

# Em busca da realidade

## CONCEITOS A EXPLORAR

### História

Revolução Industrial.

Relação entre ciência, tecnologia e desenvolvimento.

Governos desenvolvimentistas.

### Física

Quantização da matéria e energia: átomos, partículas elementares e *quanta* de energia.

Modelos físicos e matemáticos.

## COMPETÊNCIAS A DESENVOLVER

### História

Situar as diversas produções da cultura – as linguagens, as artes, a filosofia, a religião, as ciências, as tecnologias e outras manifestações sociais – nos contextos históricos de sua constituição e significação.

Comparar problemáticas atuais e de outros momentos históricos.

### Física

Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação de conhecimentos, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.

Entender a relação entre o desenvolvimento de Ciências Naturais e o desenvolvimento tecnológico, e associar as diferentes tecnologias aos problemas que se propõe solucionar.

Entender o impacto das tecnologias associadas às Ciências Naturais, na sua vida pessoal, nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social.

Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.

Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas.

## INTERFACE COM OUTRAS DISCIPLINAS

### **M**atemática

Teoria quântica e modelo matemático.

Diferentes interpretações da teoria quântica.

### **Q**uímica

Discussão sobre as bases teóricas da disciplina.

A física do átomo e das moléculas.

### **F**ilosofia

A física como “filosofia da natureza” ou “filosofia natural”.

Conceitos de física em conceitos filosóficos.

Epistemologia da ciência.

# SUGESTÕES PARA EXPLORAR O VÍDEO

## História

Lúcia Pintor Santiso Villas Bôas

Ao fazer referência ao diálogo entre Einstein e Bohr em relação à teoria quântica, o vídeo permite discussões sobre ciência, tecnologia e desenvolvimen-

to. Durante a exibição do vídeo, peça a parceria do professor de Física, pois a turma terá muitas dúvidas sobre a teoria quântica.

### Ciência e tecnologia

- Solicite aos alunos que identifiquem, oralmente, trechos do vídeo em que é possível estabelecer alguma relação entre ciência e tecnologia. Organize um debate, por exemplo, a partir do seguinte comentário: “A mecânica quântica inicia a segunda Revolução Industrial com os aparelhos eletrônicos modernos”. Observe as possíveis lacunas de informação a respeito da Revolução Industrial e peça que os alunos pesquisem e comparem os contextos inglês e brasileiro do final do século 19, no que se refere ao conhecimento científico.
- Para incrementar a discussão, solicite a leitura do artigo *Einstein no Rio de Janeiro: impressões de viagem*, de A. F. Tolmasquim, que mostra a vida científica da cidade por volta de 1925. Distribua à classe cópias do

texto, disponível no site:  
<<http://www.mct.gov.br/CEE/revista/Parcerias8/einsteinnorio.PDF>>.

#### Lembretes

Na Inglaterra, o conhecimento científico estava associado à emergência do capitalismo e, no Brasil, pela própria característica da economia da época, a produção de conhecimento científico ficava atrelada a determinadas epidemias ou problemas similares. Não foi coincidência o Instituto Butantã ter sido criado no momento em que ocorreu a peste em Santos (1899), o Instituto Oswaldo Cruz ter surgido com a peste no Rio de Janeiro (1900) e o Instituto Biológico, com a broca do café em São Paulo (1927).

### Pesquisa científica e desenvolvimento no Brasil

- No Brasil, com a crescente industrialização após a década de 1930, modifica-se a relação entre ciência, tecnologia e sociedade. Para estudar tais modificações, solicite aos alunos uma pesquisa dos governos de caráter desenvolvimentista, com ênfase no modo como esses três elementos estariam articulados.
- Divida a turma em três grupos, atribuindo a cada um a pesquisa da relação entre indústria, pesquisa científica e desenvolvimento, em diferentes períodos: o governo Juscelino Kubitschek; o segundo, o de Jânio Quadros e João Goulart; e o de Costa e Silva
- Após a análise do material colhido, estimule

os alunos a manifestar sua opinião sobre o assunto e sugira que discutam a seguinte afirmativa: *Enquanto a indústria estrangeira pesquisa em seu país de origem, a nacional compra tecnologia para obter lucros imediatos.*

- Proponha que os alunos organizem um debate em que um grupo defenda a idéia de que é um luxo investir em ciência e tecnologia, em um país pobre como o nosso, e outro grupo sustente que a falta de tais investimentos só reproduz a pobreza e a dependência, pois inibe o desenvolvimento auto-sustentável. Estipule um tempo, e troque os papéis: quem defendia determinada posição passa a atacá-la e vice-versa.

O vídeo, apesar de curto, é denso em conteúdo e propicia a preparação de uma aula dupla ou de duas aulas subsequentes. Aproveite-o para abordar aspectos da Física moderna, deixando um pouco de lado a tradicional fragmentação na exposição da disciplina e o treinamento dos alunos em técnicas para a resolução de problemas elementares pré-formatados.

Prepare essa aula dupla de maneira que a quantização da matéria e da energia seja trabalhada e discutida em seu contexto histórico-cultural e experimentada com técnicas de criação de modelos, próprias da ciência.

Após exibir o vídeo, promova uma discussão sobre seu conteúdo, salientando o aspecto benéfico dos embates intelectuais acalorados, com defesas e contestações mútuas das hipóteses concorrentes (de Einstein e Bohr). Essa é uma característica importan-

te do desenvolvimento científico: debates, confrontos, busca constante de sínteses, com redução de conceitos e generalização de suas conseqüências.

Mostre aos alunos que, em áreas como religião, psicologia, lingüística, astrologia, por exemplo, normalmente ocorre o contrário: mesmo quando surge uma única idéia (teoria), ela acaba se multiplicando em várias, que tendem a divergir entre si.

Por fim, ressalte a eficiência da criação de modelos matemáticos, a despeito das possíveis criações de modelos de física. Einstein e Bohr, mesmo discordando quanto ao significado da Teoria Quântica, aceitavam sua formulação matemática. Os cálculos deles – e suas previsões baseadas nesses cálculos – seriam equivalentes, se não idênticos!

Em uma aula posterior, prepare uma ou mais atividades experimentais, para os alunos realizarem em grupos e depois elaborarem relatórios.

## Atividade 1

Faça com os alunos a observação do desbotamento do papel de seda e da oxidação de papéis (livros ou jornais) antigos. O desbotamento (perda de cor) do papel de seda e o amarelecimento de papel velho expostos à luz intensa são manifestações macroscópicas de reações químicas de oxirredução, que decorrem de interações entre radiações eletromagnéticas e partículas elementares. A energia das radiações inci-

dentas sobre a matéria do papel é parcialmente absorvida e usada nas reações químicas. Se a transferência de energia das radiações para as partículas fosse contínua, deveria ser observada uma relação linear direta entre a intensidade da fonte luminosa e a velocidade, ou intensidade, do fenômeno (desbotamento do papel de seda ou amarelecimento de papel velho). Mas não é isso que ocorre!

### Experiência

Assumindo para a luz o modelo ondulatório usado no século 19, em que as radiações de mais alta freqüência (azuis) são mais energéticas do que as de menores freqüências (vermelhas), fazer um experimento simples para testar o efeito da luz sobre o papel.

1. Cobrir as áreas do jornal/papel de seda com filtros ópticos (gelatina para teatro ou papel celofane comum) vermelho e azul, a fim de verificar os diferentes níveis de amarelecimento/desbotamento. Em geral, mesmo quando as áreas cobertas com filtro vermelho são deixadas ao sol e as áreas cobertas com filtro azul são deixadas à sombra, as primeiras não desbotam

tanto quanto as últimas. Ou seja: muita radiação vermelha (menos energética) não equivale a pouca radiação azul (mais energética).

2. Recortar vários quadrados com 10 cm de lado de papel celofane (ou outro plástico/polímero transparente que sirva como filtro) e cobrir áreas de um jornal e de uma folha escura de papel de seda.

Forme dois grupos: um deles irá expor os papéis à luz solar direta e o outro deixar os papéis à sombra. Após algumas horas de exposição (num mesmo dia ou em dias diferentes), retire os filtros para a comparação dos efeitos produzidos.

3. Repetir a experiência com o tempo de exposição das áreas com filtro vermelho de 5 a 10 vezes maior do que o das áreas com filtro azul.

Peça aos alunos que descrevam a experiência em um relatório, com os resultados das comparações anotados e seguidos das explicações (hipóteses) que elaboraram.

#### Lembrete

Considerando as radiações como ondas eletromagnéticas, não conseguimos explicar os fenômenos observados. Mas, se considerarmos as radiações constituídas de fótons (*quanta* de luz de Einstein) e a matéria formada de átomos (modelo de Bohr), explicamos os fenômenos observados simplesmente pela suposição de que os fótons vermelhos não conseguem ser

absorvidos pelos elétrons, pois não têm energia suficiente para lançá-los para outro nível quântico permitido. A energia dos fótons azuis consegue ser absorvida, elevando os elétrons a níveis quânticos permitidos, de energia mais alta, de modo a facilitar a ocorrência de reações de oxirredução, que formam, ou quebram, as moléculas que pigmentam o papel.

### Atividade 2

Faça a verificação da quantização da matéria em “caixas pretas” com bolas de gude e esferas diversas – a determinação das massas atômicas dos elementos (com espectrógrafos de massa, por exemplo) permite a conclusão de

que há uma massa fundamental, tal como há uma carga elétrica fundamental. Esse experimento ilustra o processo de reconhecimento da massa fundamental (do próton/nêutron) presente nos núcleos atômicos.

#### Experiência

1. Num recipiente (lata de leite em pó vazia, saboneteira etc.) colocar de 2 a 15 bolinhas de gude de *mesmo tamanho e massa* (aproximadamente). Medir a massa total (peso) do conjunto. Repetir o experimento 10 vezes, colocando diferentes quantidades de bolinhas em cada vez e registrando os resultados.

2. Em outro recipiente, com tamanho e formato iguais aos do primeiro, repetir a sequência de 10 experimentos, porém com bolinhas de *massas e tamanhos diferen-*

*tes* (os alunos devem verificar que o peso total do conjunto, em cada uma das 10 medições, é múltiplo de um valor comum). Basta achar o *menor divisor comum* dos valores encontrados para achar o *quantum* de massa: a massa de uma única bolinha. Esse mesmo procedimento não funcionará para as bolinhas do segundo recipiente, pois não existe o *menor divisor comum*. Os alunos devem chegar a essa conclusão embasados nos dados que anotaram e nos cálculos feitos, explicitando suas conclusões num relatório para avaliação.

## Consulte também

FEYNMAN, Richard P. *QED – A estranha teoria da luz e da matéria*. Lisboa, Gradiva, 1992.

FEYNMAN, Richard P. *O que é uma lei física*. Lisboa, Gradiva, 1989.

GILMORE, Robert. *Alice no país do quantum*. Rio de Janeiro, Zahar, 1998.

GAMOW, George. *O incrível mundo da física moderna*. São

Paulo, Ibrasa, 1980.

JAUCH, J. M. *São os quanta reais?* São Paulo, Nova Stella/Edusp, 1986.

MOTOYAMA, S. (Org.). *Tecnologia e industrialização no Brasil*. São Paulo, Edunesp/Ceeteps, 1994.

VARGAS, M. (Org.). *História da técnica e da tecnologia no Brasil*. São Paulo, Edunesp/Ceeteps, 1994.