

caderno do
PROFESSOR

FÍSICA



ensino médio
3^a SÉRIE
volume 4 - 2009



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador
José Serra

Vice-Governador
Alberto Goldman

Secretário da Educação
Paulo Renato Souza

Secretário-Adjunto
Guilherme Bueno de Camargo

Chefe de Gabinete
Fernando Padula

Coordenadora de Estudos e Normas
Pedagógicas
Valéria de Souza

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

Coordenador de Ensino do Interior
Rubens Antonio Mandetta

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

Coordenação do Desenvolvimento dos Conteúdos Programáticos e dos Cadernos dos Professores

Ghislaine Trigo Silveira

AUTORES

Ciências Humanas e suas Tecnologias

Filosofia: Paulo Miceli, Luiza Christov, Adilton
Luís Martins e Renê José Trentin Silveira

Geografia: Angela Corrêa da Silva, Jaime
Tadeu Oliva, Raul Borges Guimarães, Regina Araujo,
Regina Célia Bega dos Santos e Sérgio Adas

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

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

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Biologia: Ghislaine Trigo Silveira, Fabíola Bovo
Mendonça, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene
Aparecida Esperante Limp, Maria Augusta
Querubim Rodrigues Pereira, Olga Aguiar Santana,
Paulo Roberto da Cunha, Rodrigo Venturoso
Mendes da Silveira e Solange Soares de Camargo

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

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

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

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

Arte: Gisa Picosque, Mirian Celeste Martins,
Geraldo de Oliveira Suzigan, Jéssica Mami Makino 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 Araujo Donnini Rodrigues,
Priscila Mayumi Hayama e Sueli Salles Fidalgo

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

Matemática

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

Caderno do Gestor

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

Equipe de Produção

Coordenação Executiva: Beatriz Scavazza
Assessores: Alex Barros, Beatriz Blay, Carla de
Meira Leite, Eliane Ymbanis, Heloisa Amaral Dias
de Oliveira, José Carlos Augusto, Luiza Christov,
Maria Eloisa Pires Tavares, Paulo Eduardo Mendes,
Paulo Roberto da Cunha, Pepita Prata, Renata Elsa
Stark, Ruy César Pietropaolo, Solange Wagner
Locatelli e Vanessa Dias Moretti

Equipe Editorial

Coordenação Executiva: Angela Sprenger
Assessores: Denise Blanes e Luis Márcio Barbosa
Projeto Editorial: Zuleika de Felice Murrie
Edição e Produção Editorial: Conexão Editorial,
Verba Editorial, Aeroestúdio e Occy Design (projeto
gráfico)

APOIO

FDE – Fundação para o Desenvolvimento da
Educação

CTP, Impressão e Acabamento

Imprensa Oficial do Estado de São Paulo

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

COORDENAÇÃO TÉCNICA

CENP – Coordenadoria de Estudos e Normas
Pedagógicas

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

S239c São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.

Caderno do professor: física, ensino médio - 3ª série, volume 4 / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Estevam Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luís Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Yassuko Hosoume. – São Paulo : SEE, 2009.

ISBN 978-85-7849-407-0

1. Física 2. Ensino Médio 3. Estudo e ensino I. Fini, Maria Inês. II. Rouxinol, Estevam. III. Brockington, Guilherme. IV. Gurgel, Ivã. V. Piassi, Luís Paulo de Carvalho. VI. Bonetti, Marcelo de Carvalho. VII. Oliveira, Maurício Pietrocola Pinto de. VIII. Siqueira, Maxwell Roger da Purificação. IX. Hosoume, Yassuko. X. Título.

CDU: 373.5:53

Caras professoras e caros professores,

Este exemplar do Caderno do Professor completa o trabalho que fizemos de revisão para o aprimoramento da Proposta Curricular de 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental – Ciclo II e do Ensino Médio do Estado de São Paulo.

Graças às análises e sugestões de todos os professores pudemos finalmente completar um dos muitos recursos criados para apoiar o trabalho em sala de aula.

O conjunto dos Cadernos do Professor constitui a base estrutural das aprendizagens fundamentais a serem desenvolvidas pelos alunos.

A riqueza, a complementaridade e a marca de cada um de vocês nessa elaboração foram decisivas para que, a partir desse currículo, seja possível promover as aprendizagens de todos os alunos.

Bom trabalho!

Paulo Renato Souza

Secretário 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 Caderno	8
Tema 1 – Partículas elementares	10
Situação de Aprendizagem 1– A matéria em uma perspectiva histórica	10
Situação de Aprendizagem 2 – A Ciência no Brasil	14
Situação de Aprendizagem 3 – Novas partículas no cenário da física	17
Situação de Aprendizagem 4 – Transformações de partículas	24
Situação de Aprendizagem 5 – O modelo dos <i>quarks</i>	27
Situação de Aprendizagem 6 – Aceleradores de partículas: novas perspectivas para o conhecimento	32
Tema 2 – Microeletrônica e informática	35
Situação de Aprendizagem 7 – Os meios de comunicação	35
Situação de Aprendizagem 8 – Transistores: o ouvido eletrônico	38
Situação de Aprendizagem 9 – A informação e a tecnologia na vida atual	42
Grade de Avaliação	44
Propostas de Situações de Recuperação	46
Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema	47

SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Caros(as) professores(as),

Este volume dos Cadernos do Professor completa o conjunto de documentos de apoio ao trabalho de gestão do currículo em sala de aula enviados aos professores em 2009.

Com esses documentos, a Secretaria espera apoiar seus professores para que a organização dos trabalhos em sala de aula seja mais eficiente. Mesmo reconhecendo a existência de classes heterogêneas e numerosas, com alunos em diferentes estágios de aprendizagem, confiamos na capacidade de nossos professores em lidar com as diferenças e a partir delas estimular o crescimento coletivo e a cooperação entre eles.

A estruturação deste volume dos Cadernos procurou mais uma vez favorecer a harmonia entre o que é necessário aprender e a maneira mais adequada, significativa e motivadora de ensinar aos alunos.

Reiteramos nossa confiança no trabalho dos professores e mais uma vez ressaltamos o grande significado de sua participação na construção dos conhecimentos dos alunos.

Maria Inês Fini

Coordenadora Geral
Projeto São Paulo Faz Escola

FICHA DO CADERNO

Partículas Elementares, Microeletrônica e Informática

Nome da disciplina:	Física
Área:	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
Etapa da educação básica:	Ensino Médio
Série:	3ª
Volume:	4
Temas e conteúdos:	<p>Evolução dos modelos de constituição da matéria</p> <p>Existência e diversidade de partículas subatômicas</p> <p>Processos de identificação e detecção de partículas subatômicas</p> <p>Semicondutores: sua presença em componentes eletrônicos e suas propriedades nos equipamentos contemporâneos</p> <p>Impacto social e econômico da automação e informatização na vida contemporânea</p>

ORIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO CADERNO

Para dar continuidade ao tema Matéria e Radiação, dividimos o conteúdo do Volume 4 em dois temas: Partículas Elementares e Microeletrônica, Informática.

Em etapas anteriores, os alunos já tiveram contato com fenômenos e modelos da escala atômica e nuclear. Continuaremos esse estudo tratando de outras partículas menos conhecidas do que aquelas estudadas até aqui (prótons, nêutrons e elétrons), e mostraremos que estas partículas podem ser tomadas como elementares na compreensão atual da Ciência. Exporemos os conceitos físicos, e os processos experimentais que possibilitam o estudo dessas entidades. Neste percurso, discutiremos os métodos de detecção destas partículas e os atuais experimentos realizados com aceleradores, assunto que integra a Física contemporânea. Trazer estes conteúdos para o ensino formal possibilita aos estudantes, não apenas a compreensão de novas interpretações para os fenômenos naturais e para os avanços tecnológicos do mundo contemporâneo, mas também a percepção de que a Ciência está em atividade investigativa, como até mesmo a mídia diária tem dado destaque.

Para o estudo deste tema, propomos seis Situações de Aprendizagem. A primeira consiste em uma pesquisa histórica sobre a concepção de matéria, que os alunos deverão realizar fora do horário de aula. A segunda busca problematizar o papel da Ciência no Brasil por meio de reportagens de época que relatam a relevância do trabalho de César Lattes na descoberta do méson $\pi(\pi)$. Na terceira, propõe-se uma atividade prática para discutir os métodos de análise de partículas em câmaras de bolhas. A quarta trabalha as possíveis reações nas quais uma partícula pode se transformar em outra. A quinta discute de uma maneira analítica a formação de outras

partículas a partir de um conjunto de partículas fundamentais, os *quarks*. A sexta discute a partir de reportagens atuais, os experimentos que vêm sendo realizados para o estudo das partículas em aceleradores.

Ao final da realização destas atividades, os alunos deverão ter compreendido o chamado modelo padrão, que é o atual modelo de organização das partículas elementares e de suas interações. Terão também uma oportunidade de discutir e avaliar como é possível aos cientistas pesquisar constituintes da matéria com dimensões da ordem de 100 milhões de vezes menores que um átomo.

Durante este processo, é possível avaliar, além dos conteúdos trabalhados, a evolução do aluno na análise e busca de estratégias de solução de situações-problema utilizando-se da linguagem científica apropriada. É importante também avaliar, por meio de acompanhamento cotidiano, sua participação nas atividades e discussões em sala de aula, bem como a capacidade de sistematizar suas ideias de forma coerente, quer em textos escritos, quer oralmente.

Na segunda parte do Caderno com o tema Microeletrônica e Informática, discutiremos os sistemas de comunicação analógica e digital e a tecnologia atual dos transistores, buscando destacar o impacto social destas tecnologias. Esta discussão promove a reflexão e a capacidade de argumentar sobre como novas tecnologias podem afetar nossas vidas possibilitando a percepção de uma importante aplicação da Física quântica.

Neste estudo serão apresentadas três atividades. A primeira consiste em uma discussão sobre os tipos de transmissão analógica e digital. Isto será feito por meio de um desafio,

em que os alunos deverão se comunicar por sinais utilizando-se de uma lanterna. Em seguida, utilizando-se um texto, propomos a apresentação de seu dispositivo, o transistor, que é a base de funcionamento de diversos equipamentos. Por fim, por meio de uma pesquisa feita pelos alunos, seguida de um debate, trataremos a influência da informatização na vida cotidiana atual.

Ao final dessas atividades, os alunos deverão ter apreendido as formas básicas de comunicação eletrônica e sua relação com a sociedade. Com isso, pode-se avaliar a com-

preensão do significado de determinados termos, bem como a participação e a pertinência dos alunos nos debates acerca dos elementos da Ciência e da tecnologia relacionados aos nossos hábitos atuais.

Recomendamos o ajuste da duração das Situações de Aprendizagem, em particular as que envolvem debates, de acordo com o seu planejamento e as características particulares dos seus alunos. É possível estender a duração de uma atividade, para ter condições de aprofundamento, e simplificar outras, conforme o rendimento, interesse e necessidades de cada turma.

TEMA 1 – PARTÍCULAS ELEMENTARES

As indagações sobre a composição e a estrutura da matéria acompanham a história humana. As primeiras ideias sobre os elementos constituintes da matéria, de que temos conhecimento, vêm dos filósofos da Grécia Antiga. Até hoje, esse tema é intensamente estudado. A chamada Física de Partículas busca compreender as entidades fundamentais da matéria, suas propriedades e caracte-

rísticas. Tais estudos não têm caráter apenas prático, mas de cogitação sobre a constituição do Universo. No início deste Caderno, iremos discutir como a matéria foi pensada ao longo da história da humanidade. Em seguida, estudaremos mais sistematicamente como a Física atual investiga esse mundo do infinitesimal por meio de bases teóricas e experimentais.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 A MATÉRIA EM UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA

Esta Situação de Aprendizagem, propõe, por meio de aulas expositivas e pesquisas realizadas pelos alunos, a construção de uma linha do tem-

po, na qual eles irão identificar como as concepções e ideias sobre a matéria foram transformadas e reformuladas ao longo da história humana.

Tempo Previsto: 3 aulas.

Conteúdos e temas: as concepções da matéria em diferentes períodos históricos.

Competências e habilidades: compreender os processos de construção da ciência em uma perspectiva histórica de longa duração.

Estratégias: pesquisa prévia e organização coletiva.

Recursos: roteiro de pesquisa e acesso à internet e outras fontes de pesquisa, fora do ambiente escolar.

Avaliação: avaliar a habilidade em obter informações sobre um tema predeterminado e capacidade de sistematização e organização em forma de um painel.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Os alunos vêm estudando, desde o Caderno anterior, as propriedades da matéria, do ponto de vista atômico e nuclear. Nesse contexto, discutiu-se a noção de partículas básicas que compõem o Universo e se investigou como isso se relaciona com as propriedades e

características observáveis dos corpos. Nesta atividade, buscaremos ressaltar que esta discussão não é nova, mas que a busca por se entender a constituição elementar da matéria é uma das questões mais antigas da humanidade, que nos remete ao século V a.C.

Roteiro 1: Construindo uma Linha do Tempo

Muitas coisas que estudamos em Física e em outras disciplinas são noções criadas em diferentes momentos do passado. Por exemplo, a descoberta do DNA tem pouco mais de 50 anos, o modelo atômico de Bohr que estudamos no Caderno anterior tem quase 100 anos, a noção de calor como energia tem cerca de 200 anos e assim por diante. Mas algumas ideias científicas podem ter uma tradição de mais de 2 500 anos. A busca dos elementos constituintes da matéria é muito antiga. Nesta atividade, vocês irão pesquisar alguns marcos importantes de como esta história se desenvolveu. Para isto, cada grupo de alunos deverá pesquisar um período histórico definido pelo professor, buscando compreender os seguintes aspectos:

1. Quais foram os mais importantes acontecimentos históricos da época.
2. Quem são os principais filósofos, pensadores ou cientistas do período.
3. Quais eram suas concepções sobre a matéria que compõe o Universo.

Mãos à obra

Para a realização de seu trabalho, vocês irão selecionar imagens que representem o tema pesquisado relativamente ao período determinado para o grupo. As imagens serão trazidas para a sala de aula e com elas vocês irão construir uma linha do tempo, que consistirá em um grande mural ilustrado representando todas as épocas. É importante que as imagens representem bem o que vocês pesquisaram e que cada grupo estude um período histórico diferente, para que, em conjunto, a classe construa o mural.

Encaminhando a ação

Para esta atividade estão previstas três aulas em sequência. Na primeira aula, sugerimos que você apresente a atividade, discutindo o aspecto histórico das ideias científicas. É possível questionar os alunos se as ideias relacionadas aos temas por eles estudadas nas aulas de Ciências, como calor, carga elétrica, DNA, moléculas etc., sempre existiram. Provavelmente eles responderão que não, pois já devem ter uma noção de que os conhecimentos científicos são construções humanas que se transformam ao longo da história. Em seguida, você pode questionar quão antigas podem ser as ideias que buscam explicar os elementos da natureza. Durante o debate é importante que percebam que algumas ideias podem remeter à Antiguidade, isto é, a

períodos muito anteriores à era Cristã. Com esta problematização inicial, você pode iniciar a atividade que ajudará a encaminhar a primeira questão do roteiro:

Quais foram os principais acontecimentos de cada época?

Para este debate é interessante que os alunos, organizados em grupos, exponham livremente as informações e concepções que trazem a respeito da época escolhida.

Os grupos podem ser organizados de acordo com os quatro períodos históricos: a Antiguidade (4000 a.C.–476 d.C.), a Idade Média (476 d.C.–1453 d.C.), a Idade Moderna (1453 d.C.–1789 d.C.) e a Idade Contemporânea (1789 d.C.–dias atuais). Esta é uma divisão

tradicional em história, mas você pode optar por fazer outra divisão do tempo, caso considere interessante.

Neste levantamento inicial, os alunos poderão citar vários episódios, como o nascimento de Cristo, o descobrimento do Brasil, as revoluções industriais, as viagens espaciais, a chegada à Lua etc. Além disso, poderão citar personagens, aspectos sociais ou culturais referentes a esses períodos. Caso seja possível, este debate pode ser feito junto com o professor de História, pois este pode ajudar a organizar a discussão. Ao final, cada grupo sistematiza o levantamento feito, que terá continuidade e será complementado com a pesquisa que realizarão sobre as concepções de matéria em cada uma dessas épocas.

No final desta primeira aula, você pode propor aos alunos a realização da pesquisa de imagens sobre estes acontecimentos para a montagem da linha do tempo. Nesta pesquisa eles deverão, além de trazer imagens diversas que retratem cada época, procurar identificar quais eram os pensadores ou cientistas e o que eles pensavam sobre a constituição da matéria.

Os alunos podem ter uma dificuldade inicial em realizar a pesquisa, pois ela é muito ampla. Para facilitá-la, sugira o nome de alguns filósofos ou cientistas considerados importantes por terem feito considerações sobre a constituição da matéria. Por exemplo, na Antiguidade, pode-se destacar o papel de Tales, Anaximandro, Anaxímenes, Heráclito, Demócrito, Leucipo, Empédocles, Platão, Aristóteles e Epicuro. Na Idade Média, Buridan, Oresme, Sacrobosco, Al-Hazen, Grossete, Fibonacci, Roger Bacon entre outros. Nos séculos XVI e XVII, Copérnico, Descartes, Galileu, Newton, Huygens e Hooke, Dalton e Mendeleiev. Nos séculos XVIII e XIX, Lagrange, Franklin, Voltaire, d'Alembert, Laplace, Coulomb,

Fresnel, Young, Maxwell, Hertz. No século XX, são nomes importantes: Bohr, Einstein, Planck, Dirac e Fermi.

Esta indicação dos filósofos e cientistas de cada período ajuda a encaminhar a pesquisa. No entanto, deve-se tomar cuidado para que os alunos não façam apenas a busca pelos autores citados, apresentando somente uma breve biografia destes. É fundamental que eles busquem compreender o que estes autores pensavam sobre a composição da matéria. Além disto, deve-se orientá-los para que contextualizem o período escolhido, pesquisando acontecimentos, personagens e fatos importantes, de acordo com o que já foi discutido anteriormente.

Oriente-os sobre o tipo de imagem ou texto que podem selecionar do período histórico: imagens relacionadas a personagens, a fatos, além de outras que possam ser relevantes para a contextualização da época (meios de transporte e de comunicação, costumes, vestuário, nomes ou cartazes de filmes e obras literárias sobre esse período, noticiários etc.); fotografias dos pensadores/cientistas; ilustrações (desenhos ou esquemas que eles mesmos podem criar) sobre suas concepções da matéria.

Na segunda aula, com as figuras em mãos, os alunos deverão montar a linha do tempo. A colagem pode ser feita em cartolinas ou em papel pardo, de forma a construírem um grande mural. Para isto, eles irão colar as figuras em ordem cronológica, buscando alguma escala aproximada. Quando houver duas figuras para o mesmo período histórico, elas podem ser colocadas uma ao lado (ou abaixo) da outra.

Após a colagem, pode-se propor aos alunos que façam uma pequena legenda para cada parte do mural, indicando as principais características de cada período como, por exemplo,

que tipo de religião as pessoas seguiam, quais os principais meios de produção de alimento, quais regiões e países tinham maior importância etc.

Na terceira aula, os alunos irão explorar as concepções de matéria ao longo da história. Isto pode ser feito de maneira semelhante à realizada na aula anterior, isto é, solicite aos alunos que façam um breve resumo das concepções de matéria de cada um dos períodos, com alguma representação destas, para ser colado juntamente à linha do tempo. Como isto será feito entre a segunda e terceira aulas, eles podem aprofundar suas pesquisas durante esse intervalo. Deverão perceber, por exemplo, que a noção de átomo já aparece na Antiguidade, com Demócrito e Leucipo; e que, na mesma época, alguns filósofos acreditavam que existiria algum elemento fundamental como a água ou o ar; que na Idade Média havia os alquimistas que buscavam compreender qual a essência da matéria, como ela se combina e como é possível formar novos elementos. Ou ainda, que na Idade Moderna, além da matéria conhecida por exemplo na visão de Dalton, era considerada a existência de fluidos imponderáveis como o éter, o calórico e o flogisto, e assim por diante.

Para a realização da atividade, é necessário que os alunos façam as pesquisas entre as aulas. Como o intervalo entre as aulas pode ser curto, ou podem ocorrer duas aulas seguidas, uma possibilidade é iniciar a primeira Situação de Aprendizagem, depois propor a pesquisa, e, a seguir, realizar a segunda Situação de Aprendizagem, criando um intervalo maior para a realização da pesquisa e somente depois sugerir a construção da linha do tempo.

Caso você tenha mais tempo na sequência da atividade, é possível explorar com mais cuidado o significado da contribuição dos autores apresentados anteriormente em relação às suas concepções de matéria. Como

o número de autores citados é muito grande, podem-se explorar apenas alguns casos como exemplo. Na Antiguidade, por exemplo, pode-se fazer uma discussão interessante, destacando-se que, para alguns filósofos, como Tales, Anaximandro, Anaxímenes e Empédocles, deveria existir algum elemento primordial, como a água, o ar, o fogo etc., que seria a base de todo Universo.

É interessante notar que, ao se considerar a existência de um elemento (ou quatro, no caso de Empédocles) a partir do qual a matéria é formada, esse elemento deveria se transformar em tudo que há no Universo. Por meio de uma analogia, podemos afirmar que a visão de mundo desses pensadores era algo semelhante à de um artesão que faz da argila a matéria prima do seu trabalho. Este elemento consegue dar forma ao conjunto de coisas que existem ao seu redor, composto por pratos, vasos, jarros etc., a partir de apenas um elemento fundamental, a argila, que se transforma em todos os objetos que ele constrói.

Essa mesma visão será defendida posteriormente por Aristóteles, para quem a matéria é a capacidade de adquirir diferentes formas. Em contraposição a esses autores, havia os atomistas, Demócrito e Leucipo, que consideravam toda matéria composta por pequenas partes indivisíveis e que, por isso, foram chamadas de átomos. Os átomos estariam em constante movimento em um espaço vazio. Um átomo sozinho é invisível. No entanto, quando eles se reúnem em um conjunto formam a matéria perceptível a nós.

A teoria atomista foi reformulada anos depois por Epicuro, que atribuiu aos átomos diferentes formas, tamanhos e pesos para explicar alguns fenômenos. Apesar de os átomos poderem ser de muitos tipos, para Epicuro esta quantidade deveria ser finita e cada átomo seria um elemento imutável.

Após esta discussão, sempre somos tentados a achar que nossa visão de matéria tem uma herança puramente atomista e que a visão aristotélica foi completamente superada. *Mas, será que isso é verdade?* Este ponto será esclarecido nas próximas atividades.

Na continuação do Caderno, veremos que, apesar de a matéria ser formada de partículas, muitas destas são instáveis, isto é, podem se transformar, tornando-se novas partículas em um decaimento natural ou em uma interação em altas energias. Este ponto já pode ser discutido com os alunos, pois esta será a questão que guiará o estudo deste caderno.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 A CIÊNCIA NO BRASIL

Na Situação de Aprendizagem anterior, realizamos uma pesquisa mostrando a importância dos trabalhos de muitos filósofos e cientistas ao longo do tempo para a formação das ideias contemporâneas sobre a constituição da matéria. No entanto, como raramente em uma pesquisa como esta aparece a contri-

buição de algum cientista brasileiro, nesta Situação de Aprendizagem buscaremos mostrar a importância que o trabalho de César Lattes* teve para a compreensão da matéria em meados do século XX, quando a estrutura do núcleo atômico era um dos temas de pesquisa mais importantes.

Tempo Previsto: 1 aula.

Conteúdos e temas: apresentação histórica da importância do méson π e o papel do Brasil na ciência mundial.

Competências e habilidades: compreender os processos de criação da ciência em uma perspectiva histórica; reconhecer a participação da ciência brasileira no cenário mundial; desenvolver a competência de leitura.

Estratégias: atividade de leitura e interpretação de notícia sobre descoberta científica.

Recursos: roteiro de atividade, reportagens antigas.

Avaliação: realização e qualidade das respostas às questões propostas.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Durante toda a formação escolar na área de Ciências, é comum os alunos ouvirem referências a cientistas estrangeiros, principalmente europeus, mas raramente a cientistas ou contribuições brasileiras nesse campo. Uma explica-

ção para isto é que a ciência brasileira é muito recente se comparada à europeia, da mesma forma que o Brasil é um país muito mais “jovem” que os europeus. Isto contribui para que citemos cientistas brasileiros já no período con-

* Cujo nome de registro era, de fato, Cesare Mansurto Giulio Lattes.

temporâneo, principalmente a partir do segundo quarto do século XX. Como os temas de Física estudados fazem parte, em sua maioria, da ciência anterior ao século XX, é mais raro que a contribuição brasileira possa aparecer. Disso pode resultar a sensação de que o Brasil não teria ciência. Uma possível consequência desta sensação é a ideia, por parte dos alunos,

de não haver por que estudar Física em um país que não desenvolve ciência. Deste modo, e por ser um exemplo relevante sobre o papel de um cientista em uma importante descoberta, a reportagem de época proposta é uma oportunidade para que os alunos conheçam e “entrem na história” em um marco importante da pesquisa em partículas elementares.

Roteiro 2: Cientistas brasileiros

Na atividade anterior vocês realizaram um trabalho de pesquisa que buscou mostrar a importância que pessoas de diferentes épocas tiveram para o desenvolvimento da ciência. Você se lembra se algum dos filósofos/cientistas que apareceram em seu trabalho era brasileiro? O que havia por aqui nos tempos de Aristóteles e nos de Galileu? Você saberia dizer o nome de algum brasileiro que fez parte de alguma descoberta científica? Se sua resposta foi não novamente, talvez você se surpreenda com o texto a seguir:

Mãos à obra

A seguir reproduzimos o texto de uma reportagem publicada em 10 de março de 1948, no *Correio Paulistano*, um importante jornal da época.

Feita a leitura, vocês terão o seguinte desafio: o título da reportagem original foi retirado. A ideia é que vocês sugiram seus próprios títulos para a matéria, baseados em sua compreensão do texto.

Correio Paulistano

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

A imprensa vespertina publica com grande destaque o noticiário procedente dos Estados Unidos sobre a descoberta de um cientista brasileiro, César Lattes, de São Paulo, e anunciada agora, oficialmente nos Estados Unidos. Trata-se da produção do Méson, ligado à desintegração atômica e até então somente constatado no raio cósmico. César é um jovem cientista formado pela Universidade de São Paulo, contando 23 anos. É assistente de Física Nuclear da mesma Universidade, tendo se especializado em Física Superior na Inglaterra durante dois anos, no Laboratório de Física da Universidade de Bristol, em gozo de bolsa de estudos. Dali foi convidado a trabalhar na Califórnia com o prof. Lawrence e outros cientistas americanos, num grande ciclotron de 4 mil toneladas. Ali acaba de realizar sua sensacional descoberta referente à produção do Méson, até então só constatado nos raios cósmicos. O Méson é o elemento intermediário entre o Próton e o Elétron, tendo grande importância como componente nuclear. Esses dois elementos já haviam sido produzidos artificialmente, mas o “Méson” só agora o foi graças aos trabalhos do cientista bandeirante.

Encaminhando a ação

Antes de realizar a atividade, você pode questionar os alunos se existem cientistas brasileiros, onde eles trabalham e se algum deles já realizou alguma contribuição importante na Física. Após essa discussão, feita sob um ponto de vista mais geral, pode-se questionar também a possibilidade de um cientista brasileiro ter feito alguma descoberta/invenção em relação aos temas que os alunos vêm estudando.

Por meio da leitura da reportagem espera-se, primeiramente, que os alunos percebam o papel que o cientista César Lattes teve na descoberta do méson π . Além disso, eles devem reconhecer que o méson é relatado como um constituinte (partícula) nuclear, que até então não era conhecido. Você pode esclarecer ou

reforçar a ideia de que Lattes não fez a descoberta sozinho mas juntamente com o italiano Giuseppe Occhialini e o inglês Cecil Powels, este último o líder da equipe que recebeu o prêmio Nobel pela descoberta em 1950.

O título original da reportagem é: *Descoberta de um cientista brasileiro: trata-se do méson, importante componente nuclear*. O objetivo da primeira parte da atividade não é que os alunos acertem o título original da reportagem. A estratégia de pedir para que eles deem seu próprio título é a de fazer que leiam o texto com cuidado e manifestem a compreensão que tenham dele por meio do título proposto. Você pode anotar na lousa os vários títulos sugeridos e pedir aos alunos que os justifiquem. Ao final, apresenta-se o título original para que comentem e confrontem com os sugeridos por eles.



Fonte: Rede de Jornais Leste.

Para dar continuidade à discussão da atividade é recomendável trabalhar com os alunos, com mais profundidade, o significado da descoberta de Lattes. Uma das questões mais importantes da Física nos anos 1930 e 1940 era compreender como o núcleo se torna coeso por meio da força nuclear forte (este tema foi introduzido no Caderno anterior e recebeu este

nome para distingui-lo da força nuclear fraca responsável pelo decaimento beta no qual, por exemplo, um nêutron emite um elétron e um neutrino se transforma em próton.). Em outras palavras, podemos dizer que, na época, buscava-se compreender como um próton ou nêutron interage com outro próton ou nêutron, de forma a ficarem coesos no núcleo, já que os prótons

se repelem pela força eletromagnética e os nêutrons não têm carga elétrica. Foi daí que surgiu a proposta dessa “força forte”, atrativa, que age entre os constituintes do núcleo, em distâncias de muito curto alcance, sobrepondo-se à força eletromagnética repulsiva entre os prótons.

Nos anos da década de 1930, o físico japonês Hideki Yukawa propôs que a força forte existe somente porque há uma terceira partícula nuclear, além do próton e do nêutron, que ele chamou de méson. A comunicação entre núcleos (prótons e nêutrons) é feita pelas trocas de mésons. A partícula de Yukawa seria como uma bola de pingue-pongue que é trocada constantemente entre jogadores e por esta troca de mésons há uma interação que mantém ambos unidos. De acordo com a teoria de Yukawa, esta partícula deveria ter

uma massa com um valor intermediário entre as massas do próton e do elétron. Isso fez com que ele a denominasse méson.

Após a proposta teórica de Yukawa, um dos maiores desafios da época passou a ser a comprovação dessa teoria por meio da detecção do méson. Em 1947, César Lattes, com a colaboração de um grupo na Inglaterra, consegue detectar o méson por meio do estudo experimental de raios cósmicos (raios que são produzidos quando partículas que vêm do espaço colidem com núcleos de elementos presentes na atmosfera). Após essa primeira descoberta, no início de 1948, ele conseguiu observar o méson em uma produção artificial em laboratório, que foi amplamente divulgada, como vimos na reportagem. Com isso, parte do mistério sobre a natureza da “força forte” estava resolvido.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 NOVAS PARTÍCULAS NO CENÁRIO DA FÍSICA

Nesta Situação de Aprendizagem iremos tratar do processo de detecção de partículas em câmaras de bolhas, procedimento muito utilizado no início das pesquisas em partículas. Trata-se de uma caixa com fluido instável, em que a simples passagem de uma partícula carregada basta para produzir bolhas que

marcam sua trajetória. Com uma atividade de investigação fundamentada nas trajetórias realizadas pelas diferentes partículas subatômicas busca-se, além da apresentação das diversas partículas, a apresentação e problematização deste método de conhecimento da natureza.

Tempo Previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: análise de partículas em câmaras de bolhas.

Competências e habilidades: análise de dados experimentais e compreensão dos processos de construção de ideias na ciência.

Estratégias: atividade prática de análise de imagens representando as trajetórias de partículas.

Recursos: roteiro de pesquisa e imagens semelhantes às obtidas em câmaras de bolhas.

Avaliação: avaliar a habilidade de se analisar dados experimentais adequadamente.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Os alunos já conhecem as partículas que são a base da composição atômica: o próton, o nêutron e o elétron. Na atividade anterior foi apresentada uma nova partícula, que atualmente é chamada de méson π . Durante os anos 1950, principalmente, foram descobertas ou-

tras partículas até então desconhecidas. Uma pergunta que se pode fazer, em especial após a leitura da reportagem sobre a descoberta do méson, é: *De que modo os físicos “descobrem” ou detectam a existência dessas partículas tão diminutas?*

Roteiro 3: Descobrimo novas partículas

Na atividade anterior, vimos que uma partícula ainda não conhecida, o méson π , foi descoberta em 1947. Com isso, alguém poderia se perguntar: Existem outras partículas ainda não conhecidas? A resposta é sim! Há mais de cinquenta anos conhecemos uma série de partículas que se parecem em muitos aspectos com os prótons, os nêutrons e os elétrons, no entanto, pouco se fala sobre elas. Ocorre que a maior parte dessas partículas tem um “tempo de vida” muito curto; por conseguinte, muitas delas só são detectadas em ambientes de altíssimas energias.

Os primeiros estudos que puderam detectar esse tipo de partícula envolviam a pesquisa com raios cósmicos, isto é, radiação originária do espaço que chega à Terra dotada de alta energia. O dispositivo de detecção utilizado chama-se câmara de bolhas, que consiste em um recipiente fechado com uma nuvem de vapor e gás. Com este dispositivo é possível detectar a passagem de uma dessas partículas através do rastro que ela deixa na nuvem, como quando um avião passa no céu e deixa um rastro que indica qual foi a sua trajetória. Pelo estudo do caminho percorrido pela partícula na câmara de bolhas, podemos descobrir suas características, tais como sua massa e carga elétrica.

Antes de estudarmos a detecção de partículas, vamos fazer o seguinte exercício:

1. Observe a Figura 1. Ela demonstra as pegadas que foram deixadas em um local.

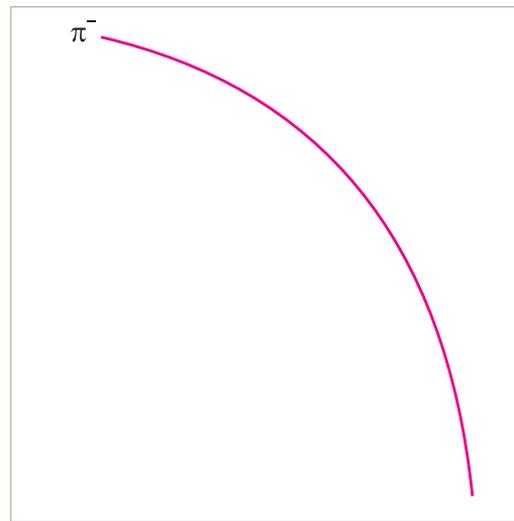
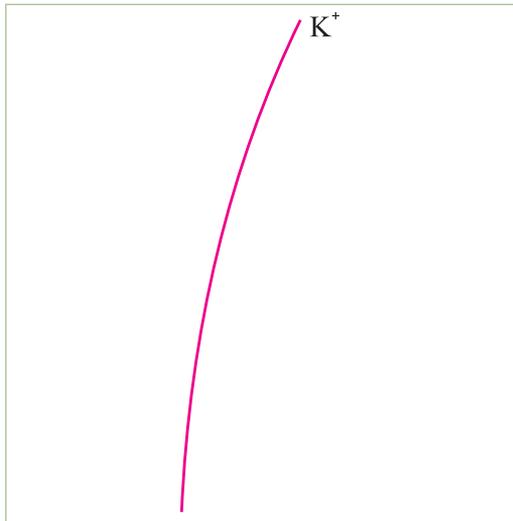


© Jairo de Souza Design Gráfico

Figura 1 – Pegadas.

2. Agora, “invente” e relate para a classe uma história que explique o que você observa.
3. O que se pode concluir a partir das várias histórias ou explicações dadas para a figura?

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



Gráficos: © Jairo de Souza Design Gráfico

Figura 2 – Rastros deixados por um *kaon* positivo (K^+) e por um pión negativo (π^-).

As partículas fazem uma trajetória curva devido à presença de um campo magnético na câmara. Aquelas com carga elétrica diferente de zero sofrem uma força perpendicular ao seu movimento quando entram em uma região de campo magnético. Esta força depende da carga elétrica, sendo tanto mais intensa a força quanto maior a carga. O mais importante é que, dependendo do sentido da força, para a direita ou para a esquerda, é possível saber se a carga elétrica é positiva ou negativa (veja que a partícula positiva está curvada para a direita e a negativa para a esquerda). Além disso, conforme a curvatura da trajetória, como foi mostrado na figura anterior, é possível obter sua massa.

Isto ocorre porque, se temos duas partículas nas mesmas condições iniciais, isto é, mesma carga elétrica e mesma energia cinética, ambas entrando em um campo magnético de mesma intensidade, a partícula de menor massa terá uma trajetória mais curva. Assim podemos afirmar que no caso anterior o *kaon* tem uma massa maior do que o pión, pois sua trajetória é menos curva.

Mas, o que torna o estudo em câmaras de bolhas mais interessante não é apenas observar uma partícula passando, mas poder pegá-la no “flagra” se transformando em outras partículas. Esta transformação pode ocorrer espontaneamente ou por intermédio de uma colisão. Veja o exemplo a seguir:

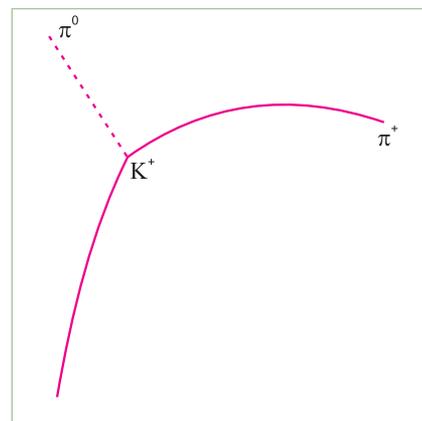


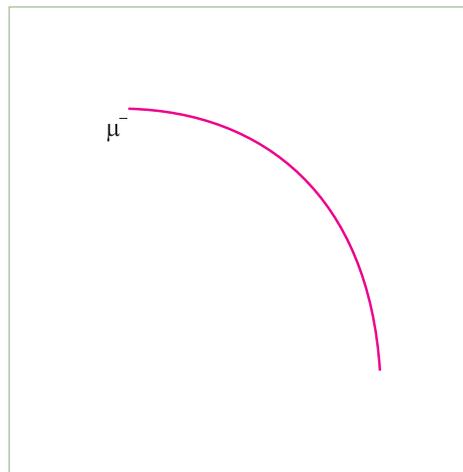
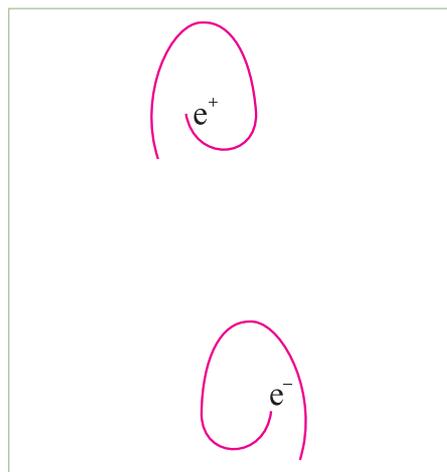
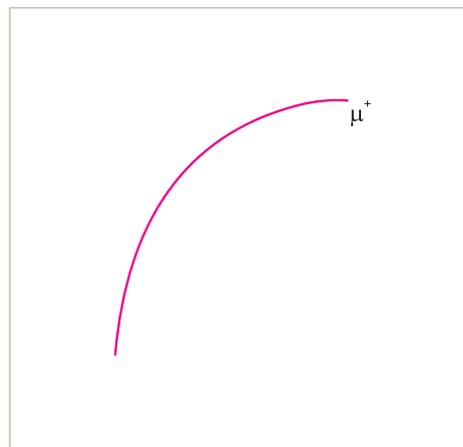
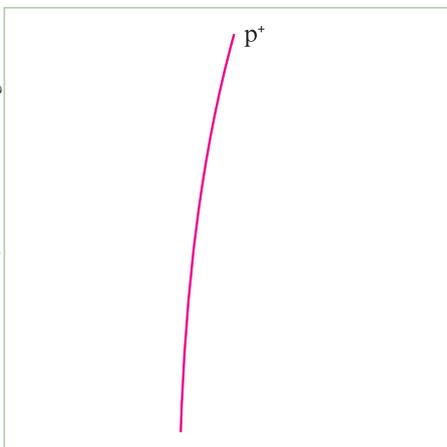
Figura 3 – Um *kaon* positivo (K^+) entra na câmara de bolhas e, em um determinado instante, decai, isto é, transforma-se em um pión positivo (π^+) e em um pión neutro (π^0).

As partículas neutras não são detectadas nas câmaras de bolhas e por isso são apresentadas com uma linha tracejada, apenas para indicar sua existência. Mesmo não aparecendo, elas devem ser consideradas para que os fenômenos possam ser explicados, como veremos a seguir.

Materiais

- ▶ Figuras das partículas de referência impressas em transparência.
- ▶ Figuras mostrando os decaimentos ou interações entre partículas.

Gráficos: © Jairo de Souza Design Gráfico



Mãos à obra

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

Abaixo, apresentamos imagens que diferentes partículas deixaram ao passar em uma câmara de bolhas sem ocorrer nenhuma interação ou decaimento.

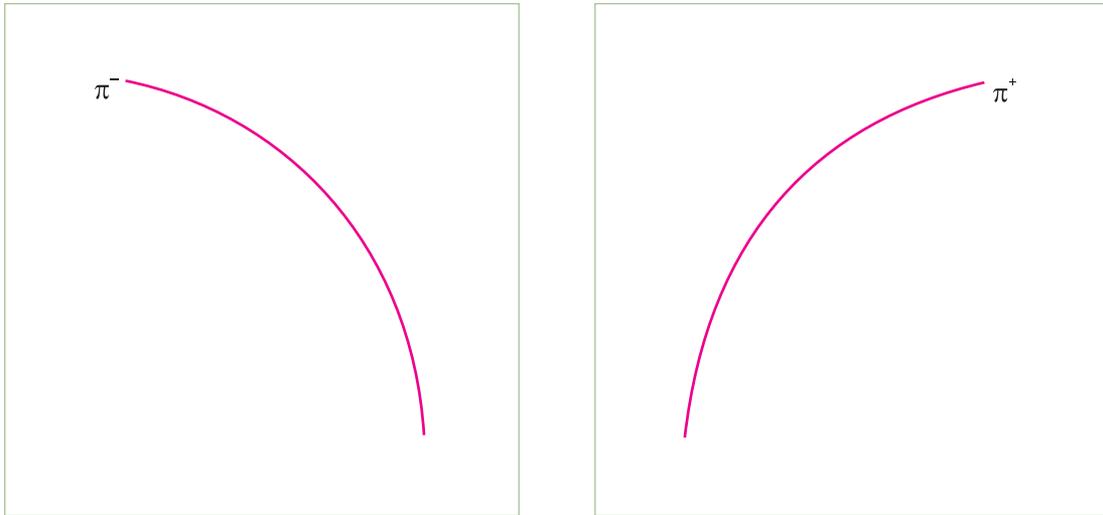


Figura 4 – Partículas de referência, conjunto de seis trajetórias.

Diferentes reações em câmaras de bolhas

Agora, utilizando estas imagens, vocês deverão descobrir quais transformações ocorreram com o conjunto de partículas. Para fazer isto, é preciso comparar as imagens da Figura 4 com as trajetórias das partículas desconhecidas em cada uma das reações. Dessa forma é possível descobrir qual transformação ocorreu em cada um dos casos.

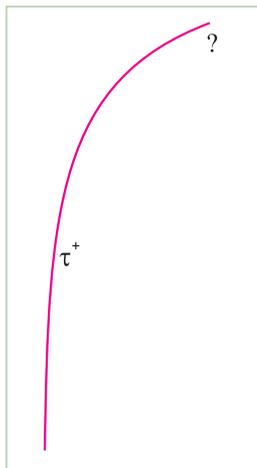


Figura 5.

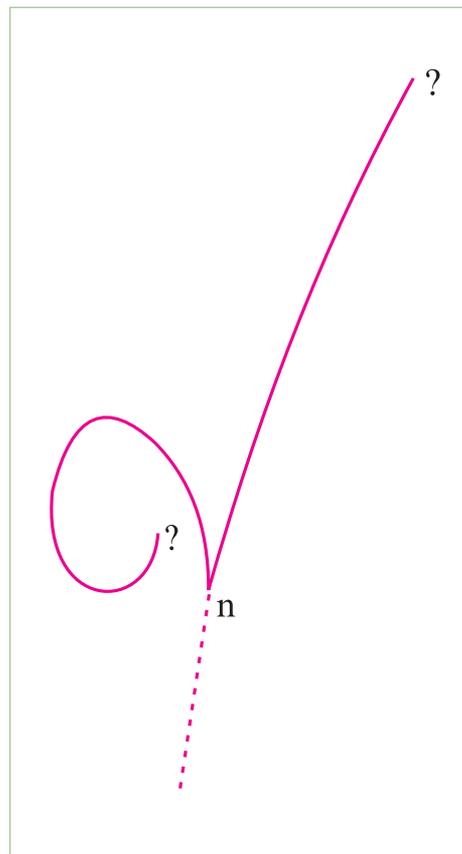


Figura 6.

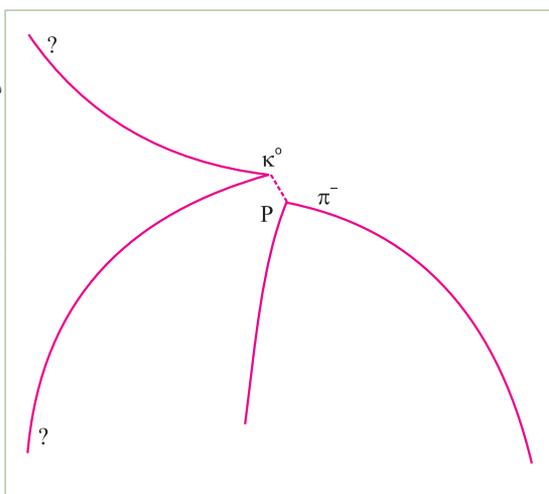


Figura 7.

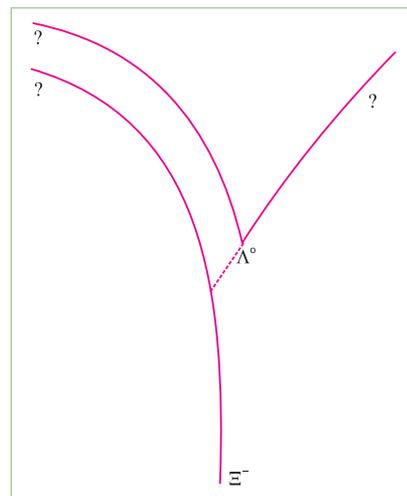


Figura 8.

Encaminhando a ação

Ao analisar a Figura 1 (das pegadas), os alunos devem relatar (por escrito ou oralmente, a seu critério) suas explicações para o que está ali representado. *O que aconteceu quando os donos das pegadas se encontraram no meio do caminho?* É possível fazer uma série de hipóteses, como a de que o bicho de pata maior comeu o de pata menor, ou que este voou ou montou no outro, e assim por diante. O interessante, que deve ficar claro, é que, por meio de um conjunto de rastro, é possível criar hipóteses sobre o que aconteceu quando essas duas “coisas” ou espécimes (animais) se encontraram. Desafio semelhante será realizado pelos alunos ao analisarem as trajetórias das partículas nas câmaras de bolhas. Por meio delas, deverão descobrir como uma partícula pode se transformar e/ou interagir em/com outras partículas.

Esta discussão inicial ajuda a contextualizar o procedimento a ser realizado na atividade seguinte. No entanto, esta outra atividade se baseia em conceitos e leis próprias do conhecimento físico (que os alunos devem ter claro ao realizar a atividade), como a exis-

tência de outras partículas além do próton, nêutron e elétron, as interações eletromagnéticas (estudadas nos Cadernos 1 e 2 da 3ª série do Ensino Médio) e leis de conservação das quantidades de movimento e da energia.

O procedimento da atividade seguinte consiste na comparação da trajetória das partículas desconhecidas, presentes nas reações com a trajetória de partículas previamente conhecidas. Busca-se descobrir as partículas presentes em cada transformação. Para tornar a comparação mais fácil, é interessante que os alunos sobreponham sua figura das partículas de referência (Figura 4) para comparar com as figuras das reações (Figuras 5, 6, 7, 8), olhando contra a luz. No Caderno do Aluno as folhas podem ser destacadas.

Outra consideração importante é que muitas destas partículas não são estáveis, podendo se transformar em outras partículas, sempre tendendo a um estado de estabilidade. Este tipo de decaimento ocorre naturalmente, e isto depende apenas de um determinado tempo para ocorrer. Tal fenômeno acontecerá em três dos casos analisados pelos alunos.

Eles devem verificar que na primeira reação (Figura 5) a partícula tau (τ^+) se transforma, isto é, decai em múon (μ^+), sendo ambas positivas. Isto pode ser verificado pela mudança de curvatura na trajetória da partícula. Na segunda (Fig. 6), um nêutron (n), indicado pela linha tracejada na figura, decai em próton (p) e elétron (e^-). Vale comentar que o elétron, de massa bem menor, tem a trajetória mais curvada pelo campo magnético e logo para, por perda da energia usada para produzir as bolhas. Na quarta e última reação (Figura 8), ocorrem dois decaimentos em sequência. Um xi negativo (Ξ^-) decai em um pión negativo (π^-) e em um lambda neutro (Λ^0), que, por sua vez, decai em próton (p) e em outro pión negativo (π^-).

Além das partículas poderem decair naturalmente quando duas delas colidem, nesta interação elas também podem se transformar. Na terceira reação apresentada (Figura 7), um próton (p) e um pión negativo (π^-) interagem entre si, transformando-se em um kaon neutro (K_L^0) que, por sua vez, decai em um pión positivo (π^+) e em um pión negativo (π^-).

Finalmente, outro aspecto relevante da atividade é mostrar o processo de detecção destas partículas. Apesar de não podermos “vê-las” diretamente, podemos identificá-las por meio de sua passagem em uma câmara de bolhas. É importante que os alunos entendam os processos de construção de ideias na ciência,

principalmente quando se discute o mundo subatômico.

Para sistematizar a discussão da atividade você pode, caso tenha tempo hábil, apresentar e discutir com mais cuidado algumas características destas novas partículas que serão reveladas na atividade. A maior parte delas foi prevista e descoberta na década de 1950. Nessa época, apoiados em teorias, foi possível supor a existência de muitas delas. Com o desenvolvimento da Física experimental de altas energias, os processos de detecção dessas partículas evoluíram e, em pouco tempo, um conjunto grande de partículas já era conhecido.

A seguir, apresentamos uma tabela com algumas dessas “novas” partículas. É interessante notar que a maior parte delas tem uma massa relativamente grande, principalmente se comparada à massa do elétron, e sua “vida” é muitíssimo curta, da ordem de 10^{-8} a 10^{-20} segundos. Uma das grandes dificuldades em verificar a existência destas partículas decorre desse curto período de tempo de existência. A carga elétrica é dada em função da carga elementar e , de valor $1,6 \cdot 10^{-19}$ C. É importante verificar que todas as partículas têm o valor inteiro (positivo ou negativo), não havendo números fracionários. Além destes dados, apresentamos os modos de decaimento, isto é, as transformações que cada partícula sofre para se tornar mais estável.

Características das Partículas				
Partícula	Massa (MeV/c ²)	Vida Média (s)	Carga Elétrica (e)	Modos de Decaimento
Elétron (e^-)	0,511	Estável	-1	
Múon (μ^-)	105,7	$2,20 \cdot 10^{-6}$	-1	e^-
Tau (τ)	1784	$4 \cdot 10^{-13}$	-1	(μ^-) ou (e^-)
Pión (π^+)	139,6	$2,60 \cdot 10^{-8}$	+1	μ^+
Pión (π^0)	135,0	$0,83 \cdot 10^{-16}$	0	2γ

Características das Partículas				
Partícula	Massa (MeV/c ²)	Vida Média (s)	Carga Elétrica (e)	Modos de Decaimento
<i>Kaon</i> (K ⁺)	493,7	1,24 . 10 ⁻⁸	+1	(μ ⁺) ou (π ⁰ e π ⁺)
<i>Kaon</i> (K _S ⁰)	497,7	0,89 . 10 ⁻¹⁰	0	(π ⁺ e π ⁻) ou (2π ⁰)
<i>Kaon</i> (K _L ⁰)	497,7	5,2 . 10 ⁻⁸	0	(π ⁺ e e ⁻) ou (π ⁻ e e ⁺) ou (3π ⁰)
Próton (p)	938,3	Estável	+1	
Nêutron (n)	939,6	920	0	(p e e ⁻)
Lambda (Λ ⁰)	1 115,6	2,6 . 10 ⁻¹⁰	0	(p e π ⁻) ou (n e π ⁰)
Sigma (Σ ⁺)	1 189,4	0,80 . 10 ⁻¹⁰	+1	(p e π ⁰) ou (n e π ⁺)
Sigma (Σ ⁰)	1 192,5	6 . 10 ⁻²⁰	0	(Λ ⁰ e γ)
Sigma (Σ ⁻)	1 197,3	1,5 . 10 ⁻¹⁰	-1	(n e π ⁻)
Xi (Ξ ⁰)	1 315	2,9 . 10 ⁻¹⁰	0	(Λ ⁰ e π ⁰)
Xi (Ξ ⁻)	1 321	1,64 . 10 ⁻¹⁰	-1	(Λ ⁰ e π ⁻)
Ômega (Ω ⁻)	1672	0,82 . 10 ⁻¹⁰	-1	(Ξ ⁰ e π ⁻) ou (Λ ⁰ e K ⁻)

Tabela 1.

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

Alguns desses dados podem ser tratados com os alunos para sistematizar a discussão anterior, deixando mais claro quais são essas novas partículas até então desconhecidas e algumas de suas características e formas de transformação. No entanto, deve-se tomar

cuidado para que esta discussão não se torne demasiadamente exaustiva, pois de maneira alguma é necessário que os alunos decorem estes dados. Além disso, as reações entre partículas serão mais trabalhadas na Situação de Aprendizagem seguinte.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 TRANSFORMAÇÕES DE PARTÍCULAS

Nesta Situação de Aprendizagem buscaremos trabalhar as transformações de partículas de uma forma mais sistemática. Para isso, apresentaremos a linguagem que é adotada para demonstrar reações de partículas e dis-

cutiremos as leis de conservação vinculadas a estas transformações. Esta é uma discussão importante, pois nos permite compreender qual é a base teórica vinculada às descobertas de partículas em Física.

Tempo Previsto: 1 aula.

Conteúdos e temas: transformações de partículas e leis de conservação.

Competências e habilidades: analisar através de linguagem científica os processos de transformação de partículas.

Estratégias: atividade de análise de uma situação-problema.

Recursos: roteiro da atividade.

Avaliação: avaliar a habilidade em analisar situações e resolver problemas.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

A aula pode ser iniciada com uma questão semelhante à apresentada no roteiro: *As transformações estudadas na atividade anterior seguem alguma regra ou podem ser consideradas aleatórias?* Por meio dessa questão, pode-se discutir a noção de lei, que estabelece

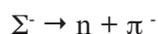
regras organizadoras do Universo, faz que os fenômenos tenham certas regularidades e não sejam aleatórios. Entre os tipos de leis, é possível destacar as de conservação. Este é um bom momento para retomar as leis de conservação já estudadas: a conservação dos momentos linear e angular trabalhada no primeiro ano, bem como a conservação da energia, trabalhada no segundo.

Roteiro 4 – O mundo das partículas e as leis de conservação

Na Situação de Aprendizagem anterior, quando estudamos o mundo das partículas, verificamos que este mundo é repleto de transformações, pois uma partícula nem sempre permanece estável, podendo sofrer uma modificação que a faz assumir outra natureza.

Neste contexto, poderíamos nos perguntar: essas transformações são aleatórias ou existe alguma regra que nos permite compreendê-las? A resposta a esta pergunta está nas leis de conservação, que vocês já estudaram nos anos anteriores.

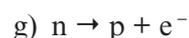
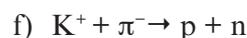
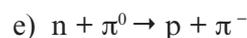
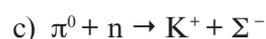
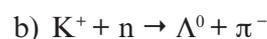
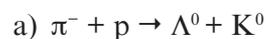
A energia, por exemplo, é uma grandeza que se conserva. Quando analisamos um sistema, isto é, um conjunto de corpos interagindo, vemos que a quantidade total de energia permanece a mesma se não houver influência externa. Esta lei continua valendo quando estudamos o mundo das partículas e, quando analisamos suas transformações, devemos considerar que existe um conjunto de regras a serem seguidas. Uma das regras que será importante para nossa análise é o princípio de conservação da carga elétrica. Quando ocorre uma reação, isto é, a transformação de uma ou mais partículas em outras, a quantidade de carga total antes e depois da reação deve ser a mesma. Veja os exemplos a seguir:



No primeiro caso, um pión negativo interage com um próton positivo. A quantidade total de carga elétrica é zero, pois a soma de um elemento positivo com um negativo é nula $(+1) + (-1) = 0$. Se verificarmos o resultado da reação, vemos que temos duas partículas, lambda e kaon, neutras. Uma vez que ambas são neutras, como indicado pelo seu índice zero, o resultado também será nulo $(0 + 0 = 0)$. No segundo caso, a partícula inicial é a sigma negativa. Após a reação, que neste caso é um decaimento espontâneo, ela se transforma em um nêutron, sem carga, e um pión negativo. Vemos que, em ambos os casos, a quantidade de carga é conservada, pois o valor inicial é igual ao valor final.

Mão à obra

Quais das reações apresentadas a seguir poderiam ocorrer, sem violar o princípio de conservação da carga elétrica?



Encaminhando a ação

Na atividade, os alunos devem analisar a conservação da carga elétrica. A análise é relativamente simples, pois basta verificar a carga de cada partícula, que sempre tem um valor $+1$, -1 ou 0 . Atribuindo-se o valor da carga a cada partícula, é possível saber se a quantidade total se conserva. Com este procedimento, podemos verificar que nos casos **b**, e **f** a carga não se conserva e, portanto, estas reações não ocorrem.

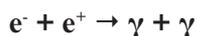
Para finalizar a atividade, você pode terminar a discussão esclarecendo que as leis de conservação que regem os fenômenos subatômicos são instrumentos teóricos importantes, pois, por meio delas, foi e é possível prever a existência de partículas em muitos fenômenos. Muitas das partículas descobertas durante o século XX eram inicialmente previstas pela teoria e posteriormente detectadas. Também

por meio dessas teorias os métodos de detecção foram sendo aperfeiçoados e permitiram o estudo experimental dessas partículas.

Após a discussão completa da atividade, você pode iniciar a próxima aula com a seguinte questão: *As partículas só podem surgir de outras partículas ou podemos obter matéria a partir de alguma outra coisa?* Com isso, pode-se inserir a relação entre massa e energia ($E = m_0c^2$) e discutir a noção de antimatéria.

Na década de 1930, Paul Dirac reformulou a mecânica quântica introduzindo correções relativísticas. O resultado foi a previsão da existência de antipartículas, que seriam partículas muito parecidas com as que conhecemos, mas com algumas características opostas em relação às que estudamos. Por exemplo, já vimos que o elétron tem seu “irmão gêmeo”, o pósitron, de mesma massa, mas com carga elétrica contrária à dele, ou seja, positiva.

Diz-se, então, que o pósitron é a antipartícula do elétron. Da mesma forma, podemos pensar em um antipróton, semelhante ao próton em massa, só que negativo. Com isso, toda partícula tem sua irmã gêmea, só que oposta a ela. O interessante é que, quando uma partícula se encontra com sua antipartícula, elas se aniquilam e se transformam em energia emitida na forma de radiação eletromagnética. Conforme a seguinte reação:



O oposto também pode ocorrer. Se tivermos uma quantidade suficiente de energia, podemos criar um par: partícula e antipartícula.

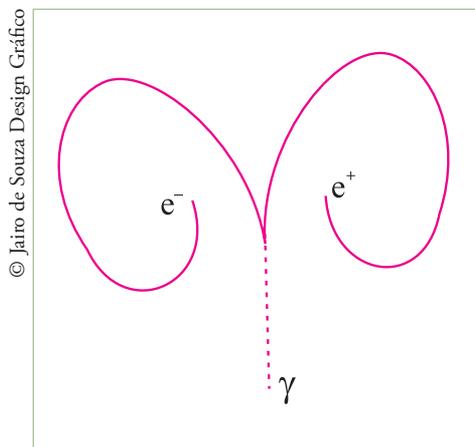


Figura 9 – Formação de um par elétron-pósitron em uma câmara de bolhas.

Esse processo segue a seguinte reação:



A quantidade de energia necessária para a criação de um par é dada pela equação de Einstein, $E=m_0c^2$, sendo E a energia, m_0 a massa de repouso da partícula e c a velocidade da luz. Por exemplo, para se criar um par elétron-pósitron, a energia necessária será igual à soma das massas das partículas multiplicadas pela velocidade da luz ao quadrado. Como ambas têm a mesma massa, de $0,511\text{MeV}/c^2$, basta fazer $2 \cdot 0,511\text{MeV}/c^2$. Repare que a unidade de massa indicada já está em função da velocidade da luz, fazendo que o resultado saia diretamente da multiplicação, isto é, $1,022\text{ MeV}$. Da mesma forma, a energia liberada no encontro de uma partícula com sua oposta é dada pela mesma equação.

Trabalhe alguns exercícios matemáticos simples com a relação massa e energia. Para isto, pode utilizar os dados da Tabela 1, apresentada na Situação de Aprendizagem 3, na qual aparece o valor da massa de muitas partículas.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 O MODELO DOS QUARKS

Dando continuidade aos estudos das partículas, buscaremos agora apresentar o modelo de *quarks*, que são consideradas atualmente partículas elementares, que compõem as partículas nucleares e outras que interagem por meio da força forte. Nesta Situação de Apre-

ndizagem, os alunos deverão compor partículas com os *quarks* apresentados, respeitando o princípio de soma de cores que será discutido. Após a realização da atividade, leve-os a perceber que toda partícula deve ser formada por três *quarks* ou por um *quark* e um *antiquark*.

Tempo Previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: a concepção atual de partículas elementares e o modelo padrão.

Competências e habilidades: leitura e interpretação de texto e análise de problemas.

Estratégias: atividade de sistematização de ideias por meio de problema fechado.

Recursos: roteiro de pesquisa.

Avaliação: avaliar a capacidade de se obter informações do texto para solução de problemas.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Esta atividade exige que os alunos consigam entender o significado da carga de cor. A carga elétrica que conhecemos é de dois tipos opostos. Com isso, a convenção foi chamá-las de positiva e negativa. Como esse novo tipo de carga proposta para os *quarks* é de três tipos diferentes, a convenção foi chamá-las pelos nomes das cores primárias de luz e os *antiquarks*, pelos nomes das cores complementares. Como na eletricidade, onde as cargas elétricas iguais se repelem, no mundo dos *quarks* cargas de mesma cor também o fazem. Temos uma atração entre cargas de cores primárias diferentes e uma força mais intensa ainda entre uma carga de cor primária que interage com um *antiquark* de cor

complementar (por exemplo, um *quark* vermelho que interage com um *antiquark* ciano “antivermelho”, lembrando que esta cor é formada pela soma do azul com o verde, sendo assim, complementar ao vermelho).

Quando se compreende esta dinâmica, percebe-se que as partículas devem ser formadas por três *quarks* de cores diferentes, pois a soma das cargas de cor dá branco, ou por um par *quark/antiquark* de cores complementares, pois neste caso o *antiquark* já é composto por uma cor secundária (que é equivalente a duas cores primárias) e com a adição da cor que falta ele pode ser considerado branco. Além disso, será fácil perceber que sempre que somamos a carga elétrica de dois ou três *quarks*, o valor obtido é sempre um número inteiro dentro do intervalo estabelecido.

Roteiro 5: Montando partículas com *quarks*

Na atividade anterior, verificamos que existe uma quantidade de partículas muito maior do que imaginávamos. Com isso, a ideia de partícula elementar foi abalada, pois considerar que existe uma quantidade enorme de partículas elementares pareceu muito estranho para alguns cientistas.

Um dos físicos que tiveram essa sensação foi Murray Gell-Mann. Ao analisar as características das partículas conhecidas, percebeu que poderíamos imaginar que as partículas que interagem por meio da força forte são formadas por um grupo de partículas ainda menores, isto é, mais elementares, que ele chamou de *quarks*. Inicialmente, ele considerou que existiam três tipos de

quarks, o *up* (u), o *down* (d) e o *strange* (s) (estranho). Alguns anos depois, descobriu-se que havia mais três *quarks*, que foram denominados *charmed* (c) (charmoso), *botton* (b) e, por último, o *quark top* (t). Além desses seis *quarks*, já se sabia que toda partícula tem uma irmã gêmea. Com isso, temos a existência de um total de 12 partículas (seis *quarks* e seis *antiquarks*) que serão a base para formarmos todas as outras partículas que interagem por meio da força forte. Um próton, por exemplo, é formado por dois *quarks up* e um *quark down*, sendo representado da seguinte forma:

$$p = uud$$

Os *quarks* têm carga elétrica, como o próton e o elétron. No entanto, sua carga elétrica é fracionária, com um valor de $+2/3e$ ou $-1/3e$ (e é a carga elementar do elétron, com o valor em módulo de $1,6 \cdot 10^{-19}C$). Além da carga elétrica, os *quarks* têm um segundo tipo de carga, denominado carga de cor. Isso não significa que eles sejam coloridos de verdade. Este nome foi dado porque este novo tipo de carga existe em três formas diferentes. Como sabemos que as cores presentes no nosso dia a dia são combinações das cores primárias (verde, azul e vermelho), denominou-se a carga dos *quarks* de carga de cor. A tabela a seguir faz um resumo destas características:

Características dos quarks					
Nome	Carga Elétrica	Carga de Cor	Nome	Carga Elétrica	Carga de Cor
<i>Up</i>	$+2/3e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antiup</i>	$-2/3e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Charmed</i>	$+2/3e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Anticharmed</i>	$-2/3e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Top</i>	$+2/3e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antitop</i>	$-2/3e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Down</i>	$-1/3e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antidown</i>	$+1/3e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Strange</i>	$-1/3e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antistrange</i>	$+1/3e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo
<i>Botton</i>	$-1/3e$	Vermelho ou Azul ou Verde	<i>Antibotton</i>	$+1/3e$	Ciano ou Magenta ou Amarelo

Tabela 2.

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

Mãos à obra

Toda partícula formada por *quarks* deve ter uma carga elétrica que seja um número inteiro entre -2 e 2 (isto é, -2, -1, 0, +1 ou +2) e uma carga de cor branca. Para obter uma partícula com essas características, você deve combinar dois ou mais *quarks*. Ao junta-los você deve somar suas cargas elétricas e de cor, para formar uma partícula com essas características. Você já deve ter estudado a soma de cores na 2ª série, mas para lhe ajudar, apresentamos a seguir um resumo das regras da soma de cores:

Vermelho + Azul + Verde = Branco

Vermelho + Verde = Amarelo

Vermelho + Azul = Magenta

Verde + Azul = Ciano

Agora responda:

1. É possível formarmos uma partícula de quatro *quarks*? Justifique.
2. Por que não há uma partícula de carga $3e$?
3. Determine a carga elétrica (em múltiplos de e) dos bárions e mésons da tabela a seguir:

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

Tabela 3.

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

Encaminhando a ação

Para sistematizar a discussão, você pode apresentar a classificação das famílias de partículas. O conjunto de partículas que “sentem” a força forte e são formadas por *quarks* é chamado de hádrons (nome derivado de forte, em grego). Esse conjunto é dividido em dois. Os bárions (de pesado, em grego) são formados por três *quarks* (ou três *antiquarks*). Os mésons são formados por um par *quark/antiquark*. Com esta primeira classificação, os alunos podem compreender a constituição de algumas das partículas estudadas em atividades anteriores, de acordo com o quadro na página anterior.

Para complementar a discussão, pode-se apresentar outras classificações de partículas e o modelo-padrão. Vimos que os hádrons são partículas que “sentem” a força forte. As partículas como o elétron, que não interagem por esta força, são chamadas de léptons (leve, em grego). Há seis léptons no total. O elétron (e^-), o múon (μ^-) e o tau (τ^-) e suas respectivas

antipartículas. O elétron é o mais leve de todos, seguido pelo múon e, por último, pelo tau (nada leve, aliás...). Em um decaimento natural, sempre o mais pesado se transforma em um elemento mais leve.

No entanto, estas três partículas são consideradas elementares, pois esta transformação não significa que o mais pesado seja formado pelo mais leve. Nos estudos de decaimentos, verificou-se que nestas transformações algumas leis de conservação não eram respeitadas. Com isso, descobriu-se a existência do neutrino, que é um elemento sem carga elétrica e extremamente leve (possivelmente até sem massa). Assim, existem três tipos de neutrinos: o neutrino do elétron (ν_e), o neutrino do múon (ν_μ) e o neutrino do tau (ν_τ). Estas partículas recebem estes nomes que fazem referência a um lépton, pois o neutrino tem o mesmo número leptônico de seu correspondente. Com isso, temos um total de seis léptons e, como sempre ocorre, mais seis antiléptons para cada partícula.

Novas leis de conservação

Número bariônico

Foi atribuído a todos os bárions, como o nêutron ou o próton, o valor +1 e aos antibárions, como o antinêutron e o antipróton, o valor -1. Todas as demais partículas têm o valor desse número quântico nulo. Para que o número bariônico seja conservado, a soma de seus valores tem de ser igual antes e depois do decaimento.

Número leptônico

A segunda lei de conservação está ligada a partículas parecidas com o elé-

tron que são o **múon** - μ (107 MeV/c²) e o **tau** - τ (1777 MeV/c²). Eles têm as mesmas características do elétron, porém massas bem maiores. Cada partícula dessas tem um neutrino associado: $e^- - \nu_e$; $\mu^- - \nu_\mu$; $\tau^- - \nu_\tau$. Essas seis partículas são chamadas, genericamente, de **léptons**. Aplicado a essas partículas temos o **número leptônico**, que deve ser conservado em todas as reações. Aqui, é atribuído o valor +1 para o número leptônico (L_e) ao elétron e seu neutrino, e -1 para suas antipartículas. As demais partículas são nulas, incluindo todos os outros léptons.

Lépton	L_e	L_μ	L_τ
elétron (e^-)	+ 1	0	0
neutrino do elétron (ν_e)	+ 1	0	0
múon (μ^-)	0	+1	0
neutrino do múon (ν_μ)	0	+1	0
tau (τ^-)	0	0	+1
neutrino do tau (ν_τ)	0	0	+1

Essa atribuição de valor é análoga para o número leptônico do múon (L_μ) e do tau (L_τ).

Exemplo: $n \rightarrow e^- + \nu_e$

$$\underbrace{n (B=1)}_1 \rightarrow \underbrace{p (B=1) + e^- (B=0) + \nu_e (B=0)}_1$$

$$\underbrace{n (L_e=0)}_0 \rightarrow \underbrace{p (L_e=0) + e^- (L_e=1) + \bar{\nu}_e (L_e=-1)}_0$$

Adaptado de SIQUEIRA, Maxwell *et al.* *Física das partículas*. Nupic-FEUSP. Disponível em: <http://nupic.incubadora.fapesp.br/portal/projetos/fisica-moderna/fisica-das-particulas/textos/Texto_bloco_V.pdf>. Acesso em: 15 set 2009.

Para fechar a discussão, é necessário apresentar o conceito de bósons e férmions. Os *quarks* e léptons são férmions, pois são partículas que sentem as interações. Os bósons são as partículas responsáveis por intermediar as interações (são as mensageiras) como o méson π . O méson é um bóson, mas não um bóson elementar. Os bósons elementares são o fóton, responsável pela interação eletromagnética, o glúon, responsável pela força forte, as partículas W^+ , W^- e Z^0 , pela interação fraca. Esta interação não foi discutida nas atividades, mas age tanto em *quarks* quanto em léptons, sendo responsável por transformações nestas partículas, como no caso da transformação de um nêutron em próton com a emissão de um elétron e um neutrino.

Com este conjunto de partículas temos formado o modelo padrão, que consiste na organização das partículas elementares e

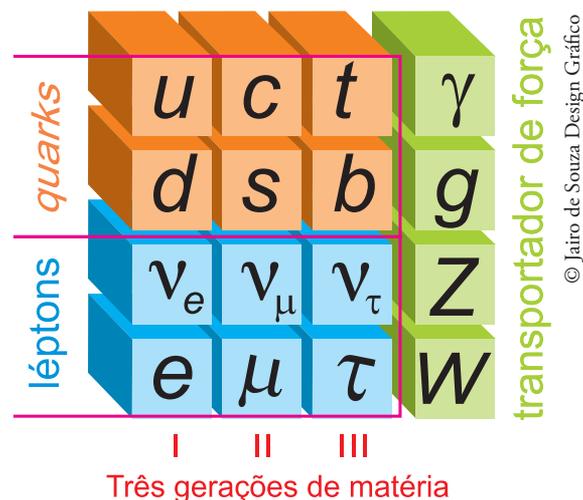


Figura 10: Modelo padrão.

suas interações. Assim, os alunos terão um panorama das partículas conhecidas até o atual momento.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6 ACELERADORES DE PARTÍCULAS: NOVAS PERSPECTIVAS PARA O CONHECIMENTO

No ano de 2008, entrou em operação o LHC, sigla em inglês para Grande Colisor de Hádrons (*Large Hadron Collider*), um acelerador de partículas que atingirá energias enormes, e realizará experiências que ajudarão a explicar as questões

apresentadas anteriormente. Nesta Situação de Aprendizagem, por meio da pesquisa e leitura de textos de divulgação científica, os alunos entrarão em contato com os procedimentos atuais de pesquisas das partículas elementares.

Tempo previsto: 1 aula.

Conteúdos e temas: aceleradores de partículas.

Competências e habilidades: compreender os procedimentos atuais de pesquisa em laboratórios destinados ao estudo das partículas elementares.

Estratégias: pesquisa e atividade de leitura de texto de divulgação científica.

Recursos: roteiro de pesquisa e textos de divulgação científica sobre o acelerador LHC.

Avaliação: avaliar a capacidade de leitura de texto científico e de sistematização de ideias.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

O modelo padrão se encerra com as discussões sobre a natureza das partículas? A resposta é não. Atualmente existem muitas questões em aberto. Entre elas, podemos citar a unificação das interações, ou seja, a tentativa de se explicar as forças da natureza com apenas um

modelo, e a assimetria na quantidade de matéria e antimatéria; isto é: *se matéria e antimatéria são criadas juntas, por que há uma quantidade muito maior de uma em relação à outra?* Ambas as questões são importantes, pois além de explicar a natureza das partículas, podem ajudar a explicar também as condições em que o Universo estava nos instantes iniciais de sua criação.

Roteiro 6 – Novas descobertas em aceleradores de partículas

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

Mãos à obra

Depois da leitura do texto pesquisado sobre os novos experimentos em acelera-

dores de partículas, responda às seguintes questões:

1. Você reconheceu alguma das ideias discutidas neste Caderno em uma destas reportagens? Quais?
2. O que é um acelerador de partículas? Quais os tipos de aceleradores que existem?
3. Quais são as questões que os cientistas que trabalham nestes aceleradores buscam responder?
4. Quantas vezes o LHC é mais energético que o ciclotron descrito na Situação de Aprendizagem 2?

Encaminhando a ação

Esta atividade permite aos alunos um contato com a ciência produzida atualmente. Como o tema é complexo, a estratégia de utilizar textos de divulgação nos permite o contato com esse tipo de ciência em uma linguagem mais acessível. Após a inauguração do LHC, muitas reportagens foram veiculadas na mídia. Entre elas, podemos destacar os artigos “LHC: o colosso criador e esmagador de matéria”, publicado na revista *Ciência Hoje*, em abril de 2008*, e “Uma máquina de descobertas”, na revista *Scientific American Brasil*, em março de 2008. Esses artigos são de grande qualidade e com eles os alunos poderão realizar um bom trabalho, bem como terão condições de responder às questões propostas.

Além dessas revistas, destinadas exclusivamente à divulgação científica, a imprensa destinada a notícias gerais também publicou reportagens sobre o LHC. Por exemplo, o jornal *Folha de S. Paulo* publicou uma reportagem no início de abril de 2008 sobre o acelerador (disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u389472.shtml>>. Acesso em: 30 jul. 2009.), a revista *Veja* publicou uma reportagem intitulada *O buraco negro feito pelo homem*, em 9 de abril de 2008. (Disponível em: <http://veja.abril.com.br/090408/p_086.shtml>. Acesso em: 30

jul. 2009.) e também no Especial da revista *Veja* de 25 de junho de 2008 na página 73 *Um olhar sobre o início de tudo*.

Além dessas, em uma busca na internet pode-se obter muitas notícias sobre o acelerador¹.

A atividade pode ser feita em sala ou o roteiro ser indicado antecipadamente aos alunos para que eles possam buscar as reportagens e realizar a atividade fora do horário de aula. A vantagem é que se ganha tempo e o horário em aula pode ser utilizado para o debate das questões propostas. Nos dois casos, é importante que, após a leitura do artigo, cada grupo de alunos exponha para a turma quais foram as respostas obtidas e se realize uma discussão. No caso de a atividade ser toda realizada em sala de aula, os artigos mais longos podem ser divididos em mais de um grupo, ficando cada um responsável por responder uma parte.

Após a atividade, você pode discutir de forma mais sistemática o funcionamento dos aceleradores de partículas, esclarecendo como uma partícula é acelerada por meio de uma diferença de potencial, qual é a diferença entre um acelerador linear e um acelerador *synchrotron* e quais são os aceleradores de partículas que existem no mundo além do CERN, inclusive no Brasil.

* Disponível em: <<http://www.cienciahoje.uol.com.br/127983>> Acesso em 31 jul. 2009.

¹ O número de maio de 2008 da revista *Pesquisa Fapesp* destaca o LHC em sua matéria de capa. Disponível em: <<http://www.revistapesquisa.fapesp.br/?art=3513&bd=1&pg=1&lg=>>>. Acesso em: 30 jul. 2009.)

TEMA 2 – MICROELETRÔNICA E INFORMÁTICA

Os hábitos humanos foram muito modificados com relação à presença dos atuais equipamentos eletrônicos. A facilidade de se obter e trocar informações trouxe uma nova dinâmica à nossa maneira de viver. O conhecimento destes produtos passou a ser parte do cotidiano de muitos de nós. Diariamente utilizamos termos

como *bits* e *bytes* que raramente compreendemos. Atualmente a discussão sobre a TV digital esteve presente na mídia e importantes decisões relacionadas às formas de comunicação foram tomadas. Em face dessa realidade, a partir deste momento passaremos a discutir o conhecimento científico relacionado a estas questões.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 OS MEIOS DE COMUNICAÇÃO

Essa Situação de Aprendizagem objetiva problematizar a forma de comunicação digital. Por meio de um desafio proposto aos alunos para comunicar-se entre si com sinais

luminosos, espera-se que criem algum tipo de comunicação binária que combina sequências de sinais de aceso e apagado.

Tempo Previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: meios de comunicação analógicos e digitais.

Competências e habilidades: reconhecer termos científicos presentes no cotidiano.

Estratégias: atividade com montagem experimental e discussão de problemas.

Recursos: roteiro da atividade.

Avaliação: avaliar a habilidade de se fazer hipóteses e testá-las; avaliar a criatividade para resolver problemas.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Nos dias de hoje as sociedades têm utilizado extensamente as tecnologias com base em informática e eletrônica. Com isso, é comum em nosso cotidiano falarmos em *bytes*, sistemas analógicos e digitais etc. No entanto, ra-

raramente compreendemos o significado destes termos que utilizamos. Assim, nesta Situação de Aprendizagem, iniciaremos uma discussão baseada em formas simples de comunicação para abordar estes temas.

Roteiro 7 – A comunicação digital

Você já deve ter conversado com alguém de muitas maneiras diferentes: conversando diretamente ou por meio de um telefone, de um computador, de um celular etc. Agora, imagine que você está numa situação que envolve algo secreto, em que você não pode dizer nada e precisa se comunicar por meio de sinais. Como você faria?

O objetivo desta atividade será buscar uma forma de comunicação alternativa, com sinais luminosos. Para isso utilizaremos lanternas.

Mãos à obra:

Junte-se com um colega ou um grupo de colegas e tente estabelecer uma for-

ma de comunicação por sinais. Para isso, atribua algum significado para cada tipo de sinal que vocês possam realizar com a lanterna. Tente comunicar ideias simples e mais complexas. Ao final, reflita sobre as seguintes questões:

1. Quantos sinais diferentes vocês estabeleceram com a lanterna?
2. É possível comunicar uma palavra completa por meio deles?
3. É possível construir uma frase inteira com eles?
4. Vocês saberiam decodificar uma ideia mais complexa em um conjunto de sinais mais simples?

Encaminhando a ação:

Para iniciar a atividade é interessante propor aos alunos uma espécie de desafio. Peça que eles imaginem alguma situação de conflito em que eles secretamente devem enviar alguma mensagem, como em um caso em que é necessário acionar a polícia disfarçadamente ou em que algum segredo precisa ser contado de forma discreta. Após isso, eles devem buscar uma nova forma de comunicação por meio dos sinais luminosos.

Primeiramente, o que se espera é que eles percebam que a comunicação não se resume à sua forma fonética, isto é, àquela realizada a partir dos sons da fala. Eles deverão observar que a comunicação pode ser realizada por diversos meios, como símbolos e gestos. A própria escrita é um exemplo disso. No entanto, podemos pensar em códigos mais simples, como um gesto de afirmação ou negação.

Durante a realização da Situação de Aprendizagem é importante que eles percebam que podem decodificar ideias e palavras em sinais emitidos pela lanterna. Um passo fundamental é que os alunos percebam que é mais fácil criar símbolos simples para compor ideias mais sofisticadas do que buscar criar um sinal diferente para cada ideia que eles quiserem comunicar.

Os alunos podem ser levados a pensar sobre como podemos comunicar coisas mais complexas a partir de sinais que se reduzem a dois tipos. Após este levantamento com os alunos na mesma aula ou na aula seguinte, você pode apresentar um importante código binário. O código Morse, apresentado a seguir, relaciona dois símbolos, traço e ponto, com as letras do alfabeto, tendo sido usado amplamente em comunicação no final do século XIX e início do século XX. Com ele, pode-se compor mensagens completas.

A	.-	K	-.	U	..-	0	-----
B	-...	L	.-..	V	...-	1
C	-..	M	--	W	..-	2	..---
D	-..	N	-.	X	-.-	3	...--
E	.	O	---	Y	-.--	4-
F	..-	P	.-.	Z	--..	5
G	--.	Q	--.			6	-....
H	R	..			7	---..
I	..	S	...			8	---..
J	.-.	T	-			9	-----

Figura 11 – Código Morse.

Por fim, é importante esclarecer as diferenças de uma comunicação analógica e digital. Na comunicação analógica, o princípio básico é a transmissão de oscilações que têm características semelhantes às da onda que a produziu. Essa transmissão pode ser através de ondas eletromagnéticas, mecânicas e mesmo sob a forma de oscilações de correntes alternadas por um fio. Assim, a onda sonora é transformada em outro tipo de onda, que tem maior alcance na transmissão e é retransformada em som na recepção.

Na comunicação digital, o princípio básico é a decodificação de uma informação em um código binário e a transmissão desta informação através de um pulso ou de sinais de dois tipos que são recodificados no fim do processo. Algo interessante de notar é que, na transmissão analógica, um pequeno “abalo” na oscilação transmitida pode modificar algumas de suas características (a diminuição na amplitude da onda em um ponto, por exemplo) e isso se tornará um ruído na transmissão. Já no caso da transmissão digital, como o processo se resume a dois tipos de sinais (por exemplo: aceso e apagado), geralmente bem distintos, um pequeno problema de transmis-

são não abala a comunicação, pois a natureza da informação se preserva.

A aula seguinte poderá servir para sistematizar as ideias referentes a esta atividade. Uma forma interessante de fazer isso é falar sobre os primeiros aparelhos de comunicação e registro de voz. Um exemplo é o gramofone. Nele, um tubo acústico amplificava o som de uma pessoa cantando, por exemplo, fazendo oscilar um diafragma com uma agulha presa na ponta. Esta agulha registrava a oscilação em um disco que deveria ser girado por quem falasse (ou cantasse). Com isso, neste disco ficavam registradas as oscilações da agulha que por sua vez guardavam as características ondulatórias da onda sonora captada. Ao reproduzir o disco, a agulha deveria acompanhar o registro gravado e fazer o diafragma oscilar, recuperando o som produzido. Assim temos um dos primeiros registros de som analógico.

Outro exemplo interessante é o telégrafo. Muitas vezes nos espantamos, mas o telégrafo é o primeiro instrumento digital produzido pelo homem. Ele foi idealizado por Samuel Morse em meados do século XIX. Seu princípio é baseado no eletromagnetismo. Se

construirmos um circuito com um interruptor, este circuito pode ser ligado e desligado continuamente. O ligar e desligar já podem ser interpretados como uma forma de comunicação binária, podendo se associar, por exemplo, um “sim” à passagem de corrente em um instante e um “não” à falta de corrente no instante seguinte. No telégrafo, esta

corrente elétrica descontínua é transmitida por fios a longas distâncias, sendo decodificada após sua transmissão através de um eletroímã que reage à presença ou não de corrente no fio em cada instante. Com isso, temos dois exemplos reais de comunicação: um analógico e outro digital, semelhante à atividade realizada em sala de aula.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 8 TRANSISTORES: O OUVIDO ELETRÔNICO

Na Situação de Aprendizagem anterior, foram discutidas as formas de comunicação analógica e digital. Nesta Situação de Aprendizagem, por meio de um texto, pretende-se

que o aluno reconheça como essas informações são processadas por dispositivos eletrônicos utilizados nos mais diversos aparelhos cotidianos.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: transistores e sistemas digitais.

Competências e habilidades: reconhecer a presença dos dispositivos eletrônicos na sociedade; competência leitora em texto científico.

Estratégias: leitura de texto.

Recursos: roteiro da atividade.

Avaliação: avaliar a capacidade de compreensão de termos técnicos na leitura.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Por meio da leitura do texto a seguir e de aula expositiva, pode-se introduzir as noções de funcionamento dos transistores e da sua relação com a transmissão e recepção de sinais digitais. Após esta etapa é possível tra-

balhar o código binário bem como sua estruturação em *bits* e *bytes* além de seus prefixos multiplicativos, a fim de esclarecer aspectos da linguagem corrente do mundo da informática.

Roteiro 8: Uma conversa eletrônica

Nas aulas anteriores foram discutidas duas formas de comunicação, uma baseada em ondas (analógica) e outra baseada em códigos (digital). No entanto, em ambos os casos nossos sentidos eram usados para detectar a informação, no caso a audição ou a visão. Uma questão que poderíamos nos perguntar é: como um computador identifica um sinal enviado a ele? Isto é, quais “sentidos” ele utiliza para se comunicar?

Mão à obra

Para obter as respostas a estas questões leiam o texto a seguir e discutam entre si.

Chips e transistores: a eletrônica tradutora de sinais

Para discutirmos como um equipamento eletrônico funciona, primeiramente vamos lembrar alguns conceitos discutidos ao longo deste ano. No início do ano estudamos a eletricidade e vimos que circuitos elétricos estabelecem uma corrente elétrica, que consiste no movimento ordenado de elétrons em razão da presença de uma diferença de potencial (tensão). Quando a transmissão de eletricidade é feita a longas distâncias, a corrente/tensão transmitida é alternada, isto é, oscila durante a propagação. Algo que oscila pode transmitir informação pelas suas características ondulatórias. A eletricidade pode transmitir a informação de uma onda sonora por longas distâncias (este é o princípio de comunicação de um microfone ligado a um amplificador, por exemplo). Para tornar este processo viável, é necessário que algum dispositivo possa identificar esta informação elétrica no final da transmissão. Mas que dispositivo é este?

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

Como estudamos anteriormente, os átomos têm seus elétrons distribuídos em camadas eletrônicas definidas. Quando os átomos se ligam para formar moléculas, dependendo de como isso é feito, alguns elétrons da última camada eletrônica (chamada de banda de valência) podem estar presos às moléculas de uma forma muito intensa, fazendo que este elétron tenha dificuldade de se mover e tornando o material um isolante, que não conduz eletricidade. Se os elétrons de valência estão ligados de uma maneira fraca, isso possibilita a condução elétrica, tornando o material um condutor. No entanto, um terceiro caso pode ocorrer.

Existem materiais que passam a transmitir eletricidade caso sofram alguma modificação, são os semicondutores. O silício é um exemplo. Este elemento tem quatro elétrons em sua última camada. Quando temos um cristal de silício puro, estes quatro elétrons participam ativamente da ligação entre moléculas. Com isso, não há elétrons disponíveis para conduzir eletricidade. No entanto, se retiramos um átomo de silício do material e colocamos

um átomo de arsênio, por exemplo, que tem cinco elétrons na última camada, um elétron que não será utilizado na ligação sobrar e poderá conduzir eletricidade. O mesmo ocorre com o germânio. Materiais como o silício e o germânio são chamados de semicondutores. No “escuro” eles não conduzem, mas se expostos à luz de frequência suficientemente alta, alguns elétrons são alçados da banda de valência à banda de condução, os materiais passam a se comportar como condutores.

Se, ao em vez de colocarmos o arsênio, optarmos por um elemento como o índio, que tem três elétrons na última camada, teremos uma região na qual faltará um elétron. Esta falta de elétrons também permite a condução elétrica, só que nesse caso a falta de elétrons é interpretada como uma corrente elétrica positiva. O processo pelo qual inserimos um elemento com um elétron a mais é chamado de dopagem tipo N (por ter um elemento negativo a mais) e o processo no qual inserimos um elemento com um elétron a menos é chamado de dopagem tipo P. Os materiais que passam por este tipo de transformação são utilizados para a construção de um transistor.

Um transistor consiste na junção de materiais semicondutores tipo P e tipo N. Para isso, devemos fazer um “sanduíche” com esses materiais. Por exemplo, podemos ter uma camada P, depois uma camada N e outra P, chamado de transistor PNP, ou podemos fazer o contrário formando um transistor NPN. O que esse dispositivo tem de especial é o fato de, por meio desse processo de construção, termos um tipo de material no qual controlamos muito bem a corrente que passa por ele. Além disto, esse dispositivo permite apenas a passagem de corrente em um sentido, o que nos permite transformar uma corrente alternada em contínua.

Os *chips* são dispositivos eletrônicos que reúnem um grande número de transistores, podemos dizer que a unidade de funcionamento dos *chips* é o transistor. Em uma transmissão digital, ele identifica a passagem da corrente como um tipo de sinal e a não passagem como outro tipo de sinal, e assim recebe uma informação binária (como no caso dos nossos olhos com a lanterna acesa ou apagada). Com este conjunto de sinais de dois tipos é possível que o computador identifique o que é transmitido pela rede elétrica e receba uma informação.

Encaminhando a ação

A aula pode ser iniciada por meio de uma questão. *Como um equipamento eletrônico pode perceber a presença de uma informação (sinal) transmitida pela rede?* O caso de uma rede telefônica pode ser bom para iniciar a conversa. Após ter certeza de que os alunos perceberam qual é o problema a ser enfrentado, opte por fazer a atividade de duas maneiras:

1. Leitura do texto – Convidar os alunos para ler o texto, em pequenos grupos ou de forma

coletiva (leitura compartilhada, na qual cada um lê um trecho). Com certeza haverá muitas dúvidas conceituais, por exemplo, sobre a base de funcionamento das válvulas e transistor. Estas dúvidas devem ser objeto de detalhamento realizado por você. Uma boa aula expositiva pode ser uma estratégia eficiente neste caso. Se você acreditar na autonomia da turma, pode dividir os temas em grupos, como por exemplo: Válvulas; Semicondutores; Procedimentos de dopagem. E pedir que os alunos pesquisem o tema, apresentem pequenos seminários ou façam “pôsteres” (vale

lembrar que é desejável desenvolver certa autonomia ao longo da 3ª série).

2. Explicando as bases conceituais – Explorar primeiro as ideias do texto e depois encaminhá-lo com uma referência para, por exemplo, responder às questões que devem ser restritas ao entendimento do próprio texto, ou feitas como uma extensão do mesmo, em bibliotecas, internet etc. Por exemplo: *Como uma informação pode ser enviada por um fio percorrido por eletricidade? Como uma válvula detecta uma informação? Como se define um semiconductor? O que é dopagem tipo N? E dopagem tipo P?*

válula detecta uma informação? Como se define um semiconductor? O que é dopagem tipo N? E dopagem tipo P?

Na aula seguinte, apresente com mais cuidado o significado da linguagem binária. A princípio, qualquer informação analógica pode ser transformada em binária. Isso é feito decodificando uma informação como uma sequência de zeros e uns. Os números decimais que conhecemos podem ser representados pela chamada representação BCD (*Binary Coded Decimal*) da seguinte forma:

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

Com isso o número 735, por exemplo, é representado pelo conjunto:

0111	0011	0101
------	------	------

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

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

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

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

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

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

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

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

A quantidade de *bits* de uma informação representa a quantidade de números zeros e uns que precisamos para representá-la. Se algo é representado por uma sequência de três dígitos, como 010 ou 110, esta informação tem 3 *bits*. Se uma informação é representada por um conjunto de cinco dígitos, como 10101 ou 11101, esta informação tem cinco *bits*. Então, temos uma regra geral que o número de *bits* é a quantidade de zeros e uns que são necessários para se construir determinado código. Para representarmos o conjunto básico de símbolos tais como letras, números, sinais matemáticos etc., é necessário que estas informações tenham oito casas, denominou-se o conjunto de 8 *bits* como um 1 *byte*. Veja a convenção a seguir:

$1 \text{ byte} = 8 \text{ bits}$	$1 \text{ gigabyte} = 2^{30} \text{ byte} = 1\,073\,741\,824 \text{ byte}$
$1 \text{ kilobyte} = 2^{10} \text{ byte} = 1\,024 \text{ byte}$	$1 \text{ terabyte} = 2^{40} \text{ byte} = 1\,099\,511\,627\,776 \text{ bytes}$
$1 \text{ megabyte} = 2^{20} \text{ byte} = 1\,048\,576 \text{ byte}$	$1 \text{ petabyte} = 2^{50} \text{ byte} = 1\,152\,921\,504\,606\,846\,976 \text{ byte}$

Essa discussão é interessante, pois nos permite compreender o significado deste termo *byte*, tão utilizado atualmente. Repare que *byte* é diferente de *bit* e em geral o primeiro é representado por um B maiúsculo e o segundo, por um b minúsculo. Quando uma rede de internet tem uma velocidade de 1MB, isso

significa que ela está transmitindo mais de um milhão de códigos por segundo.

Por fim devemos considerar que esta velocidade somente foi obtida devido à tecnologia discutida antes, o transistor, associado à montagem de circuitos integrados.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 9 A INFORMAÇÃO E A TECNOLOGIA NA VIDA ATUAL

Nas últimas Situações de Aprendizagem foram discutidas as formas de transmissão de informação e de gravação. Para fechar este

tema, nesta Situação de Aprendizagem propomos uma discussão sobre o impacto e a presença da informação na vida cotidiana.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: componentes eletrônicos.

Competências e habilidades: reconhecer a presença dos dispositivos eletrônicos na sociedade.

Estratégias: pesquisas.

Recursos: roteiro da atividade.

Avaliação: avaliar a capacidade de obtenção e sistematização de informações.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Uma biblioteca há muitos anos representava um tesouro, pois, possuir uma grande quantidade de livros era possível a poucas pessoas. Com isso, o conhecimento era muito restrito. No entanto, nos dias de hoje é possível armazenar uma quantidade de informação maior que qualquer biblioteca no HD de um computador e, conseqüentemente, deixar isto acessível a grande parte da população. Em contraposição, se um livro da Antiguída-

de poderia sobreviver a séculos de existência, como ocorre com alguns livros que ainda existem e são da época do início da imprensa (séculos XV-XVI), hoje os dispositivos de armazenamento são efêmeros.

Um HD ou *pen drive* têm uma vida média que não ultrapassa dez anos. O armazenamento nas mídias atuais tem um tempo de permanência muito pequeno em relação ao livro citado como exemplo até porque a mídia é substituída por outras, como os velhos disquetes, trocados pelos menores, depois pelos CDs,

pen drives... Já os velhos livros de papel persistem. Por quanto tempo? Toda a Enciclopédia Britânica, em dezenas de volumes, hoje cabe em um CD... Com isso, podemos perceber que, ao mesmo tempo, ganhamos em eficiência em termos do espaço relativo à capacidade de armazenar dados, mas perdemos em tempo de permanência destas informações. Um exemplo curioso quanto a esta constatação mostra-se

quando pensamos no hábito de trocar mensagens. Se antigamente as correspondências por meio de cartas eram bastante limitadas, essas cartas poderiam ser arquivadas. Por isso, é comum um historiador obter importantes informações por meio do resgate delas. Atualmente podemos trocar muitas mensagens diariamente através de *e-mail*, e, no entanto, essas mensagens rapidamente se perdem.

Roteiro 9: O mundo digital em nossas vidas

Nas aulas anteriores, procuramos debater as formas pelas quais a informação é transmitida e decodificada. Neste momento, podemos fazer uma discussão sobre a importância destes elementos em nossas vidas.

Mãos à obra

Vocês deverão discutir algumas questões. Para isso será necessário pesquisar algumas informações:

1. Em média, quantas páginas escritas (em Word ou PDF) cabem no HD de um computador moderno? Isto seria equivalente a quantos livros?

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

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

Encaminhando a ação

Esta Situação de Aprendizagem deve ser dividida em dois momentos. Primeiramente, os alunos devem responder às duas primeiras questões com o objetivo de notar que temos atualmente grande capacidade e facilidade de obter e armazenar informações. No segundo momento, você poderá discutir a terceira questão proposta sobre a relação das formas de comunicação e armazenamento de informações com a nossa vida. Por exemplo, podemos questionar a qualidade das

informações que circulavam antigamente em relação às atuais. *Ambos os dados quantitativos, das duas épocas, podem ser comparados?* Ao mesmo tempo, você pode discutir aspectos da democratização da informação, refletindo sobre a importância do acesso de todos ao conhecimento. Pode-se também refletir sobre a facilidade de se trocar mensagens, que nos leva a estar sujeitos a nos expor individualmente com muita facilidade, por opção própria ou não. Estes são apenas alguns aspectos de uma longa discussão que se pode fazer.

Tema 1 – Física de partículas elementares

1. Qual a relação entre a concepção aristotélica de matéria e a Física atual?

A filosofia antiga difere muito da maneira atual de se fazer ciência. No entanto, podemos verificar semelhanças em relação a algumas ideias simples. Aristóteles acreditava que a matéria poderia adquirir diferentes formas. Vimos que a Física atual admite que partículas elementares podem se modificar como, por exemplo, um múon decaindo em elétron. Também se admite que energia e massa são equivalentes. Com isso, a matéria perde o caráter imutável que os primeiros atomistas pregavam e passa a ser vista à maneira aristotélica.

2. Qual foi a importância da descoberta feita por César Lattes?

Ele, juntamente com o grupo no qual trabalhava, detectou uma partícula proposta dez anos antes, o méson π , que explicava a interação forte.

3. Como os prótons e nêutrons são constituídos em relação ao modelo de quarks?

O próton, para ter carga +1, é feito de dois quarks up e um quark down. O nêutron, para ter carga nula, é feito de dois quarks down e um up.

4. Qual das reações abaixo é impossível de acontecer?

- a) $\pi^- + p \rightarrow \Lambda^0 + K^0$
 b) $K^+ + n \rightarrow \Lambda^0 + \pi^-$
 c) $\pi^0 + n \rightarrow K^+ + \Sigma^-$

d) $\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$

e) $n \rightarrow p + e^-$

Podemos verificar que em todas reações há conservação de carga, menos na alternativa b), na qual temos, de um lado da reação, carga +1, e do outro, -1.

5. Qual das partículas abaixo não é um hádron?

a) π^-

b) n

c) Σ^-

d) e^-

e) p

Todas as partículas são formadas por quarks e sentem a força forte, com exceção da alternativa d), que é um lépton.

Tema 2 – Microeletrônica e informática

1. Podemos afirmar que um aparelho digital é sempre mais moderno que um aparelho analógico?

Não. Como vimos, o telégrafo, um dos primeiros aparelhos de comunicação, é de meados do século XIX e tem uma base de comunicação digital.

2. Represente o número 25983 no código binário BCD:

Podemos escrever qualquer número com a ajuda da tabela apresentada anteriormente:

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

Com isso o número é representado pelo conjunto:

0010 0101 1001 1000 0011

3. Qual é a diferença entre a dopagem tipo P e tipo N.

No primeiro caso, o elemento químico inserido no material tem um elétron a menos, deixando um vazio na ligação. No segundo, o elemento químico tem um elétron a mais, que fica na banda de condução.

4. O que significa um *bit* de informação?

Significa que essa mensagem tem apenas um algarismo, zero ou um. O número de bits representa o número de algarismos que precisamos para representar alguma informação.

5. Como a Física atômica se relaciona com a microeletrônica?

Para a construção de transistores é necessária a manipulação de átomos que serão inseridos em um determinado cristal. Este processo só é possível conhecendo-se as características da distribuição eletrônica dos elétrons.

PROPOSTAS DE SITUAÇÕES DE RECUPERAÇÃO

Para retomar a discussão sobre a descoberta do méson π por César Lattes, é possível abordar com os alunos a leitura de artigos de divulgação científica sobre este tema. Muitos textos já foram publicados e você pode selecionar algum que seja de seu interesse. Contudo, sugerimos os artigos 1947 – O ano do méson π , publicado eletronicamente (disponível em: <<http://www.cbpf.br/meson/meson.html>>. Acesso em: 30 jul. 2009.), e Lattes, nosso herói na era nuclear, publicado no volume 6, nº 2, da revista Física na Escola, em outubro de 2005. (disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num2/a16.pdf>> Acesso em: 30 jul. 2009.).

Para a discussão sobre os tipos de partícula existentes e suas características, o professor pode solicitar aos alunos que façam um mapa conceitual. Nele, devem organizar as partículas em grandes categorias como bósons e férmions, bárions e mésons, hádrons e léptons. Podem utilizar uma cartolina e fazer uma representação esquemática delas.

O conceito de partícula elementar pode ser trabalhado por meio de uma pesquisa. Os alu-

nos podem consultar diferentes livros, enciclopédias e dicionários buscando definições para as palavras partícula e elementar. Em uma aula coletiva, podem discutir sobre as definições encontradas e, individualmente, podem redigir sua definição pessoal.

A discussão sobre *quarks* e modelo padrão pode ser trabalhada com o apoio de livros de divulgação científica que apresentem este tema em linguagem simples. Entre eles, destacamos o livro *Alice no país do quantum*, de Robert Gilmore. O professor pode selecionar trechos que considere importantes para a discussão com os alunos.

O debate sobre os sistemas analógico e digital pode ser retomado sob a forma de um projeto, no qual os alunos devem criar um sistema de comunicação baseado em uma linguagem binária. Pode-se realizar, por exemplo, uma comunicação baseada em sinais de luz, com o auxílio de uma lanterna. Ao acender e apagar a lanterna, é possível ter dois tipos de sinais distintos para a transmissão de informação.

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

Livros

ABDALLA, Maria Cristina Batoni. *O discreto charme das partículas elementares*. São Paulo: Editora da Unesp, 2004.

Discute a descoberta de características das partículas em linguagem acessível.

DORIA, Mauro; MARINHO, Franciole. *Ondas e bits*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

Coleção sobre temas atuais de Física destinada a professores.

MARTINS, Roberto. *O Universo*. São Paulo: Moderna, 1994. Há uma versão eletrônica do livro disponível em: <<http://www.ifi.unicamp.br/~ghc/Universo/>>. Acesso em: 30 jul. 2009. Este livro pode ser utilizado para o aprofundamento das questões históricas sobre a constituição da matéria.

TIPLER, Paul. ; LLEWELLYN, Ralph. *Física moderna*. São Paulo: LTC, 2001.

Este é um livro técnico, destinado a estudantes de graduação. Contém uma discussão aprofundada, porém acessível, sobre a Física moderna.

VALADARES, Eduardo; CHAVES, Alaor, ALVES, Esdras. *Aplicações da Física Quântica: Do transistor à nanotecnologia*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

Coleção sobre temas atuais de Física destinada a professores.

Sites

Knobel: Disponível em: http://www2.riicyt.org/docs/VII_Congreso/DIA_24/SALA_B/17_00/Murriello_Knobel_Vogt.pdf

Contém informações e muitas referências sobre nanotecnologia que podem ser utilizadas pelo professor.

A Aventura das Partículas. Disponível em: <<http://www.sprace.org.br/AventuraDasParticulas/>>. Acesso em: 30 jul. 2009.

Contém uma discussão bastante acessível sobre as partículas subatômicas e a fenomenologia a elas associada.

