

APÊNDICE A

PRODUTO EDUCACIONAL

PROPOSTA DE INSERÇÃO DOS CONCEITOS DA RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO NO ENSINO MÉDIO ATRAVÉS DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM UMA UEPS

Alderico dos Santos Sousa Filho

Apresentação: Esta é uma Sequência didática desenvolvida seguindo os passos de uma UEPS com aplicação no 3º ano do ensino Médio. A aplicação deste material foi possível realizar com 12 aulas de 50 minutos cada, mas o professor que utilizar este material poderá fazer modificações e adaptá-lo de acordo com sua aula.

Objetivo: O objetivo é propor uma Sequência Didática que visa a Aprendizagem Significativa, por meio de uma UEPS, que tem como objeto de estudo os conceitos da Radiação do Corpo Negro.

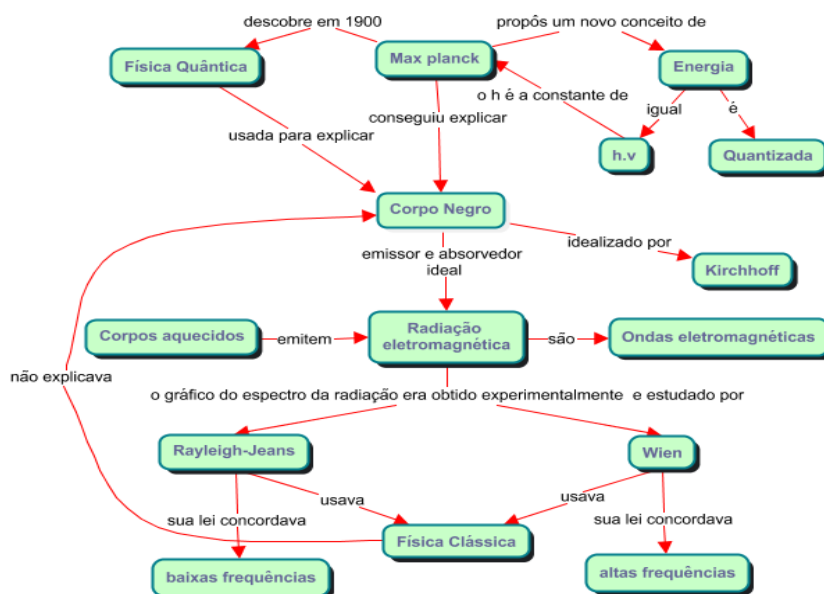
1. Situação inicial: explicar a proposta da Sequência Didática e em seguida propor uma atividade que tem o objetivo de levantar os conhecimentos prévios dos alunos. Nessa etapa, os alunos observarão as imagens (Anexo A) que serão mostradas através de slides e depois pedir para anotarem em uma folha de papel o que representa cada imagem observada e quais conceitos físicos estão relacionados com as imagens. Essa atividade inicial será feita individualmente e ao final deverá ser entregue ao professor.

2. Situação problema inicial: levando em consideração os conhecimentos prévios dos alunos, propor um vídeo que se encontra disponível no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=YOVRHo1LFSU>. O vídeo traz informações sobre o surgimento da Física Quântica, o desafio de encontrar a equação que descreve a curva característica da Radiação do Corpo Negro, Max Planck e a ideia de quantização da energia. Após os alunos assistirem ao vídeo, entregar o texto (Anexo B) para eles lerem como forma de complementar e ajudar no entendimento dos conceitos apresentados no

vídeo. O texto enfatiza de maneira simples e introdutória os conceitos da Radiação do Corpo Negro, o qual levou ao surgimento de uma nova física.

O próximo passo será iniciar com perguntas aos alunos referentes ao vídeo e ao texto e abrir espaço para um pequeno debate sobre os conceitos apresentados. O professor pode relembra-los de algumas passagens importantes do vídeo, por exemplo, a ideia da quantização mostrada no vídeo com a ideia da quantização mostrada no texto para que eles possam entender o conceito da quantização e também já fazendo uma breve introdução sobre a Radiação do Corpo Negro. Após esse debate, através de slides, o professor apresentará à turma exemplo de Mapa Conceitual e ensinará como confeccioná-lo. Feito isso, pedir aos alunos que confeccionem um Mapa Conceitual sobre os conceitos e significados que eles adquiriram ao assistir o vídeo e ao ler o texto. Para isso o professor pedirá aos alunos para formarem grupos de dois ou três alunos e depois pedir que eles façam explicação sobre os Mapas Conceituais construídos para o grande grupo.

Veja um exemplo de Mapa Conceitual construído com o uso do software IHMC CmapTools. O software pode ser baixado gratuitamente através do endereço: <https://cmap.ihmc.us/>.



3. Aprofundando conhecimento: apresentar os conceitos da Radiação Térmica, explicando o que significa um Corpo Negro, lei do deslocamento de Wien, lei de Planck, a lei de Stefan e lei de Rayleigh-Jeans. Será abordado, também, o gráfico do espectro da radiação onde discutiremos os fenômenos da Física Clássica e da Física Quântica. Esses

conteúdos serão apresentados através de textos e também em slides, sendo estimuladas discussões no grande grupo.

4. Situação problema de aprofundamento: propor atividade no laboratório de informática utilizando-se do recurso computacional e um questionário de apoio. No início, o professor organizará a turma em grupos de alunos dependendo da quantidade de computadores disponíveis, depois fará a apresentação do simulador e durante a sua apresentação, concomitantemente o professor pode ir fazendo uma retomada dos conceitos estudados. Para tal será utilizado o simulador PhET, que se encontra disponível no endereço: https://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_pt_BR.html, para que os alunos possam visualizar e assimilar melhor o gráfico do espectro da Radiação do Corpo Negro e além disso o simulador auxiliará os alunos a responderem o questionário.

Após a explicação e a familiarização com o simulador, será distribuído o questionário para cada grupo. Com o simulador e o questionário em mãos, os alunos iniciarão as atividades utilizando o simulador como ferramenta para responder o questionário.

Questão 1 – Um corpo a uma temperatura de 600K emite luz? que tipo de radiação é emitida?

Questão 2 – A que temperatura um objeto que irradia como um Corpo Negro começa a emitir luz visível?

Questão 3 – Ao analisar a luz proveniente de uma estrela, um astrônomo percebe que o pico de intensidade ocorre em 630nm. Qual o valor aproximado para a temperatura superficial dessa estrela?

Questão 4 – Quando o corpo está a uma temperatura de 6600K, qual a cor da região visível que ele emite mais intensamente?

Questão 5 – De acordo com o aumento da temperatura podemos observar um comportamento diferente no gráfico para cada temperatura. Explique.

Questão 6 – Aproveitando alguns pontos de marcação do termômetro apresentado no simulador e o gráfico do espectro da radiação. Calcule a constante de Wien.

5. Aula integradora final: com o objetivo de retomar os principais conceitos ao longo da UEPS, o professor irá propor um vídeo que se encontra disponível em: <https://www.casadasciencias.org/cc/redindex.php?idart=303&gid=38507363>. Esse vídeo aborda a problemática da Radiação do Corpo Negro, a catástrofe do ultravioleta e como esta levou Planck à formulação da teoria quântica da luz e também brevemente a aplicação da mecânica quântica ao efeito fotoelétrico e a dualidade onda-partícula da luz.

O vídeo ajudará aos alunos visualizarem novamente o gráfico do espectro da radiação e reforçará o que eles já haviam feito no laboratório de informática e também na recapitulação dos conceitos vistos ao longo da UEPS. Após o vídeo, o professor fará alguns comentários relevantes para que os alunos possam ter melhor compreensão do assunto e para atividade final propor a construção de um segundo Mapa Conceitual. Para isso a turma será dividida em grupos de dois ou três alunos e durante a atividade o professor pode ir colaborando na construção dos mapas para fazer a reconciliação dos conceitos.

6. Avaliação individual: propor questões abertas sobre o conteúdo do tema proposto desenvolvido ao longo da UEPS. Essa atividade objetiva avaliar individualmente os alunos, considerando evidências da captação de significados e compreensão. As questões poderão ser as seguintes: o que é Física Quântica? explique o que é um Corpo Negro? explique o que é Quantização da energia?

7. Avaliação da aprendizagem: a avaliação deve ser feita durante toda a aplicação da Sequência Didática, verificando evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado. Para isso o professor baseia-se nas atividades desenvolvidas pelos alunos e nas observações feitas em sala de aula.

8. Avaliação da UEPS: a UEPS será considerada exitosa se os resultados de aprendizagem obtidos pelos alunos forem positivos. Reformular algumas atividades, se necessário.

Referências

MOREIRA, M. A. **O Que é afinal Aprendizagem Significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá-MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, Qurrriculum, La Laguna, Espanha, 2012.

_____, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

_____, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. Adaptado e atualizado, em 1997, de um trabalho com o mesmo título publicado em O ENSINO, Revista Galáico Portuguesa de Sócio-Pedagogia e Sócio-Linguística, Pontevedra/Galícia/Espanha e Braga/Portugal, N° 23 a 28: 87-95, 1988. Publicado também em Cadernos do Aplicação, 11(2): 143-156, 1998. Revisado e publicado em espanhol, em 2005, na Revista Chilena de Educação Científica, 4(2): 38-44. Revisado novamente em 2012.

ANEXO A

SEQUÊNCIA DE IMAGENS DA SITUAÇÃO INICIAL

Sequência de Imagens utilizadas na Situação inicial

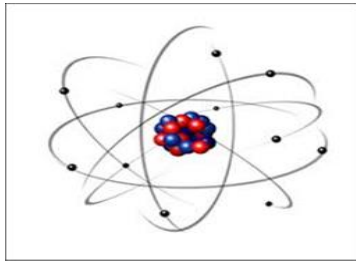


Imagem1

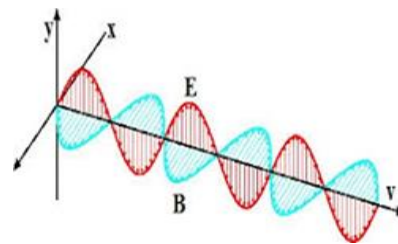
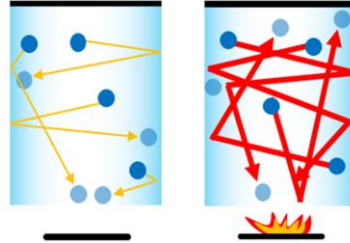


Imagem 2

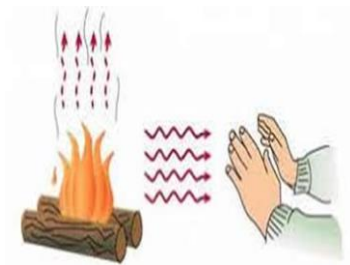


Imagem 3



Imagem 4

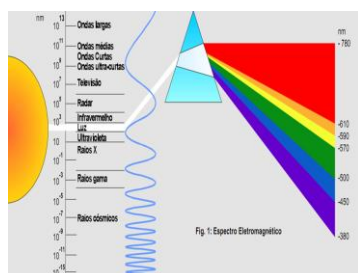


Imagem 5

ANEXO B

TEXTO CIENTÍFICO DA SITUAÇÃO PROBLEMA 1

Fonte: <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/mais/fs1712200003.htm>

A física que mudou o mundo

Luana Fischer/Folha Imagem



O alemão Max Planck (1858-1947), que propôs em dezembro de 1900 a idéia revolucionária da transmissão de energia em "pacotes" pré-definidos: os "quanta"

Os últimos cem anos mudaram a face da vida prática, como resultado da ideia de "quantum" o discreto charme do átomo, imaginado pelo físico alemão Max Planck em 1900. Qualquer produto digital recorre a essa realidade estranha e descontínua da escala atômica, do laser aos chips onipresentes. A física quântica tornou-se a alma oculta do mundo presente e o futuro será mais quântico do que nunca

*Marcelo Gleiser
especial para a Folha*

A transição do mundo clássico ao mundo quântico foi muito sofrida. Imagine a frustração dos físicos no final do século 19, tendo de conceder que a maravilhosa e elegante física clássica não era mais do que uma descrição aproximada do mundo natural. Afinal, eram já dois séculos de triunfos, iniciados com a formulação de Isaac Newton das leis de movimento e da atração gravitacional, em 1687, seguidas pela teoria de Faraday e Maxwell sobre as interações elétricas e magnéticas, e pela termodinâmica, a física que estuda o calor e sua transmissão. Esses grandes pilares da física clássica baseavam-se numa suposição fundamental: sistemas interagem trocando energia de forma contínua. Um jogador de futebol pode chutar a bola com a força que quiser. Uma panela d'água pode ser aquecida a qualquer temperatura entre 0C e 100C, quando a água ferve. Um pêndulo, como num relógio cuco, pode oscilar livremente, em qualquer ângulo. Um carro pode mover-se a qualquer velocidade, até alcançar sua velocidade máxima. Na física clássica, pode-se dar ou tirar energia de um sistema em qualquer quantidade. Na física quântica, não. O sucesso da física clássica era e é tão grande que muitos físicos, no final do século 19, acreditavam que não restava mais nada de importante a ser descoberto. Mas a festa durou pouco. Certas experiências produziram resultados que não eram explicados pela física clássica. Por mais que os físicos tentassem, eles não conseguiam entender o que estava acontecendo. Como a belíssima física clássica podia falhar tão miseravelmente? Uma nova física estava por nascer, contra a vontade da maioria. A

mecânica quântica nasceu de um parto induzido. Mas essa é a missão básica da ciência, explicar o mundo que está à sua volta, mesmo que essa explicação não seja agradável. A natureza não escolhe seus observadores. O homem é que tenta explicá-la com as únicas armas de que dispõe, intuição e lógica. O "corpo negro" Um dos problemas que afligiam os físicos era tão abstrato, aparentemente, que jamais poderia parecer relevante: a radiação de corpo negro. Antes de mais nada, o que é um "corpo negro"? Um forno com o exterior pintado de preto, por exemplo. Um objeto preto absorve muito mais radiação do que um de cor clara. O leitor pode comparar a temperatura dentro de dois carros, um preto e outro branco, deixados sob o sol de verão durante uma hora.

Um corpo negro é o objeto que absorve toda a radiação e não irradia nem reflete energia alguma. Os cientistas estavam interessados na radiação em seu interior, ou seja, com o que acontece quando suas paredes são aquecidas até uma certa temperatura. A idéia era que, com o calor, os átomos dessas paredes iriam vibrar, liberando radiação para o interior da cavidade. Aliás, um forno comum está repleto de radiação infravermelha, que chamamos de "calor". Essa radiação seria então reabsorvida pelas paredes, numa dança de emissão e absorção que levaria a um estado final de equilíbrio entre os átomos do forno e a radiação.

Segundo a física clássica, esse processo de emissão e absorção de radiação pelos átomos do forno deveria ser contínuo, como toda outra troca de energia na natureza. Os átomos poderiam emitir e absorver qualquer quantidade de energia transportada pela radiação. Infelizmente, e para o desespero de vários físicos, incluindo o alemão Max Planck, as previsões da física clássica contradiziam o que se media nos experimentos.

Para "ver" o que acontece dentro do forno, basta fazer um orifício na parede e medir as propriedades da radiação que escapa. A radiação é composta por ondas eletromagnéticas, que vão desde as ondas de rádio e microondas até os raios X e gama, passando pela luz visível. A única diferença entre elas é a frequência, menor para as ondas de rádio e maior para os raios gama.

Os resultados foram surpreendentes. Primeiro, a radiação não dependia do material de que o forno era feito ou de sua forma, apenas da temperatura. Mais ainda, para cada temperatura havia uma frequência dominante, emitida com mais potência do que as outras. Por exemplo, se a uma temperatura a luz vermelha dominava, a temperaturas maiores era a radiação ultravioleta. A física clássica não conseguia explicar esse comportamento, prevendo que maiores frequências iriam dominar a qualquer temperatura.

Após longa agonia, Planck encontrou a solução do impasse, que apresentou no dia 14 de dezembro de 1900 à Sociedade Alemã de Física: a troca de energia entre os átomos e a radiação não é feita de forma contínua, mas sim discreta. Os átomos só podem emitir e absorver radiação em pequenos pacotes, múltiplos de uma quantidade mínima determinada pela frequência -átomos trocam energia como os homens trocam dinheiro, em múltiplos de um centavo, cujo equivalente é o "quantum" de energia. Planck mostrou que, a uma dada temperatura, radiações de maior frequência, sendo mais energéticas, estão ausentes da radiação de corpo negro. Max Planck jamais poderia ter imaginado a revolução que sua idéia iria causar.

Marcelo Gleiser é professor de física teórica do Dartmouth College, em Hanover (EUA), e autor do livro "A Dança do Universo"