



Programa
É Tempo de Química!
Química Quântica

Estrutura Atômica

Química
1ª Série | Ensino Médio

CONTEÚDOS DIGITAIS MULTIMÍDIA

Coordenação Didático-Pedagógica

Stella M. Peixoto de Azevedo Pedrosa

Redação

Tito Tortori

Revisão

Gislaine Garcia

Projeto Gráfico

Eduardo Dantas

Diagramação

Isabela La Croix

Revisão Técnica

Nádia Suzana Henriques Schneider

Produção

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Realização

Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

Ministério da Ciência e Tecnologia

Ministério da Educação

Vídeo (Audiovisual)

Programa: É Tempo de Química!

Episódio: Química Quântica

Duração: 10 minutos

Área de aprendizagem: Química

Conteúdo: estrutura atômica

Conceitos envolvidos: difração, dualidade onda-partícula, fóton, frequência, mecânica quântica, miragem, ondas eletromagnéticas, ondas estacionárias, ondas mecânicas, orbitais híbridos, *quantum*, química quântica, teoria ondulatória, teoria corpuscular.

Público-alvo: 1ª série do Ensino Médio

Objetivo geral:

Compreender a importância e o impacto que o conhecimento da dualidade onda-partícula teve sobre as teorias químicas e o surgimento de um novo campo da química – a química quântica.

Objetivos específicos:

Relacionar a química quântica com a natureza ondulatória e corpuscular da matéria;

Definir ondas eletromagnéticas;

Identificar por que as ondas estacionárias só podem se formar em determinadas frequências;

Perceber que os elétrons podem se comportar como ondas e como partículas;

Saber que Linus Pauling usou o conceito de orbitais para explicar as ligações químicas;

Reconhecer que a luz só se propaga em linha reta em certas condições;

Reconhecer que a difração é o resultado do desvio dos raios luminosos;

Identificar o uso prático das ondas eletromagnéticas no exame radiográfico.

Pré-requisitos:

Não há pré-requisitos.

Tempo previsto para a atividade:

Consideramos que uma aula (45 a 50 minutos cada) será suficiente para o desenvolvimento das atividades propostas.

Introdução

Este guia cujo tema é estrutura atômica refere-se ao episódio *Química Quântica* que faz parte do *Programa É Tempo de Química* destinado à 1ª série do Ensino Médio.

Neste guia você encontrará algumas indicações e sugestões sobre o conteúdo apresentado e explorado no vídeo. Junto com o vídeo, ele foi especialmente elaborado para ser mais um elemento enriquecedor na realização das aulas e para despertar o interesse dos alunos para a matéria de Química. É importante considerar as experiências e os aspectos culturais que seus alunos possuem. Após a exibição do vídeo, reserve um tempo para que eles comentem, reflitam, opinem etc.

Lembre-se de que o aspecto central da aprendizagem é a construção de conhecimento e, também, a ação. Por isso, ao final do guia, apresentamos sugestões para atividades que contribuirão para que seus alunos dêem significado ao conteúdo apresentado no vídeo. Caso considere produtivo, repita algumas partes, sobretudo aquelas mais comentadas pela turma.

Para a exibição do vídeo poderá ser utilizado um computador ou um equipamento específico para reprodução de DVD conectado a uma TV ou projetor multimídia. Confirmar a disponibilidade do equipamento para a data da aula é essencial. Mas, imprevistos acontecem, por isso é importante que você tenha alguma atividade prevista, caso fique sem elementos para a exibição do vídeo.

professor!

Muitas questões interessantes não são tratadas pelos livros didáticos. Valorize e estimule a aquisição de conhecimentos fora da escola!

professor!

É importante favorecer o desenvolvimento de um olhar crítico sobre o que é apresentado no vídeo, para que esta atitude possa se refletir na relação com as outras mídias que nos cercam.

Desenvolvimento

Antes de começar a apresentação do tema é interessante observar o que os alunos sabem sobre o assunto. Permita que eles compartilhem ideias e experiências.

Observe que não é necessário que a abordagem do conteúdo siga a sequência apresentada no guia ou no vídeo. O importante é seguir uma lógica que permita ao aluno a compreensão dos conceitos apresentados.

Ao iniciar o vídeo, você poderá solicitar aos alunos que tenham lápis e papel na mão para anotarem as passagens mais interessantes e as eventuais dúvidas. Ao final da exibição, as anotações poderão ser discutidas. Sempre que possível apresente questões provocativas, que instiguem seus alunos a aprofundarem o tema.

QUÍMICA QUÂNTICA

... esse tema é muito novo pra mim. Ainda não estudei quase nada sobre química quântica...

Pedro | Participante

Explique aos alunos que o fato desse tema ser pouco conhecido pode ter relação com o fato de que as descobertas que fundamentam esse campo da ciência, são relativamente recentes, tendo iniciado a partir do final do séc XIX.

Explique aos alunos que a **Química Quântica** é um ramo específico da Ciência que, usando as ferramentas da **Mecânica Quântica**, tenta entender e prever o comportamento de átomos e moléculas no contexto dos sistemas físico-químicos microscópicos.

Vale a pena ressaltar aos alunos que, em latim, o termo **quantum** (singular de **quanta**) significa “quantidade”, ou seja, uma unidade de qualquer natureza.

Explique aos alunos que a química quântica deriva das ideias desenvolvidas pela “Mecânica quântica”. Lembre que esse é o ramo da ciência que tenta explicar o comportamento, em escalas atômicas, das partículas da matéria e da luz.

Originalmente, tentou-se usar a **mecânica newtoniana**, para explicar as interações entre as partículas e a luz, mas os experimentos mostravam resultados surpreendentes.

Destaque que o comportamento das partículas em escalas nanométricas é bastante imprevisível se comparado com o mundo que experimentamos em nosso cotidiano. As partículas atômicas por constituírem as matérias eram reconhecidas como “partículas”. Mas elas não se comportam como objetos como bolas de bilhar ou como qualquer outra coisa macroscópica que já tenhamos encontrado. Assim, no sentido prático, elas não podem ser estudadas a partir das equações da física clássica. Por outro lado, elas também não se comportam, tipicamente, como se fossem “ondas”.

Informe aos alunos que isso obrigou os cientistas a formular hipóteses revolucionárias que pudessem descrever esses fenômenos exóticos. Explique que, o que inicialmente parecia absurdo, culminou com a criação de um novo campo da física capaz de explicar as interações que ocorriam na escala atômica.

Os cientistas precisaram aceitar algo bastante inusitado! As partículas atômicas apresentavam o *princípio da "dualidade onda-partícula"*, ou seja, em dimensões infinitamente pequenas, a matéria se comporta como se fosse simultaneamente partícula e onda.

Esse novo campo, denominado de mecânica quântica, teve impacto também na interpretação da química macroscópica e o conjunto desses novos saberes resultou na química quântica.

mais detalhes!

Saiba mais sobre a evolução da física quântica lendo a reportagem de Almir Caldeira disponível em: <http://www.ciencia.br/reportagens/fisica/fisicao2.htm>

PROPAGAÇÃO DE ONDAS

Pois pra mim, ondas de rádio e microondas não tem nada a ver com raios X e lâmpadas....

Douglas | Participante

Lembre aos alunos que as ondas referidas pelo participante podem ser **ondas eletromagnéticas** ou **ondas mecânicas**. Informe que a luz natural, as ondas de rádio e de TV, microondas, raios X e raios gama são alguns exemplos de ondas eletromagnéticas existentes no universo. Provoque os alunos informando que vivemos imersos em ondas eletromagnéticas.

Comente que o experimento apresentado no vídeo tenta mostrar que a frequência com que a corda vibra é quantizada. A frequência aplicada para fazer a corda vibrar e para formar uma onda estacionária é a metade ($1/2$) da frequência necessária para formar duas ondas estacionárias e um terço ($1/3$) da necessária para formar três ondas estacionárias.

A palavra quântica é meio diferente. Ela significa que não é contínua.

Físico | Entrevistado



mais detalhes!

Saiba mais sobre os fenômenos quânticos lendo o artigo disponível em: <http://recantodasletras.uol.com.br/artigos/2064884>

Aponte a cena do vídeo, chamando a atenção nas diferentes ondas estacionárias formadas durante experimento. Indique que o experimento usa um **frequencímetro** para produzir uma, duas ou três ondas estacionárias.



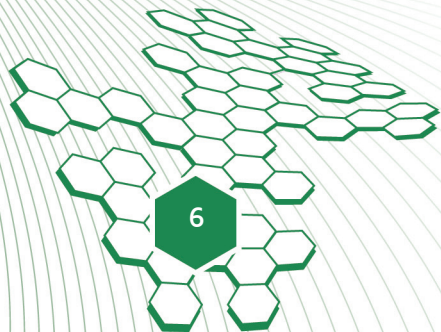
Explique que, por isso, todas as frequências que geram ondas múltiplas são frações inteiras da primeira onda, sempre que o comprimento da corda for o mesmo. Indique que, se a corda for balançada em uma frequência intermediária, não haverá a formação de **ondas estacionárias**. Destaque, portanto, que as ondas se formam “saltando” de uma frequência à outra, sem gerar ondas estacionárias nos intervalos. Assim, podemos dizer que há uma “regra de quantização” que impede que a onda exista em valores intermediários. Essa explicação gera o termo “quântico”.

Mas professor, o que isso tem haver com química?**Maria | Participante**

Informe aos alunos que as **partículas atômicas**, ao se comportarem como “onda-partícula”, também estão sujeitos a esse tipo de comportamento. E lembre que a química precisa entender a natureza íntima da matéria. Assim, é importante entender e descrever o movimento dos elétrons na eletrosfera dos átomos.

DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA**O senhor se importaria de explicar melhor a questão dos elétrons nos átomos?****Pedro | Participante**

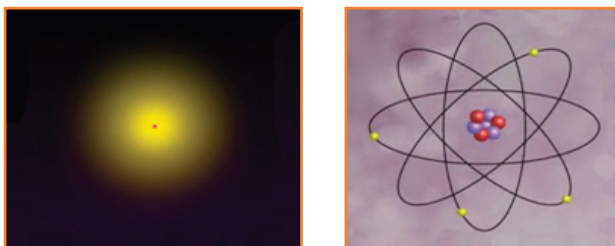
A **química quântica** entende o movimento dos elétrons como sendo ondulatório. Por isso, tudo que acontece com ondas também deve acontecer com os elétrons. Lembre aos alunos que Bohr já havia previsto que os elétrons se distribuem na eletrosfera em camadas, sempre obedecendo a determinadas distâncias.



Portanto, pode parecer estranho que um elétron desapareça em um orbital e apareça no orbital seguinte, sem passar pelas distâncias intermediárias, mas esse comportamento é compatível com as ondas eletromagnéticas.

Explique então, que as órbitas atômicas mais próximas ao núcleo corresponderiam a uma onda estacionária de baixa frequência, enquanto que os elétrons que ocupariam órbitas mais afastadas seriam ondas de alta frequência. Isso obrigou os químicos a entenderem a ideia de orbital, não mais como uma órbita. Lembre aos alunos que o modelo de Rutherford era comparado ao sistema solar. A partir da química quântica devemos aceitar que os elétrons não “giram” na eletrosfera, mas que ocupam uma região do espaço em forma de “nuvem”.

Destaque a imagem, retirada do vídeo, que apresenta o núcleo do átomo como um pequeno ponto vermelho e a eletrosfera como uma “nuvem amarelada”. Peça que os alunos comparem com o modelo de Rutherford para perceber a diferença entre a ideia de órbita e de orbital.



dica!

Saiba mais sobre o comportamento dos elétrons lendo o artigo de Carlos Roberto de Lana, disponível em: <http://educacao.uol.com.br/fisica/ult1700u54.jhtm>

HIBRIDIZAÇÃO DOS ORBITAIS

Isso serve para os átomos. Mas e quando eles se juntam para formar as moléculas? Como ficam os orbitais?

Maria | Participante

Explique aos alunos que essa questão foi estudada por muitos cientistas, incluindo o ganhador do prêmio Nobel **Linus Pauling**. Lembre que Pauling, baseado na mecânica quântica, criou o conceito de hibridização, formulando, ainda na década de 1930, um novo modelo para as ligações químicas. Ele propôs que os diferentes orbitais dos elementos químicos envolvidos em ligação química se superpunham, formando “**orbitais híbridos**” das moléculas. Ressalte aos alunos que, Linus Pauling também

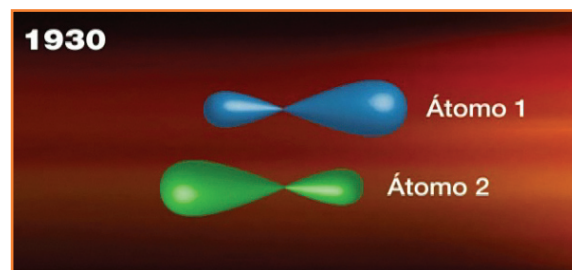


mais detalhes!

Leia o artigo: RAMOS, Joanna Maria; IZOLANI, Antônio Orlando; TÉLLEZ, Claudio Alberto e GOMES DOS SANTOS, Maria Josefa. O Conceito de Hibridização. Química Nova na Escola. nº 28, maio 2008. p. 24-27. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/06-CCD-5906.pdf>

propôs usar a mecânica quântica para explicar a geometria das moléculas, como por exemplo, o ângulo formado entre os átomos de hidrogênio na molécula da água. Lembre que esse ângulo de $104,5^\circ$ é responsável pela natureza polar da água.

Destaque a imagem a seguir, mostrando que Pauling usou o conceito de orbitais para explicar a estrutura molecular das substâncias. Aponte que os orbitais dos átomos (em azul e verde) se superpõem formando orbitais híbridos (em amarelo).

**A DISPOSIÇÃO DAS MOLÉCULAS**

E você sabe se a luz sempre segue em linha reta?

Juca Amaral | Apresentador

Peça que os alunos discutam se a luz faz curva. Provavelmente, muitos vão afirmar que não, pois devem ter aprendido que a luz se propaga em linha reta. Talvez os alunos até se lembrem de alguns experimentos que comprovem essa conclusão. Mas, contextualize informando que essa afirmação só é válida se consideramos que a luz está atravessando um meio transparente, homogêneo e isotrópico (propriedades físicas que não mudam independente da direção).

Questione os alunos se eles sabem o que é uma miragem e se já viram alguma. Ressalte que esse efeito é comum nas cidades quando o asfalto está muito aquecido. Explique que as miragens envolvem o **desvio dos raios luminosos**, sempre que eles atravessarem meios com diferentes densidades como da água para o ar (miragem da colher quebrada no copo) ou ainda a passagem de atmosfera mais fria para um meio com ar mais quente (miragem do asfalto). Pergunte se eles já não observaram a própria imagem, algum dia, na água de um rio ou de um lago. Lembre que esse é o mesmo princípio envolvido no uso de lentes corretivas nos óculos.

Lembre ainda aos alunos que a **teoria da relatividade** de Einstein já havia previsto que corpos celestes de grande massa, como estrelas massivas, podem criar um efeito de “lente gravitacional”, “curvando” a luz.

Explique que Einstein propôs que a luz também se comportava como partícula e como onda. A natureza dual da luz permitiu que os fenômenos de reflexão, refração, interferência, difração e polarização da luz fossem explicados pela **teoria ondulatória** e que os fenômenos de emissão e absorção pudessem ser explicados pela **teoria corpuscular**.

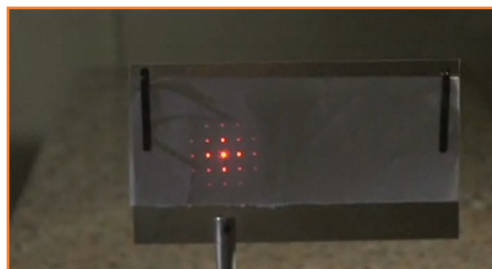
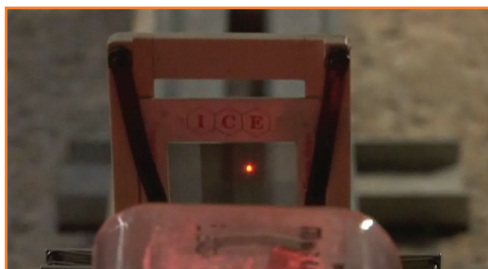
Destaque o experimento apresentado no vídeo que demonstra que uma luz laser, ao atravessar uma chapa fotográfica, não segue em linha reta. Os raios luminosos ao passarem por uma rede, com sulcos muito próximos uns dos outros, sofre difração, ou seja, os raios luminosos contornam os sulcos, comportando-se como ondas.

DIFRAÇÃO

E o que é a difração?

Maria | Participante

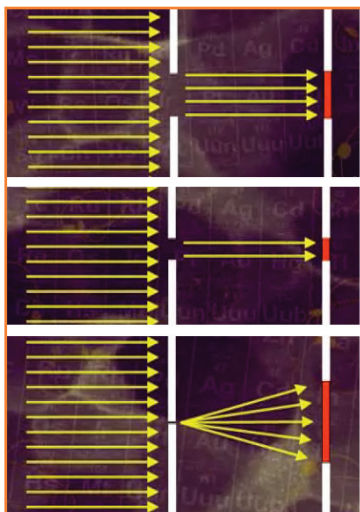
Aponte as imagens a seguir indicando que os **fótons** do laser atravessam a chapa fotográfica com o padrão ordenado de sulcos e o resultado no anteparo posterior é um padrão pontilhado, demonstrando que os raios luminosos abriram, ou seja, sofreram um desvio. Informe que esse fenômeno é chamado de **difração**.



Conclua a explicação afirmando para os alunos que a luz se comporta tanto como partícula quanto como onda. A natureza corpuscular da luz é observada em astronomia, estando relacionadas com a influência da gravidade sobre a massa dos fótons nas chamadas “lentes gravitacionais”. Contudo, o comportamento ondulatório dos fótons pode ser demonstrado pelo experimento anterior.

dica!

Professor você poderá realizar um experimento para demonstrar o desvio da luz em meios heterogêneos. Veja um exemplo simples e interessante no site a seguir: <http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=234&A+CURVA+DA+LUZ++EFEITO+MIRAGEM>



Destaque as imagens em que há uma explicação do **comportamento ondulatório** dos raios luminosos. Explique que a imagem formada no anteparo posterior, quando a luz passa por uma fenda, vai diminuindo gradualmente à medida que a fenda é reduzida. Contudo, quando a fenda atinge dimensões diminutas (próximas a espessura de um fio de cabelo) a imagem formada no anteparo volta a crescer, demonstrando o caráter ondulatório.

APARELHO DE RAIOS X

Você sabia que o primeiro aparelho de raios x chegou ao Brasil em 1897, instalado em Formiga, Minas Gerais, pelo Doutor Ferreira Pires?

Juca Amaral | Apresentador

Lembre aos alunos que os **raios-X**, as ondas de rádio, as microondas, a radiação térmica (infravermelho) e a luz visível são, fisicamente, o mesmo tipo de ondas – ondas eletromagnéticas. Informe que essas ondas se propagam simultaneamente, transportando energia através do espaço, graças à alternância de um campo elétrico e um magnético.

Explique que as ondas eletromagnéticas se dividem em frações que correspondem a uma faixa do **espectro eletromagnético**. Por exemplo, a luz visível corresponde a uma faixa de comprimentos de onda deste espectro compreendida entre 700 e 400 nanômetros que vai da cor vermelha até a violeta.

Destaque a imagem a seguir, apresentada ao final do vídeo, que mostra os diferentes comprimentos de ondas eletromagnéticas. Mostre que os **raios-X** estão próximos ao menor comprimento de onda possível (ao lado da radioatividade) e indique que o trecho com as cores do arco-íris representa a luz visível.



Informe também que a descoberta dos raios-X, em 1895, é atribuída ao físico alemão **Wilhelm Conrad Röntgen**. A chamada “radiação de Röntgen” (raios X) possui uma grande capacidade de penetração compatível com um comprimento de onda muito pequeno. Sendo formada por ondas eletromagnéticas, essa forma de energia ondulatória deveria sofrer difração, como todos os demais tipos de ondas.

Inicialmente, tentou-se, sem sucesso, fazer os raios-X passar através de uma fenda mínima em um disco de chumbo. Mas e se o comprimento de onda dos raios-X fosse do tamanho dos próprios átomos? Instigue os alunos a pensarem sobre essa questão e após alguns minutos informe que a solução foi usar cristais para produzir o fenômeno da difração, pois eles possuem átomos organizados em uma rede ordenada. Assim, ao fazer as emissões de raios-X passarem por cristais, e atingir uma chapa fotográfica, é possível medir os desvios e obter pistas sobre a geometria dos cristais. Posteriormente, a capacidade penetrante dessa forma de radiação permitiu a sua aplicação no diagnóstico por imagem, denominado de **radiografia**.

2. Atividades

- a) Peça que os alunos, em grupo, **pesquisem** alguns dos experimentos clássicos relacionados com a natureza quântica da matéria. Provavelmente será necessário ajudá-los a entender melhor alguns deles. Proponha que eles **produzam** cartazes para apresentar para os demais grupos.
- b) **Realize** experimentos simples para que os alunos entendam o conceito de onda estacionária. Você poderá identificar um exemplo interessante no site Ponto Ciência, disponível em: <http://pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=371&ONDAS+ESTACIONARIAS+EM+UMA+CORDA>
- c) **Desafie** os alunos a **produzirem** modelos atômicos que contenham o conceito de orbital.
- d) Sugira que os alunos **pesquisem** sobre as descobertas relacionadas com o aspecto quântico da matéria e que **produzam** reportagens de época “fictícias” que ajudem a explicar cada uma delas. Proponha que eles também **pesquisem** em arquivos da imprensa no final do século XIX e no início do século XX para que as notícias pareçam mais realistas. Lembre que as reportagens devem contar as descobertas contextualizando a época com imagens, texto etc. É possível encontrar alguns exemplos no site: <http://bndigital.bn.br/redememoria/periodicoxix.html>
- e) Peça aos alunos que **façam** um cartaz bem grande, englobando todo o espectro eletromagnético, dividido nas faixas de comprimentos de onda correspondentes, indo desde as ondas de radio até as radiações gama e que **coloquem** em um mural em sala de aula.

mais detalhes!

Saiba mais sobre esse momento da história da ciência no Brasil lendo a reportagem no site da prefeitura do município de Formiga disponível em: http://www.formiga.mg.gov.br/index.php?base_principal=base&id_busca=188&id_base=51&tag=O+PRIMEIRO+RAIO+X+DO+BRASIL+FOI+INSTALADO+EM+FORMIGA

dica!

As colocações dos alunos, na sua própria linguagem, poderão servir como “ponte” para a apreensão dos conceitos que foram abordados no programa.

Depois disso, que eles **promovam** um debate na turma, incluindo várias perguntas importantes e polêmicas, como, por exemplo:

- Usar o forno de microondas é perigoso?
- Como a pessoa, acompanhante de um doente, pode se proteger se for com ele a um hospital para fazer radiografia?
- Por que as pessoas devem usar protetor solar ao irem para o sol?
- Se existem celulares com diferentes níveis de ondas de rádio (radiofrequência) e se eles observam isto ao comprar seu celular?

Após este debate, peça que eles elaborem conclusões e que exponham no mural de entrada da escola.

3. Avaliação

A avaliação é parte integrante do **processo de ensino-aprendizagem**. Suas estratégias devem ser pensadas e conduzidas de modo que forneçam informações ao longo de todo o desenvolvimento do tema. Um olhar atento sobre a fala, as atitudes e o comportamento de cada aluno na sala de aula, é fundamental para que você, professor, conheça seus alunos e descubra de que maneira pode contribuir para que eles aprendam os conceitos, mas que também desenvolvam suas habilidades, competências e potencialidades.

A prática da avaliação deve permear as atividades docentes, de modo a se refletirem no aprimoramento dos processos de ensino para uma **aprendizagem significativa**.

Peça aos alunos que façam uma **autoavaliação**. Peça-lhes que assinalem, dentre os objetivos da sua aula, aqueles em que se sintam mais inseguros. A partir das respostas, você poderá avaliar se necessita ou não rever alguns dos conteúdos apresentados.

Existem muitas formas de **avaliação**: observação, perguntas abertas, perguntas fechadas, desenvolvimento de projetos e de estudo de casos, portfólio, autoavaliação etc.

Reveja os objetivos propostos e lembre-se de que o desenvolvimento e o resultado das atividades propostas permitem a observação de diversos elementos que indicam se os **objetivos** da aula foram **atingidos**.

Se desejar, você poderá propor algumas questões, cujas respostas indicarão a necessidade, ou não, de **revisar** o que foi apresentado durante a aula.

Lembre-se de que este também é o momento da sua **autoavaliação**. Então, avalie seu próprio trabalho em relação ao conteúdo apresentado e à utilização das mídias.

professor!

O debate coletivo sobre as questões estudadas pode ajudar a revelar o grau de compreensão do grupo e oferece informações relevantes para análise das necessidades que precisam ser supridas no decorrer das aulas.

VÍDEO - AUDIOVISUAL

EQUIPE PUC-RIO

Coordenação Geral do Projeto
Pércio Augusto Mardini Farias

Departamento de Química

Coordenação de Conteúdos

José Guerchon

Revisão Técnica

Letícia R. Teixeira

Nádia Suzana Henriques Schneider

Assistência

Camila Welikson

Produção de Conteúdos

Moisés André Nisenbaum

CCEAD - Coordenação Central de Educação a Distância

Coordenação Geral

Gilda Helena Bernardino de Campos

Coordenação de Audiovisual

Sergio Botelho do Amaral

Assistência de Coordenação de Audiovisual

Eduardo Quental Moraes

Coordenação de Avaliação e Acompanhamento

Gianna Oliveira Bogossian Roque

Coordenação de Produção dos Guias do Professor

Stella M. Peixoto de Azevedo Pedrosa

Assistência de Produção dos Guias do Professor

Tito Tortori

Redação

Alessandra Muylaert Archer

Gisele da Silva Moura

Gislaine Garcia

Tito Tortori

Design

Eduardo Dantas

Romulo Freitas

Revisão

Alessandra Muylaert Archer

Gislaine Garcia