matemático do modelo de Bohr, ou seja, utilizar a relação que determina a energia para cada nível atômico, já proposta na aula anterior. Os alunos devem, primeiramente, calcular as energias dos níveis 1 a 5. Eles obterão os seguintes resultados:

- ▶ Primeiro nível
($n=1$), $E = -13,60\text{eV}$;
- ▶ Segundo nível
($n=2$), $E = -3,40\text{eV}$;
- ▶ Terceiro nível
($n=3$), $E = -1,51\text{eV}$;
- ▶ Quarto nível
($n=4$), $E = -0,85\text{eV}$;
- ▶ Quinto nível
($n=5$), $E = -0,54\text{eV}$.

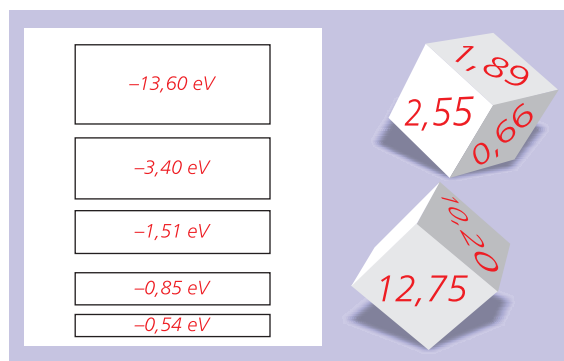


Figura 5 – Materiais para a Situação de Aprendizagem

Deve-se tomar o cuidado de arredondar os cálculos para duas casas decimais, a fim de que todos os cálculos fiquem na mesma ordem de grandeza. Isso será particularmente importante para os cálculos do nível 3 e 5. Além disso, deve-se chamar a atenção para a unidade de energia, *elétron-volt*, que não é muito convencional e pode não ser conhecida pelos alunos. Os valores negativos dessas energias podem

suscitar dúvidas. É preciso lembrar que essa energia representa a ligação do elétron ao núcleo, sendo que as energias entre dois corpos que se mantêm ligados, isto é, juntos uns dos outros, sempre têm valores negativos. Por isso, os números presentes nas faces dos dados são todos positivos, pois eles estão “fornecendo” a energia para o elétron sair do nível 1, mais próximo do núcleo, para os outros níveis.

Além do tratamento matemático, a atividade possibilita a compreensão da base conceitual do modelo de Bohr. Primeiramente, os alunos devem ter assimilado a noção de que as órbitas possíveis são fixas, e que o elétron sempre deve estar em alguma delas. Com isso, deve ficar claro que, como cada nível tem um valor determinado de energia, para o elétron passar de um nível para outro, ele precisa da energia que é o resultado da diferença entre os níveis. Por exemplo, para ele sair do nível 1, de $-13,60$ eV e ir para o nível 2, de $-3,40$ eV, ele precisa receber $10,20$ eV. Se o elétron receber menos que esse valor, ele não sairá do lugar, pois essa energia é insuficiente para o salto que ele precisa dar; contudo, se receber mais energia que este valor, ele também não sairá do lugar, pois daria um “salto muito longo” e “passaria da órbita que poderia ocupar”. Os alunos poderão notar ao longo da atividade que, apesar do salto do elétron ser sempre muito preciso, ele não se limita aos níveis vizinhos de energia. O elétron pode passar, por exemplo, do nível 2 para o 4 direto, ou mesmo do nível 1 para o 5. Caso a energia tenha o valor correspondente à diferença de quaisquer dois níveis, o elétron poderá mudar de orbital. Com isso, os alunos perceberão que é possível ganhar o jogo em uma só jogada.

Para tornar o assunto mais claro, o professor pode solicitar aos alunos a última questão da atividade, que pede exemplos de coisas quantizadas do nosso cotidiano. Pode-se dar o exemplo de uma escada, pois, quando subimos os degraus, a cada passo mudamos nossa altura em relação ao chão em uma quantidade determinada. Outro exemplo pode ser nosso dinheiro, pois o preço de algo é sempre um múltiplo de uma quantidade mínima, o centavo. Com uma série de exemplos simples

como esses, o conceito de quantização pode ser incorporado pelos alunos mais facilmente.

Nessa atividade é possível, ainda, evidenciar a diferença entre os modelos atômicos de Rutherford e Bohr. Como para Rutherford as órbitas dos elétrons eram aleatórias, em princípio, qualquer transição seria possível e, nesse caso, qualquer valor tirado nos dados poderia ser aceito, e não precisaríamos de tantas regras. Um último ponto que o professor não precisa explorar, mas deve ter claro em sua mente, se relaciona com a afirmação de que os valores de energia de transição devem ser exatos. Isso não é completamente verdade, pois outro cientista, chamado Wener Heisenberg, estabeleceu o princípio de incerteza.

De acordo com esse princípio, as posições de uma partícula não são tão bem definidas e, por isso, nas transições, os valores de energia podem variar levemente.

Encaminhamento complementar

Na Situação de Aprendizagem foram discutidas mudanças dos orbitais do elétron sem especificar as suas causas. Na seqüência da atividade é possível concluir que a luz fornece energia ao elétron e, ao mesmo tempo, que quando um elétron perde energia – indo de um nível de mais energia para um nível menos energético –, ele faz isso emitindo luz.

Pode-se revisar o conteúdo da série anterior, quando se apresentou a luz como onda eletromagnética, e definir, sem muitos detalhes, fóton como pacote de onda. Os principais conceitos que devem ser retomados são os que caracterizam a onda: *freqüência e comprimento de onda*. Essa revisão pode ser feita relacionando essas grandezas e as cores do espectro eletromagnético, como foi feito na série anterior. Com isso, pode-se apresentar a equação que relaciona a energia da luz incidente ou emitida com a sua freqüência ν : $E = h\nu$, sendo h a constante de Planck, já apresentada anteriormente. Também pode-se introduzir a relação entre a velocidade da luz c , a freqüência ν e o comprimento de onda λ através da expressão $c = \lambda\nu$.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4

IDENTIFICANDO OS ELEMENTOS QUÍMICOS DOS MATERIAIS

Tempo previsto: 1 aula.

Conteúdo e temas: produção do espectro de emissão de radiações; relação de linhas espectrais com substâncias.

Competências e habilidades: utilizar linguagem escrita para relatar experimentos e questões relativos à produção de espectros; ler e interpretar texto científico; analisar e interpretar resultados de atividade experimental demonstrativa; utilizar modelos quânticos para interpretação dos espectros de emissão de substâncias.

Estratégias: realização de atividades experimentais ou demonstrativas em grupo; elaboração de hipóteses de trabalho; análise dos resultados e discussão com a classe.

Recursos: Roteiro da Situação da Aprendizagem para a atividade demonstrativa; materiais diversos para produção de espectros de emissão de substâncias.

Avaliação: avaliar a compreensão do aluno sobre os processos de emissão de luz em termos do modelo quântico e sua capacidade de interpretação, através da leitura, do relato científico proposto.

Objetivo /Contexto

Após o estudo do átomo de Hidrogênio, os alunos devem ter percebido que esse átomo tem níveis de energia bem estabelecidos e que, quando um elétron muda de um nível mais energético para um menos energético, esse átomo emite luz de uma frequência bem determinada. Discutiremos, agora, algumas implicações desse fenômeno na análise química de sais.

Determinar quais são os elementos básicos da constituição da matéria sempre foi um desafio para filósofos e cientistas. No entanto, antes mesmo de termos um modelo quântico para a estrutura atômica, foi per-

cebido, durante o século XIX, que determinados corpos emitiam luzes características. Passou-se, então, a estudar a constituição da matéria a partir da análise da luz emitida, ou seja, por *espectroscopia*. Assim, vários elementos químicos ainda desconhecidos foram descobertos.

Entre os trabalhos científicos nesse campo, destaca-se o de Bunsen e Kirchoff, em meados do século XIX. Contudo, a explicação desse fenômeno somente foi possível com a proposta atômica de Bohr. Nessa Situação de Aprendizagem, iremos discutir a emissão de luz por materiais e relacionar esse fenômeno com as propriedades atômicas estudadas.

Roteiro 4 – O que está escondido nesse material?

É difícil imaginar que um fenômeno corriqueiro, como o que acontece quando alguém está cozinhando, possa ter relação com a Física Quântica. Pois bem, é o que veremos. Uma chama de fogão normal-

mente é azulada, devido à forma como é produzida. *Mas será que esta chama fica azul o tempo todo? Será que alguma coisa pode abalá-la?*

Talvez você já tenha reparado que, quando alguém está mexendo um alimento que está cozinhando em panela e par-

te deste cai no fogão por algum motivo, atingindo a chama, o fogo, que era azul, fica amarelado por algum tempo. *Por que isso ocorre?*

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 composto de sódio (NaCl) e quando esse material recebe energia, neste caso pelo fogo, o elétron do átomo de sódio vai para um nível mais energético e quando volta para o nível fundamental emite uma luz amarelada.

Agora imagine: se o sal de cozinha não fosse composto de sódio – mas de outro elemento químico como potássio, cobre etc. –, *Será que a chama ficaria amarela?* A resposta é: não! 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 (-13,6 eV, -10,20 eV etc.), mas, de um elemento químico para outro, esses valores podem mudar e por isso a luz emitida nas transições de elétrons pode ter diferentes cores. É como dizer que cada elemento químico tem seu número de RG e esse número pode ser desvendado pela luz que ele emite.

Mãos à Obra

A descoberta de que a luz emitida por um corpo revela seus elementos químicos é mais antiga que o modelo atômico de Bohr. Ela foi desenvolvida por muitos cientistas, entre eles Robert W. Bunsen e Gustav R. Kirchoff. Leia a carta que Bunsen escreveu a um amigo em 1859 e discuta as questões apresentadas em seguida:

“No momento estou envolvido numa pesquisa com Kirchhoff, que não nos deixa dormir. Ele fez uma belíssima e inesperada descoberta: a causa das linhas escuras do espectro solar. Consegui 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 se 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 20 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, cálcio, tudo que se tem que fazer é levar uma 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 5 milésima de miligrama de lítio com a maior facilidade e precisão. Descobri a presença deste metal em quase todas as amostras de potassa”.

Tradução obtida no *site* do Grupo de Espectroscopia da Universidade Federal Fluminense: Disponível em: www.if.uff.br/plasma/espectroscopia.htm. Acesso em: 07 jul. 2008.

1. Qual a importância da descoberta apresentada pelo cientista em sua carta?
2. Por que ele está entusiasmado com ela?

Encaminhando a ação

Esta atividade pode ser conduzida de muitas formas. Os alunos podem somente ler o texto e depois discuti-lo com o professor. Contudo, uma estratégia que torna a aula mais interessante é começar a discussão referente à parte inicial do texto com uma demonstração.

O professor pode levar uma pequena vasilha de alumínio com álcool em gel para fazer uma chama de cor azul, semelhante à do fogão. Para isso, basta colocar o álcool na vasilha e acendê-lo com um fósforo. Com a chama acesa, o professor pode, utilizando uma pequena espátula, colocar um pouco de sal no fogo e mostrar aos alunos que a chama se torna amarelada. Essa demonstração deve ser precedida de uma problematização, semelhante à do texto, sobre o que ocorre quando algo cai na chama do fogão em nossas casas. Para tornar a demonstração mais interessante, é possível utilizar outros sais como Cloreto de Potássio, Cloreto de Níquel, Cloreto de Estrôncio, Cloreto de Cobre (que podem ser conseguidos em laboratórios de química) e mostrar a cor que resulta de cada um deles (rosa, verde, laranja etc., dependendo do tipo de sal). Esse é o princípio de produção dos fogos de artifício, por exemplo. Caso não seja possível fazer a demonstração, pode-se obter fotos dessas chamas em livros e *sites* da internet.

Ao fim dessa dinâmica, deve-se enfatizar para os alunos que estas diferenças só acontecem porque os átomos têm níveis de energia característicos e, conseqüentemente, transições muito bem definidas. Cada elemento químico possui valores de energia específicos, o que torna sua análise possível através da luz que é emitida, pois ela demonstra qual é a diferença de energia entre dois níveis. A quantização do átomo faz com que ele tenha transições limitadas, mas devemos lembrar que a luz emitida – que será característica do material – não é uma luz monocromática, e sim policromática, pois

cada transição emite uma onda diferente. Com isso, o átomo emite ondas com mais de um valor de comprimento de onda (ou frequência), tendo um espectro característico. Essa questão será mais bem discutida na atividade seguinte.

É importante que o professor conheça a existência de subníveis de energia, embora essa noção não seja explorada com os alunos. Com a evolução da Física Quântica, estabeleceu-se que os elétrons seguem muitas “regras”, além da imposição de estar em determinadas camadas eletrônicas. Nessas camadas, eles também não podem estar no mesmo “estado quântico”, isto é, em cada nível energético, eles não podem ter os mesmos valores de momento angular ou *spin*. Com isso, percebeu-se que, para poder ter um número de elétrons maior, sem haver um “conflito”, cada nível energético era dividido em subcamadas, como uma estrada que, para organizar os carros que vão para uma mesma região, é dividida em faixas. Assim, é possível haver transições eletrônicas com emissão de luz dentro destes subníveis. No caso do sódio, elemento químico presente no sal que sugerimos na demonstração, é devido a duas transições nesses subníveis que há emissão da luz amarela, de comprimento de onda 589 nm.

Também devemos ter claro que dentro do átomo pode haver muitas transições possíveis e, com isso, a emissão de mais de um tipo de fóton. No entanto, como em geral um só processo prevalece, a chama mostrada tem uma cor definida. Na próxima Situação de Aprendizagem iremos mostrar que embora cada elemento emita luz de comprimento de onda bem definida, cada um possui mais de uma linha.

A carta de Bunsen deve ser lida e analisada pelos alunos. Eles devem perceber a importância da descoberta das linhas espectrais no estudo dos materiais. Na carta, Bunsen afirma em vários momentos que através da análise da luz emitida por um corpo, procedimento denominado *espectroscopia*, é pos-

sível identificar com precisão os elementos químicos presentes em um material. Bunsen mostra seu entusiasmo com esta descoberta, que possibilita o estudo e a compreensão da composição atômica de diferentes corpos. Os alunos devem identificar as possibilidades que este tipo de análise permite, como a de estudar a constituição química do Sol e outras estrelas sem a necessidade de uma amostra do material, algo impossível de se obter. Isso é interessante por mostrar como é possível que os cientistas estudem uma estrela extremamente distante, com base na análise da luz que ela emite.

Encaminhamento complementar

Como complemento, propõe-se caracterizar os elementos químicos presentes em estrelas, a partir de uma análise espectroscópica. Primeiramente os alunos aprenderão a construir um espectroscópio com material de baixo custo e, em uma segunda etapa, analisarão alguns espectros de estrelas. Caso seja possível, a aula pode terminar com a revisão do conceito de espectro eletromagnético, mostrando-se a imagem de um espectro contínuo, associando cada cor vista nas chamas a uma região do espectro e calculando os comprimentos de onda respectivos a essas cores.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 UM EQUIPAMENTO ASTRONÔMICO¹

Tempo previsto: 1 aula.

Conteúdo e temas: espectroscópio e espectros de fontes luminosas; linhas espectrais; difração da luz.

Competências e habilidades: utilizar linguagem escrita para relatar experimentos e questões relativos à identificação das características dos espectros; identificar fenômenos naturais, estabelecer relações e identificar regularidades em fenômenos que envolvem espectros luminosos; utilizar procedimentos e instrumentos de observação, representar resultados experimentais, elaborar hipóteses e interpretar resultados em experimentos que envolvem espectros eletromagnéticos.

Estratégias: realização de atividades experimentais em grupo; discussão de resultados experimentais; verificação de hipóteses; aplicação dos resultados em outras situações.

Recursos: Roteiro discussão em grupo; material experimental.

Avaliação: avaliar o envolvimento dos alunos na realização e análise do experimento e de sua compreensão do procedimento envolvido na atividade; avaliar a capacidade do aluno em compreender a produção de espectros por difração e em identificar as linhas das substâncias no espectro.

Objetivo / Contexto

Freqüentemente ouvimos notícias relatando alguma descoberta astronômica. Isso não é apenas noticiado 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. Nesta

¹ Esta Situação de Aprendizagem é adaptada de uma atividade do curso *Dualidade Onda-Partícula* elaborado por Guilherme Brockington e colaboradores, do Núcleo de Pesquisas em Inovação Curricular (NUPIC-FEUSP).

Situação de Aprendizagem, inicialmente iremos mostrar aos alunos como construir um espectroscópio simples que nos permite analisar a luz e, em seguida, mostraremos dados de

algumas estrelas para os alunos analisarem. Pretende-se, dessa forma, que eles verifiquem uma interessante relação entre o mundo quântico, a *espectroscopia* e a astrofísica.

Roteiro 5 – Montando um Espectroscópio

Talvez você já tenha ouvido falar de alguma grande descoberta astronômica. Uma nova galáxia que até então era desconhecida, a explosão de uma estrela etc. *Mas você já parou para pensar como é possível ao homem estudar um objeto celeste que está a distâncias tão enormes de nós?* Essencialmente, os astrônomos estudam o céu através da luz que os corpos emitem, que é a informação que nos chega na Terra. Analisando-se cuidadosamente as características da luz emitida, é possível descobrir muitas coisas que ocorrem em todo Universo. Construiremos um aparelho que nos permite analisar a luz, decompondo-a em suas diferentes frequências. Ele se chama espectroscópio e através dele poderemos estudar a luz emitida por muitos objetos.



Figura 6 – Materiais utilizados para montagem do Espectroscópio.

Material

- ▶ fita isolante e fita adesiva comum;
- ▶ papel *color set* preto;
- ▶ 1 CD;
- ▶ cola e régua;
- ▶ estilete e tesoura;
- ▶ tubo de papelão (ex.: tubo de papel higiênico).

Mãos à Obra**1 – Montagem do Espectroscópio**

- 1.1. Com o papel *color set*, construa um cilindro com 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 (Figura 7).



Figura 7 – Tubo de papelão

- 1.2. Faça duas tampas com abas para o cilindro utilizando o papel preto (Figura 8). Em uma delas, use um estilete para recortar uma fenda fina (mais ou menos 2 cm x 1mm). Na outra tampa, faça uma abertura no centro (mais ou menos 1 cm x 1cm).

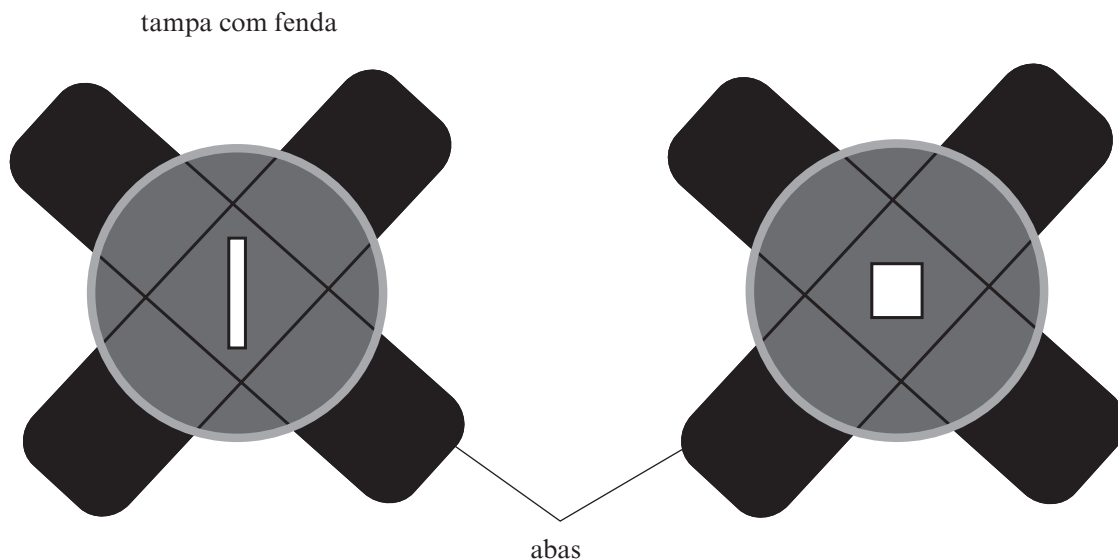


Figura 8 – Tampas

- 1.3. 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 (Figura 9).

© Fernando Favoretto



Figura 9 – CD com a película retirada

- 1.4. Depois de retirar a película, recorte um pedaço do CD (mais ou menos 2 cm x 2 cm). Utilize preferencialmente as bordas, pois as linhas de gravação (que não enxergamos) são mais paralelas, conseqüentemente a imagem será melhor. É importante fazer uma marcação no pedaço recortado do CD para não esquecer qual a orientação das linhas (em qual posição as linhas são paralelas).

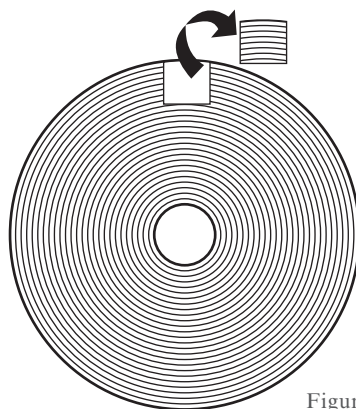


Figura 10 – CD

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

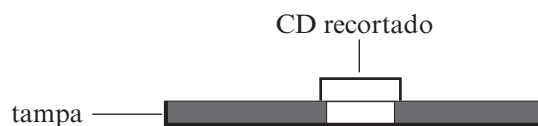


Figura 11 – colagem do CD na tampa

Preferencialmente, alinhe 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.

- 1.6. 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 (Figura 12).

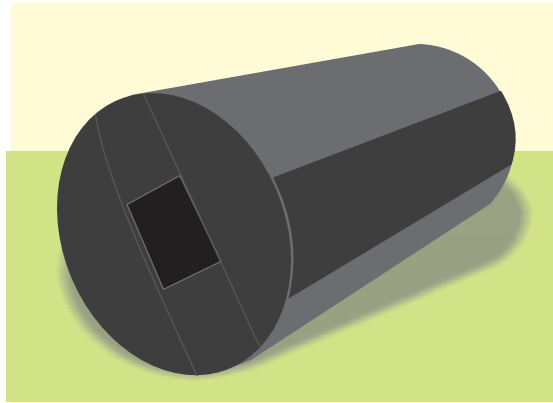


Figura 12 – Espectroscópio

2 – Observações com o Espectroscópio

- 2.1. Com o 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 visualizar a formação do espectro dentro do tubo. Procure bem, de forma que as cores fiquem bem nítidas. Além disso, tome cuidado para saber se a luz que está entrando é realmente a do objeto “observado”.
- 2.2. Faça uma representação mostrando cada espectro observado, comparando as cores presentes em cada um deles. Verifique se o espectro é *contínuo*, isto é, se as cores aparecem de igual forma, uma ao lado da outra, sem interrupções, ou se o espectro é *discreto*, isto é, 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.

Encaminhando a ação

Esta é uma atividade descontraída, que em geral os alunos gostam de fazer e que pode ser realizada em grupo (atividade semelhante é pro-

posta na 8ª série, mas com menos profundidade e formalização). Os alunos devem ser bem orientados para ter cuidado em observar o que vêem. É melhor escolher lugares escuros para que eles

vejam realmente o espectro da lâmpada ou objeto observado, e não da luz ambiente. Também é conveniente que o professor apresente detalhadamente as noções de espectro contínuo e discreto, pois esses conceitos não são triviais para os alunos. Uma representação simples, com giz na lousa, normalmente é suficiente para esclarecer essas noções. Recomende que os alunos façam um grande número de observações, pois quanto mais observações, mais elementos eles terão para generalizar o aprendizado. Eles podem, por exemplo, sair da sala de aula (caso não haja algum impedimento normativo da escola) para procurar outros tipos de lâmpada. É interessante comparar a lâmpada incandescente (de filamento) com a fluorescente: a primeira emite um espectro contínuo, porque sua radiação é emitida pela vibração interna de seu corpo que está em alta temperatura (radiação de corpo negro), enquanto a segunda emite um espectro discreto, devido à presença dos cristais de fósforo na superfície interna da lâmpada.

Se possível, o professor pode levar uma lâmpada de vapor de sódio (amarelada) ou mercúrio (branca levemente azulada). Essas lâmpadas podem ser compradas em lojas especializadas e são interessantes por emitirem um espectro discreto, bem característico desses elementos químicos.

Encaminhamento complementar

Uma boa sugestão para complementar essa atividade é incentivar os alunos a fazer outras observações em casa. Oriente-os para que façam observações semelhantes às que foram feitas em sala de aula, mas utilizando outras fontes de luz, como telas de televisores e monitores (nos quais vemos somente as cores primárias: azul, verde e vermelho), lâmpadas de iluminação pública (que normalmente são de mercúrio ou sódio), iluminação de lanternas de carros etc.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6 ASTRÔNOMO AMADOR

Tempo previsto: 1 aula.

Conteúdo e temas: espectros de radiação e sua utilização pelas tecnologias na caracterização de substâncias; fundamentos de Astrofísica; espectros de emissão e de absorção.

Competências e habilidades: reconhecer e utilizar adequadamente símbolos, códigos e diagramas da linguagem científica em situações que envolvem espectros luminosos; utilizar linguagem escrita para relatar observações e questões que evidenciam a relação entre substância e linhas espectrais; identificar, estabelecer relações e regularidades em espectros luminosos; elaborar hipóteses e interpretar resultados em situações que envolvam espectros luminosos de fontes distantes.

Estratégias: realização de atividades experimentais simuladas em grupo; leitura do guia de execução dos experimentos; elaboração de hipóteses de trabalho; análise dos resultados e discussão com a classe.

Recursos: Roteiro da Situação de Aprendizagem para trabalho em grupo; ilustrações de espectros de estrelas e de elementos químicos.

Avaliação: avaliar a capacidade do aluno de análise através de imagens; avaliar a compreensão do aluno em relação à função da análise espectral.

Objetivo / Contexto

Na Situação de Aprendizagem anterior foi montado um espectroscópio que nos permite analisar a luz. Agora os alunos aprenderão como efetivamente obter informações da luz observada. Para isso, eles receberão imagens de espectros de algumas estrelas. Estes espectros foram construídos artificialmente

em computadores para a realização desta Situação de Aprendizagem e não constituem espectros reais de estrelas. No entanto, isso não invalida a atividade cujo objetivo é perceber como podemos identificar os elementos químicos de uma estrela, finalizando a seqüência de três atividades que relacionam cada átomo com suas luzes características de emissão e absorção.

Roteiro 6 – Viajando até as estrelas

Por um breve momento de sua vida você irá trabalhar como um astrônomo, estudando estrelas. Nesta atividade iremos descobrir os elementos químicos que formam uma estrela. Como já estudamos, sabemos que os átomos emitem e absorvem luz de cores e comprimentos de ondas bem determinados. Assim por meio dos espectros de emissão dos elementos químicos, que nos indicam quais os comprimentos de onda emitidos por ele, iremos buscar descobrir os átomos que estão presentes em uma estrela.

Materiais

- ▶ espectros dos elementos químicos impressos em papel sulfite;

- ▶ espectros das estrelas impressos em papel transparente

Mãos à Obra

Cada grupo receberá folhas de sulfite com os espectros de diferentes elementos químicos. Receberão também o espectro de uma estrela, impresso em uma transparência. Eles deverão comparar o espectro da estrela com os espectros dos elementos químicos. Se o espectro apresentar todas as linhas correspondentes ao elemento, isso significa que ele é um dos constituintes da estrela. Compare com cuidado, pois a estrela é composta por, pelo menos, três elementos.

Encaminhando a ação

A dinâmica desta atividade é relativamente simples. Os alunos podem se reunir em pequenos grupos e analisar as imagens da estrela sobrepondo seus espectros sobre os dos elementos. Para iniciar o trabalho, o professor pode retomar as atividades ante-

riores e os conceitos principais, relacionados à emissão de luz com comprimentos de onda característicos (devido à existência de órbitas específicas em cada átomo e à possibilidade da análise da luz por espectroscopia). A seguir, apresentamos espectros de cinco elementos químicos que os alunos utilizarão para analisar as estrelas.

Espectro Alumínio (Al)



Espectro Cálcio (Ca)



Espectro Carbono (C)



Espectro Hélio (He)



Espectro Hidrogênio (H)



Espectros de elementos químicos

Comparando estes espectros com o espectro de uma estrela, é possível verificar quais linhas coincidem e determinar que elementos estão presentes na estrela.

Estrela



Espectro de estrela

Quando comparamos este espectro com os dos elementos, verificamos que a estrela é formada por Hidrogênio, Carbono e Alumínio. Os alunos devem ter cuidado ao comparar os espectros, pois somente se pode concluir que há a presença de determinado elemento químico quando todas as linhas coincidem. É importante ressaltar para os alunos que cada linha colorida que aparece no espectro dos elementos refere-se a uma transição eletrônica (assunto que eles já estudaram).

Para finalizar a atividade é interessante retomar as últimas aulas, quando foi visto que os átomos têm níveis de energia característicos (quantizados) e que, por isso, emitem e absorvem luz com frequências determinadas, possibilitando o estudo dos materiais através da análise da luz emitida ou absorvida por eles (chamadas respectivamente de espectro de emissão e de absorção). Deve-se destacar que o mesmo procedimento pode ser utilizado tanto para os sais, presentes em nosso cotidiano, quanto para estrelas e outros obje-

tos celestes que estão a milhões ou bilhões de anos-luz de nós.

Encaminhamento complementar

No *site* <<http://nupic.incubadora.fapesp.br/portal/pcsp>> há um material completo com o espectro de 13 elementos químicos e 10 estrelas diferentes. Se houver tempo e condições de acessá-lo, pode-se apresentar outros espectros para os alunos analisarem. Nesse caso, seria interessante que os alunos analisassem mais de uma estrela (o ideal seria o exercício com as dez estrelas sugeridas), mas o professor deve administrar isso de acordo com o tempo disponível. Para gastar menos papel do tipo transparência, que não é muito barato, o professor pode imprimir o conjunto das estrelas em uma folha e cortá-la, distribuindo para cada aluno uma tira com uma estrela. Ao longo da aula, as tiras circularão entre os alunos para que todos analisem o conjunto de estrelas. Por fim, cada grupo pode dizer quais elementos identificou em cada estrela, comparando as respostas dos grupos.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 O MISTERIOSO LASER

Tempo previsto: 1 aula.

Conteúdo e temas: uso de luz em tecnologias modernas; processos de emissão estimulada de radiação (*laser*)

Competências e habilidades: reconhecer e utilizar adequadamente termos da linguagem científica em situações que envolvem *laser*; relatar, por meio de linguagem escrita, experimentos e questões relativos à identificação da relação entre emissão estimulada e emissão espontânea; identificar fenômenos de emissão estimulada, estabelecer relações e identificar regularidades.

Estratégias: realização de atividades experimentais em grupo; leitura do guia de execução dos experimentos; leitura de texto; análise dos resultados e discussão com a classe.

Recursos: Roteiro de atividade para discussão em grupo; trecho de texto para leitura; ponteira *laser* e lanterna.

Avaliação: avaliar a compreensão do aluno sobre os processos de emissão estimulada; avaliar a compreensão do aluno em relação às aplicações do *laser* através da leitura do artigo proposto.

Objetivo /Contexto

Entre as inovações tecnológicas mais importantes da segunda metade do século XX estão os dispositivos de emissão de luz *laser*. Desde sua invenção, na década de 1960, até hoje, sua aplicação já se estendeu para as mais diversas áreas tecnológicas e de pes-

quisa básica. Apesar do fato de qualquer pessoa já ter ouvido falar de *laser* alguma vez, raramente alguém tem clareza sobre como ele é produzido ou por que sua luz é diferente da emitida por uma lâmpada comum. Para isso, iremos explorá-lo a fim de descobrir o que há de especial neste importante dispositivo.

Roteiro 7 – O *laser* nosso de cada dia

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 de usos como mira, para apontar para algum lugar ou objeto, a tratamentos médicos. Mas você sabe dizer o que é um laser? A palavra é uma sigla em inglês que se traduz por Luz Amplificada pela Emissão Estimulada de Radiação. O laser é a luz emitida por um conjunto de átomos, após passar por um processo especial para ganhar características específicas.

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

Materiais

- ▶ ponteira *laser* e lanterna;
- ▶ trecho do texto: *O Magnífico Laser* (In: Revista *Ciência Hoje*, dez. 2005).

Mãos à Obra

Primeiramente, em grupos, observem o comportamento da luz emitida por um *laser*

e da luz emitida por uma lanterna, incidindo os raios em diferentes direções e objetos. Com base nessas observações, procurem responder às seguintes questões:

1. Qual desses dispositivos emite luz monocromática (com apenas um comprimento de onda de determinada cor em específico) e qual emite luz policromática (formada com um conjunto de ondas de diferentes cores)?
2. Qual deles tem uma luz colimada, isto é, que se propaga em apenas uma direção, e qual não tem?
3. Qual feixe vocês consideram que é, ou pode ser, mais intenso ou potente?

Após responder a estas perguntas, vocês escolhem um trecho do texto *O Magnífico Laser* que fale de uma aplicação prática do *laser*. Vocês podem escolher um dos seguintes trechos: *O Surgimento da Fotônica na Indústria; Lentes e Braços Articulados; Corte, Marcação e Solda; No Comércio; Cirurgia e Terapia com a Lua; Biópsia Óptica; Substituindo as Brocas do Dentista; Conhecimento em Cubos*. Após a leitura, façam uma breve exposição para a classe, discutindo a importância do *laser* no caso específico que vocês estudaram.

Encaminhando a ação

A parte inicial desta atividade é bastante simples e busca apenas problematizar a discussão sobre o funcionamento de um *laser*. Embora uma ponteira *laser* seja um objeto presente no cotidiano, muitos alunos podem nunca ter tido contato com ela. Assim, é importante que observem atentamente a luz emitida por um dispositivo *laser* antes de discutir sobre ele. Caso a quantidade de ponteiros *laser* e lanternas não seja suficiente para que todos os grupos de alunos investiguem o comportamento da luz em cada caso, o professor pode fazer a atividade em conjunto com a classe, utilizando apenas uma ponteira e uma lanterna que circularão entre os diferentes grupos de alunos. Na comparação das duas fontes deve ficar claro que o *laser*: sempre é uma luz monocromática (o *laser* é de uma cor em específico, normalmente vermelha, enquanto a lâmpada de luz branca é formada de várias cores, como pôde ser visto na atividade em que se montou o espectroscópio); pode ter potências altíssimas, de trilhões de watts; e é colimado e coerente. Estes dois últimos conceitos são complexos, mas com uma representação simples de um conjunto de ondas, todas em fase, com o mesmo comprimento de onda e se propagando na mesma direção, os alunos entendem esses conceitos se identificam que isso só pode acontecer com o *laser*, pois, se a luz de uma lâmpada se propaga em várias direções e é policromática, esse conjunto de ondas não pode ter o mesmo comprimento de onda e estar em fase.

Em seguida, os alunos devem explorar um trecho do texto sugerido. O autor do texto faz uma breve explicação sobre a utilização do *laser* em vários casos, e os alunos podem ler um desses casos e compartilhar as informações com a turma. O texto pode ser obtido no *link* do *site* <<http://nupic.incubadora.fapesp.br/portal/pcsp>> ou em bibliotecas que possuem a coleção da revista *Ciência*

Hoje. Como muitas vezes é difícil organizar a discussão dos alunos, pode-se utilizar mais de uma aula para a exposição. Tenha cuidado ao dividir os temas, para que todos sejam contemplados.

Encaminhamento complementar

Na seqüência da atividade, o professor deve explorar o funcionamento de um *laser*, que permite a produção da luz com as características mencionadas.

O professor pode questionar a relação entre a emissão de luz por um *laser* e a emissão de luz pelos átomos, estudada nas Situações de Aprendizagem anteriores. Retome, para isso, a noção de que um átomo emite luz quando passa de um nível mais energético para um nível menos energético. Nos exemplos estudados, o elétron decaía para um nível menos energético espontaneamente, isto é, sem nenhuma causa externa. No caso da luz *laser*, há uma emissão estimulada, ou seja, um fóton de luz preexistente estimula o decaimento do elétron e a consequente emissão de um outro fóton. Este é um processo “forçado”. No *laser* ocorre um conjunto de emissões estimuladas em que o fóton que estimula e o fóton que é emitido pelo átomo estimulado são idênticos, ou seja, é como se nesse processo o resultado fosse a geração de “fótons gêmeos”.

A base do funcionamento de todo *laser* é um material denominado meio ativo. Para iniciar o processo de emissão de luz, esse material terá seus elétrons excitados para níveis mais energéticos por uma fonte de energia. Nesses materiais que formam bons meios ativos existe uma camada mais energética na qual os elétrons permanecem durante um tempo relativamente grande, da ordem de 10^{-4} s, que é um tempo alto quando falamos de transições atômicas. Com isso, os elétrons são excitados para este nível no qual podem ficar por um tempo, antes de voltar para o nível fundamen-

tal. Mesmo os elétrons que ganharem muita energia e forem para um nível maior do que o relativamente estável, decairão rapidamente e se unirão aos elétrons que estão neste nível excitado que lhes permite ali permanecer um certo tempo. É como se este nível fosse uma espécie pedágio durante o decaimento para o nível fundamental, no qual os elétrons têm que parar por um tempo, antes de chegarem ao “destino”. Os materiais que têm a característica de servir como meio ativo são, entre outros, os gases Hélio-Neônio, Carbônico e Nitrogênio e os sólidos Rubi e Neodímio. Quando os átomos do meio ativo estão todos excitados, dizemos que houve uma inversão de população. O passo seguinte ocorre quando um primeiro átomo decai para o estado fundamental. O fóton emitido por ele irá fazer uma espécie de efeito avalanche: estimula a emissão de outros fótons dos átomos excitados, que irão estimular a emissão de mais fótons, que estimulam outros e assim por

diante. Esse processo ocorre dentro de uma cavidade ótica, uma espécie de tubo espelhado no qual os fótons ficam presos e apenas alguns conseguem “fugir”. Os fótons que ficam presos dentro do tubo são importantes, pois eles ajudarão a estimular e criar outros fótons. Aos poucos, parte da luz sai da cavidade e forma o raio *laser* que vemos ser emitido. É importante lembrar que, no processo de emissões estimuladas, sempre há a produção de fótons idênticos, justificando a coerência e monocromaticidade da luz emitida. Como isso é feito dentro de uma cavidade ótica, os fótons saem todos na mesma direção, pois aqueles que eventualmente forem emitidos com direções aleatórias não ficam “presos” dentro do tubo. O professor pode explorar estas idéias de maneira expositiva. Caso seja viável, é possível utilizar uma animação interessante que demonstra o funcionamento interno do *laser*, disponível no seguinte *site* <http://www.pet.dfi.uem.br/anim_show.php?id=77>.

GRADE DE AVALIAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE APRENDIZAGEM

Situação de Aprendizagem	Expectativas ou Indicadores de Aprendizagem
1	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Identificar, comparar e classificar, segundo características e propriedades físicas, diferentes tipos de materiais presentes no cotidiano. ▶ Reconhecer o átomo como elemento básico constituinte de toda matéria. ▶ Relacionar características e propriedades físicas da matéria (como condutividade elétrica, estado físico, absorção e emissão de luz) à sua estrutura atômica.
2	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Compreender a idéia de modelo, na ciência, para representar e explicar fenômenos e a realidade não-observável diretamente. ▶ Descrever e interpretar o experimento de Rutherford que deu origem à sua proposta de modelo atômico.
3	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Analisar e calcular as transições entre níveis de energia possíveis a um elétron, no átomo de Hidrogênio. ▶ Explicar a absorção e a emissão de radiação pela matéria, utilizando o modelo de quantização da energia e relacionando energia da luz emitida ou absorvida à sua frequência. ▶ Sistematizar e confrontar os modelos atômicos de Rutherford e de Bohr, analisando seus limites e desdobramentos.
4	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Analisar a emissão de luz por diferentes materiais, relacionando-a com suas propriedades atômicas. ▶ Reconhecer a importância da espectroscopia no estudo e composição dos materiais.
5	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Descrever o funcionamento de um espectroscópio simples e interpretar observações de linhas espectrais oriundas de diferentes fontes de luz. ▶ Representar e comparar espectros de luz, diferenciando os discretos dos contínuos.
6	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Reconhecer e analisar a constituição química de uma estrela, a partir da comparação de imagens de suas linhas espectrais com as de elementos químicos.
7	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Compreender e comparar feixe de luz monocromática e policromática. ▶ Compreender e comparar emissão de luz espontânea e estimulada. ▶ Reconhecer e avaliar o uso da luz <i>laser</i> em tecnologias contemporâneas.

PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

1. Qual estrutura constitui a matéria e nos permite explicar muitos fenômenos como a condução elétrica, transparência, estado físico e outros?

A matéria é composta por átomos. Estes fenômenos podem ser explicados através da dinâmica eletrônica que ocorre quando, por exemplo, um material é submetido a um campo elétrico externo, à incidência da luz ou à mudança de temperatura.

2. Discuta o que significa “ver”, quando falamos do mundo subatômico.

Como as dimensões do mundo subatômico são muito pequenas e invisíveis ao olho humano, mesmo com a ajuda dos mais poderosos equipamentos, somente temos evidência da sua constituição e estrutura quando obtemos informações sobre as mudanças ocorridas quando uma entidade conhecida interage com esta estrutura invisível.

3. Explique o que ocorre quando fótons incidem sobre um átomo.

Se a energia da radiação tiver um valor equivalente à diferença entre dois níveis do átomo, ela é absorvida, e o elétron deste átomo ganha energia. Caso o valor não corresponda a nenhuma transição do elétron, não irá ocorrer nada, e a radiação passará pelo átomo sem ser absorvida.

4. Qual é o valor da energia emitida por um átomo de Hélio ionizado quando seu elétron decai da terceira para a segunda camada?

- a) 13,60eV.
b) 10,20eV.

c) 8,53eV.

d) 7,56eV.

e) 1,89eV.

Quando utilizamos a relação $E = -13,6 \cdot Z^2/n^2$ para o valor de $Z=2$, referente ao Hélio e n inicial 3 e n final 2, obtemos o valor aproximado de 7,56eV; portanto resposta D.

5. O comprimento de onda do azul está na faixa dos valores entre 450 e 500 nm. Saiba-se que um átomo de Hidrogênio emite uma onda azul quando decai para o segundo nível atômico. A partir de qual nível o elétron decai?

a) Sexto.

b) Quinto.

c) Quarto.

d) Terceiro.

e) Primeiro.

A transição de um elétron do quarto nível de energia para o segundo resulta na emissão de um fóton de 2,55eV. O comprimento de onda deste fóton, calculado com a relação $E=hc/\lambda$ dá aproximadamente 487nm, que está dentro da faixa do azul.

6. O que significa um elétron ser estimulado?

Significa que um elétron não decai espontaneamente, mas devido à presença de um fóton que causa seu decaimento.

TEMA 2 – FENÔMENOS NUCLEARES

Apresentação

É comum, em nossos dias, ouvirmos falar de energia nuclear, radiações, usinas e bombas nucleares. Em geral, sabe-se que esses elementos estão presentes em nossa vida, mas normalmente são vistos como algo perigoso, nocivo e considerados como parte de um grande problema. Nosso objetivo agora será entender como ocorrem alguns desses fenômenos e discutirmos como eles se vinculam efetivamente ao nosso mundo. Buscaremos mostrar que muitos deles são fundamentais para nossa sobrevivência e como eles podem ser utilizados para promover nosso bem-estar através de sua utilização na medicina.

Conhecimentos Priorizados

As atividades anteriores abordavam fenômenos atômicos, sem discutir a constituição do núcleo. Daqui em diante, o núcleo passará de ator coadjuvante para ator principal em nossas discussões. A primeira atividade apresentará o modelo de núcleo, formado por prótons e nêutrons, e discutirá o problema de sua estabilidade. Em seguida, exploraremos os tipos de radiações emitidas por um núcleo, as chamadas radiações α , β e γ , e analisaremos a família de decaimento de um núcleo radioativo. Por fim, discutiremos a utilização dessas radiação em exames de diagnósticos médicos.

Competências e Habilidades

1. Reconhecer e utilizar adequadamente símbolos, códigos e diagramas da linguagem científica em situações que envolvem núcleos atômicos.
2. Compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos.
3. Conhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares a fim de explicar seu uso na medicina.

Metodologia e estratégias

Na primeira Situação de Aprendizagem propõe-se tratar do problema nuclear de uma forma lúdica, fazendo com que os alunos “formem” núcleos com bolinhas de isopor. Dessa forma eles irão perceber como se dá a estabilidade dentro de algo em que agem dois tipos de forças, uma de atração (que busca mantê-lo unido) e outra de repulsão (que tende a levá-lo à desintegração). Na Situação de Aprendizagem seguinte, propõe-se uma análise de uma série de decaimentos em linguagem científica adequada através de um jogo tipo quebra-cabeças. A última Situação de Aprendizagem mostrará a aplicação dessas radiações em diagnósticos médicos através de um procedimento simples, com a utilização de uma lanterna, fazendo uma analogia com o exame real, para que os alunos descubram como um corpo é composto internamente.

Avaliação

Ao final da realização destas Situações de Aprendizagem, os alunos deverão ter compreendido o modelo do núcleo, sua estabilidade, e as formas de decaimento. Para realizá-las, incluindo as atividades dos alunos e a discussão e sistematização pelo professor, prevemos seis aulas. O professor pode avaliar a participação

dos alunos durante as aulas e a realização adequada das atividades, verificando se, através da leitura dos roteiros, eles compreenderam como proceder e se buscaram chegar ao objetivo proposto de maneira correta. Além disso, deve-se verificar, através das sínteses elaboradas,

se os conhecimentos discutidos foram corretamente compreendidos e apresentados em linguagem adequada. Por fim, os alunos devem reconhecer que os fenômenos estudados são fundamentais para se compreender a chamada medicina nuclear.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 8

FORMAÇÃO NUCLEAR

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: modelo de núcleo atômico; radioatividade, forças nucleares; interação forte.

Competências e habilidades: reconhecer e utilizar adequadamente símbolos, códigos e diagramas da linguagem científica em situações que envolvem núcleos atômicos; utilizar linguagem escrita para relatar observações e questões que evidenciam a relação de prótons e nêutrons no interior dos núcleos; identificar, estabelecer relações e regularidades em fenômenos nucleares; elaborar hipóteses e interpretar resultados em situações que envolvam a estabilidade dos núcleos, as forças nucleares e as emissões de radiação ionizantes.

Estratégias: realização de atividades em grupo; leitura do guia de execução da atividade; elaboração de hipóteses de trabalho; análise dos resultados e discussão com a classe.

Recursos: Roteiro de atividade para trabalho em grupo; bolinhas de isopor para representar prótons e nêutrons.

Avaliação: avaliar a compreensão do aluno sobre a estrutura dos núcleos atômicos, verificando se ele foi capaz de responder às questões através da atividade.

Objetivo /Contexto

Até este momento pouco se discutiu sobre a constituição do núcleo atômico. Os alunos já sabem que ele é constituído de prótons e nêutrons. No entanto, há uma questão importante a ser explorada. *Se o núcleo é formado de*

prótons que se repelem devido às forças elétricas, por que ele permanece coeso? O objetivo desta Situação de Aprendizagem será discutir a formação do núcleo e a existência da força forte que mantém os núcleons (este é o nome dado para o conjunto de prótons e nêutrons) ligados.

Roteiro 8 – Construindo um Núcleo

Você já deve ter lido ou ouvido a palavra “nuclear” designando ou associando expressões como energia, usina, bomba, radiação, entre outras. Não é incomum associarmos

este termo a coisas “ruins” ou nocivas. Para ir um pouco além e compreender o que são fenômenos nucleares, vamos estudar como um núcleo atômico é constituído e como ele se comporta em diferentes condições. Para isso, começaremos com um experimento simples.

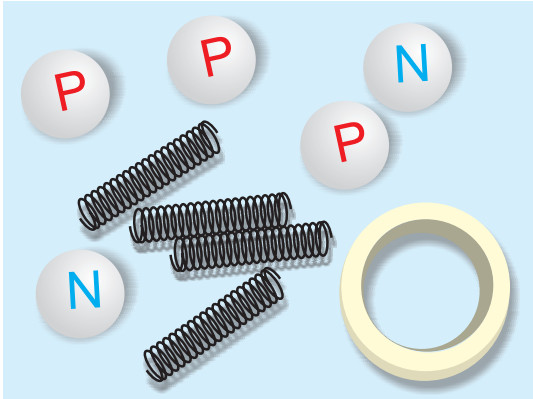


Figura 13 – Materiais

Materiais

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

Mãos à Obra

Você já deve saber que o núcleo é formado por prótons (cargas positivas) e nêutrons (sem carga elétrica). O desafio que propomos é explicar: *Por que, se o núcleo tem partículas com carga elétrica positiva, ele se mantém “ligado”?* Afinal, cargas de mesmo sinal não se repelem? Para responder a essa questão, vamos “construir” um núcleo atômico. Para isso, divida o conjunto de bolinhas que você recebeu em dois grupos. Marque um deles indicando que eles são prótons e faça uma marca diferente no outro grupo, para identificar os nêutrons. Seu objetivo é manter seu núcleo estável e coeso, fazendo com que todas as bolinhas fiquem grudadas umas às outras. Você deverá seguir algumas regras:

1. Você deve colar as bolinhas com uma fita adesiva, utilizando apenas um pequeno pedaço enrolado em cada bolinha, suficiente para grudar a face de uma à outra.
2. Sempre que for ligar dois prótons terá uma mola entre eles, que deverá ser comprimida para você poder grudá-los.

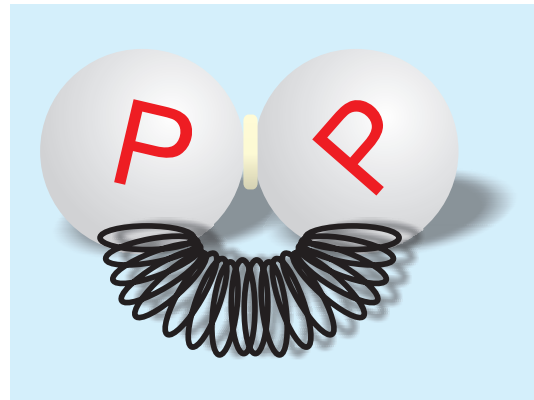


Figura 14 – Ligação entre dois Prótons

3. Para ligar dois nêutrons ou ligar um nêutron a um próton não é necessário colocar a mola entre eles.

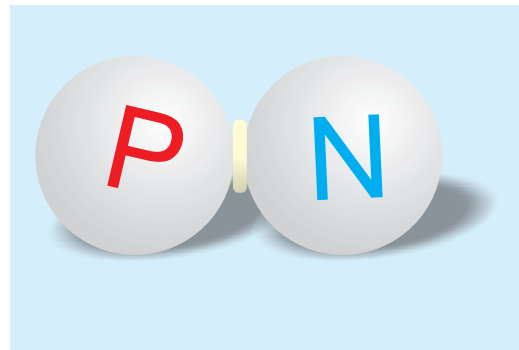


Figura 15 – Ligação entre Nêutron e Próton

Agora você deverá montar seu núcleo. Faça isso de três maneiras:

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

Em cada caso conte quantas bolinhas você consegue manter grudadas. Após realizar a atividade, responda às seguintes questões:

1. Por que somente colocamos uma mola entre dois prótons e não entre um próton e um nêutron? O que esta mola estaria representando 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?

Encaminhando a ação

A dinâmica da atividade é razoavelmente simples. No entanto, devemos tomar cuidado para que os alunos a realizem adequadamente e percebam com clareza o que está sendo analisado. É comum que os alunos encham as bolinhas de fita adesiva para conseguir grudar tudo. Isso não deve ocorrer, pois impede o objetivo da atividade que é tratar da estabilidade do núcleo.

Os alunos devem, primeiramente, compreender a situação problematizada, ou seja, que como o átomo é formado por cargas positivas que se repelem e que precisa existir algo para compensar isso e permitir que o núcleo permaneça unido.

Ao fim do experimento, alguns pontos devem ser esclarecidos pelo professor, para que os alunos entendam o significado da analogia entre as bolinhas de isopor e os prótons e nêutrons do núcleo. O que viabiliza a existência do núcleo é uma força de atração chamada de **força forte**, que une as partículas, agindo tanto entre prótons, quanto entre nêutrons ou entre prótons e nêutrons. Essa força é representada no experimento pelas fitas adesivas enroladas. É um tipo de força diferente, em relação às que estamos acostumados. Ela é muito intensa,

como seu próprio nome diz, mas tem curto alcance, agindo somente entre partículas vizinhas no núcleo. Quando o átomo é formado por poucos núcleons, a força forte vence com relativa facilidade a força elétrica repulsiva. No entanto, em núcleos pesados encontramos problemas. Imagine, por exemplo, um núcleo de Urânio, que é formado por 92 prótons. Cada próton é atraído pela **força forte** por prótons e nêutrons que estão bem próximos. No entanto, quando “olhamos” para um próton em relação ao núcleo como um todo, verificamos que a maioria dos outros 92 prótons está a uma distância na qual a **força forte** não atua, mas a força elétrica sim. Por isso, é difícil manter o núcleo estável, pois o número de partículas que repelem é muito grande em relação ao de partículas que atraem. Quando entendemos esse problema, percebemos a importância do nêutron no núcleo. Ele não repele o próton, pois não tem carga elétrica, mas contribui para atração entre os núcleons, pois ele interage através da **força forte**. Assim, como no experimento os nêutrons podem ser ligados sem uma mola repulsiva entre eles, os alunos podem perceber a importância deles para a estabilidade do núcleo. É fundamental que esta discussão seja encaminhada pelo professor após a realização da atividade e seja feita a apresentação do modelo de **força forte**, esclarecendo como acontece a estabilidade do núcleo.

Encaminhamento complementar

A discussão pode ser aprofundada com a construção de um gráfico do número de nêutrons em função do número atômico, dados que podem ser obtidos em uma tabela periódica. Nos núcleos mais leves, o número de nêutrons é igual ou próximo ao número de prótons; conforme os átomos vão ficando mais pesados, o número de nêutrons em relação ao número de prótons é muito maior. O gráfico forma uma curva, chamada de curva de estabilidade. Esse gráfico é interessante, pois deixa claro o problema levantado na atividade anterior. Quanto maior a quantidade de prótons, mais difícil é deixar o núcleo estável e, conseqüentemente, mais nêutrons são necessários para equilibrar o sistema.

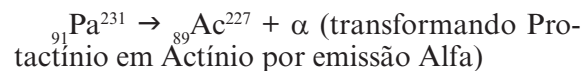
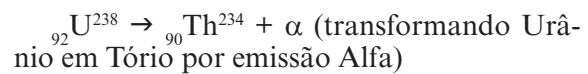
Em seguida, na mesma aula ou na aula seguinte, o professor pode questionar: *O que ocorre com um núcleo quando ele é instável. Será que ele continua existindo ou ele desaparece?* Com este questionamento o professor irá trazer a noção de radioatividade, que é a emissão de radiação por núcleos instáveis.

Como um núcleo tem um desequilíbrio em relação à quantidade relativa de prótons e nêutrons, para se tornar estável ele precisa modificar essa relação e, para isso, emitir radiação, ou seja, ele irá “jogar para fora” algumas partículas. A radiação emitida pode ser de três tipos:

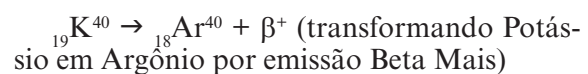
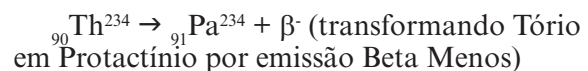
1. Radiação α (Alfa): esta é a radiação formada por partículas constituídas de dois prótons e dois nêutrons, que equivale a um núcleo de Hélio.
2. Radiação β (Beta): esta radiação pode ser de dois tipos: β^+ ou β^- . No caso do feixe ser negativo, ele é formado de elétrons. Se o feixe for positivo ele é formado por pósitrons (partículas semelhantes aos elétrons, mas com carga positiva).

3. Radiação γ (Gama): neste caso há a emissão de energia através da emissão de fótons, semelhantes aos de luz, mas de alta frequência e energia.

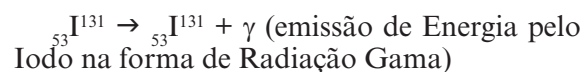
Quando ocorre o primeiro tipo de emissão, há uma diminuição nos números de prótons e nêutrons. Com isso, o núcleo se transmuta, ficando com um número atômico (que caracteriza o elemento) menor em duas unidades e o número de massa menor em quatro unidades. Podemos escrever isso como uma reação, da seguinte maneira:



Quando ocorre o segundo tipo de emissão, há uma transformação de próton em nêutron, com a emissão de β^+ ou uma transformação de nêutron em próton, com a emissão de β^- . Neste caso não há a modificação do número de massa, mas há a modificação do número atômico, que perde uma unidade no primeiro caso ou ganha uma unidade no segundo. Escrevemos estas reações da seguinte maneira:



Quando há a emissão γ não há transmutação, havendo liberação de energia. Por exemplo:



Esses tipos de decaimentos são importantes para a próxima Situação de Aprendizagem, que consistirá na análise das Famílias de Elementos Radioativos

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 9

DECAIMENTOS NUCLEAR: UMA FAMÍLIA MUITO ESTRANHA

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: decaimentos nuclear, estabilidade nuclear; famílias de decaimento nuclear.

Competências e habilidades: reconhecer e utilizar adequadamente símbolos, códigos e diagramas da linguagem científica em situações que envolvem decaimento nuclear; identificar diferentes radiações presentes no cotidiano, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético; compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos; reconhecer a presença da radioatividade no mundo natural e em sistemas tecnológicos, discriminando características e efeitos.

Estratégias: realização de atividades em grupo; leitura do guia de execução da atividade; elaboração de hipóteses de trabalho; análise dos resultados e discussão com a classe.

Recursos: Roteiro de atividade para trabalho em grupo.

Avaliação: avaliar a compreensão do aluno sobre as famílias de decaimento nuclear, através da habilidade de análise e reconhecimento da linguagem científica.

Objetivo / Contexto

Na Situação de Aprendizagem anterior foi estudado o problema da estabilidade nuclear, continuando a discussão sobre radioatividade – processo pelo qual um átomo instável emite radiações até se tornar um átomo estável. Esta Situação de Aprendizagem tem como objetivo

dar continuidade à discussão acerca da radioatividade, fazendo com que os alunos analisem as três famílias naturais de decaimento. Para isso, elaboramos um jogo tipo quebra-cabeças, no qual as peças devem se encaixar. Os alunos deverão organizar os elementos químicos como uma série de decaimentos radioativos.

Roteiro 9 – Um Quebra Cabeças Radioativo

Vimos que um átomo radioativo emite três tipos de radiações quando está instável: α (Alfa), β (Beta) e γ (Gama). Como dificilmente em apenas uma transformação o núcleo se estabiliza, ocorre uma série de transformações, que são chamadas de Famílias Radioativas. Nesta Situação de Aprendizagem você irá 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 serem organizadas.

Mãos à Obra

Uma Família Radioativa pode ser apresentada como uma tabela que organiza os elementos químicos com uma série de decaimentos. Abaixo apresentamos uma dessas tabelas:

Série do Actínio

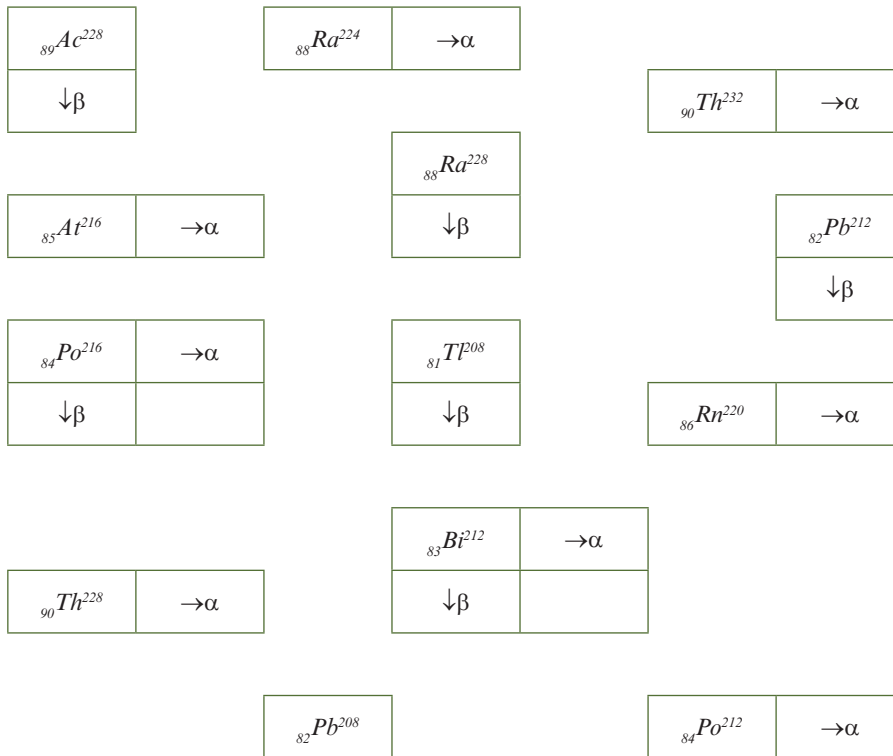
${}_{92}\text{U}^{235}$	$\rightarrow\alpha$	${}_{90}\text{Th}^{231}$																	
		$\downarrow\beta$																	
		${}_{91}\text{Pa}^{231}$	$\rightarrow\alpha$	${}_{89}\text{Ac}^{227}$	$\rightarrow\alpha$	${}_{87}\text{Fr}^{223}$	$\rightarrow\alpha$	${}_{85}\text{At}^{219}$	$\rightarrow\alpha$	${}_{83}\text{Bi}^{215}$									
				$\downarrow\beta$		$\downarrow\beta$		$\downarrow\beta$		$\downarrow\beta$									
				${}_{90}\text{Th}^{227}$	$\rightarrow\alpha$	${}_{88}\text{Ra}^{223}$	$\rightarrow\alpha$	${}_{86}\text{Rn}^{219}$	$\rightarrow\alpha$	${}_{84}\text{Po}^{215}$	$\rightarrow\alpha$	${}_{82}\text{Pb}^{211}$							
										$\downarrow\beta$		$\downarrow\beta$							
										${}_{85}\text{At}^{215}$	$\rightarrow\alpha$	${}_{83}\text{Bi}^{211}$	$\rightarrow\alpha$	${}_{81}\text{Tl}^{207}$					
												$\downarrow\beta$		$\downarrow\beta$					
														${}_{84}\text{Po}^{211}$	$\rightarrow\alpha$	${}_{82}\text{Pb}^{207}$			

Agora vocês deverão organizar os elementos das tabelas abaixo, como se estivessem montando um quebra-cabeças. Cada elemento químico somente pode ser “encaixado” em outro se for o resultado do decaimento indicado. No fim, vocês devem ter uma série de decaimentos, como o que foi apresentado.

Série do Urânio

${}_{85}\text{At}^{218}$	$\rightarrow\alpha$		${}_{82}\text{Pb}^{210}$	$\downarrow\beta$		${}_{88}\text{Ra}^{226}$	$\rightarrow\alpha$
${}_{90}\text{Th}^{234}$	$\downarrow\beta$		${}_{92}\text{U}^{234}$	$\rightarrow\alpha$		${}_{84}\text{Po}^{218}$	$\rightarrow\alpha$
						$\downarrow\beta$	
${}_{90}\text{Th}^{230}$	$\rightarrow\alpha$		${}_{86}\text{Rn}^{222}$	$\rightarrow\alpha$		${}_{82}\text{Pb}^{208}$	
${}_{82}\text{Pb}^{214}$	$\downarrow\beta$		${}_{83}\text{Bi}^{214}$	$\downarrow\beta$		${}_{92}\text{U}^{238}$	$\rightarrow\alpha$
			$\downarrow\beta$				
${}_{84}\text{Po}^{214}$	$\rightarrow\alpha$		${}_{91}\text{Pa}^{234}$	$\downarrow\beta$		${}_{81}\text{Tl}^{210}$	$\downarrow\beta$
			$\downarrow\beta$				
${}_{81}\text{Tl}^{208}$	$\downarrow\beta$		${}_{84}\text{Po}^{210}$	$\rightarrow\alpha$		${}_{83}\text{Bi}^{210}$	$\rightarrow\alpha$
						$\downarrow\beta$	

Série do Tório

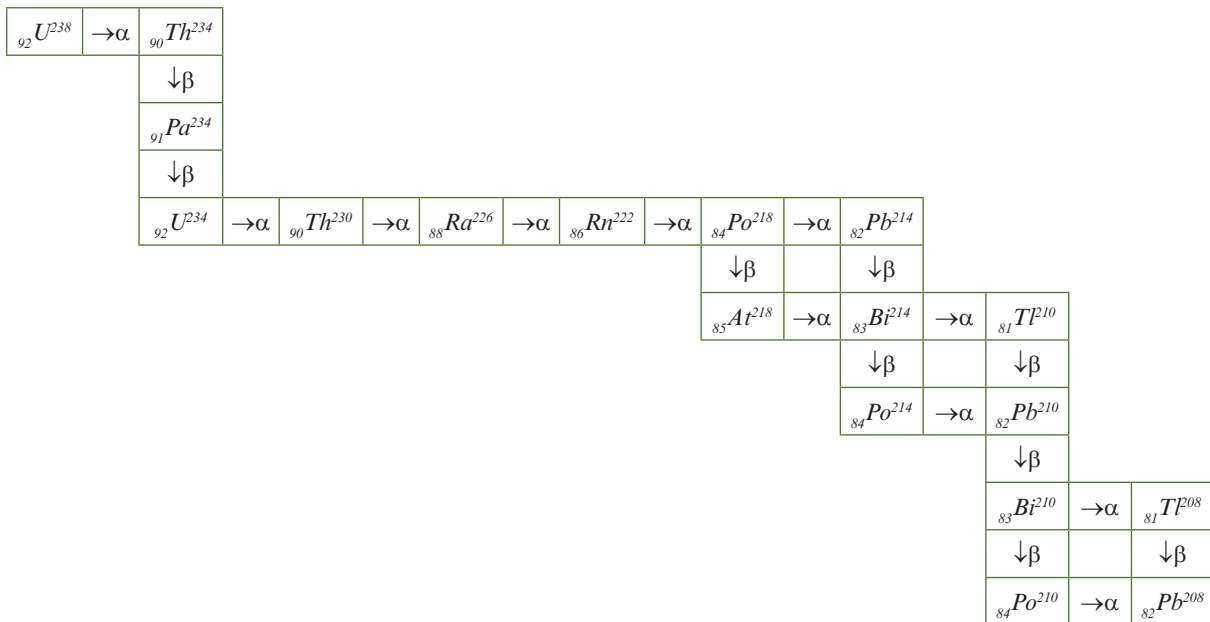


Encaminhando a ação

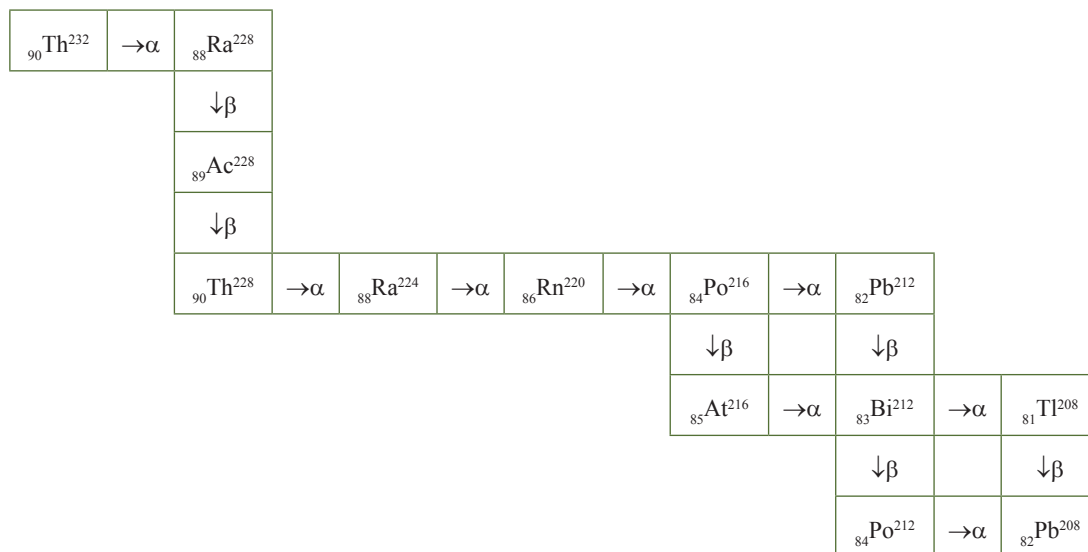
A atividade serve como sistematização dos assuntos discutidos nas últimas aulas. Inicialmente o professor pode retomar a discussão sobre a emissão de radiação pelos núcleos e rever quais tipos de radiação são emitidos. Pode-se questionar quantas emissões um núcleo deve ter para se tornar estável e, assim, apresentar o conceito de Família Radioativa.

Deve-se dar especial atenção aos casos em que os decaimentos se dividem em dois tipos, pois isso pode confundir os alunos. Eles devem observar que, mesmo quando um caminho se divide, ambos os caminhos levam ao mesmo elemento químico no final do processo. A seguir é apresentada a solução da atividade, o resultado que os alunos devem obter ao organizar os elementos.

Série do Urânio



Série do Tório



Encaminhamento complementar

Caso haja tempo, é possível trabalhar séries de decaimentos não naturais, ou alguns exercícios de reações que não estejam em uma Família Radioativa.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 10

DESVENDANDO O QUE HÁ POR DENTRO DA “CAIXA-PRETA”

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar o seu uso em medicina.

Competências e habilidades: utilizar linguagem escrita para relatar observações e questões que evidenciam o uso de radioatividade na medicina; conhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso na medicina.

Estratégias: realização de atividades em grupo; leitura do guia de execução da atividade; elaboração de hipóteses de trabalho; análise dos resultados e discussão com a classe.

Recursos: Roteiro de atividade para trabalho em grupo; materiais do dia-a-dia para a realização de atividade metafórica.

Avaliação: avaliar a compreensão do aluno sobre o uso de isótopos radioativos na medicina nuclear, por meio da qualidade de suas manifestações em relação ao procedimento adotado.

Objetivo / Contexto

Nesta Situação de Aprendizagem discutiremos como um núcleo radioativo pode ser utilizado para um exame de diagnóstico na

medicina. Iniciaremos com uma atividade que faz analogia com o processo realizado em um exame médico e, em seguida, será feita uma apresentação breve dos exames PET e SPECT.

Roteiro 10 – O que há por dentro do corpo humano

Você já deve ter conhecido alguém que teve um problema de saúde e, para ser solucionado, o médico precisou “ver” o que estava acontecendo dentro do corpo através de exames. Iremos agora estudar como isto é possível.

Material

- ▶ pasta plástica fumê com 3 cm de largura lateral:

- ▶ imagens frontal e traseira de uma parte do corpo humano;

- ▶ 2 Lanternas portáteis.

Mãos à Obra

Você não consegue ver a imagem que está dentro da pasta que recebeu?

Como a luz que está fora não ajuda você a enxergá-la, resolvemos ajudar de outra maneira. Coloque uma pequena lanterna dentro da pasta. Agora você poderá descobrir qual é a imagem que está dentro.



Figura 16 – Materiais dispostos para a montagem da Situação de Aprendizagem

Encaminhando a ação

Antes de iniciar a Situação de Aprendizagem, o professor pode perguntar como se pode ver as partes internas do corpo humano e quais exames os alunos eventualmente já fizeram para obter este tipo de imagem. Para a realização da atividade, primeiramente o professor deve tomar cuidado para que os alunos não abram a pasta nem a deformem, tentando ver o que está dentro dela. A maneira mais simples de fazer isso é pedir que eles mantenham a pasta sobre a

mesa. As imagens do corpo humano podem ser obtidas em atlas ou mesmo na internet. A vantagem do atlas é que geralmente ele apresenta a imagem da vista frontal e traseira. A parte impressa deve ficar virada para dentro da pasta, para que fique invisível somente com a luz ambiente. A lanterna que será colocada dentro deve ter um foco de emissão pequeno. O modelo mais adequado são as lanternas tipo *baby light*, mostradas anteriormente, pois elas têm estas características e um tamanho adequado para a pasta, além de serem de custo acessível.

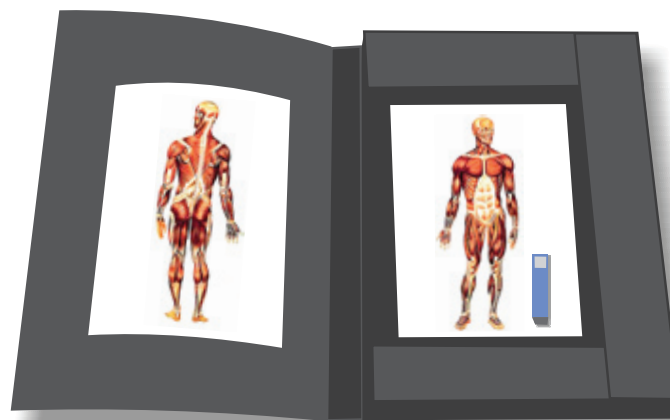


Figura 17



Figura 18 – Pasta fechada para a realização da atividade.

A atividade é uma analogia em relação a dois exames utilizados para diagnóstico em medicina. Nos anos 40, começou-se a utilizar isótopos radioativos dos elementos químicos em exames que buscavam mapear e identificar entidades presentes no corpo humano em regiões específicas, o que ficou conhecido como medicina nuclear. Um dos primeiros elementos utilizados foi o Iodo 131, que se acumula na tireóide e emite raios gama. Esses raios vêm de dentro do corpo e trazem informações que permitem identificar problemas nessa glândula. Nesses tipos de exames são medidas, essencialmente, as concentrações dos radio-isótopos em cada ponto do corpo e, através delas, se verifica a existência de anomalias. Na atividade, a luz da lanterna representa a radiação vinda de dentro do corpo que nos permite obter informações sobre ele. Atualmente, o elemento mais utilizado é o Tecnécio, que é aprisionado por células cancerosas.

A imagem obtida por esse procedimento é uma imagem bidimensional, como a de um raio-X². Para resolver esse problema e conseguir imagens tridimensionais mais detalhadas do corpo, em 1972 G. Hounsfield criou a tomografia computadorizada, um sistema no

qual há um mapeamento completo do corpo através da análise da radiação emitida por todos os lados. Com isso foi criada a Tomografia Computada por Emissão de Fóton Único (SPECT), baseada na emissão de radiação gama por elementos radioativos.

Um exame semelhante ao SPECT é a Tomografia por Emissão de Póstron (PET). A diferença entre eles é que na PET o elemento radioativo não emite um raio gama, mas um póstron (β^+). O póstron é uma partícula, que ao encontrar um elétron, aniquila ambos emitindo raios gama, que, como no caso anterior, serão detectados para obtermos informações sobre o corpo.

Encaminhamento complementar

Para finalizar o estudo dos fenômenos nucleares, o professor pode discutir outras relações desses fenômenos com questões relacionadas às nossas vidas, como por exemplo:

1. Energia nuclear: um dos maiores problemas mundiais é o abastecimento de energia suficiente para toda população. Uma das soluções é a construção de usinas nucleares. No entan-

² É importante notar que o raio-X é uma radiação eletromagnética de alta frequência, como a radiação gama γ . No entanto, ele não é resultado de um processo nuclear, porque é obtido através da desaceleração de um elétron em um processo de colisão com um alvo.

to, há problemas em relação ao que fazer com os rejeitos radioativos e o perigo de acidentes, como o que ocorreu em Chernobyl.

2. Irradiação de alimentos: embora pouco discutido na mídia aberta, atualmente uma das formas de se tratar alimentos é submetê-los às radiações, de forma controlada. Os objetivos desse processo são: eliminar microorganismos, parasitas e pragas que podem prejudicar o alimento; eliminar bactérias e fungos que causam a deterioração dos alimentos; e inibir a maturação de alguns deles.
3. Tratamentos médicos e exames diagnósticos: além dos exames, como foi explicado na atividade, a radiação pode ser útil em tratamentos médicos como, por exemplo,

o câncer, através da incidência da radiação em tumores com o objetivo de eliminá-los.

4. Efeitos biológicos: apesar dos efeitos biológicos benéficos, a radiação pode trazer perigos à saúde. A absorção de uma dose muito grande de radiação pode provocar queimaduras muito intensas, que chegam a levar à morte. Além disso, pode haver efeitos tardios como, por exemplo, se danificarmos uma célula e ela passar a se reproduzir, gerando novas células imperfeitas, que caso não forem eliminadas pelo corpo, podem se tornar um câncer.

O professor pode apresentar esse panorama para os alunos e debater as vantagens e desvantagens, os riscos e benefícios de elementos nucleares em nossas vidas.

GRADE DE AVALIAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE APRENDIZAGEM

Situação de Aprendizagem	Expectativas ou Indicadores de Aprendizagem
8	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Reconhecer a importância do núcleo para a explicação de fenômenos que não se resumem às propriedades eletrônicas do átomo. ▶ Identificar as partículas que compõem o núcleo atômico. ▶ Explicar a importância do nêutron para estabilidade nuclear. ▶ Compreender o problema da instabilidade do núcleo.
9	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Compreender o processo de emissão de radiações pelo núcleo. ▶ Identificar os tipos de radiações emitidas pelo núcleo. ▶ Explicar processos de emissão de radiação em linguagem científica adequada.
10	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Reconhecer o papel dos fenômenos nucleares na sociedade contemporânea. ▶ Compreender as tecnologias de diagnóstico médico baseadas em processos atômicos. ▶ Explicar a possibilidade de se obter dados e informações sobre partes internas de um corpo por meio da radiação.

PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

1. Por que o núcleo, que é formado por partículas de mesmo sinal, se mantém unido?

*Porque existe uma força de atração entre o núcleons que mantém essas partículas unidas. Essa força de atração chama-se **força forte**.*

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

O nêutron ajuda a equilibrar o balanço entre a força forte, que é atrativa, e a força elétrica, repulsiva, pois ele é sensível somente à força forte.

3. Qual é o elemento resultante da emissão de uma partícula alfa por um núcleo de Urânio 238?

- a) ${}_{90}\text{Th}^{231}$
b) ${}_{91}\text{Pa}^{234}$
c) ${}_{90}\text{Th}^{238}$
d) ${}_{91}\text{Pa}^{238}$
e) ${}_{90}\text{Th}^{234}$

Como no decaimento alfa o elemento perde duas unidades no número atômico, que

define o elemento, e quatro unidades no número de massa, o núcleo resultante é o Tório 234.

4. Qual partícula deve ser emitida para que se mantenha o número de massa e diminua em uma unidade o número atômico?

- a) α .
b) β^+ .
c) β^- .
d) δ .
e) γ .

A diminuição do número atômico ocorre quando um próton se transforma em nêutron e emite um pósitron β^+ .

5. O que é uma série radioativa?

Em muitos casos é necessária uma determinada quantidade de emissões para que o núcleo se estabilize. Essas emissões são chamadas de Famílias Radioativas ou Série de Decaimentos. Existem na natureza três séries naturais, nas quais os elementos radioativos Urânio ou Tório se estabilizam em algum isótopo de chumbo.

PROPOSTA DE SITUAÇÕES DE RECUPERAÇÃO

Este bimestre foi dividido em dois grandes temas e focalizou a constituição da matéria, do ponto de vista atômico e nuclear, desenvolvendo principalmente as habilidades de compreensão dos processos científicos para o entendimento do mundo atômico e a capacidade de análise das tecnologias envolvidas. Alguns livros didáticos já trazem a discussão de temas de Física Moderna e neles é possível achar questões complementares e textos de apoio para as Situações de Recuperação.

Para retomar a discussão sobre os processos de construção do conhecimento, o professor pode realizar uma atividade que tem como objetivo desvendar o que há por dentro de uma “caixa-preta”. A montagem mais simples consiste em colocar pequenos objetos que façam diferentes barulhos e tenham pesos variados (por exemplo, pedaços de giz ou pequenos objetos de madeira ou metal) dentro de uma caixa de papelão, que tenha, no máximo, as dimensões de uma caixa de sapato. A caixa deve ser completamente vedada, de forma que não se possa abri-la, nem olhar para dentro dela. Os alunos deverão descobrir o que há dentro da “caixa-preta”, fazendo hipóteses sobre o que está escondido dentro dela. Depois que os alunos manipularem a caixa e fizerem suas hipóteses, o professor pode questionar se é possível “ver” dentro da caixa e como é possível saber o que tem dentro dela. Com esta atividade, o professor pode rediscutir as formas que o cientista estuda o mundo atômico, por meio da construção de modelos que buscam representar uma realidade que nos é pouco acessível. Uma atividade semelhante, com um roteiro completo para sua realização, se

encontra no *site* <<http://nupic.incubadora.fapesp.br/portal/pcsp>>.

Para retomar a discussão sobre o modelo atômico quantizado, o professor pode sugerir que os alunos façam uma pesquisa sobre os primeiros modelos atômicos, propostos por Joseph John Thomson, Ernest Rutherford e Niels Bohr, no final do século XIX e início do XX. Os alunos deverão compará-los, evidenciando as suas diferenças e semelhanças em relação à existência de cargas elétricas e em relação a como estas cargas eram distribuídas ou organizadas dentro do átomo. Para a pesquisa, eles podem consultar textos de Física e Química. Complementando a pesquisa, os alunos podem ser separados em grupos para realizar um debate, no qual cada equipe deverá apresentar e defender as idéias referentes a um modelo atômico específico.

Além dos materiais especificamente didáticos, é possível retomar os temas tratados através da leitura e discussão de artigos e livros de divulgação científica como *Alice no país do quantum* de Robert Gilmore, *O incrível mundo da física moderna* de George Gamov, *As aventuras científicas de Sherlock Homes* de Colin Bruce, entre outros que o professor pode escolher, de acordo com o tema da recuperação e sua preferência de autor. Esses textos aqui sugeridos permitem resgatar e rediscutir muitas das questões propostas nas Situações de Aprendizagem. Selecione capítulos ou trechos em que o autor trata o tema de interesse e solicite ao aluno que o leia, faça uma síntese ou um pequeno resumo e responda às questões que o professor julgar relevante, demonstrando que o aluno compreendeu o texto.

RECURSOS PARA AMPLIAR A PERSPECTIVA DO PROFESSOR E DO ALUNO PARA A COMPREENSÃO DO TEMA

Sites

PCSP – O material complementar às atividades e outros exercícios propostos podem ser encontrados no *site*: <<http://nupic.incubadora.fapesp.br/portal/pcsp>>. Acesso em 30 jun. 2008.

LABORATÓRIO DE ESPECTROSCOPIA ATÔMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE – Há uma introdução interessante sobre a análise dos elementos no *site* do Laboratório de Espectroscopia Atômica da Universidade Federal Fluminense, no seguinte endereço: <www.if.uff.br/plasma/espectroscopia.htm>. Acesso em 30 jun. 2008.

O USO DO LASER NA MEDICINA MODERNA – Sobre as aplicações do *laser* na medicina há informações no *site* da Universidade Federal de Santa Catarina, disponível no *link*: <www.ced.ufsc.br/men5185/trabalhos/A2005_outros/39_laserm/apli.htm>. Acesso em 30 jun. 2008.

CENA – Informações sobre o papel das radiações na agricultura podem ser obtidas no *site* do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP) disponível em: <www.cena.usp.br>. Acesso em 30 jun. 2008.

CNEN – O centro nacional de energia nuclear disponibiliza algumas apostilas educativas que podem servir de apoio ao professor no *site*: <www.cnen.gov.br/ensino/apostilas.asp>. Acesso em 30 jun. 2008.

NAEG – As discussões sobre modelos atômicos também podem ser complementadas com a utilização das unidades 1 e 2 do módulo 6 da apostila de Física, elaborada no projeto pró-universitário disponível em bibliotecas

ou no *site*: <<http://naeg.prg.usp.br/puni/disciplinas/fisica/homedefisica/arquivos/modulo6/modulo6.pdf>>. Acesso em 30 jun. 2008. Neste material há uma apresentação sobre a constituição atômica e exercícios relacionados ao tema. Além disso, há uma discussão sobre a tecnologia associada aos fenômenos atômicos.

Livros e Artigos

BAGNATO, V. S. O Magnífico *Laser*. In: *Ciência Hoje*, vol.37, n.222, dezembro de 2005.

_____. Os Fundamentos da Luz *Laser*. In: *Física na Escola*, vol.2, n.2, 2001.

(Artigos interessantes para compreensão do fenômeno da produção da luz laser.)

BROCKINGTON, G; SOUSA, W. B. UETA, N. *Física*: Módulo 6. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2003.

(Apostila para estudantes do Ensino Médio, com atividades e exercícios.)

FIGUEIRAS, C. A. L. A Espectroscopia e a Química. In: *Química Nova na Escola*, n.3, maio de 1996.

(Artigo interessante que aprofunda as questões históricas relacionadas à análise espectroscópica.)

TIPLER, P. e Llewellyn, C. *Física Moderna*. São Paulo: Editora LTC, 2001.

(Livro técnico, destinado a estudantes de graduação, que contém uma discussão aprofundada, mas acessível, sobre tópicos de Física Moderna.)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste bimestre estudamos os fenômenos atômicos e subatômicos e buscamos ressaltar que os átomos são importantes para compreensão do Universo. No próximo bimestre,

que será o último deste ano letivo, discutiremos algumas partículas menos conhecidas e aprenderemos um pouco mais sobre nanotecnologia.

