



ensino médio

3ª SÉRIE

4º bimestre - 2008



caderno do
PROFESSOR

FÍSICA



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador
José Serra

Vice-Governador
Alberto Goldman

Secretária da Educação
Maria Helena Guimarães de Castro

Secretária-Adjunta
Iara Gloria Areias Prado

Chefe de Gabinete
Fernando Padua

Coordenadora de Estudos e Normas Pedagógicas
Valéria de Souza

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

Coordenadora de Ensino do Interior
Aparecida Edna de Matos

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

EXECUÇÃO

Coordenação Geral
Maria Inês Fini

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

GESTÃO

Fundação Carlos Alberto Vanzolini

Presidente do Conselho Curador:
Antonio Rafael Namur Muscat

Presidente da Diretoria Executiva:
Mauro Zilbovicius

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

Coordenadoras Executivas de Projetos:
Beatriz Scavazza e Angela Sprenger

APOIO

CENP – Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas

FDE – Fundação para o Desenvolvimento da Educação

Coordenação do Desenvolvimento dos Conteúdos Programáticos e dos Cadernos dos Professores

Ghisleine Trigo Silveira

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

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

Ciências da Natureza e suas Tecnologias:
Sônia Salem

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias:
Alice Vieira

Matemática:
Nilson José Machado

Autores

Ciências Humanas e suas Tecnologias

Filosofia: Adilton Luís Martins e Paulo Miceli

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

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

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

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

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

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

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

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

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

Educação Física: Jocimar Daolio, Luciana Venâncio, Luiz Sanches Neto e Mauro Betti

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

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

Matemática

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

Caderno do Gestor

Zuleika de Felice Murrie

Consulta à rede sobre experiências exitosas

Lourdes Athiê e Raquel B. Namó Cury

Equipe de Produção

Coordenação Executiva: Beatriz Scavazza

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

Equipe Editorial

Coordenação Executiva: Angela Sprenger

Projeto Editorial: Zuleika de Felice Murrie

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

CTP, Impressão e Acabamento

Imprensa Oficial do Estado de São Paulo

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

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

Catálogo na Fonte: Centro de Referência em Educação Mario Covas

São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.
S239c Caderno do professor: física, ensino médio – 3ª série, 4º bimestre / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Yassuko Hosoume, Ivã Gurgel, Guilherme Brockington, Luís Paulo de Carvalho Piassi. – São Paulo : SEE, 2008.

ISBN 978-85-7849-113-0

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

CDU: 373.5:53

Prezado(a) professor(a),

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

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

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

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

Conto com você.

Maria Helena Guimarães de Castro

Secretária da Educação do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

São Paulo faz Escola – Uma Proposta Curricular para o Estado 5

Ficha do Caderno 7

Orientação sobre os conteúdos do bimestre 8

Tema 1 – Física de Partículas Elementares 9

Situação de Aprendizagem 1 – A matéria em uma perspectiva histórica 10

Situação de Aprendizagem 2 – A ciência no Brasil 13

Situação de Aprendizagem 3 – Novas partículas no cenário da Física 16

Situação de Aprendizagem 4 – Transformações de partículas 24

Situação de Aprendizagem 5 – O modelo dos *quarks* 27

Situação de Aprendizagem 6 – Aceleradores de partículas: novas perspectivas para o conhecimento 30

Tema 2 – Microeletrônica e Informática 33

Situação de Aprendizagem 7 – Os meios de comunicação 33

Situação de Aprendizagem 8 – Transistores: o ouvido eletrônico 36

Situação de Aprendizagem 9 – A informação e a tecnologia na vida atual 40

Grade de Avaliação 42

Proposta de Situações de Recuperação 44

Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema 45

Considerações Finais 46

SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Prezado(a) professor(a),

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Maria Inês Fini

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

FICHA DO CADERNO

Física de Partículas Elementares; Microeletrônica e Informática

Nome da disciplina:	Física
Área:	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
Etapa da educação básica:	Ensino Médio
Série:	3ª
Período letivo:	4º bimestre de 2008
Aulas semanais:	2
Semanas previstas:	8
Aulas no bimestre:	16
Temas e conteúdos:	As concepções sobre os constituintes básicos da matéria ao longo da história; As partículas elementares e a contribuição brasileira ao seu estudo; Detecção de partículas em câmara de bolhas; Transformação de partículas; O modelo de <i>quarks</i> e o modelo padrão; Sistemas de comunicação analógico e digital; Transistores; Impacto social da informação.
Coordenação de CNT:	Sonia Salem
Equipe de Biologia:	Ghisleine Trigo Silveira, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene Aparecida Esperante Limp e Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira.
Equipe de Ciências:	Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Yassuko Hosoume, Cristina Leite, João Carlos Miguel Thomaz Micheletti Neto, Máira Batistoni e Silva, Paulo Rogério Miranda Correia, Renata Alves Ribeiro e Ricardo Rechi Aguiar.
Equipe de Física:	Ivã Gurgel (responsável pelo caderno), Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Yassuko Hosoume, Guilherme Brockington e Luis Paulo de Carvalho Piassi.
Equipe de Química:	Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Denilse Morais Zambom, Fabio Luiz de Souza, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Fernanda Penteado Lamas e Yvone Mussa Esperidião.

O RIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO BIMESTRE

Para dar continuidade ao tema Matéria e Radiação, dividimos o Caderno deste 4º bimestre em duas partes. Primeiramente, trataremos do tema Física de Partículas Elementares, partindo de uma concepção histórica até chegarmos ao modelo atual de *quarks*. Nesse percurso, discutiremos os processos de detecção de partículas e as experiências atuais em aceleradores. Esse assunto é interessante, pois permite que os alunos entrem em contato com a Física que é produzida atualmente. Essas novas idéias, aparecem de forma recorrente nos noticiários e na mídia em geral. Trazer a ciência atual para o ensino formal possibilita aos estudantes, em sua formação básica, não apenas a compreensão de fenômenos naturais e de tecnologias do mundo contemporâneo, mas a percepção de que ainda há muito o que investigar sobre a natureza. A busca de respostas para muitas indagações sobre o universo é um processo composto por constantes formulações e transformações.

Para realizar essa discussão, privilegiamos uma abordagem que contemple tanto

questões históricas, que mostrem como algumas idéias foram formuladas, como discussões sobre os procedimentos e experiências atuais de pesquisa. Com esse debate, esperamos que os alunos percebam criticamente a importância da Física para a sociedade atual. No entanto, ao propormos tais temas e conteúdos, nos deparamos com um obstáculo incontornável. Durante seu tratamento, é inevitável a apresentação de idéias que são incomuns mesmo para muitos físicos. Buscaremos trabalhá-las de forma simples e esperamos, depois do percurso realizado por meio das Situações de Aprendizagem, que algumas dessas idéias possam ser esclarecidas e apropriadas. Na segunda parte do Caderno, com o tema Microeletrônica e Informática, discutiremos os sistemas de comunicação analógico e digital, e a tecnologia atual dos transistores, buscando enfatizar o impacto social dessas tecnologias. Essa discussão promove a reflexão e a capacidade de argumentar sobre como novas tecnologias podem afetar nossas vidas e é possível verificar uma importante aplicação da Física Quântica.

TEMA 1 – FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES

As indagações sobre como o mundo é composto e organizado são objetos de investigações desde as primeiras manifestações humanas até os dias atuais. Do ponto de vista filosófico, elas já se manifestavam no mundo ocidental, em particular na Grécia Antiga, marco do início da ciência aqui estudada. Atualmente, uma área da Física que estuda especialmente o mundo subatômico é conhecida como Física das partículas. As pesquisas nesse campo buscam compreender e criar modelos para explicar quais são as entidades fundamentais que compõem o mundo, suas propriedades e características. Tais estudos não têm caráter apenas prático, mas remetem também às primeiras formas de se pensar o Universo, que estão muito enraizadas em nossa cultura. No início deste Caderno, iremos discutir como a matéria foi pensada durante a história da humanidade. Em seguida, estudaremos mais sistematicamente como a Física atual investiga esse mundo do “muito pequeno” por meio de bases teóricas e experimentais. Para a realização das atividades pelos alunos e a discussão e sistematização pelo professor prevemos a utilização de dez aulas.

Conhecimentos priorizados

Até o presente momento, os alunos puderam aprender aspectos dos principais fenômenos e modelos na escala atômica e nuclear. Para aprofundarmos esse estudo, passaremos a focar outras partículas que compõem os átomos, menos conhecidas do que aquelas estudadas até aqui (prótons, nêutrons e elétrons), e mostraremos a necessidade de se considerar a existência de partículas mais elementares que essas. Além dos conceitos físicos, buscaremos discutir também os processos científicos que possibilitam o estudo dessas entidades.

Competências e habilidades

Neste Caderno, buscamos, que os alunos desenvolvam as seguintes competências e habilidades:

1. Compreender processos de construção de idéias na ciência.
2. Utilizar procedimentos e instrumentos de observação.
3. Elaborar hipóteses, analisar e interpretar resultados experimentais.
4. Compreender e interpretar os processos de transformação das partículas sob o ponto de vista do seu significado físico e da sua linguagem científica.
5. Reconhecer a importância social da ciência no Brasil.
6. Debater e argumentar sobre aspectos da tecnologia de comunicação e informação atuais.

Metodologia e estratégias

Neste estudo, serão apresentadas 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 importância de César Lattes na descoberta do *méson* π . Na terceira, propõe-se uma atividade prática para discutir os métodos de análise de partículas em câmaras de bolhas. A quarta trabalha as reações possíveis em que uma partícula pode se transformar em

outra, por meio do uso de linguagem científica. A quinta discute de uma maneira analítica a formação de partículas tendo como base os *quarks*. A sexta discute por meio de reportagens atuais os experimentos que vêm sendo realizados para o estudo das partículas em aceleradores.

Avaliação

Ao final da realização destas atividades, os alunos deverão ter compreendido o chamado **modelo-padrão**, que é o modelo atual de organização das partículas elementares e 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 menor que um átomo. Durante esse processo, o professor, além da verificação dos conhecimentos trabalhados, poderá avaliar a evolução do aluno ao analisar e buscar estratégias de solução de situações-problema em linguagem científica, acompanhar sua participação nas atividades e discussões em sala de aula, bem como sua capacidade de sistematizar idéias de forma coerente, quer em textos escritos, quer oralmente.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 A MATÉRIA EM UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA

Tempo previsto: 3 aulas.

Conteúdo e temas: a concepção 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 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 texto.

Objetivo / Contexto

Os alunos vêm estudando, desde o bimestre anterior, as propriedades da matéria, do ponto de vista atômico e nuclear. Neste 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 essa 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. Assim, nesta atividade, propomos a construção de uma linha histórica do tempo, na qual os alunos irão identificar como em cada época a matéria foi pensada de determinada forma.

Roteiro 1 – Construindo uma Linha do Tempo

Você já deve ter notado que muitas coisas que estudamos em Física e em outras disciplinas são noções criadas já há algum tempo. Por exemplo, a descoberta do DNA tem pouco mais de 50 anos, o modelo atômico de Bohr que estudamos no bimestre anterior tem quase 100 anos, a noção de calor como energia tem cerca de 200 anos e assim por diante. *Mas você sabia que algumas idéias científicas podem ter uma tradição de mais de 2500 anos?* A busca dos elementos básicos constituintes da matéria é uma das questões que nos remetem à Antigüidade. Nesta atividade, vocês irão pesquisar alguns marcos importantes de como esta história se desenvolveu. Para isso, 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 escolhido pelo grupo. As figuras serão trazidas para a sala de aula e com elas vocês irão construir uma linha do tempo, que consistirá em um grande mural com imagens de todas as épocas. É importante que elas representem bem o que vocês pesquisaram e que cada grupo estude um período histórico diferente, para que, em conjunto, a classe construa um mural que represente todas as épocas.

Encaminhando a ação

Para esta atividade estão previstas três aulas em seqüência. Na primeira aula, sugerimos que o professor apresente a atividade, discutindo o aspecto histórico das idéias científicas. É possível questionar os alunos se as idéias 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, professor, pode questionar quão antigas podem ser as idéias que buscaram explicar elementos da natureza. Durante o debate é importante que percebam que as idéias podem remeter à Antigüidade, isto é, a períodos muito anteriores à Era Cristã. Com esta problematização inicial, você pode iniciar uma atividade que ajudará a encaminhar a primeira questão do Roteiro:

Quais foram os principais acontecimentos de cada época?

Para esse 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 Antigüidade (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). Essa é uma divisão tradicional em história, mas o professor pode optar por fazer outra divisão do tempo, caso considere interessante.

Nesse levantamento inicial, os alunos poderão citar vários episódios, como o nascimento de Cristo, a “descoberta” do Brasil, a Revolução Industrial, a primeira viagem à Lua etc. Além disso, poderão citar personagens, aspectos so-

ciais ou culturais referentes a esses períodos. Caso seja possível, esse 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 dessa primeira aula, o professor propõe aos alunos que realizem uma pesquisa de imagens sobre estes acontecimentos para a montagem de uma linha do tempo. Nessa 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, professor, você pode sugerir 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, Grosseteste, Fibornacci, Roger Bacon, entre outros. Nos séculos XVI e XVII, Copérnico, Descartes, Galileu, Newton, Huygens e Hooke. Nos séculos XVIII e XIX, Lagrange, Franklin, Voltaire, D’Alambert, Laplace, Coulomb, Fresnel, Young, Maxwell, Hertz. No século XX, são nomes interessantes: Bohr, Einstein, Planck, Dirac e Fermi.

Essa 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 desses. É fundamental que eles busquem compreender o que esses autores pensavam sobre a composição da matéria. Além disso, deve-se orientá-los para que contextualizem o período escolhido, pes-

quisando 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 trazer do período escolhido: imagens relacionadas a personagens, a fatos históricos ou outras relevantes que contextualizem a época (meios de transporte e de comunicação, costumes, vestuário, nomes ou cartazes de filmes, 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 isso, 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/países tinham maior importância etc.

Na terceira aula, os alunos irão explorar as concepções de matéria ao longo da história. Isso pode ser feito de maneira semelhante à realizada na aula anterior; isto é, solicite aos alunos que façam um breve resumo sobre as concepções de matéria de cada um dos períodos, com alguma representação destas, para ser colado juntamente à linha do tempo. Como isso será feito entre a segunda e a 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. Ou 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, 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 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 construção da linha do tempo.

Encaminhamento complementar

Caso você tenha mais tempo na seqüência da atividade, professor, é possível explorar com mais cuidado qual o significado da contribuição dos autores apresentados anteriormente em relação às suas concepções de matéria. Como o número de autores citados é muito grande, pode-se explorar apenas alguns casos como exemplo. A escolha fica a seu critério, professor. Na Antigüidade, 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. Ele consegue dar forma ao conjunto de coisas que existem ao seu redor, composto de pratos, vasos, jarros etc., a partir de 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 como sendo composta de pequenas partes indivisíveis e que, por isso, foram chamadas de átomos. Os átomos estariam em constante movimento em um espaço vazio. Um átomo sozinho seria invisível. No entanto, quando um conjunto de átomos se reunisse, estes formariam 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 essa quantidade deveria ser finita e cada átomo seria um elemento imutável.

Após essa 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?* Esse ponto será esclarecido nas próximas atividades.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 A CIÊNCIA NO BRASIL

Tempo previsto: 1 aula.

Conteúdo e temas: apresentação histórica sobre a 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.

Objetivo / Contexto

Na Situação de Aprendizagem anterior, realizamos uma pesquisa mostrando a importância dos trabalhos de muitos filósofos e cientistas ao longo do tempo. No entanto, raramente em uma pesquisa como essa apare-

ce a contribuição de algum cientista brasileiro. Nesta Situação de Aprendizagem, buscaremos mostrar a importância que o trabalho de um brasileiro 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.

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? Se não, você saberia dizer o nome de algum brasileiro que fez parte de alguma descoberta científica? Se sua resposta for 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 idéia 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 Meson, 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 Meson, até então só constatado nos raios cósmicos. O Meson 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 “Meson” só agora, o foi graças aos trabalhos do cientista bandeirante.

Encaminhando a ação

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 a contribuições brasileiras nesse campo. Uma explicação para isso é que a ciência brasileira é muito recente se comparada à européia, da mesma forma que o Brasil é um país muito mais “jovem” que os “velhos” países europeus. Isso contribui para que citemos cientistas brasileiros já no período contemporâneo, 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 muito difícil que a contribuição brasileira possa aparecer. O resultado disso é a sensação de que o Brasil não tem ciência e uma possível consequência dessa sensação é a idéia, 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 interessante 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.

Antes de realizar a atividade, pode-se questionar os alunos se existem cientistas brasi-

leiros, 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.

Através 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.

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 dêem seu próprio título é a de fazer com que leiam o texto com cuidado e manifestem a compreensão que tenham dele por meio do título proposto. Pode-se anotar na lousa os vários títulos sugeridos e pedir aos alunos que os justifiquem. Ao final, apresente o título original para que comentem e confrontem com os sugeridos por eles.

CORREIO PAULISTANO

SÃO PAULO – QUARTA-FEIRA, 10 DE MARÇO DE 1948.

DESCOBERTA DE UM CIENTISTA BRASILEIRO

TRATA-SE DO “MESON”, IMPORTANTE COMPONENTE NUCLEAR: PAULISTA, O AUTOR DO INVENTO.

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 Meson, 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 Meson, até então só constatado nos raios cósmicos. O Meson 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 “Meson” só agora, o foi graças aos trabalhos do cientista bandeirante.

Fonte: Rede de Jornais Leste

Encaminhamento complementar

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 através da *força forte* (este tema foi introduzido no bimestre anterior). 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 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 núcleons (prótons e nêutrons) é feita através de

trocas de *mésons*. A partícula de Yukawa seria como uma bola de futebol que é trocada constantemente por jogadores quando estes fazem uma tabela. Através desta 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* através 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 consegue 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

Tempo Previsto: 2 aulas.

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

Competências e habilidades: análise de dados experimentais e compreensão dos processos de construção de idéias 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.

Objetivo / Contexto

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 outras 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?* Para isso, 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.

Roteiro 3 – Descobrimo novas partículas

Na atividade anterior, vimos que uma partícula que ainda não conhecíamos, o *méson* π , foi descoberta em 1947. Com isso, alguém poderia se perguntar: *existem outras partículas que ainda não conhecemos?* 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 (as partículas que compõem o átomo). 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 quando estão em 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 em altas energias. Trata-se de um dispositivo chamado *câmara de bolhas*, que consiste em um recipiente fechado com uma nuvem. Este, por exemplo, pode ter hidrogênio líquido dentro. Assim, 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. Através do 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.

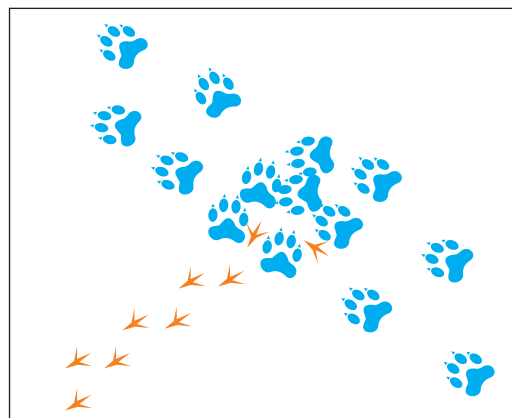


Figura 1 – Pegadas

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 essa primeira parte da atividade, você deve ter percebido que, por meio das pegadas (rastro) que ele deixou ao passar em algum lugar, 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:

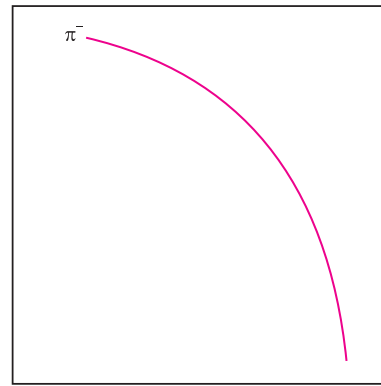
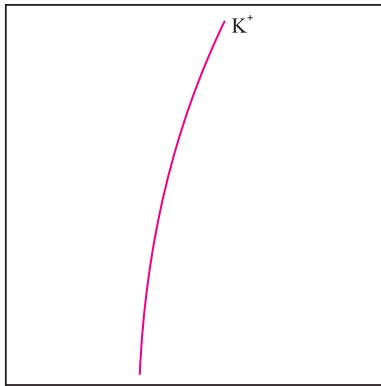


Figura 2 – Rastros deixados por um káon positivo (K^+) e por um píon negativo (π^-).

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. Essa 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, sabemos 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 saber sua massa.

Isso 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 káon tem uma massa maior do que o píon, 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” e descobrir que ela se transformou em outra(s) partícula(s). Essa

transformação pode ocorrer espontaneamente ou por intermédio de uma colisão. Veja o exemplo a seguir:

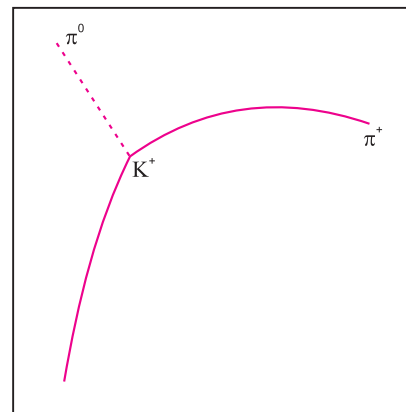


Figura 3 – Um káon positivo (K^+) entra na câmara de bolhas e, em um determinado instante, decai, isto é, se transforma em um píon positivo (π^+) e em um píon neutro (π^0).

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

Materiais

- Figuras das partículas de referência impressas em transparência.

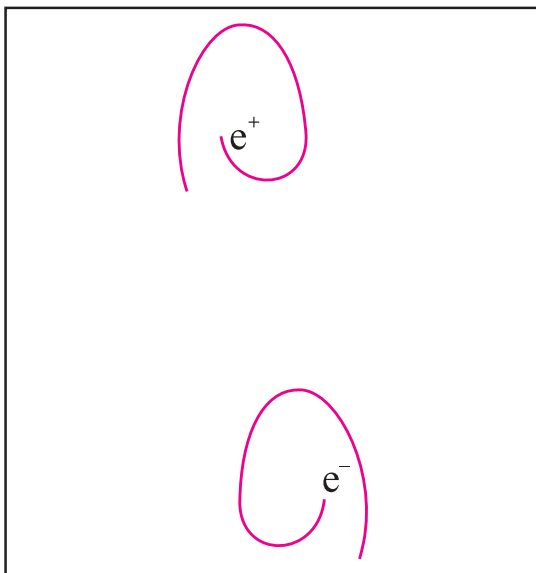
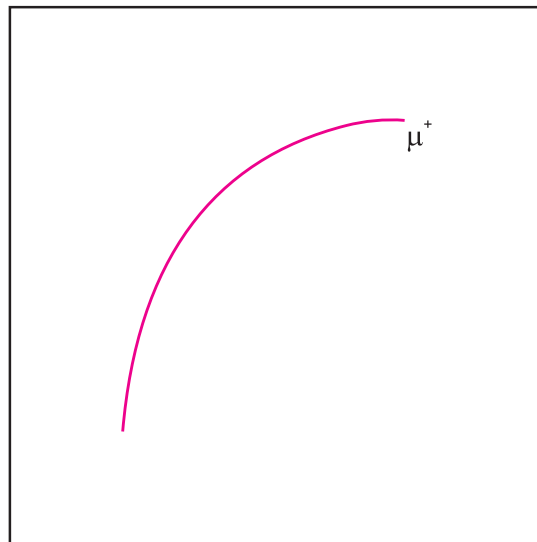
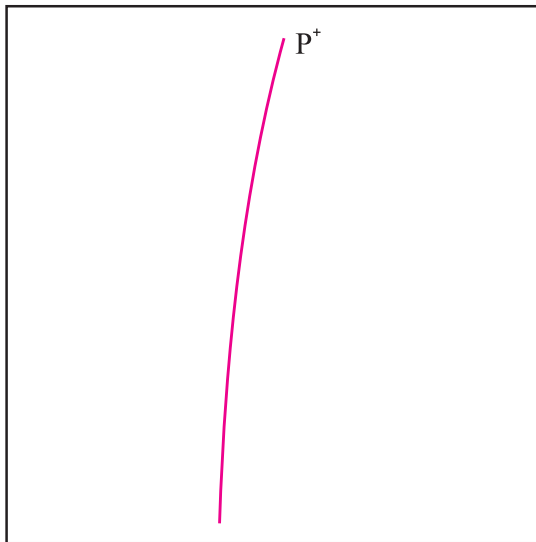
- Figuras mostrando os decaimentos ou interações entre partículas.

Mãos à obra

Agora vocês deverão descobrir como um conjunto de partículas interage através dos “rastros” deixados por elas. Embora bastante simplificado, esse procedimento

de análise é semelhante ao que César Lattes e outros cientistas realizavam com as imagens das *câmaras de bolhas* nos estudos de partículas.

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



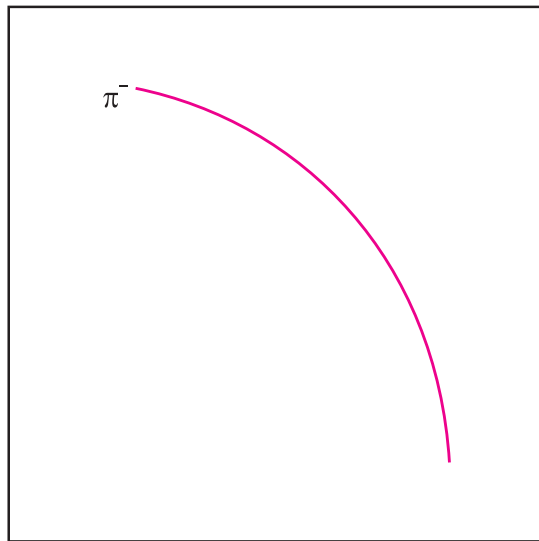
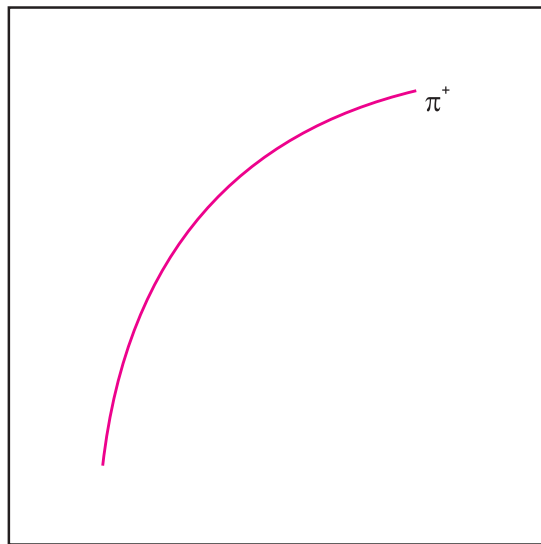
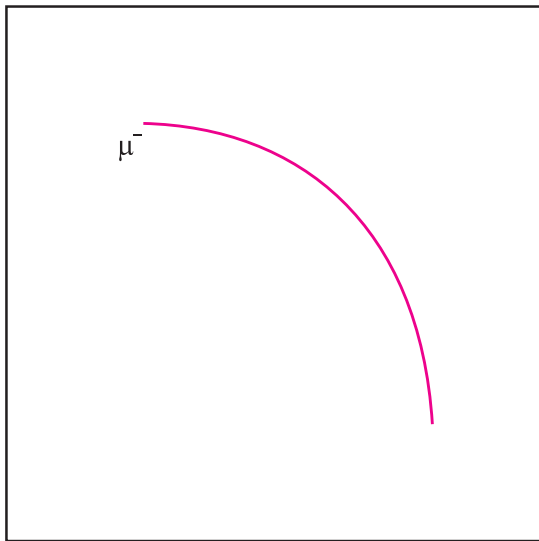


Figura 4 – Partículas de referência, conjunto de seis trajetórias.

Diferentes reações em câmaras de bolhas.

Agora, utilizando essas imagens, vocês deverão descobrir quais transformações ocorreram com um conjunto de partículas. Para fazer isso, é preciso comparar as imagens da

Figura 4 com as trajetórias das partículas desconhecidas em cada uma das reações e através disto vocês descobrirão qual transformação ocorreu em cada um dos casos.

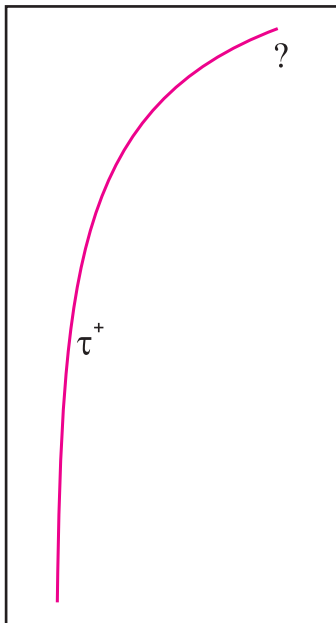


Figura 5.

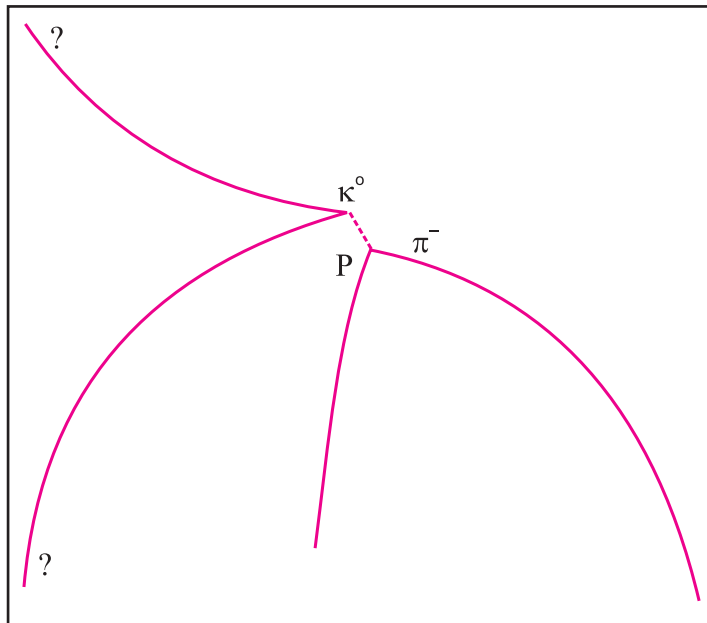


Figura 7.

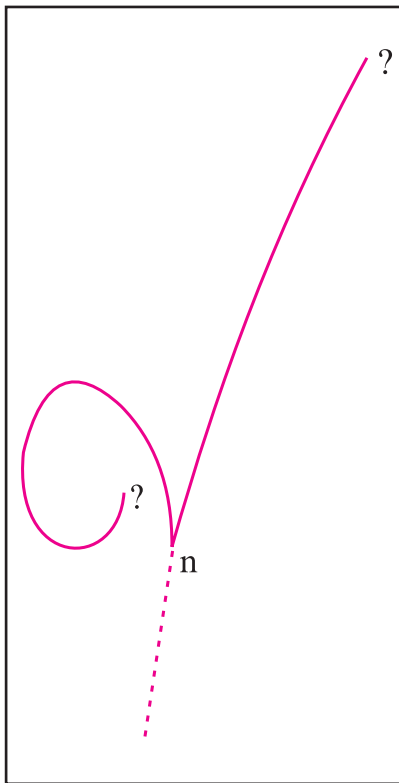


Figura 6.

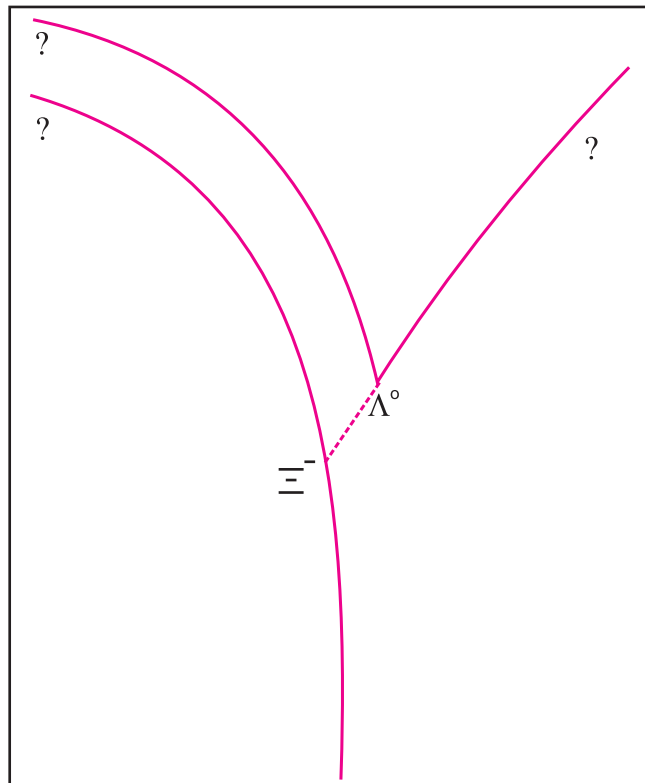


Figura 8.

Encaminhando a ação

Ao analisar a Figura 1 (das pegadas), os alunos devem relatar (por escrito ou oralmente, a critério do professor) suas explicações para o que ali está 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 um era o pai do outro e o pegou no colo, e assim por diante. O interessante, e que deve ficar claro, é que por meio de um conjunto de rastros é possível criar hipóteses sobre o que aconteceu quando essas duas “coisas” (animais) se encontraram. Desafio semelhante será realizado pelos alunos ao analisar as trajetórias das partículas nas *câmaras de bolhas*. Através delas, deverão descobrir como uma partícula pode se transformar e/ou interagir em/com outra partícula.

Essa discussão inicial ajudará a contextualizar o procedimento a ser realizado na atividade seguinte. No entanto, essa outra atividade se baseia em conceitos e leis próprias do conhecimento físico (que os alunos devem ter claro ao realizar a atividade), como a existência de outras partículas além do próton, nêutron e elétron, as interações eletromagnéticas (estudadas no 1º e 2º bimestres da 3ª série do Ensino Médio) e leis de conservação.

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 com isso descobrir as partículas resultantes de cada transformação. Para tornar a comparação mais fácil, é interessante que as partículas de referência (Figura 4) sejam impressas em uma transparência, pois assim os alunos podem fazer a comparação sobrepondo a transparência às figuras das reações (Figuras 5, 6, 7 e 8). Caso não seja possível, fazendo a impressão em papel os alunos podem realizar a atividade olhando as figuras contra a luz.

Outra consideração importante é que muitas dessas partículas não são estáveis. Assim,

podem se transformar em outras partículas, sempre em busca de um estado de estabilidade. Esse tipo de decaimento ocorre naturalmente, e isso 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. Na segunda (Figura 6), um nêutron (n), indicado pela linha tracejada na figura, decai em próton (p) e elétron (e^-). Na quarta e última reação (Figura 8), ocorrem dois decaimentos em seqüência. 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 outro pión negativo (π^-). Além das partículas poderem decair naturalmente, quando duas delas se encontram e 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, se transformando em um káon neutro (K^0) que, por sua vez, decai em um pión positivo (π^+) e em um negativo (π^-).

Finalmente, outro aspecto relevante da atividade é mostrar o processo de detecção dessas partículas. Apesar de não podermos “vê-las” diretamente, podemos identificá-las através de sua passagem em uma *câmara de bolhas*. É importante que os alunos entendam os processos de construção de idéias na ciência, principalmente quando se discute o mundo subatômico.

Encaminhamento complementar

Para sistematizar a discussão da atividade você pode, professor, caso tenha tempo hábil, apresentar e discutir com mais cuidado algumas das características dessas novas partículas que serão reveladas na atividade. A maior parte delas foi prevista e descoberta nos anos 1950. Nessa época, baseados em razões teóricas, 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 se verificar a existência dessas partículas decorre desse curto

período de existência. A carga elétrica é dada em função da carga elementar e , de valor $1,6 \times 10^{-19}$ C, sendo importante verificar que todas as partículas têm o valor inteiro (positivo ou negativo), não havendo números fracionários. Além desses 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	$2,20 \times 10^{-6}$	-1	e ⁻
Tau (τ ⁻)	1784	4×10^{-13}	-1	(μ ⁻) ou (e ⁻)
Píon (π ⁺)	139,6	$2,60 \times 10^{-8}$	+1	μ ⁺
Píon (π ⁰)	135,0	$0,83 \times 10^{-16}$	0	2γ
Káon (K ⁺)	493,7	$1,24 \times 10^{-8}$	+1	(μ ⁺) ou (π ⁰ e π ⁺)
Káon (K _s ⁰)	497,7	$0,89 \times 10^{-10}$	0	(π ⁺ e π ⁻) ou (2π ⁰)
Káon (K _L ⁰)	497,7	$5,2 \times 10^{-8}$	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)	1115,6	$2,6 \times 10^{-10}$	0	(p e π ⁻) ou (n e π ⁺)
Sigma (Σ ⁺)	1189,4	$0,80 \times 10^{-10}$	+1	(p e π ⁰) ou (n e π ⁺)
Sigma (Σ ⁰)	1192,5	6×10^{-20}	0	(Λ ⁰ e γ)
Sigma (Σ ⁻)	1197,3	$1,5 \times 10^{-10}$	-1	(n e π ⁻)
Xi (Ξ ⁰)	1315	$2,9 \times 10^{-10}$	0	(Λ ⁰ e π ⁰)
Xi (Ξ ⁻)	1321	$1,64 \times 10^{-10}$	-1	(Λ ⁰ e π ⁻)
Ômega (Ω ⁻)	1672	$0,82 \times 10^{-10}$	-1	(Ξ ⁰ e π ⁰) ou (Λ ⁰ e K ⁺)

Tabela 1: Dados obtidos em: SERWAY, R.; JEWETT JR., J. *Princípios de Física*. 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

Tempo previsto: 1 aula.

Conteúdo e temas: reações 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.

Objetivo / Contexto

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

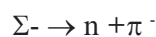
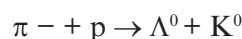
demonstrar reações de partículas e discutiremos as leis de conservação vinculadas a essas transformações. Essa é uma discussão importante, pois nos permite compreender qual é a base teórica vinculada às descobertas em Física de partículas.

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

Na Situação de Aprendizagem anterior, verificamos que quando estudamos o mundo das partículas, este 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 será que existe alguma regra que deve ser seguida durante uma modificação desse tipo?* A resposta a essa pergunta está nas leis de conservação, que vocês já estudaram nos anos anteriores.

A energia, por exemplo, é uma grandeza que se conserva, pois quando analisamos

um sistema, isto é, um conjunto de corpos interagindo, vemos que a quantidade total de energia permanece a mesma se não houver uma 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, veremos que temos duas partículas, lambda e káon, 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. Veremos que em ambos os casos a quantidade de carga é conservada, pois o valor inicial é igual ao valor final.

Mãos à obra

Vocês deverão analisar as reações apresentadas abaixo dizendo quais delas podem ocorrer sem violar o princípio de conservação de carga elétrica.

a) $\pi^0 + p \rightarrow \Lambda^0 + \Sigma^-$

b) $K^{++} + n \rightarrow \Lambda^0 + \pi^-$

c) $\pi^0 + n \rightarrow K^+ + \Sigma^-$

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

e) $n + \pi^0 \rightarrow p + \pi^+$

f) $K^+ + \pi^- \rightarrow p + n$

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

Encaminhando a ação

A aula pode ser iniciada com uma questão semelhante à apresentada no Roteiro: *será que as transformações estudadas na atividade anterior seguem alguma regra ou será que podem ser consideradas aleatórias?* Por meio dessa questão, pode-se discutir a noção de lei, que estabelece regras organizadoras do Universo, faz com que os fenômenos tenham certas regularidades e não sejam aleatórios. Entre os tipos de leis, é possível destacar as de conservação, e o professor pode retomar, como exemplo, a conservação do momento linear e angular, trabalhadas no primeiro ano, bem como a conservação da energia, trabalhada no segundo.

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 **a**, **b**, **e** e **f** a carga não se conserva.

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, através delas, foi e é possível prever a existência de partículas em muitos fenômenos. Muitas das partículas descobertas durante o século XX eram “procuradas” pelos cientistas por razões teóricas e foram essas as razões que fizeram com que os métodos de detecção fossem cada vez mais aperfeiçoados, a fim de tornar o estudo experimental dessas partículas possível.

Encaminhamento complementar

Após a discussão completa da atividade, você pode iniciar a aula seguinte, professor, com a seguinte questão: *será que somente uma*

partícula pode se transformar em outra, ou será que 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.

Nos anos 1930, Paul Dirac reformulou a mecânica quântica introduzindo as 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 do elétron, isto é, positiva. 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:

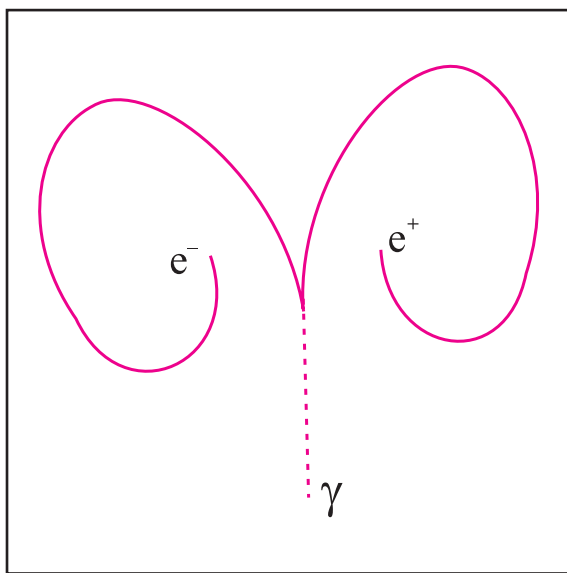
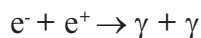


Figura 9 – Formação de um par elétron-pósitron em uma câmara de bolhas.

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

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 de elétron-pósitron, a energia necessária será igual à soma das massas das partículas multiplicadas pela velocidade da luz. Como ambas têm a mesma massa, de $0,511\text{MeV}/c^2$, basta fazer $2 \times 0,511\text{MeV}/c^2$. Repare que a unidade de massa indicada já está em função da velocidade da luz, fazendo com 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.

Professor, você pode trabalhar alguns exercícios matemáticos simples com a relação massa e energia. Para isso, utilize 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*

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: a concepção atual de partículas e o modelo-padrão.

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

Estratégias: atividade de sistematização de idéias através de problema fechado.

Recursos: roteiro de pesquisa.

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

Objetivo / Contexto

Dando continuidade aos estudos das partículas, buscaremos agora apresentar o modelo de *quarks*, que são consideradas atualmente como partículas elementares, que compõem as partículas nucleares e outras que sentem a

força forte. Nesta Situação de Aprendizagem, os alunos deverão compor partículas através dos *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 de três *quarks* ou de um *quark* e um anti-*quark*.

Roteiro 5 – Montando partículas através de *quarks*

Na atividade anterior, verificamos que existe uma quantidade de partículas muito maior do que imaginávamos. Com isso, a idéia de partícula elementar foi um pouco abalada, pois considerar que existe uma quantidade enorme de partículas elementares pareceu muito estranho para alguns cientistas. Um dos físicos que teve essa sensação foi Murray Gell-Mann. Ao analisar as características das partículas conhecidas, percebeu que poderíamos imaginar as partículas que sentem a *força forte* como sendo formadas por um grupo de partículas ainda menores, isto é, mais elementar, 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), *bottom* (**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 (6 *quarks* e 6 anti-*quarks*) que serão a base para formarmos todas as outras partículas que sentem a *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 em módulo, com o valor de $1,6 \times 10^{-19}$ C). Além da carga elétrica, os *quarks* têm um segundo tipo de carga, denominado carga de cor. Isso não significa que eles sejam coloridos de verdade. Esse nome foi dado porque 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 dessas características:

Características dos *quarks*

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

Tabela 2.

Mãos à obra

Toda partícula formada de *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, vocês deverão combinar dois ou mais *quarks*. Ao juntar os *quarks*, vocês deverão 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 ajudar, apresentamos a seguir um resumo das regras desta soma:

Vermelho + Azul + Verde = Branco
 Vermelho + Verde = Amarelo
 Vermelho + Azul = Magenta
 Verde + Azul = Ciano

Baseados nestes princípios e regras respondam:

1. Quais são as possíveis combinações de *quarks* que dão este resultado?
2. É possível formarmos uma partícula de 4 *quarks*? Justifique.
3. Por que não há uma partícula de carga 3 e?

Encaminhando a ação

Esta é uma atividade que, inicialmente, é difícil de ser compreendida. No entanto, depois que os alunos percebem qual é a idéia básica, ela se desenvolve bem. Primeiramente, a dificuldade é 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 anti-*quarks*, pelos nomes das cores secundárias. 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 anti-*quark* de cor complementar (por exemplo, um *quark* vermelho que interage com um anti-*quark* ciano, 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/anti-quark* de cores complementares, pois neste caso o anti-*quark* 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 será sempre um número inteiro, dentro do intervalo estabelecido. Com isso, se este ponto for discutido com os alunos no início da atividade, seu desenvolvimento será mais tranquilo.

Partículas formadas por *quarks* Hádrons

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

Tabela 3: Dados obtido em: SERWAY, R.; JEWETTJR, J. *Princípios de Física*. São Paulo: Thomson, 2004.

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 *hádrans*. Esse conjunto é dividido em dois. Os *bárions* são formados por três *quarks* (ou três anti-*quarks*). Os *mésons* são formados por um par *quark/anti-quark*. Com essa primeira classificação, os alunos podem compreender a constituição de algumas das partículas estudadas em atividades anteriores, de acordo com o quadro anterior.

Encaminhamento complementar

Para complementar a discussão, pode-se apresentar outras classificações de partículas e o modelo-padrão. Vimos que os *hádrans* são partículas que *sentem a força forte*. As partículas como o elétron, que não se submetem a esta força, são chamados de *léptons*. Há seis *léptons* no total. O elétron (e^-), o múon (μ^-) e o tau (τ^-). O elétron é o mais leve de todos, seguido pelo múon e, por último, pelo tau. Em um decaimento natural, sempre o mais pesado se transforma em um elemento mais leve. No entanto, essas três partículas são consideradas elementares, pois essa 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). Essas partículas recebem esses nomes que fazem referência a um *lépton*, pois essa tem o mesmo número leptônico de sua correspondente de nome. Com isso, temos um total de seis *léptons* e, como sempre ocorre, mais seis *antiléptons* para cada partícula.

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 in-

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

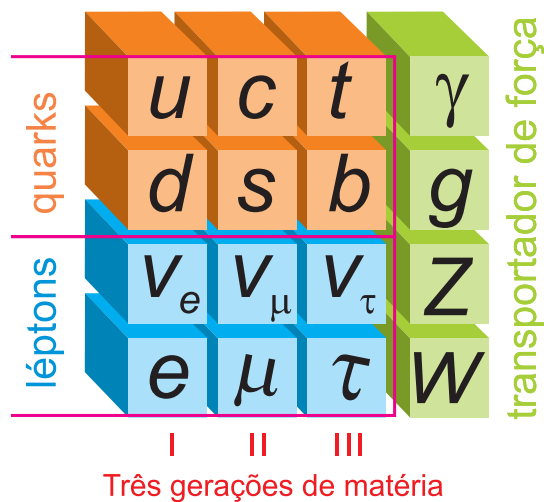


Figura 10 – Modelo-padrão

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

Tempo previsto: 1 aula.

Conteúdo e temas: aceleradores de partículas.

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

Estratégias: atividade de leitura baseada em 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 idéias.

Objetivo / Contexto

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 nature-

za das partículas, podem ajudar a explicar as condições em que o Universo estava logo no início de sua criação.

Neste ano de 2008, entra em operação o LHC, sigla em inglês para *Grande Colisor de Hádrons*. Ele consiste em um acelerador de

partículas que atingirá energias enormes, podendo realizar experiências que ajudarão a explicar as questões apresentadas anteriormente. Nesta Situação de Aprendizagem, por meio de um texto de divulgação científica, os alunos entrarão em contato com esta nova ciência que está nascendo.

Roteiro 6 – Novas descobertas em aceleradores de partículas

Será que a Física já respondeu a todas as questões sobre como a matéria se comporta? A resposta, claramente, é não. Muitos cientistas trabalham buscando 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 de notícias recentes sobre os desenvolvimentos da ciência.

Mãos à obra

Depois da leitura de uma reportagem de jornal ou revista sobre os novos experimentos em aceleradores de partículas, responda as seguintes questões:

1. Você reconheceu alguma das idéias discutidas neste bimestre em uma destas reportagens? Quais?
2. O que é um acelerador de partículas?
3. Quais são as questões que os cientistas que trabalham nestes aceleradores buscam responder?

Encaminhando a ação

Esta atividade é interessante, pois 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. Recentemente, com a inauguração do LHC, muitas reportagens apareceram 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 sobre o acelerador (disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u389472.shtml>>) e a revista *Veja* publicou uma reportagem intitulada “O buraco negro feito pelo homem”, em 9 de abril (disponível em: <http://veja.abril.com.br/090408/p_086.shtml>). Além dessas, em uma busca na internet pode-se obter muitas notícias sobre o acelerador¹.

A atividade pode ser feita em sala (nesse caso, você deve fornecer as reportagens aos alunos) ou o Roteiro pode ser passado antecipadamente aos alunos para que eles pos-

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: 15 ago. 2008.

sam buscar as reportagens e realizar a atividade fora do horário da 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.

Encaminhamento complementar

Após a atividade, o professor pode discutir de forma mais sistemática o funcionamento dos aceleradores de partículas, esclarecendo como uma partícula é acelerada através 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.

TEMA 2 – MICROELETRÔNICA E INFORMÁTICA

Os nossos hábitos foram muito modificados em relação à presença dos atuais equipamentos eletrônicos. A facilidade de se obter e trocar informações trouxe uma nova dinâmica à nossa maneira de viver. Com isso, o conhecimento desses produtos passou a ser obrigatório para qualquer cidadão. Diariamente utilizamos termos como *bits* e *bytes*, que raramente compreendemos. Recentemente a discussão sobre a TV digital esteve presente na mídia e importantes decisões foram tomadas em relação às formas de comunicação. Com estas informações, a partir deste momento, passaremos a discutir o conhecimento científico relacionado a essas questões.

Conhecimentos priorizados

Neste Caderno, serão discutidas as formas de comunicação analógica e digital, a presença do transistor como peça fundamental nesta comunicação e as mudanças na capacidade de armazenamento de dados, através de um código binário.

Competências e habilidades

1. Compreender aspectos da tecnologia atual.
2. Compreender a linguagem científica presente no cotidiano em relação ao processamento de informação.

3. Capacidade de argumentação em relação a problemas atuais.

Metodologia e estratégias

Neste estudo serão apresentadas três Situações de Aprendizagem. A primeira consiste em uma atividade prática, na qual se discute os tipos de transmissão analógica e digital. Isso será feito por meio de uma brincadeira simples: a construção de um telefone de barbante. Em seguida, por meio de um texto, se apresentará a base de funcionamento de um dispositivo importante para o funcionamento de diversos equipamentos – o transistor. Por fim, se proporá uma pesquisa, seguida de um debate, sobre a influência da informatização na vida cotidiana atual.

Avaliação

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 capacidade de compreensão do significado de determinados termos e o desempenho dos alunos em discutir elementos relacionados aos nossos hábitos atuais.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 OS MEIOS DE COMUNICAÇÃO

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo 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 de atividade; copos plásticos, linha de pesca.

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

Objetivo / Contexto

Atualmente nossa sociedade tem utilizado profundamente as tecnologias baseadas em informática e eletrônica. Com isso, é comum em nosso cotidiano falarmos em *sistemas*

analógicos e digitais. No entanto, raramente compreendemos o significado desses termos que utilizamos. Assim, nesta atividade iniciaremos uma discussão baseada em formas simples de comunicação para abordar estes temas.

Roteiro 7 – Conversando na sala de aula

Você já deve ter conversado com alguém distante de muitas maneiras diferentes: por meio de um telefone, de um computador, de um celular etc. Atualmente é comum passarmos muito tempo nesses aparelhos, nos comunicando em uma conversa direta ou através de mensagens. *Mas, você saberia explicar como uma mensagem pode sair de um lugar e chegar a outro?* Pois será isso que nós discutiremos nesta aula.

Mãos à obra

Esta atividade será realizada em duas etapas.

Etapa 1: Pegue dois copos de plástico e faça um furo bem pequeno no fundo de cada um deles. Passe a ponta de uma linha de pesca, ou outra similar, dê um nó e cole no fundo do copo pela parte de dentro, como mostra a Figura 11.

Feito isso, você já tem em mãos um telefone. Para que vocês possam conversar, mantenham o fio bem esticado. Para falar, aproxime a boca bem próxima de um dos copos e para ouvir, aproxime o ouvido da mesma maneira. Aproveitem a conversa e discutam as seguintes questões:

1. O que é o som? Como ele se propaga?
2. Como é possível vocês se comunicarem através deste “telefone”?
3. Por que o fio deve estar bem esticado e o furo no copo deve ser bem pequeno para que o telefone funcione?

Etapa 2: Agora é proposto um desafio: *seria possível se comunicar através deste fio de uma forma diferente da proposta na atividade?* Faça hipóteses sobre como isso pode ocorrer e teste-as para verificar sua funcionalidade. Lembre-se de que a comunicação não se resume às conversas faladas.

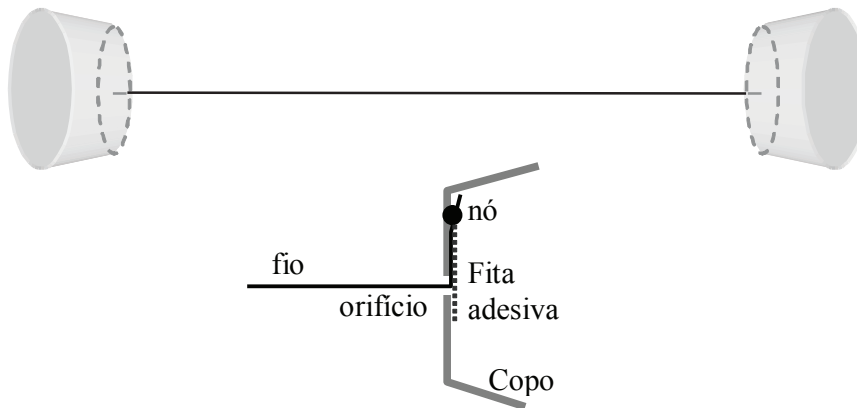


Figura 11 – Montagem do telefone

Encaminhando a ação

A aula pode ser iniciada com uma discussão sobre os meios de comunicação existentes hoje e sobre sua importância social. Professor, você pode perguntar aos alunos quais são as principais formas de comunicação utilizadas por eles e é provável que obtenha respostas como telefone celular, o *skype*, utilizado em computadores, e outros. Em seguida, pode-se propor aos alunos o “desafio” de montar um “equipamento” para comunicação. A montagem experimental da atividade é simples, e muitas vezes é feita como brincadeira por crianças. Contudo, para a sua compreensão, é necessário alguns conceitos de Física ondulatória relacionados à propagação do som. Esse tema foi discutido no 3º bimestre da 2ª série deste material no qual se pode obter mais informações sobre estes conceitos.

No entanto, basta lembrar que o som é uma onda mecânica que se propaga no ar. No telefone construído pelos alunos, a linha transmite uma onda com as mesmas características da onda sonora dita pela pessoa no copo. É importante que o fio esteja bem esticado e que o furo no copo seja pequeno para que a onda preserve suas características ondulatórias durante a transmissão, isto é, não modifique suas amplitude e frequência. No fim desta parte da atividade, os alunos devem ter claro que o som é uma onda, que tem características análogas à onda sonora produzida pela fala, que transmite a informação e realiza a comunicação.

Na segunda parte da atividade, os alunos devem ter mais liberdade. Primeiramente, o que se espera é que 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. Tendo essas idéias em mente, os alunos perceberão que o fio pode servir de meio de comunicação de muitas maneiras. Pode-se,

por exemplo, convencionar que um puxão no fio indica *não* e um leve toque indica *sim*. Com isso, é possível, através do fio, uma comunicação que se resume a respostas sim e não. 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 12 – 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 dessa informação através de um pulso ou de sinais de dois tipos que são recodificados no fim do processo. Algo interessante para ser notado 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 que isso se tornará um ruído na transmissão. Já no caso da transmissão digital, como o processo se resume a dois tipos de sinais, geralmente bem distintos, um pequeno problema de transmissão não abala a comunicação, pois a natureza da informação se preserva.

Encaminhamento complementar

A aula seguinte poderá servir para sistematizar as idéias referentes a esta atividade. Uma forma interessante para se fazer isso é discutindo os primeiros aparelhos de comunicação e registro de voz. Um exemplo é o gramofone. Nele, um tubo acústico amplifica o som de uma pessoa cantando, por exemplo, que faz 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 se 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, essa corrente elétrica descontínua é transmitida por fios a longas distâncias, sendo decodificada após sua transmissão através de um ímã que verifica a presença ou não de corrente no fio em cada instante. Com isso, temos dois exemplos reais de comunicação, semelhante à realizada em sala de aula.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 8 TRANSISTORES: O OUVIDO ELETRÔNICO

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo 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 de atividade.

Avaliação: avaliar a capacidade de compreensão de termos técnicos através da leitura.

Objetivo / Contexto

Na Situação de Aprendizagem anterior, foram discutidas as formas de comunicação analógica e digital. Nesta Situação de Apre-

dizagem, através de um texto, pretende-se que o aluno reconheça como essas informações são processadas por dispositivos eletrônicos utilizados nos mais diversos aparelhos cotidianos.

Roteiro 8 – Uma conversa eletrônica

Nas aulas anteriores foram discutidas duas formas de comunicação, uma baseada em sinais ondulatórios (analógica) e a outra baseada em sinais binários, isto é, que se realiza por meio de dois tipos de sinais distintos (digital). No entanto, em ambos os casos vocês podiam identificar os dois tipos de linguagem através de seus sentidos, utilizando o ouvido para perceber uma onda sonora ou o tato para identificar diferentes tipos de manifestações em um fio. Uma questão que poderíamos nos fazer é: *como um computador identifica um sinal enviado a ele? Isto é, quais “sentidos” ele utiliza para se comunicar?*

Mãos à obra

Para obter as respostas a essas questões, leiam o texto abaixo e discutam entre si.

Para discutirmos como um equipamento eletrônico funciona, primeiramente vamos lembrar alguns conceitos discutidos ao longo deste ano. No início do ano foi estudada a eletricidade e se discutiu que circuitos eram formados por uma corrente elétrica, que consiste no movimento 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. Na aula passada vimos: algo que oscila pode transmitir informação através de suas características ondulatórias. Com isso, a eletricidade pode transmitir a informação de uma onda sonora

por longas distâncias (esse é o princípio de comunicação de um microfone ligado a um amplificador, por exemplo). Para tornar esse processo viável, é necessário que algum dispositivo possa identificar essa informação elétrica no final da transmissão. *Mas que dispositivo é esse?*

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

Como estudamos, 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 com 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. O silício é um exemplo. Este elemento tem quatro elétrons em sua última camada. Quando temos um cristal de silício puro, esses 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 têm cinco elétrons na última camada, um elétron que não será utilizado na ligação sobrar e poderá conduzir eletricidade. Se 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. Essa 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 esse 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 disso, esse dispositivo permite apenas a passagem de corrente em um sentido, o que nos permite transformar uma corrente alternada em contínua.

O transistor é a unidade de funcionamento de qualquer *chip*. 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. Com esse 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 discussão. *Como um equipamento eletrônico pode perceber a presença de uma informação (sinal) transmitido pela rede?* A situação de uma rede telefônica pode ser boa para iniciar a conversa. Após ter certeza de que os alunos perceberam qual é o problema a ser enfrentado, o professor pode optar 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 pedaço). Com certeza haverá muitas dúvidas

conceituais, por exemplo, sobre a base de funcionamento das válvulas e transistor. Essas dúvidas devem ser objeto de detalhamento realizados por você, professor. Uma boa aula expositiva pode ser uma estratégia eficiente nesse caso. Se você acreditar na autonomia da turma, pode dividir os temas e distribuí-los aos alunos organizados em grupos, como por exemplo: *Válvulas; Semicondutores; Procedimentos de dopagem*. E pedir que pesquisem e apresentem pequenos seminários ou façam “pôsteres” (vale lembrar que é desejável desenvolver certa autonomia ao longo da 3ª série).

2. Explicando as bases conceituais – Explore primeiro as idéias do texto para depois encaminhá-lo com uma referência para responder às questões; que devem ser restritas ao entendimento do próprio texto, ou feitas como uma extensão do mesmo em bibliotecas, internet etc. Sugestão: *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?*

Encaminhamento complementar

Na aula seguinte, o professor pode apresentar 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 seqüência de zeros e uns. Os números decimais que conhecemos podem ser representados pela chamada representação BCD 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:

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

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

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:

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

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

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

Através desse 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 através 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 seqüência 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 essas informações tenham oito casas. Devido a isso, denominou-se o conjunto de 8 *bits* como um 1 *byte*. Veja a convenção a seguir:

1 <i>byte</i> = 8 <i>bit</i>	1 <i>gigabyte</i> = 2^{30} = - 1.073.741.824 <i>byte</i>
1 <i>kilobyte</i> = 2^{10} = 1.024 <i>byte</i>	1 <i>terabyte</i> = 2×2^{40} <i>byte</i> = 1.099.511.627.776 <i>bytes</i>
1 <i>megabyte</i> = 2^{20} = 1.048.576 <i>byte</i>	1 <i>petabyte</i> = 2×2^{50} = - 1.152.921.504.606.846.976 <i>byte</i>

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 essa 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

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: componentes eletrônicos.

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

Estratégias: pesquisas.

Recursos: roteiro de atividade.

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

Objetivo / Contexto

Nas últimas aulas foram discutidas as formas de transmissão de informação e de gra-

vação. Para fechar este tema, propomos uma discussão sobre o impacto e a presença da informação na vida cotidiana.

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 desses 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? Isso seria equivalente a quantos livros?

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

3. Baseados nas informações das questões anteriores, discutam o papel que a mídia digital tem em nossa vida atualmente e comparem 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 atividade deve ser feita 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. Uma biblioteca há muitos anos representava um tesouro, pois possuir uma determinada quantidade de livros era possível a pouquíssimas 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 isso acessível à grande parte da população. Em contraposição, se um livro da Antigüidade podia 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 duram poucos anos.

Um HD ou *pen drive* têm uma vida média que não ultrapassa dez anos. Mesmo com os maiores cuidados, o armazenamento nas mídias atuais tem um tempo de permanência muito pequeno em relação ao livro citado como exemplo. Com isso, podemos perceber que, ao mesmo tempo, ganhamos em eficiência em termos do espaço relativo à capacidade de armazenar dados, mas perdemos em tem-

po de permanência dessas informações. Um exemplo curioso quanto a essa constatação mostra-se quando pensamos no hábito de trocar mensagens. Se antigamente a correspondência por meio de cartas era bastante limitada, essas cartas poderiam ser arquivadas. Por isso, é comum um historiador obter importantes informações por meio do resgate das mesmas. Atualmente podemos trocar muitas mensagens diariamente através de *e-mail*, e, no entanto, essas mensagens rapidamente se perdem.

Encaminhamento complementar

Na aula seguinte, 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, pode-se 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. Esses 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 idéias 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 de 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 necessário a manipulação de átomos que serão inseridos em um determinado cristal. Esse processo só é possível conhecendo-se as características da distribuição eletrônica dos elétrons.

PROPOSTA 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 o professor 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>>) e “Lattes, nosso herói na era nuclear”, publicado no volume 6, n. 2, da revista *Física na Escola*, em outubro de 2005 (disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num2/a16.pdf>>).

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 *leptons*. Para isso, eles podem utilizar uma cartolina e fazer uma representação esquemática das mesmas.

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

Os alunos podem consultar diferentes livros, enciclopédias e dicionários buscando definições para as palavras *partícula* e *elementar*. Em uma aula coletiva, podem fazer uma discussão sobre as definições encontradas e individualmente 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 dos quarks*, 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: 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 da 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/>>.

Este livro pode ser utilizado para o aprofundamento de 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, que 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 da Física destinada a professores.

Sites

NANO AVENTURA. Disponível em: <http://www.nanoaventura.org.br/nanoaventura_na_escola.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/>>.

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

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Neste Caderno, trabalhamos primeiramente o tema Física de Partículas Elementares, através de abordagens que privilegiaram aspectos históricos do desenvolvimento da pesquisa nesta área, desde o início destes estudos até os dias atuais. Na segunda metade, abordamos o tema Microeletrônica e Informática, buscando apontar como é feita e transmissão de informação e os impactos da tecnologia na sociedade atual. Neste percurso, muitas idéias

novas surgiram e esperamos que as Situações de Aprendizagem tenham facilitado o seu trabalho em sala de aula. No entanto, a consulta de outros materiais se faz indispensável. Afinal, este Caderno não tem a pretensão de esgotar os conteúdos em nenhuma medida, mas de dar alguns direcionamentos sobre possíveis formas de ensinar temas que raramente são tratados em sala de aula, algo que se torna um grande desafio para qualquer professor.

 Anotações



A spiral-bound notebook page with 25 horizontal lines. The spiral binding is on the left side. The page is otherwise blank.

