

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Ensinando Energia Solar com Ambiente Virtual de Aprendizagem, Demonstrações, Experimentos e Jogos⁶



Alberto da Silva Seguro

Orientação: Nelson Studart

Dezembro de 2019

⁶ Créditos da imagem da capa: Yuval Y, Me catching the sun, disponível em <https://fic.kr/p/5MSiEB>

Sumário

A.1	Introdução	126
A.2	Física	127
A.3	Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA)	128
A.3.1	AVA: Fusão e fissão nuclear	129
A.3.2	AVA: Fusão nuclear no Sol	130
A.3.3	AVA: Energia da radiação	132
A.3.4	AVA: Espectro da radiação	133
A.3.5	AVA: Energia fotovoltaica e heliotérmica	135
A.3.6	AVA: Células e módulos fotovoltaicos	136
A.4	Demonstrações e Experimentos	138
A.4.1	Demonstração da redução de massa na fusão nuclear	138
A.4.2	Experimento para descobrir os comprimentos de onda das cores vermelha, verde e azul	140
A.4.3	Demonstrações e experimentos sobre a captação da energia da luz	140
A.5	Jogos de quiz	141
A.6	Sequência Didática	143
A.6.1	Aula 1: Aula introdutória	145
A.6.1.1	Atividade 1: Levantamento de conhecimentos prévios	145
A.6.1.2	Atividade 2: Apresentação do conteúdo de Física a ser trabalhado no curso	145
A.6.2	Aula 2: Fusão e fissão nuclear (AVA)	146
A.6.2.1	Atividade 1: Conhecendo a fusão nuclear	147
A.6.2.2	Atividade 2: Questões de múltipla escolha sobre as reações de fusão e fissão nuclear	147
A.6.2.3	Atividade 3: Texto sobre o reator de fusão nuclear ITER	148
A.6.2.4	Atividade 4: Questão dissertativa sobre reações nucleares	149
A.6.3	Aula 3: Discussão e demonstrações sobre fusão nuclear	149
A.6.3.1	Atividade 1: Discussão sobre os elementos químicos e como eles se formam	150

A.6.3.2	Atividade 2: Demonstração das reações de fusão nuclear	150
A.6.3.3	Atividade 3: Introdução do conceito de transformação de massa em energia	151
A.6.3.4	Atividade 4: Relatório sobre a discussão e as demonstrações sobre fusão nuclear	151
A.6.4	Aula 4: Fusão Nuclear no Sol (AVA)	152
A.6.4.1	Atividade 1: Conhecendo com detalhes as reações da cadeia próton-próton	153
A.6.4.2	Atividade 2: A energia liberada nas reações	153
A.6.4.3	Atividade 3: Questões de múltipla escolha sobre as reações da cadeia próton-próton e transformação de massa em energia	154
A.6.4.4	Atividade 4: Questão dissertativa sobre radiações	154
A.6.5	Aula 5: Jogo de quiz sobre reações de fusão nuclear	155
A.6.5.1	Atividade 1: Quiz sobre reações de fusão nuclear	156
A.6.6	Aula 6: Energia da radiação (AVA)	156
A.6.6.1	Atividade 1: A luz e o espectro eletromagnético	157
A.6.6.2	Atividade 2: A energia dos fótons de uma dada radiação	157
A.6.6.3	Atividade 3: Questões de múltipla escolha sobre a energia da radiação	157
A.6.6.4	Atividade 4: Questão dissertativa sobre a cor do Sol	158
A.6.7	Aula 7: Experimento para determinação dos comprimentos de onda das cores	159
A.6.7.1	Atividade 1: Levantamento da energia dos fótons das cores vermelha, verde e azul	159
A.6.7.2	Atividade 2: Relatório dos cálculos dos comprimentos de onda da luz vermelha, verde e azul	160
A.6.8	Aula 8: Espectro da radiação (AVA)	161
A.6.8.1	Atividade 1: Espectro da radiação do corpo negro	162
A.6.8.2	Atividade 2: Simulação sobre radiação do corpo negro (PhET)	162
A.6.8.3	Atividade 3: Irradiação da Terra	163

A.6.8.4	Atividade 4: Questões de múltipla escolha sobre a energia da radiação	163
A.6.9	Aula 9: Jogo de quiz sobre radiação solar	164
A.6.9.1	Atividade 1: Quiz sobre radiação solar	165
A.6.10	Aula 10: Energia fotovoltaica e heliotérmica (AVA)	165
A.6.10.1	Atividade 1: Painel solar fotovoltaico	166
A.6.10.2	Atividade 2: Questões de múltipla escolha sobre painéis solares fotovoltaicos	166
A.6.10.3	Atividade 3: Texto sobre alguns marcos históricos da energia solar	167
A.6.10.4	Atividade 4: Questão dissertativa sobre semicondutores	167
A.6.11	Aula 11: Demonstrações e experimentos com módulos fotovoltaicos	168
A.6.11.1	Atividade 1: Demonstração com módulos fotovoltaicos	168
A.6.11.2	Atividade 2: Experimento de associação de módulos fotovoltaicos	169
A.6.11.3	Atividade 3: Relatório das demonstrações e atividades experimentais	170
A.6.12	Aula 12: Células e módulos fotovoltaicos (AVA)	171
A.6.12.1	Atividade 1: Dopagem de semicondutores e o efeito fotovoltaico	172
A.6.12.2	Atividade 2: Condutividade elétrica dos materiais e teoria de bandas	172
A.6.12.3	Atividade 3: Questões de múltipla escolha sobre células fotovoltaicas	172
A.6.12.4	Atividade 4: Fabricação de módulos fotovoltaicos	173
A.6.13	Aula 13: Jogo de quiz sobre células e módulos fotovoltaicos	173
A.6.13.1	Atividade 1: Quiz sobre células e módulos fotovoltaicos	174
A.6.14	Aula 14: Aula final	175
A.6.14.1	Atividade 1: Levantamento de conhecimentos pós-instrução	175
A.6.15	Avaliações	175
A.7	Considerações Finais	176
A.8	Referências e Sugestões de Leitura	177

A.1 Introdução

Esse material instrucional trata de assuntos de Física relacionados ao estudo da energia solar, abordando desde a produção dessa energia no Sol, sua propagação pelo espaço e atmosfera da Terra, até sua captação e conversão em energia elétrica. Foi elaborada uma proposta didática com o objetivo do(a) estudante compreender conceitos físicos importantes para sua formação científica. A base conceitual da proposta está dividida em três eixos de estudo, sendo o primeiro, a produção da energia no Sol devido à fusão nuclear, o segundo eixo, a propagação dessa energia pelo espaço até atingir a superfície do planeta Terra, e no terceiro eixo, a captação dessa energia através de células fotovoltaicas. Logo, espera-se com esse material que os estudantes desenvolvam seus conhecimentos e suas habilidades em inter-relacionar tópicos diversos do tema Energia Solar, desde onde vem essa energia até como podemos utilizá-la.

Atravessa-se uma época de transformações importantes no Ensino Médio oriundas da BNCC e dos itinerários formativos que ainda estão sendo organizados por meio da oferta de diferentes arranjos curriculares e a consequente construção de currículos flexíveis, que permitam itinerários formativos diversificados aos alunos. Segundo Parecer CNE/CP nº 11/2009, incluído no texto da BNCC, o novo Ensino Médio “não exclui necessariamente as disciplinas, com suas especificidades e saberes próprios historicamente construídos, mas, sim, implica o fortalecimento das relações entre elas e a sua contextualização [...]” (BRASIL, 2018, p.470).

Essa proposta atende a competência específica 1 da BNCC, que estabelece que devem ser analisados "fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia [...]" (BRASIL, 2018, p.554) e que nesse tema devem ser mobilizados estudos referentes a, entre outros: estrutura da matéria, princípios da conservação da energia, fusão e fissão nucleares, espectro eletromagnético e o desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias de obtenção de energia elétrica.

Assim, além de conceitos físicos básicos, a proposta aborda o relevante aspecto da conversão da energia solar em energia elétrica, uma questão energética atual numa época em que se busca cada hora mais fontes de energia renováveis capazes de suprir a crescente demanda energética mundial e substituir nossa atual dependência pelos combustíveis fósseis. A energia solar ganha então nesse cenário notória relevância como uma das promissoras fonte energéticas para os próximos anos, fazendo com que cientistas em seus centros de pesquisa venham continuamente trabalhando na busca e no desenvolvimento de tecnologias comercialmente viáveis que permitam obter alta eficiência na captação e utilização da energia da luz proveniente do Sol, ou até mesmo em um cenário mais desafiador, o desenvolvimento de equipamentos capazes de gerar energia da forma como essa é gerada no Sol.

Por possuir uma área territorial gigantesca de mais de 8,5 milhões de quilômetros quadrados (IBGE, 2012), com incidência de luz solar o ano inteiro, o Brasil encontra-se numa situação privilegiada para a captação dessa energia luminosa proveniente da nossa estrela, despertando assim interesse para grandes investimentos no setor. Há uma projeção de investimentos de bilhões de reais nos próximos anos, associada a geração de milhares de empregos no país, a fim de realizar a instalação de usinas solares e sistemas de captação de energia solar de pequeno e médio porte em residenciais, comércios, indústria e em propriedades rurais (ABSOLAR, 2019).

Nesse cenário promissor, torna-se importante entender o que realmente é e como podemos utilizar a energia solar. Para isso, esse produto educacional foi elaborado para que o(a) estudante obtenha de forma completa os conhecimentos fundamentais sobre essa fonte de energia, subsidiando o desenvolvimento de seu pensamento crítico e o pleno exercício de sua cidadania junto a sociedade.

A proposta contempla a utilização de um Ambiente Virtual de Aprendizagem, práticas demonstrativas, experimentos e jogos pelo(a) professor(a) em sala de aula, por meio da Sequência Didática descrita na seção A.6. É utilizada uma metodologia moderna, atrativa e engajadora, na qual o(a) professor(a) terá a sua disposição um produto educacional organizado para pronta implementação e utilização.

A seguir, na seção A.2, são apresentados os conteúdos de Física a serem trabalhados junto aos estudantes com este produto educacional. Em seguida, na seção A.3, está descrito com mais detalhes como os conteúdos de Física citados são apresentados aos estudantes em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). Na seção A.4 e na seção A.5, são descritos os experimentos, demonstrações e os jogos de quiz do material. Já na seção A.6, esta disponibilizada a sequência didática com diversos links e QR Codes para o(a) professor(a) ter sempre à mão rapidamente todo o material a ser utilizado com os estudantes. Finalmente, na seção A.7 estão descritas algumas considerações finais, descrevendo como essa sequência didática foi aplicada pela primeira vez e a avaliação dessa aplicação junto a algumas turmas de ensino médio, e por fim, na seção A.8, serão encontradas algumas referências utilizadas no produto educacional e sugestão de leitura sobre assuntos relacionados ao tema *Energia Solar*.

A.2 Física

Nesse produto educacional serão abordados os seguintes assuntos relacionados a Energia Solar:

- Princípios básicos da reação de fusão nuclear;
- Diferença entre fusão e fissão nuclear;

- Reações da cadeia próton-próton;
- Transformação de massa em energia;
- Relação entre unidades de massa atômica; (u) e unidades de massa (kg);
- Espectro eletromagnético;
- Energia dos fótons;
- Conversão de unidades de energia (eV e J);
- Comprimento de onda associado a um fóton;
- Radiação do corpo negro;
- Princípio da conservação da energia da radiação;
- Principais gases da atmosfera terrestre e suas interações com a radiação solar;
- Radiação refletida, difusa e direta;
- Relação entre a latitude e a intensidade da radiação na superfície do planeta;
- Células e módulos fotovoltaicos;
- Associação em paralelo e em série de células e módulos fotovoltaicos;
- Alguns marcos históricos da utilização da energia solar heliotérmica;
- Condutividade elétrica de metais; isolantes e semicondutores;
- Dopagem de semicondutores;
- Junção p-n;
- Teoria de bandas;
- Efeito fotovoltaico.

Veja na seção [A.6](#) em quais aulas cada um desses assuntos será trabalhado com os estudantes.

A.3 Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA)

O Ambiente Virtual de Aprendizagem contém todo o material teórico abordado no curso, podendo, a critério do(a) professor(a), essa teoria ser disponibilizada para os estudantes presencialmente na escola ou a distância previamente as aulas presenciais, para só depois esses estudantes se encontrarem com o professor em sala de aula para a realização das outras atividades.

A.3.1 AVA: Fusão e fissão nuclear

A teoria abordada neste trabalho, começa introduzindo os estudantes ao conceito do que é uma reação de fusão nuclear, tendo como objetivo fazer com que estes saibam diferenciar esse tipo de reação da reação de fissão nuclear, e os façam entender quais as condições necessárias para a mesma ocorrer.

Iniciando os estudos, os estudantes assistem um vídeo que aborda as diferenças entre essas duas reações nucleares, possibilitando assim um entendimento básico de como a fusão nuclear ocorre e esclarecendo para estes estudantes que a produção comercial de energia através da reação de fusão nuclear ainda não ocorre em nosso planeta.



Introdução

Para praticar

Atualidades

Para refletir

Iniciaremos nesta aula o estudo da Energia Solar, trazendo para você conceitos básicos de como ocorre a produção de energia no Sol e uma reportagem que descreve parte dos trabalhos que vem sendo realizados visando construir um equipamento que um dia possa produzir energia semelhante a forma como essa é produzida na nossa estrela. Para começar, assista ao vídeo *Fusão Nuclear x Fissão Nuclear* para entender a diferença entre essas duas reações, além do motivo pelo qual não existem ainda usinas de fusão nuclear construída na Terra.

Fusão Nuclear x Fissão Nucl...

Assistir mais tarde

Compartilhar

Figura 83 – Introdução da primeira aula usando o AVA

Fonte:

<https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/fusao-e-fissao-nuclear/ai-introducao>

Os estudantes seguem na aula respondendo algumas questões para praticar os assuntos tratadas no vídeo, e depois, realizam a leitura de um texto de divulgação científica publicado pela FAPESP, falando sobre o trabalho de um cientista brasileiro relacionado a um dos projetos mais ambiciosos já desenvolvidos no mundo até hoje, a construção do reator de fusão nuclear ITER. Espera-se com isso, que os estudantes adquiram a percepção de que este é um tema moderno e que existe um vasto campo de pesquisa para estes trabalhos, o qual deverá receber muitos jovens cientistas nos próximos anos.

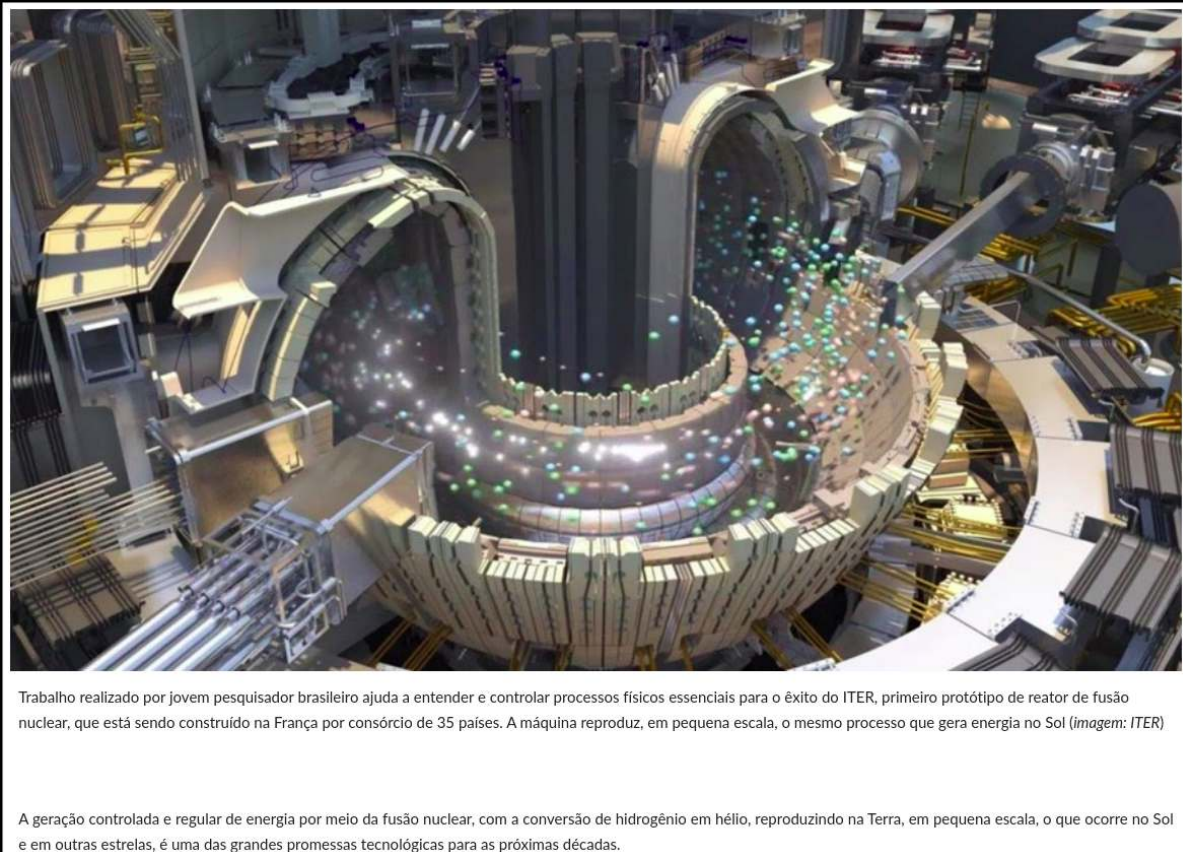


Figura 84 – Texto de divulgação científica na primeira aula usando o AVA

Fonte:

<https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/fusao-e-fissao-nuclear/ai-atualidades>

No final desta primeira aula usando o AVA, os estudantes são solicitados a refletir sobre o que leva uma pequena quantidade de matéria a liberar quantidades de energia tão grandes em uma reação nuclear. A ideia dessa reflexão é despertar nos estudantes a curiosidade sobre o assunto da próxima aula usando o AVA, a qual irá introduzir os conceitos de equivalência entre energia e massa.

Veja mais detalhes dessa aula na seção [A.6.2](#) da sequência didática.

A.3.2 AVA: Fusão nuclear no Sol

Após a introdução dada na aula anterior, chegamos a aula que aborda com mais detalhes como ocorrem as reações de fusão nuclear no Sol, produzindo núcleos de hélio a partir de núcleos de hidrogênio. O objetivo desta aula é fazer com que os estudantes aprendam a calcular a energia liberada em uma dessas reações. Para isso, os estudantes assistem inicialmente a um vídeo que explica a cadeia próton-próton das reações que ocorrem nesse processo.

Figura 85 – Introdução da segunda aula usando o AVA

Fonte:

<https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/fusao-nuclear-no-sol/aia-introducao>

Feito isso, os estudantes seguem com a leitura de um material que explica como são feitos os cálculos para se obter o valor da energia liberada em uma reação de fusão nuclear. É dado como exemplo aos estudantes, o cálculo da energia liberada na formação de um núcleo de hélio a partir dos quatro núcleos de hidrogênio que ficam na reação.

Figura 86 – Material explicativo da segunda aula usando o AVA

Fonte: <https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/fusao-nuclear-no-sol/aia-desenvolvimento>

Os estudantes seguem então com algumas questões para praticar o que foi ensinado até aqui, e finalizam a aula respondendo uma pergunta que os façam refletir sobre os diferentes tipos de radiação emitidas pelo Sol, como por exemplo o calor, a luz ou mesmo

a radiação ultravioleta, despertando assim a curiosidade nos estudantes sobre o assunto que será tratado com mais detalhes na próxima aula usando o AVA.

Veja mais detalhes dessa aula na seção A.6.4 da sequência didática.

A.3.3 AVA: Energia da radiação

Após os estudantes trabalharem o tema da fusão nuclear, o curso segue com o estudo da energia da radiação emitida pelo Sol, iniciando com esses estudantes assistindo a um vídeo que, a partir de um enfoque na natureza da luz, introduz a ideia de fóton, espectro eletromagnético e da relação entre cada uma de suas faixas com os diferentes comprimentos de onda relacionados.



Figura 87 – Introdução da terceira aula usando o AVA

Fonte:

<https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/energia-da-radiacao/aiii-introducao>

Depois, os estudantes prosseguem com a leitura de um material que explica como calcular a energia de um fóton de determinada radiação a partir do comprimento de onda relacionado a esta. O objetivo é fazer com que esses estudantes entendam que se trata de uma radiação eletromagnética que se propaga pelo espaço como radiação, mas também como fótons, com uma energia *quantizada*, que pode ser calculada a partir do comprimento de onda dessa radiação e duas constantes, sendo essas a velocidade da luz no vácuo e a constante de Planck.

Finalizando a abordagem teórica dessa aula, será explicado aos estudantes como converter a energia entre as unidades de medida *Joule* e *elétron – volt*.

Os estudantes seguem então com algumas questões para praticar o que foi tratado nesta aula, e finalizam respondendo uma pergunta que os façam refletir sobre o que faz com que vejamos aqui da Terra o Sol amarelo, ou muitas vezes avermelhado, despertando a curiosidade nestes sobre o assunto que será tratado com mais detalhes na próxima aula usando o AVA.

	<p>Q3.2) Assinale a alternativa incorreta: *</p> <p>1 ponto</p> <p><input type="radio"/> Ondas de rádio são menos energéticas que a luz visível.</p> <p><input type="radio"/> A radiação gama é mais energética que a radiação ultravioleta.</p> <p><input type="radio"/> A luz visível emitida pelo Sol é composta de todas as cores que existem no arco-íris.</p> <p><input type="radio"/> Quando recebemos radiação infravermelha nosso corpo se aquece.</p> <p><input type="radio"/> O espectro eletromagnético, como todo o espectro, é algo sobrenatural que não somos capazes de explicar.</p>	
	<p>Q3.3) Qual a energia expressa em elétron-volt de $3,84 \times 10^{-18} \text{ J}$? (Note: $3,84 \times 10^{-18}$ equivale a três vírgula oitenta e quatro vezes dez elevado a menos dezoito) *</p> <p>1 ponto</p> <p><input type="radio"/> 18 eV</p> <p><input type="radio"/> 20 eV</p> <p><input type="radio"/> 22 eV</p> <p><input type="radio"/> 24 eV</p> <p><input type="radio"/> 26 eV</p>	

Figura 88 – Questões para praticar da terceira aula usando o AVA

Fonte:

<https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/energia-da-radiacao/aiii-praticar>

Veja mais detalhes dessa aula na seção A.6.6 da sequência didática.

A.3.4 AVA: Espectro da radiação

Nessa aula, é introduzido aos estudantes o conceito de como é a radiação emitida por um corpo negro, associando a nossa estrela a esse tipo de corpo, além de explicar porque percebemos essa radiação diferente da originalmente emitida pelo Sol, devido as interações sofridas por essa radiação no seu caminho antes de chegar aos nossos olhos. Para isso, os estudantes assistem inicialmente a um vídeo que introduz o conceito de como é este espectro de radiação e como esse varia com a temperatura do corpo negro.

Espectro da Radiação

Introdução Para simular Desenvolvimento Para praticar

Agora que você já conhece o espectro da radiação eletromagnética, é hora de você saber qual a intensidade desta radiação emitida pelo Sol para cada frequência, ou comprimento de onda, e quando dessa radiação chega na superfície da Terra. Para isso, assista inicialmente ao vídeo *Espectro da radiação do corpo negro*, elaborado a partir de um trecho do vídeo *Quantum Mechanics (Chapter 1b of 6)* publicado por *Cassiopeia Project*.

Espectro da radiação do corpo negro

Figura 89 – Introdução da quarta aula usando o AVA

Fonte:

<https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/espectro-da-radiacao/aiv-introducao>

Após isso, os estudantes acessam no site do PhET um simulador sobre radiação do corpo negro, utilizando um roteiro que tem como objetivo conduzi-los a entender a dependência da intensidade da radiação emitida por esse corpo com sua temperatura, além de explorar como a intensidade dessa radiação varia para cada comprimento de onda emitido pelo corpo negro.

Espectro da Radiação

Introdução Para simular Desenvolvimento Para praticar

Para simular:

Agora é hora de interagirmos com um simulador para entender melhor como é o espectro da radiação emitido pelo Sol, ou por um outro corpo negro qualquer. Para isso, utilizaremos o simulador *Espectro de Corpo Negro*, disponível no site do *PhET*. Você pode abrir o simulador clicando na figura ou [aqui](#).

Depois de abrir o simulador siga os passos do roteiro a seguir para realizar a atividade.

Temperatura de Corpo Negro: 4073 K

Sirius A, Sol, Lâmpada, Terra

Densidade Espectral de Potência (W/m²/μm)

Comprimento de Onda (μm)

Espectro de Corpo Negro

Simulador 1: Espectro da radiação do corpo negro

Figura 90 – Simulador na quarta aula usando o AVA

Fonte:

<https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/espectro-da-radiacao/aiv-simular>

Os estudantes seguem então com um material de leitura que tem como objetivo explicar como ocorre a atenuação da intensidade da radiação em seu percurso do Sol até a superfície terrestre. São explicadas as interações da radiação solar com a atmosfera da Terra, assuntos como o que é radiação direta e difusa, a relação entre o ângulo de incidência da radiação na atmosfera e sua intensidade na superfície do planeta, além de como isso influencia na cor do céu e do Sol que visualizamos aqui da Terra.

Para finalizar essa aula, os estudantes respondem algumas questões para praticar o que foi visto na mesma.

Veja mais detalhes dessa aula na seção A.6.8 da sequência didática.

A.3.5 AVA: Energia fotovoltaica e heliotérmica

No material dessa aula, os estudantes acessam um conteúdo que explica como ocorre a captação e utilização da energia solar aqui na Terra. São abordados os conceitos básicos do que são células e módulos fotovoltaicos, como esses elementos geram eletricidade e qual a finalidade da associação em série e paralelo desses elementos. O material explora também alguns marcos históricos sobre como vem sendo utilizada a energia solar pelo ser humano através de processos térmicos até os dias de hoje.

Inicialmente, os estudantes assistem a um vídeo que introduz a ideia do que é o efeito fotovoltaico, o que é uma associação de células solares, qual a eficiência dessas células e qual a viabilidade da utilização da energia solar como fonte energética.



Energia Fotovoltaica e Heliotérmica

Introdução Para praticar História Para refletir

Chegou a hora de começarmos a entender como ocorre a captação e utilização da energia solar aqui na Terra. Para isso, assista inicialmente ao vídeo *Painel Solar Fotovoltaico*, elaborado a partir do vídeo *How do solar panels work?* desenvolvido por TED Ed. Após assistir ao vídeo, siga para as próximas etapas dessa aula para darmos sequência na exploração desse assunto que promete ocupar uma posição relevante nas discussões mundiais sobre energia dentro de poucos anos.

Painel solar fotovoltaico Assistir mais tarde Compartilhar

Figura 91 – Introdução da quinta aula usando o AVA

Fonte: <https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/energia-fotovoltaica-e-heliotermica/av-introducao>

Após essa introdução, os estudantes seguem a aula respondendo algumas questões que abordam o que foi visto no vídeo, além de conduzi-los à explorar com mais detalhes os conceitos fundamentais de como, e para que, são realizadas as associações em série e em paralelo de células ou módulos fotovoltaicos.

O material segue então descrevendo alguns marcos históricos da utilização da energia solar (heliotérmica) para que os estudantes obtenham uma visão mais ampla sobre a utilização dessa energia.

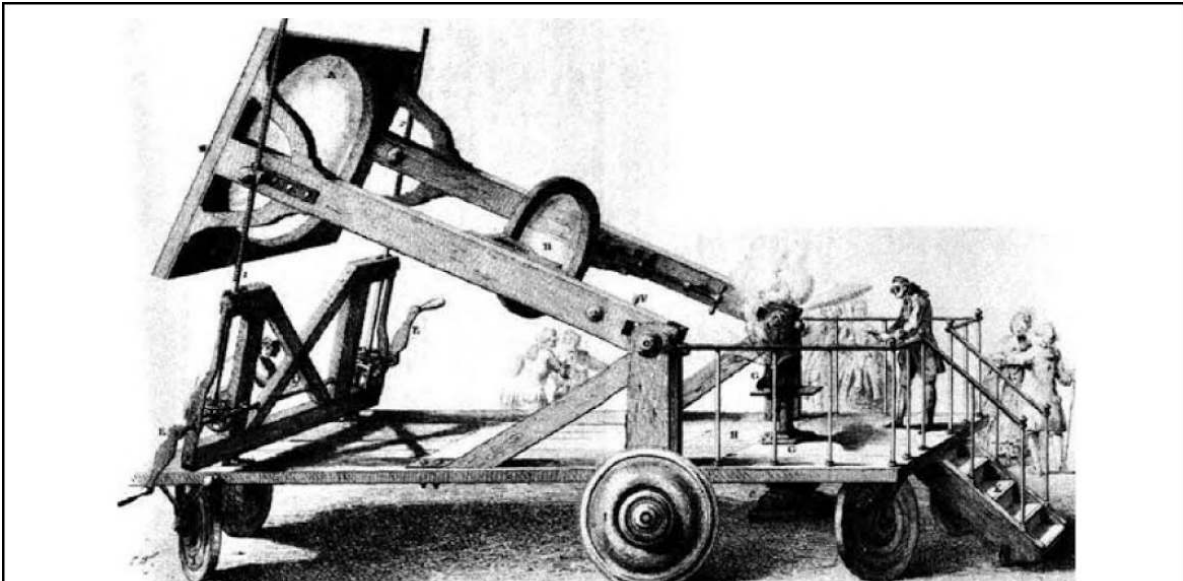


Figura 1: Forno solar construído por Lavoisier em 1774. (Fonte: Kalogirou, 2009, Solar Energy Engineering: Processes and Systems)

Durante o século XIX e início do século XX, os esforços concentraram-se em utilizar a energia solar para a geração de vapor pressurizado capaz de movimentar as diversas máquinas a vapor surgidas na revolução industrial. August Mouchot foi um dos pioneiros nesse campo, construindo e operando diversas máquinas a vapor movidas a energia

Figura 92 – Marcos históricos da energia heliotérmica na quinta aula usando o AVA

Fonte: <https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/energia-fotovoltaica-e-heliotermica/av-historia>

Na última parte dessa aula usando o AVA, os estudantes seguem respondendo uma questão que os façam refletir sobre a importância dos semicondutores para os tempos atuais, visando com isso despertar a curiosidade nestes estudantes sobre o assunto que será tratado com mais detalhes na próxima aula usando o AVA, quando a célula fotovoltaica for analisada em escala atômica.

Veja mais detalhes dessa aula na seção [A.6.10](#) da sequência didática.

A.3.6 AVA: Células e módulos fotovoltaicos

Após os estudantes terem tido o primeiro contato com o que são células e módulos fotovoltaico, é chegada a hora deles entenderem com mais detalhes como são essas células e como ocorre o efeito fotovoltaico. Para isso, os estudantes iniciam esta aula assistindo

um vídeo que explica como são as duas camadas de material semiconductor que formam as células fotovoltaicas, camada tipo-P e camada tipo-N, e por fim, é explicado neste vídeo a junção P-N entre essas camadas.



Figura 93 – Introdução da sexta aula usando o AVA

Fonte: <https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/celulas-e-modulos-fotovoltaicos/avi-introducao>

Já em um segundo vídeo, os estudantes visualizam com mais detalhes os processos de dopagem do silício com fósforo e boro. O vídeo explica também que é possível fazer com que o silício puro se comporte como um bom condutor de eletricidade se houver o fornecimento de energia para o material, fazendo com que elétrons deste subam da banda de valência para a banda de condução do mesmo.

Após os estudantes serem iniciados na aula com esses dois vídeos, eles prosseguem com um material de leitura que explica como poderia ser uma das formas do silício receber essa energia para melhorar sua condutividade elétrica. Nessa parte, o material explica como cada tipo de material tem sua condutividade elétrica alterada em função de sua temperatura.

O material de leitura segue apresentando um modelo que explora o que há de diferente entre os condutores, isolantes e semicondutores, sob uma perspectiva em escala atômica. A ideia é fazer com que os estudantes visualizem nesse modelo a relação entre os tipos de materiais e a existência de elétrons livres nos mesmos.

Dando sequência, são apresentados para os estudantes os conceitos básicos do modelo de bandas de energia, explicando a relação entre a localização dos elétrons nessas

bandas e a condução de eletricidade para cada um dos três tipos de materiais. Feito isso, chega-se ao objetivo principal dessa parte da aula, apresentando-se para os estudantes como esses materiais semicondutores poderiam receber energia para que elétrons da banda de valência subam para a banda de condução, sem que haja aquecimento do material, ou seja, através do efeito fotovoltaico.

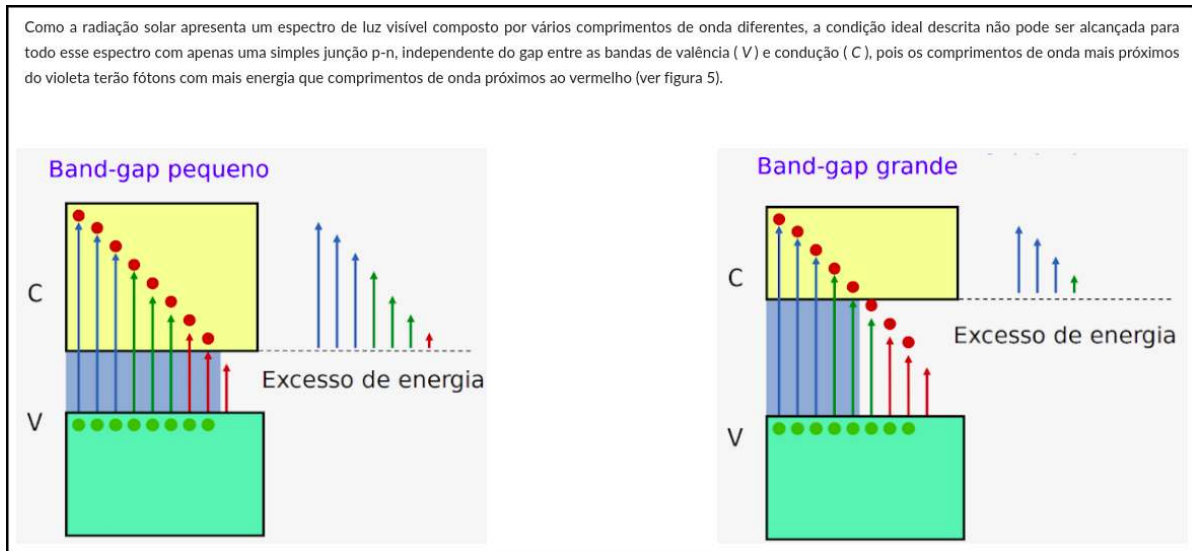


Figura 94 – Material explicativo da sexta aula usando o AVA

Fonte: <https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/celulas-e-modulos-fotovoltaicos/avi-desenvolvimento>

O material explora um pouco mais esse assunto, e segue depois com algumas questões para os estudantes praticarem o que foi ensinado nesta parte da aula.

Finalizando a última aula do AVA, é apresentado para os estudantes um vídeo que mostra como ocorrem os processos de fabricação de módulos fotovoltaicos.

Veja mais detalhes dessa aula na seção [A.6.12](#) da sequência didática.

A.4 Demonstrações e Experimentos

A seguir, estão disponibilizadas para o(a) professor(a) algumas explicações sobre as demonstrações e experimentos do produto educacional desse material.

A.4.1 Demonstração da redução de massa na fusão nuclear

Essa demonstração tem como objetivo fazer com que os estudantes descubram que ocorre redução de massa nas reação de fusão nuclear que acontece no Sol. Para isso, o(a) professor(a) utilizará modelos de núcleos atômicos feitos com bolinhas de isopor com suas massas calibradas.

A demonstração das fusões nucleares consiste em comparar etapa a etapa as massas dos modelos dos núcleos atômicos antes e depois de cada reação.

O(A) professor(a) precisará de uma balança para realizar a atividade, a fim de comparar as massas dos modelos dos núcleos antes e depois de cada reação. Como a necessidade da balança é apenas para comparar as massas dos modelos de núcleos atômicos, não se deve verificar a massa de cada modelo em uma balança individual, pois isso não faria sentido e poderia desviar a atenção dos estudantes dos objetivos da demonstração.



Figura 95 – Demonstrações sobre fusão nuclear

Fonte: Primeira aplicação do produto educacional

Procedimento para confeccionar os modelos de núcleos atômicos e uma balança de baixo custo:

Utilize o QR Code ou link a seguir para direcionamento para o material explicativo de como confeccionar os modelos de núcleos atômicos com bolinhas de isopor com suas massas calibradas e uma balança de baixo custo para ser utilizada nessa atividade:



https://drive.google.com/file/d/1hiy3oIvUvzR_6jAAlymSNYYU8sSjiqJS/view?usp=sharing

Veja mais detalhes dessa aula na seção [A.6.3](#) da sequência didática.

A.4.2 Experimento para descobrir os comprimentos de onda das cores vermelha, verde e azul

Nesse experimento, os estudantes irão determinar os comprimentos de onda de três cores de luz (vermelha, verde e azul).

Os estudantes realizam na atividade a montagem de um circuito para medição da tensão elétrica de funcionamento de três cores de LED, para depois, calcularem o comprimento de onda relacionado a cada uma dessas cores utilizadas no experimento.

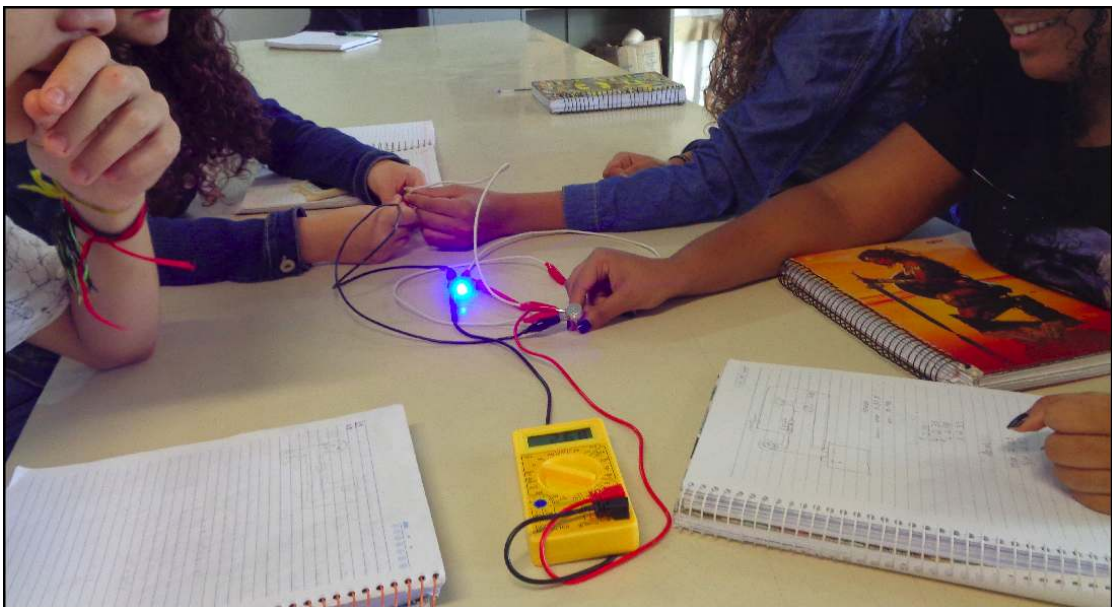


Figura 96 – Experimento para descobrir os comprimentos de onda das cores

Fonte: Primeira aplicação do produto educacional

Veja mais detalhes dessa aula na seção [A.6.7](#) da sequência didática.

A.4.3 Demonstrações e experimentos sobre a captação da energia da luz

Essas demonstrações e experimentos possibilitam que os estudantes tenham contato físico com células e módulos fotovoltaicos e assim, possam ver esses equipamentos sendo utilizados para transformar luz em eletricidade através da alimentação de equipamentos eletroeletrônicos com a energia elétrica gerada nesse processo.

Os estudantes realizam também atividades práticas de associações de módulos fotovoltaicos, montando circuitos e fazendo medições de tensão e corrente elétrica gerada pelos módulos expostos a luz



Figura 97 – Experimento de associações de módulos fotovoltaicos

Fonte: Primeira aplicação do produto educacional

Veja mais detalhes dessa aula na seção [A.6.11](#) da sequência didática.

A.5 Jogos de quiz

Esse produto educacional contempla a realização dos seguintes jogos de quiz pelos estudantes:

- Fusão nuclear no Sol

Veja os detalhes específicos da aula para realização desse quiz na seção [A.6.5](#) da sequência didática.

- Radiação solar

Veja os detalhes específicos da aula para realização desse quiz na seção [A.6.9](#) da sequência didática.

- Células e módulos fotovoltaicos

Veja os detalhes específicos da aula para realização desse quiz na seção [A.6.13](#) da sequência didática.



Figura 98 – Jogo de quiz sobre Fusão Nuclear

Fonte: <https://play.kahoot.it/v2/?quizId=bf9cea75-130f-432f-bf73-168083924e65>

A seguir, estão disponibilizadas para o(a) professor(a) algumas explicações gerais sobre os jogos de quiz do produto educacional desse material.

Descrição:

Para iniciar cada jogo de quiz, é recomendado que os estudantes se organizem em times de até 5 integrantes, porém, a critério do(a) professor(a), a quantidade de integrantes por time pode ser menor ou maior. Cada time de estudantes precisará utilizar um computador, tablet ou celular com acesso a internet para jogar.

Em paralelo a essa organização inicial, o(a) professor(a) precisará abrir a página do Kahoot informada no início de cada aula e então selecionar *classic* ou *clássico* para ir para a página do jogo onde os estudantes irão preencher o nome dos seus times para jogar.

A partir deste momento, a tela do computador utilizado pelo(a) professor(a) deverá ser projetada para que todos os estudantes possam vê-la. Informe os estudantes para que o integrante do grupo que esta comandando o computador, tablet ou celular acesse no navegador do dispositivo a página <https://kahoot.it/>, depois digite o número do *game PIN* ou *PIN do jogo* que estará aparecendo na projeção e por último digite o *Nickname* ou *Apelido* escolhido para o time.

Após todos os times terem realizado esse procedimento, o(a) professor(a) precisará dar um click em *Start* ou *Começar* para iniciar o jogo e por fim, basta ir avançando nas telas do jogo após os estudantes responderem cada pergunta.

É interessante que durante a realização do jogo, o(a) professor(a) aproveite os

momentos oportunos, normalmente após a euforia da revelação da resposta correta de cada pergunta, para explicar algum conceito que perceba importante para o conteúdo da pergunta feita.

Avaliação:

Nessa atividade, os grupos de estudantes serão avaliados pela quantidade de acertos das respostas do jogo de quiz. Para ter acesso a planilha com essas informações, após o término do jogo, mas ainda nas telas de comando deste jogo no Kahoot, o(a) professor(a) deverá selecionar a opção *Save Results* ou *Salvar Resultados* e depois poderá escolher *Direct Download* ou *Download Direto* para baixar a planilha ou se preferir, *Save to Drive* ou *Salvar no Drive* para salvar a planilha na sua conta do *Google Drive*.

Caso o(a) professor(a) esteja logado(a) no site do Kahoot com sua conta pessoal, poderá também deixar para baixar essa planilha quando quiser no futuro.

A.6 Sequência Didática

O produto educacional aqui descrito, *Ensinando Energia Solar com Ambiente Virtual de Aprendizagem, Demonstrações, Experimentos e Jogos*, está organizado em uma sequência didática que é apresentada nesta seção buscando clareza e objetividade para sua utilização, estando descrito em cada uma das aulas os seus objetivos específicos, conteúdos abordados, atividades e avaliações com os seus respectivos tempos planejados de aplicação, além dos recursos necessários para sua implementação.

Todo o material a ser disponibilizado aos estudantes para o aprendizado dos conteúdos abordados, foi elaborado para ter um fácil acesso online através de um computador, tablet ou celular, com exceção dos mapas conceituais para levantamento de conhecimentos prévios e pós-instrução dos estudantes, os quais, o(a) professor(a) poderá optar por aplicá-los sem a utilização de qualquer um dos dispositivos tecnológicos citados. Na página do índice de aulas⁷ no AVA, está disponibilizada a sequência das aulas e atividades online que serão percorridas pelos estudantes durante seus estudos, além de todos os links de acesso necessários ao material.

Para facilitar ainda mais a utilização desse produto pelo(a) professor(a), o acesso a todo o material online pode também ser realizado através dos links e QR codes disponibilizados nesta seção A.6, com exceção das planilhas com as respostas dadas pelos estudantes aos questionários e relatórios, para as quais foram disponibilizados apenas os links, pois, embora não seja inviável, mostra-se pouco prática a utilização dessas planilhas por um tablet ou celular.

Embora não seja necessário, pois os estudantes podem acessar todo o material on-

⁷ <https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas>

line pela página do índice de aulas no AVA, o(a) professor(a) poderá também compartilhar os QR codes com os estudantes de sua(s) turma(s) que utilizem tablets ou celulares, a fim de possibilitar a estes estudantes um acesso direto a qualquer uma das aulas no AVA, roteiros ou relatórios, ou mesmo se preferir, compartilhar com esses estudantes os links para que eles realizarem esses acessos diretos por computadores.

Caracterização dos Estudantes:

Durante a elaboração dessa sequência didática, foi tomado o cuidado de utilizar uma linguagem de fácil compreensão, minimizando sempre que possível a necessidade de pré-requisitos de conhecimento dos estudantes. Contudo, é recomendado que essa sequência didática seja aplicada junto a estudantes que saibam operar números escritos em notação científica, podendo também ocorrer a necessidade do(a) professor(a) esclarecer algum conceito básico de ondulatória ou eletricidade durante a aplicação do material. Logo, o público alvo são os estudantes do **último ano do Ensino Médio**.

Caracterização da Unidade Escolar:

Para realização de parte das atividades dessa sequência didática, é necessário que os estudantes possam utilizar um dispositivo com acesso a internet (**Computador, tablet ou celular**) em sua escola. Em que, dentre as três possibilidades apresentadas, o computador mostra-se como mais recomendada, por possuir uma tela maior e facilitar uma melhor interação entre o(a) estudante e professor(a) durante esclarecimentos de dúvidas, ou mesmo entre os próprios estudantes, durante a realização de atividades em grupos. Outro recurso necessário na escola, é uma **sala com recursos áudio-visuais**, onde haja a disposição um computador conectado à internet e interligado a uma TV com tela grande ou um projetor mais sistema de som.

Reduzindo a quantidade de aulas presenciais para aplicação do produto:

Nas próximas subseções serão apresentadas as 14 aulas que foram elaboradas para trabalhar esse produto educacional com os estudantes de forma totalmente presencial, porém, para o(a) professor(a) que possuir turmas nas quais todos os estudantes possam realizar estudos a distância pela internet, todas as aulas teóricas disponibilizadas no AVA (Aula [A.6.2](#), [A.6.4](#), [A.6.6](#), [A.6.8](#), [A.6.10](#) e [A.6.12](#)), com exceção da atividade [A.6.2.3](#), poderão ser realizadas previamente pelos estudantes a distância, sem a necessidade de qualquer modificação, deixando os encontros presenciais com esses estudantes apenas para a realização das discussões, experimentos, demonstrações e jogos. Assim, o(a) professor(a) terminará a aplicação desse produto em menos aulas presenciais, pois os estudantes realizarão as aulas citadas do AVA com antecedência as aulas na escola.

A.6.1 Aula 1: Aula introdutória

Objetivos específicos

- Elaborar um mapa conceitual sobre Energia Solar a partir dos conhecimentos prévios dos estudantes;
- Apresentar aos estudantes os conteúdos a serem trabalhados nesse curso.

Conteúdos

Não aplicável

A.6.1.1 Atividade 1: Levantamento de conhecimentos prévios

Tempo:

35 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Sala de informática, sala de aula com lousa e giz, quadro branco e marcador ou uma folha grande ou cartolina.

Descrição:

Para levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes das turmas, solicitar aos estudantes que elaborem um mapa conceitual em uma atividade colaborativa com a turma, ou seja, todos os estudantes da turma trabalhando juntos na elaboração de um único mapa sobre o tema Energia Solar. Para isso os estudantes de cada turma podem utilizar um arquivo do *Google Drawing (Desenhos Google)* disponibilizado em uma nuvem para edição, lousa e giz, quadro branco e marcador ou mesmo uma folha grande ou cartolina, conforme preferência do(a) professor(a) ou facilidade para o desenvolvimento da atividade.

Avaliação:

Nessa atividade, os estudantes serão avaliados pela participação na elaboração do mapa conceitual de conhecimentos prévios.

A.6.1.2 Atividade 2: Apresentação do conteúdo de Física a ser trabalhado no curso

Tempo:

10 minutos

Recursos e material de apoio:

Sala de aula com lousa e giz, quadro branco e marcador ou data-show.

Descrição:

Nessa atividade, o(a) professor(a) apresentará para os estudantes de forma geral os conteúdos de Física que serão abordados no curso, conforme descrito a seguir:

- Diferença entre a fusão nuclear e fissão nuclear;
- Fusão nuclear no Sol e a formação do deutério, hélio 3 e hélio 4;
- Espectro eletromagnético e a energia da radiação;
- Radiação do corpo negro;
- Energia heliotérmica e alguns marcos históricos da utilização da energia solar;
- Células e módulos fotovoltaicos;
- Condutividade elétrica dos materiais;
- Efeito fotovoltaico.

Os conteúdos listados acima estão apresentados com mais detalhes na seção [A.2](#). Antes de realizar essa apresentação desse conteúdo para os estudantes, é importante também o(a) professor(a) navegar pelo AVA a fim de conhecer com mais detalhes o material teórico do curso que será trabalhado. Para isso, utilize o QR Code ou link a seguir para direcionamento para o índice das aulas do AVA.



<https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas>

A.6.2 Aula 2: Fusão e fissão nuclear (AVA)

Utilize o QR Code ou link a seguir para direcionamento para a página da aula na internet:



<https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/fusao-e-fissao-nuclear/ai-introducao>

Objetivos específicos

- Conhecer os conceitos básicos do que são reações de fusão nuclear;
- Saber diferenciar as reações de fusão nuclear das reações de fissão nuclear;
- Conhecer um pouco sobre os trabalhos que vem sendo desenvolvidos para construção de um reator de fusão nuclear.

Conteúdos

- Princípios básicos da reação de fusão nuclear;
- Diferença entre fusão e fissão nuclear;

A.6.2.1 Atividade 1: Conhecendo a fusão nuclear

Tempo:

5 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes assistem um vídeo sobre os princípios básicos das reações de fusão nuclear e sobre sua diferenciação das reações de fissão nuclear.

A.6.2.2 Atividade 2: Questões de múltipla escolha sobre as reações de fusão e fissão nuclear

Tempo:

10 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes respondem a questões de múltipla escolha visando praticar os conceitos estudados nesta aula. Após terminar de responder o questionário, o(a) estudante pode visualizar seus acertos e erros, refletir sobre as respostas corretas e tentar responder novamente caso desejem.

Avaliação:

Nessa atividade, os estudantes serão avaliados pela quantidade de acertos nas respostas das questões de múltipla escolha. Para acessar essas informações, o(a) professor(a) utilizará a planilha que contém as respostas dadas pelos estudantes através do link a seguir:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/13erhC4EyY3_yYqDlXwXKemENrhgYKCWD4HDA_1FTo5w/edit?usp=sharing

O(A) professor(a) poderá visualizar essa planilha on-line ou mesmo fazer download para alterá-la conforme desejar. Após abrir essa planilha, as suas quatro últimas colunas devem ser verificadas para identificar a escola, ano/série, turma e números de chamada dos estudantes de interesse que responderam o questionário.

A.6.2.3 Atividade 3: Texto sobre o reator de fusão nuclear ITER**Tempo:**

25 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Nessa atividade, o(a) professor(a) realiza junto com os estudantes uma leitura da reportagem *Modelo prediz cenários para geração de energia por meio da fusão nuclear* publicada pela FAPESP, fazendo pausas, comentários e discussões com os estudantes durante a leitura, a fim esclarecer possíveis dúvidas relacionadas aos conceitos físicos apresentado no texto ou a fim de debater alguma questão que possa surgir durante essa leitura.

Avaliação:

Nessa atividade, os estudantes serão avaliados pela participação nas discussões realizadas.

A.6.2.4 Atividade 4: Questão dissertativa sobre reações nucleares

Tempo:

5 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes respondem uma pergunta desencadeadora do assunto a ser estudado na próxima aula do AVA (transformação de massa em energia), respondendo segundo seus conhecimentos prévios o que faz as reações nucleares liberarem uma quantidade de energia tão grande para uma quantidade de matéria tão pequena, quando comparadas com outras fontes de energia.

Avaliação:

Nessa atividade, os estudantes serão avaliados pelas suas produções escritas para responder a questão dissertativa da atividade. Para acessar a planilha dessas respostas, o(a) professor(a) utilizará o link a seguir:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1R1bvacMSAjTk8eWo8V0fakAAAntrGQQDNCcYs7caACMs/edit?usp=sharing>

O(A) professor(a) poderá visualizar essa planilha on-line ou mesmo fazer download para altera-lá conforme desejar. Após abrir essa planilha, as suas quatro últimas colunas devem ser verificadas para identificar a escola, ano/série, turma e números de chamada dos estudantes de interesse que responderam o questionário.

A.6.3 Aula 3: Discussão e demonstrações sobre fusão nuclear

Objetivos específicos

- Aprender a identificar a massa atômica e a quantidade de prótons, nêutrons e elétrons dos elementos químicos na tabela periódica;
- Introduzir a ideia entre o tamanho de uma estrela e o elemento químico mais pesado que ela pode formar;
- Introduzir as reações de fusão nuclear que ocorrem no Sol (cadeia próton-próton);
- Introduzir o conceito de transformação de massa em energia que ocorre nas reações nucleares.

Conteúdos

- Fusão nuclear nas estrelas;
- Introdução as reações da cadeia próton-próton.

A.6.3.1 Atividade 1: Discussão sobre os elementos químicos e como eles se formam

Tempo:

10 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

- Sala de aula com lousa e giz ou quadro branco e marcador;
- Tabela periódica grande.

Descrição:

Nesta atividade o(a) professor(a) começa realizando uma discussão sobre como identificar a massa atômica e a quantidade de prótons, nêutrons e elétrons dos elementos químicos na tabela periódica. Depois o(a) professor(a) conduz a discussão para a relação entre a massa de uma estrela e os elementos químicos que ela é capaz de formar. Por fim, as reações de fusão nuclear que ocorrem no Sol (cadeia próton-próton) são introduzidas pelo(a) professor(a), porém ainda sem falar da redução de massa dos núcleos atômicos que ocorre nestas reações. A atividade acontece em uma discussão entre o(a) professor(a) e os estudantes visando sempre utilizar o máximo possível de conhecimentos prévios deste estudantes para fundamentação do conhecimento em construção sobre fusão nuclear.

Avaliação:

Nesta atividade, os estudantes serão avaliados pela participação nas discussões realizadas pelos mesmos.

A.6.3.2 Atividade 2: Demonstração das reações de fusão nuclear

Tempo:

10 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

- Sala de aula com lousa e giz ou quadro branco e marcador;
- Modelos de núcleos atômicos da cadeia próton-próton feitos com bolinhas de isopor com suas massa calibradas *;

- Balança feita com uma régua, sacolas plásticas e arames *.

* Veja na seção A.4.1 como confeccionar os modelos de núcleos atômicos com bolinhas de isopor com massas calibradas e uma balança de baixo custo para realização da atividade.

Descrição:

Nesta atividade o(a) professor(a) realiza comparações de massas dos modelos de núcleos atômicos da cadeia próton-próton antes e depois de cada reação, as quais formam o *deutério*, *hélio 3* e *hélio 4*. Para isso, é utilizada uma balança feita com uma régua, sacolas plásticas e arame. A atividade acontece em uma exposição para os estudantes de uma comparação das massas dos modelos de núcleos atômicos antes e depois de cada reação nuclear, colocando esses modelos em lados opostos da balança para a comparação das suas massas. É interessante o(a) professor(a) questionar sempre os estudantes sobre quais modelos de núcleos atômicos eles acham que terão mais massa, antes de colocá-los na balança. Como a quantidade de bolinhas se mantém constantes antes e depois da demonstração de cada reação, e os estudantes ainda não sabem sobre a redução de massa que ocorre nestas reações, é esperado que estes estudantes achem que as massas se manterão constantes, gerando uma surpresa ao verificarem que sempre ocorre uma redução de massa.

A.6.3.3 Atividade 3: Introdução do conceito de transformação de massa em energia

Tempo:

5 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Sala de aula com lousa e giz ou quadro branco e marcador.

Descrição:

Nesta atividade o(a) professor(a) apresenta para os estudantes o conceito de transformação de massa em energia. Para isso, inicialmente os estudantes são questionados sobre o que acham que pode estar relacionado com a redução de massa verificada nas demonstrações feitas. Após os estudantes reponderem, o(a) professor(a) discute as respostas dadas e termina a atividade apresentando o tema desencadeador da próxima aula, ou seja, a transformação de massa em energia, que pode ser quantificado pela equação $E = m.c^2$.

A.6.3.4 Atividade 4: Relatório sobre a discussão e as demonstrações sobre fusão nuclear

Utilize o QR Code ou link a seguir para direcionamento para a página da internet de preenchimento do relatório:



<https://forms.gle/tXZBiQPk7p4oUW9w5>

Tempo:

20 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

- Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes;

Descrição:

O(A) estudante deve abrir a página do relatório através do QR Code ou link informado e preenchê-lo descrevendo o que foi discutido em aula sobre os elementos químicos, como e onde eles se formam. O(A) estudante deverá descrever também a demonstração sobre fusão nuclear no Sol e quais as conclusões finais obtidas após essas demonstrações.

Avaliação:

Nessa atividade, cada estudante será avaliado individualmente no relatório produzido pela sua produção escrita sobre os assuntos tratados em aula. Para acessar essas informações, o(a) professor(a) utilizará a planilha que contém as respostas dadas pelos estudantes através do link a seguir:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1dxZ4rw-d1bs6iFf8fnucbuC6ZdBs7XH1YJojHhEbHG4/edit?usp=sharing>

O(A) professor(a) poderá visualizar essa planilha on-line ou mesmo fazer download para alterá-la conforme desejar. Após abrir essa planilha, as colunas C até F devem ser verificadas para identificar a escola, ano/série, turma e número de chamada do(a) estudante de interesse que preencheu o relatório.

A.6.4 Aula 4: Fusão Nuclear no Sol (AVA)

Utilize o QR Code ou link a seguir para direcionamento para a página da aula na internet:



<https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/fusao-nuclear-no-sol/aai-introducao>

Objetivos específicos

- Conhecer com detalhes as reações da cadeia próton-próton;
- Calcular a energia liberada em uma dada reação nuclear;
- Converter unidades de massa a nível atômico.

Conteúdos

- Detalhamento das reações da cadeia próton-próton;
- Transformação de massa em energia;
- Relação entre unidades de massa atômica (u) e unidades de massa (kg).

A.6.4.1 Atividade 1: Conhecendo com detalhes as reações da cadeia próton-próton

Tempo:

5 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes assistem um vídeo e realizam a leitura de um pequeno texto sobre as reações nucleares que ocorrem no Sol (reações da cadeia próton-próton).

A.6.4.2 Atividade 2: A energia liberada nas reações

Tempo:

20 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes realizam a leitura de um texto explicativo sobre transformação de massa em energia e como é realizado o cálculo para descobrir a energia liberada em uma dada reação nuclear.

A.6.4.3 Atividade 3: Questões de múltipla escolha sobre as reações da cadeia próton-próton e transformação de massa em energia**Tempo:**

15 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes respondem a questões de múltipla escolha visando praticar os conceitos estudados nesta aula. Após terminar de responder o questionário, o(a) estudante pode visualizar seus acertos e erros, refletir sobre as respostas corretas e tentar responder novamente caso desejem.

Avaliação:

Nessa atividade, os estudantes serão avaliados pela quantidade de acertos nas respostas das questões de múltipla escolha. Para acessar essas informações, o(a) professor(a) utilizará a planilha que contém as respostas dadas pelos estudantes através do link a seguir:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Cum34Lvw-76lpJQCCPvFoEBX4KBLZcPkP_XRJRBwN0/edit?usp=sharing

O(A) professor(a) poderá visualizar essa planilha on-line ou mesmo fazer download para alterá-la conforme desejar. Após abrir essa planilha, as suas quatro últimas colunas devem ser verificadas para identificar a escola, ano/série, turma e números de chamada dos estudantes de interesse que responderam o questionário.

A.6.4.4 Atividade 4: Questão dissertativa sobre radiações**Tempo:**

5 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes respondem uma pergunta desencadeadora do assunto a ser estudado na próxima aula do AVA (energia dos fótons de uma dada radiação), respondendo segundo seus conhecimentos prévios o que acham que existe de semelhante e de diferente entre os diferentes tipos de radiação.

Avaliação:

Nessa atividade, os estudantes serão avaliados pelas suas produções escritas para responder a questão dissertativa da atividade. Para acessar a planilha dessas respostas, o(a) professor(a) utilizará o link a seguir:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1iR6cmcnUGULD13UaKRijbxBaBXL1-1y711UCar7vvaY/edit?usp=sharing>

O(A) professor(a) poderá visualizar essa planilha on-line ou mesmo fazer download para altera-lá conforme desejar. Após abrir essa planilha, as suas quatro últimas colunas devem ser verificadas para identificar a escola, ano/série, turma e números de chamada dos estudantes de interesse que responderam o questionário.

A.6.5 Aula 5: Jogo de quiz sobre reações de fusão nuclear

Utilize o QR Code ou link a seguir para direcionamento para a página de comando do jogo na internet:



<https://play.kahoot.it/v2/?quizId=bf9cea75-130f-432f-bf73-168083924e65>

Objetivos específicos

- Exercitar os conhecimentos adquiridos sobre as reações de fusão nuclear

Conteúdos

- Todo o conteúdo estudado sobre reações nucleares

A.6.5.1 Atividade 1: Quiz sobre reações de fusão nuclear

Tempo:

45 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

- Sala com recursos áudio-visuais, onde haja a disposição internet e uma TV com tela grande e entrada HDMI ou um projetor mais sistema de som;
- Um computador conectado a TV ou projetor;
- Um computador, tablet ou celular com acesso a internet para cada time de estudantes.

Descrição:

Para descrição de como utilizar a plataforma deste jogo veja a seção [A.5](#).

Avaliação:

Para descrição de como utilizar a plataforma deste jogo como avaliação dos estudantes veja a seção [A.5](#).

A.6.6 Aula 6: Energia da radiação (AVA)

Utilize o QR Code ou link a seguir para direcionamento para a página da aula na internet:



<https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/energia-da-radiacao/aiai-introducao>

Objetivos específicos

- Conhecer o espectro eletromagnético;
- Estimar a energia associada a uma dada radiação a partir do seu comprimento de onda;

- Calcular a energia de um fóton de uma dada radiação;
- Aprender que a luz possui uma velocidade que independe da sua fonte;
- Aprender a converter energia entre as unidades de medida elétron-volt (eV) e Joule (J).

Conteúdos

- Espectro eletromagnético;
- Energia dos fótons;
- Unidades de energia (eV e J).

A.6.6.1 Atividade 1: A luz e o espectro eletromagnético

Tempo:

5 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes assistem um vídeo sobre as principais propriedades da luz e de outras radiações do espectro eletromagnético com diferentes comprimentos de onda.

A.6.6.2 Atividade 2: A energia dos fótons de uma dada radiação

Tempo:

20 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes realizam a leitura de um texto explicativo sobre como calcular a energia dos fótons de uma dada radiação em eV e em J .

A.6.6.3 Atividade 3: Questões de múltipla escolha sobre a energia da radiação

Tempo:

15 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes respondem a questões de múltipla escolha visando praticar os conceitos estudados nesta aula. Após terminar de responder o questionário, o(a) estudante pode visualizar seus acertos e erros, refletir sobre as respostas corretas e tentar responder novamente caso desejem.

Avaliação:

Nessa atividade, os estudantes serão avaliados pela quantidade de acertos nas respostas das questões de múltipla escolha. Para acessar essas informações, o(a) professor(a) utilizará a planilha que contém as respostas dadas pelos estudantes através do link a seguir:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1RiFYxQBvJX7NHwQOPBVzOWBxCGvAC10drm1H0moGP1M/edit?usp=sharing>

O(A) professor(a) poderá visualizar essa planilha on-line ou mesmo fazer download para alterá-la conforme desejar. Após abrir essa planilha, as suas quatro últimas colunas devem ser verificadas para identificar a escola, ano/série, turma e números de chamada dos estudantes de interesse que responderam o questionário.

A.6.6.4 Atividade 4: Questão dissertativa sobre a cor do Sol**Tempo:**

5 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes respondem uma pergunta desencadeadora de um dos assuntos a serem estudados na próxima aula do AVA (interação da luz do Sol com a atmosfera), respondendo segundo seus conhecimentos prévios porque acham que visualizamos o Sol de diferentes cores aqui na Terra dependendo do horário do dia que o observamos.

Avaliação:

Nessa atividade, os estudantes serão avaliados pelas suas produções escritas para responder a questão dissertativa da atividade. Para acessar a planilha dessas respostas, o(a) professor(a) utilizará o link a seguir:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1XLR1e6cY9fkPy1sQ0WbGBfid0Z4DLkqhXdygGSig3-E/edit?usp=sharing>

O(A) professor(a) poderá visualizar essa planilha on-line ou mesmo fazer download para alterá-la conforme desejar. Após abrir essa planilha, as suas quatro últimas colunas devem ser verificadas para identificar a escola, ano/série, turma e números de chamada dos estudantes de interesse que responderam o questionário.

A.6.7 Aula 7: Experimento para determinação dos comprimentos de onda das cores

Objetivos específicos

- Realizar procedimento experimental para levantamento da energia dos fótons das cores vermelha, verde e azul;
- Calcular o comprimento de onda da luz vermelha, verde e azul a partir da energia de seus fótons.
- Comparar valores de comprimentos de onda obtidos através de procedimento experimental com valores teóricos, refletir sobre possíveis diferenças e formular explicações para as mesmas.

Conteúdos

- Energia dos fótons das cores vermelha, verde e azul;
- Comprimento de onda da luz vermelha, verde e azul;

A.6.7.1 Atividade 1: Levantamento da energia dos fótons das cores vermelha, verde e azul

Utilize o QR Code ou link a seguir para direcionamento para a página da internet com o roteiro do experimento a ser realizado pelos estudantes:



<https://drive.google.com/file/d/1d60TefHVvLnCH1N0zg6gFQP3z8mQl7nJ/view?usp=sharing>

Tempo:

20 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

- Sala com mesa(s) ou bancada(s) para os grupos de estudantes realizarem o experimento;
- Um kit com material experimental para realização desse experimento para cada grupo de estudantes;
- Um roteiro do experimento impresso para cada grupo de estudantes ou computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes acessarem a página do roteiro na web.

Descrição:

Nesta atividade, os grupos de estudantes organizados para realização do procedimento experimental devem inicialmente montar o circuito do experimento e depois seguir os passos do roteiro da atividade para levantamento da tensão dos LEDs das cores vermelha, verde e azul.

A.6.7.2 Atividade 2: Relatório dos cálculos dos comprimentos de onda da luz vermelha, verde e azul

Utilize o QR Code ou link a seguir para direcionamento para a página da internet de preenchimento do relatório do experimento:



<https://forms.gle/hrtgGGnpF17n71D67>

Tempo:

25 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

- Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes;

- Calculadora científica ou dispositivo com aplicativo de calculadora científica instalado;
- Papel, lápis e borracha.

Descrição:

Nesta atividade, os grupos de estudantes (até 5 integrantes) devem abrir a página do relatório dessa atividade através do QR Code ou link informado e preencher o relatório do experimento realizado na atividade anterior dessa aula.

Durante o preenchimento do relatório, para cada cor de LED do experimento os grupos de estudantes irão preencher os valores das cinco medições de tensão obtidos, calcular a média desses cinco valores, relacionar o valor da tensão média calculado com a energia E dos fótons da respectiva cor ($1V \equiv 1eV$), converter o valor da energia dos fótons de elétron-volt para Joule ($1eV \approx 1,6 \cdot 10^{-19} J$) e depois calcular o comprimento de onda da luz dessa cor ($\lambda = \frac{h \cdot c}{E}$).

No final do relatório, os estudantes comparam os valores calculados a partir do experimento com os valores tabelados dos resultados teóricos esperados e respondem sobre as possíveis diferenças encontradas entre teoria e prática.

Avaliação:

Nessa atividade, os estudantes serão avaliados nos relatórios dos experimentos realizados para cada cor de LED pelas cinco medições de suas tensões, cálculo da sua tensão média, energia dos fótons e comprimentos de onda, além da produção escrita nas questões dissertativas. Para acessar essas informações, o(a) professor(a) utilizará a planilha que contém as respostas dadas pelos estudantes através do link a seguir:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/10g4IYrTaxVCw2LBVCuFji8u94Nb8x5vTLUB6gBrjt3I/edit?usp=sharing>

O(A) professor(a) poderá visualizar essa planilha on-line ou mesmo fazer download para alterá-la conforme desejar. Após abrir essa planilha, as colunas C até J devem ser verificadas para identificar a escola, ano/série, turma e números de chamada dos grupos de estudantes de interesse que responderam o questionário.

A.6.8 Aula 8: Espectro da radiação (AVA)

Utilize o QR Code ou link a seguir para direcionamento para a página da aula na internet:



<https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/espectro-da-radiacao/aiv-introducao>

Objetivos específicos

- Entender a relação entre a temperatura de um objeto com sua cor;
- Calcular a intensidade de uma radiação a uma dada distância da fonte emissora;
- Compreender as interações da radiação solar com a atmosfera terrestre.

Conteúdos

- Radiação do corpo negro
- Princípio da conservação da energia da radiação;
- Principais gases da atmosfera terrestre e suas interações com a radiação solar;
- Radiação refletida, difusa e direta.
- Relação entre a latitude e a intensidade da radiação na superfície do planeta.

A.6.8.1 Atividade 1: Espectro da radiação do corpo negro

Tempo:

5 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes assistem um vídeo sobre radiação do corpo negro.

A.6.8.2 Atividade 2: Simulação sobre radiação do corpo negro (PhET)

Tempo:

10 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes interagem com o simulador de radiação do corpo negro do site do PhET e respondem um questionário do roteiro desta atividade.

Avaliação:

Nessa atividade, os estudantes serão avaliados pela quantidade de acertos no preenchimento do relatório da simulação realizada. Para acessar essas informações, o(a) professor(a) utilizará a planilha que contém as respostas dadas pelos estudantes através do link a seguir:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1dVDgDS-m1PkRdJhy5u8g7rCj89mEOIZASmjG_NLPfUs/edit?usp=sharing

O(A) professor(a) poderá visualizar essa planilha on-line ou mesmo fazer download para alterá-la conforme desejar. Após abrir essa planilha, as suas quatro últimas colunas devem ser verificadas para identificar a escola, ano/série, turma e números de chamada dos estudantes de interesse que responderam o questionário.

A.6.8.3 Atividade 3: Irradiação da Terra

Tempo:

15 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes realizam a leitura de um texto explicativo sobre o princípio da conservação da energia da radiação e como esta radiação interage com a atmosfera da Terra.

A.6.8.4 Atividade 4: Questões de múltipla escolha sobre a energia da radiação

Tempo:

15 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes respondem a questões de múltipla escolha visando praticar os conceitos estudados nesta aula. Após terminar de responder o questionário, o(a) estudante pode visualizar seus acertos e erros, refletir sobre as respostas corretas e tentar responder novamente caso desejem.

Avaliação:

Nessa atividade, os estudantes serão avaliados pela quantidade de acertos nas respostas das questões de múltipla escolha. Para acessar essas informações, o(a) professor(a) utilizará a planilha que contém as respostas dadas pelos estudantes através do link a seguir:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1BqB-DLvZWB8sACSnGvqoDK56f541PMs14e0XJb-42rU/edit?usp=sharing>

O(A) professor(a) poderá visualizar essa planilha on-line ou mesmo fazer download para alterá-la conforme desejar. Após abrir essa planilha, as suas quatro últimas colunas devem ser verificadas para identificar a escola, ano/série, turma e números de chamada dos estudantes de interesse que responderam o questionário.

A.6.9 Aula 9: Jogo de quiz sobre radiação solar

Utilize o QR Code ou link a seguir para direcionamento para a página de comando do jogo na internet:



<https://play.kahoot.it/v2/?quizId=388c5030-b9e8-4ea5-8b62-46fb0e0eb848>

Objetivos específicos

- Exercitar os conhecimentos adquiridos sobre radiação solar.

Conteúdos

- Todo o conteúdo estudado sobre radiação solar

A.6.9.1 Atividade 1: Quiz sobre radiação solar

Tempo:

45 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

- Sala com recursos áudio-visuais, onde haja a disposição internet e uma TV com tela grande e entrada HDMI ou um projetor mais sistema de som;
- Um computador conectado a TV ou projetor;
- Um computador, tablet ou celular com acesso a internet para cada time de estudantes.

Descrição:

Para descrição de como utilizar a plataforma deste jogo veja a seção [A.5](#).

Avaliação:

Para descrição de como utilizar a plataforma deste jogo como avaliação dos estudantes veja a seção [A.5](#).

A.6.10 Aula 10: Energia fotovoltaica e heliotérmica (AVA)

Utilize o QR Code ou link a seguir para direcionamento para a página da aula na internet:



<https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/energia-fotovoltaica-e-heliotermica/av-introducao>

Objetivos específicos

- Entender o que é uma célula fotovoltaica;
- Aprender as principais características de uma célula fotovoltaica;
- Conhecer alguns marcos históricos da utilização da energia solar heliotérmica.

Conteúdos

- Características básicas de células e módulos fotovoltaicas;
- Associação em paralelo e em série de células e módulos fotovoltaicos (Teoria);
- Alguns marcos históricos da utilização da energia solar heliotérmica.

A.6.10.1 Atividade 1: Painel solar fotovoltaico

Tempo:

5 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes assistem um vídeo sobre as principais características de células e módulos fotovoltaicas.

A.6.10.2 Atividade 2: Questões de múltipla escolha sobre painéis solares fotovoltaicos

Tempo:

20 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes respondem a questões de múltipla escolha visando praticar os conceitos estudados nesta aula. Após terminar de responder o questionário, o(a) estudante pode visualizar seus acertos e erros, refletir sobre as respostas corretas e tentar responder novamente caso desejem.

Avaliação:

Nessa atividade, os estudantes serão avaliados pela quantidade de acertos nas respostas das questões de múltipla escolha. Para acessar essas informações, o(a) professor(a) utilizará a planilha que contém as respostas dadas pelos estudantes através do link a seguir:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1sNdUfs2VMUxm_uUChjN0iSbFNTX04RktprTHQ6BBewQ/edit?usp=sharing

O(A) professor(a) poderá visualizar essa planilha on-line ou mesmo fazer download para altera-lá conforme desejar. Após abrir essa planilha, as suas quatro últimas colunas devem ser verificadas para identificar a escola, ano/série, turma e números de chamada dos estudantes de interesse que responderam o questionário.

A.6.10.3 Atividade 3: Texto sobre alguns marcos históricos da energia solar

Tempo:

15 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Nessa atividade, os estudantes realizam uma leitura sobre alguns marcos históricos da utilização da energia solar heliotérmica.

A.6.10.4 Atividade 4: Questão dissertativa sobre semicondutores

Tempo:

5 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes respondem uma pergunta desencadeadora do assunto a ser estudado na próxima aula do AVA (materiais semicondutores), respondendo segundo seus conhecimentos prévios como acreditam que seriam as suas vidas e os objetos que utilizam no dia a dia sem a descoberta dos materiais semicondutores.

Avaliação:

Nessa atividade, os estudantes serão avaliados pelas suas produções escritas para responder a questão dissertativa da atividade. Para acessar a planilha dessas respostas, o(a) professor(a) utilizará o link a seguir:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1C9zDCeORgWb6KmMSKOCQ8DXhSg9ejK68HI2uTF0p-1Q/edit?usp=sharing>

O(A) professor(a) poderá visualizar essa planilha on-line ou mesmo fazer download para altera-lá conforme desejar. Após abrir essa planilha, as suas quatro últimas colunas

devem ser verificadas para identificar a escola, ano/série, turma e números de chamada dos estudantes de interesse que responderam o questionário.

A.6.11 Aula 11: Demonstrações e experimentos com módulos fotovoltaicos

Objetivos específicos

- Visualizar a utilização de módulos fotovoltaicos para captação da energia da luz e alimentação de circuitos eletroeletrônicos;
- Realizar procedimento experimental de associação em série e em paralelo de módulos fotovoltaicos.
- Aprender através de procedimento experimental a finalidade de se realizar a associação de módulos fotovoltaicos.

Conteúdos

- Associação em paralelo e em série de células e módulos fotovoltaicos (Prática);

A.6.11.1 Atividade 1: Demonstração com módulos fotovoltaicos

Tempo:

10 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

- Sala com uma mesa ou bancada para realização das demonstrações;
- Um kit com material experimental a ser utilizado na realização do experimento de associação de módulos fotovoltaicos;

Utilize o QR Code ou link do roteiro do experimento de associação de módulos fotovoltaicos (secção [A.6.11.2](#)) para consultar a lista dos itens existentes no kit de material experimental.

A seguir, estão sugeridos alguns materiais a serem utilizados nas demonstrações:

- Um (01) celular que possua conector de carga compatível com um dos multi-ectores do adaptador do cabo do módulo fotovoltaico.
- Três (03) LEDs difusos com diâmetro $5mm$, sendo um vermelho, um verde e um amarelo;

- Um (01) relógio tipo despertador;
- Um (01) mini motor elétrico retirado de algum brinquedo velho;
- Uma (01) ventoinha (cooler) de CPU;
- Uma (01) calculadora com um fio vermelho e outro preto soldados respectivamente nos terminais positivo e negativo do alojamento da pilha e algum tipo de terminal ou garras de jacaré das mesmas cores nas outras extremidades dos fios.

Nota: Dependendo dos equipamentos eletroeletrônicos que o(a) professor(a) já possuir para trabalhar, os materiais da lista anterior destinados unicamente para as demonstrações (relógio, motor, LEDs, ventoinha e calculadora), podem sofrer modificações.

Descrição:

A atividade consiste em demonstrar para os estudantes dispositivos eletroeletrônicos sendo alimentados pelos módulos fotovoltaicos. Para isso, primeiramente um dos módulos será utilizado para carregar um celular, depois para acender os LEDs, alimentar a calculadora, o relógio, o motor e por fim, os dois módulos são associados em paralelo para alimentar a ventoinha.

A fim de evitar a sobrecarga de energia nos LEDs, na calculadora ou no relógio quando ligados à um módulo fotovoltaico, é necessário que parte da área útil de captação de luz desse módulo seja bloqueada, pois esses equipamentos requerem uma demanda muito pequena de energia.

A.6.11.2 Atividade 2: Experimento de associação de módulos fotovoltaicos

Utilize o QR Code ou link a seguir para direcionamento para a página da internet com o roteiro do experimento de associação de módulos fotovoltaicos:



<https://drive.google.com/file/d/1UNW0XitLlKmc8uVdX6pJt7YzpmTC7Vw/view?usp=sharing>

Tempo:

25 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

- Sala com mesa(s) ou bancada(s) para os grupos de estudantes realizarem o experimento;
- Um kit com material experimental para realização desse experimento para cada grupo de estudantes;
- Um roteiro do experimento impresso para cada grupo de estudantes ou computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes acessarem a página do roteiro na web.

Descrição:

Nesta atividade, os grupos de estudantes com até cinco integrantes, organizados para realização do procedimento experimental, devem seguir os passos do roteiro da atividade montando os circuitos do experimento e realizando as medições de tensão e corrente para verificarem na prática os resultados da realização de associações de módulos fotovoltaicos.

A.6.11.3 Atividade 3: Relatório das demonstrações e atividades experimentais

Utilize o QR Code ou link a seguir para direcionamento para a página da internet de preenchimento do relatório do experimento:



<https://forms.gle/JmzqkaDidF1oSTAd7>

Tempo:

10 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

- Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes;

Descrição:

Nesta atividade, os grupos de estudantes (até 5 integrantes) devem abrir a página do relatório dessa atividade através do QR Code ou link informado e preencher o relatório das demonstrações e dos experimentos realizados nas atividades anteriores dessa aula.

Avaliação:

Nessa atividade, os estudantes serão avaliados nos relatórios das demonstrações e experimentos realizados sobre a captação da energia solar com os módulos fotovoltaicos. Será considerado na avaliação a produção escrita dos grupos de estudantes nas respostas das questões dissertativas, levantamento dos dados experimentais e nas análises feitas sobre a interpretação dos dados coletados. Para acessar essas informações, o(a) professor(a) utilizará a planilha que contém as respostas dadas pelos estudantes através do link a seguir:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1dWUtQ_4H5p0s1ouQNDJ-KATpBpPs9rGeR5CDYIzN3v0/edit?usp=sharing

O(A) professor(a) poderá visualizar essa planilha on-line ou mesmo fazer download para alterá-la conforme desejar. Após abrir essa planilha, as colunas C até J devem ser verificadas para identificar a escola, ano/série, turma e números de chamada dos grupos de estudantes de interesse que responderam o questionário.

A.6.12 Aula 12: Células e módulos fotovoltaicos (AVA)

Utilize o QR Code ou link a seguir para direcionamento para a página da aula na internet:



<https://sites.google.com/view/energiadosol/aulas/celulas-e-modulos-fotovoltaicos/avi-introducao>

Objetivos específicos

- Entender as principais propriedades dos materiais metálicos, isolantes e semicondutores;
- Compreender os processos de dopagem de materiais semicondutores;

- Aprender a selecionar bons materiais para absorção de energia luminosa;
- Conhecer os processos de produção de módulos fotovoltaicos

Conteúdos

- Condutividade elétrica de metais, isolantes e semicondutores;
- Dopagem de semicondutores;
- Junção p-n;
- Teoria de bandas;
- Efeito fotovoltaico;

A.6.12.1 Atividade 1: Dopagem de semicondutores e o efeito fotovoltaico

Tempo:

8 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes assistem a dois vídeos explicativos sobre a dopagem de materiais semicondutores, a junção p-n de células fotovoltaicas e sobre o efeito fotovoltaico.

A.6.12.2 Atividade 2: Condutividade elétrica dos materiais e teoria de bandas

Tempo:

20 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes realizam a leitura de um texto explicativo sobre condutividade elétrica em metais, isolantes e semicondutores e sobre a teoria de bandas.

A.6.12.3 Atividade 3: Questões de múltipla escolha sobre células fotovoltaicas

Tempo:

10 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes respondem a questões de múltipla escolha visando praticar os conceitos estudados nesta aula. Após terminar de responder o questionário, o(a) estudante pode visualizar seus acertos e erros, refletir sobre as respostas corretas e tentar responder novamente caso desejem.

Avaliação:

Nessa atividade, os estudantes serão avaliados pela quantidade de acertos nas respostas das questões de múltipla escolha. Para acessar essas informações, o(a) professor(a) utilizará a planilha que contém as respostas dadas pelos estudantes através do link a seguir:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1PJldLxQQQiei082BMRlgplScYgN2NidRNKzSTEX3xpI/edit?usp=sharing>

O(A) professor(a) poderá visualizar essa planilha on-line ou mesmo fazer download para alterá-la conforme desejar. Após abrir essa planilha, as suas quatro últimas colunas devem ser verificadas para identificar a escola, ano/série, turma e números de chamada dos estudantes de interesse que responderam o questionário.

A.6.12.4 Atividade 4: Fabricação de módulos fotovoltaicos

Tempo:

7 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Computador, tablet ou celular com acesso a internet para os estudantes.

Descrição:

Estudantes assistem um vídeo que demonstra os processos de produção envolvidos na fabricação de módulos fotovoltaicos.

A.6.13 Aula 13: Jogo de quiz sobre células e módulos fotovoltaicos

Utilize o QR Code ou link a seguir para direcionamento para a página de comando do jogo na internet:



<https://play.kahoot.it/v2/?quizId=74c58bbd-d137-42ad-817a-b1b8501e881e>

Objetivos específicos

- Exercitar os conhecimentos adquiridos sobre células e módulos fotovoltaicos.

Conteúdos

- Todo o conteúdo estudado sobre células e módulos fotovoltaicos

A.6.13.1 Atividade 1: Quiz sobre células e módulos fotovoltaicos

Tempo:

45 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

- Sala com recursos áudio-visuais, onde haja a disposição internet e uma TV com tela grande e entrada HDMI ou um projetor mais sistema de som;
- Um computador conectado a TV ou projetor;
- Um computador, tablet ou celular com acesso a internet para cada time de estudantes.

Descrição:

Para descrição de como utilizar a plataforma deste jogo veja a seção [A.5](#).

Avaliação:

Para descrição de como utilizar a plataforma deste jogo como avaliação dos estudantes veja a seção [A.5](#).

A.6.14 Aula 14: Aula final

Objetivos específicos

- Elaborar um mapa conceitual sobre Energia Solar a partir dos conhecimentos pós-instrução dos estudantes;

Conteúdos

Não aplicável

A.6.14.1 Atividade 1: Levantamento de conhecimentos pós-instrução

Tempo:

35 minutos

Recursos e/ou material de apoio:

Sala de informática, sala de aula com lousa e giz, quadro branco e marcador ou uma folha grande ou cartolina.

Descrição:

Para levantamento dos conhecimentos pós-instrução dos estudantes das turmas, solicitar aos estudantes que elaborem um mapa conceitual em uma atividade colaborativa com a turma, ou seja, todos os estudantes da turma trabalhando juntos na elaboração de um único mapa sobre o tema Energia Solar. Para isso os estudantes de cada turma podem utilizar um arquivo do *Google Drawing (Desenhos Google)* disponibilizado em uma nuvem para edição, lousa e giz, quadro branco e marcador ou mesmo uma folha grande ou cartolina, conforme preferência do(a) professor(a) ou facilidade para o desenvolvimento da atividade.

Avaliação:

Nessa atividade, os estudantes serão avaliados pela participação na elaboração do mapa conceitual pós-instrução.

A.6.15 Avaliações

Os estudantes serão avaliados continuamente nas diversas atividades realizadas nas aulas, como em suas produções escritas, respostas das questões de múltipla escolha, jogos de quiz, demonstrações e experimentos realizados, conforme descrito nas seções *Avaliação* existentes nas atividades das aulas.

A.7 Considerações Finais

Em uma das ideias iniciais desse trabalho, a qual não se mostrou viável para os estudantes das turmas da escola onde esse produto foi aplicado pela primeira vez, devido entre outros fatores a nem todos os estudantes possuírem um dispositivo com acesso a internet em casa para estudar, o(a) professor(a) que possuir turmas nas quais todos os estudantes possam realizar as aulas do AVA a distância e com antecedência as aulas presenciais poderá terminar a aplicação desse produto em cinco aulas a menos que a quantidade descrita na sequência didática desse material (Ver secção A.6), pois os estudantes poderão realizar as aulas do AVA com antecedência, para só então, se encontrarem presencialmente com o(a) professor(a) na escola para realizar as atividades necessariamente presenciais. Apesar de haverem seis aulas usando o AVA na sequência didática desse material, o(a) professor(a) conseguirá reduzir apenas cinco aulas com essa alteração, pois na primeira aula usando o AVA, existe um texto a ser trabalhado presencialmente com os estudantes, conforme descrito na atividade A.6.2.3.

Durante essa primeira aplicação do produto, por motivos diversos, nem todos os estudantes avançavam juntos na realização das atividades disponibilizadas. Era comum parte dos estudantes estarem fazendo uma determinada aula do AVA e outra parte fazendo outra, ou mesmo realizando algum experimento ou escrevendo algum relatório de uma demonstração. Isso foi interpretado como uma qualidade na forma como o material foi disponibilizado para os estudantes e como o produto foi aplicado, possibilitando aos estudantes poderem acompanhar o curso e fazerem as atividades disponibilizadas mesmo tendo faltado à alguma das aulas, pois as aulas usando o AVA ficaram disponíveis para realização em qualquer momento e local, e nos encontros presenciais os estudantes puderam esclarecer dúvidas, realizar os experimentos e escrever os relatórios.

Finalmente, como resultado dessa primeira aplicação do produto, foi verificada em uma pesquisa de satisfação uma avaliação positiva dos estudantes em relação a todas as partes do curso realizado, sendo também possível verificar a partir da comparação dos mapas conceituais de conhecimentos prévios e de pós-instrução que os estudantes elaboraram na primeira e última aula da sequência didática (Ver seção A.6.1 e seção A.6.14), que houve uma melhora significativa dos conhecimentos desses estudantes relacionados aos assuntos abordados no curso. Nota-se que estes estudantes melhoraram suas habilidades em relacionar os tópicos de energia solar estudados, sendo capazes de inter-relacionar assuntos relativos a produção da energia no Sol, sua transmissão pelo espaço e sua captação e utilização aqui na Terra.

A.8 Referências e Sugestões de Leitura

- ABSOLAR, A. B. de E. S. F. Energia solar fotovoltaica ultrapassará a marca de 3.000 megawatts no brasil em 2019. 2019. Disponível em: <<http://absolar.org.br/noticia-/noticias-externas/energia-solar-fotovoltaica-ultrapassara-a-marca-de-3000-megawatts-no-brasil-em-2019.html>>
- ALVES, E. G.; SILVA, A. F. da. Usando um led como fonte de energia. *Revista Física na Escola*, v. 9, n. 1, p. 26–28, 2008.
- BRASIL, Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular - BNCC. Versão Final. 2018.
- CAVALCANTE, M. A. et al. Uma aula sobre o efeito fotoelétrico no desenvolvimento de competências e habilidades. *Revista Física na Escola*, v. 3, n. 1, p. 24–29, 2002.
- COSTA, T. Q.; CHERPINSKI, U. da S. Medição da eficiência de uma célula fotovoltaica. *Revista Física na Escola*, v. 16, n. 2, p. 73–77, 2018.
- FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. *Lições de Física de Feynman*. [S.l.]: Editora Bookman, 2008. Tradução Antônio José Roque da Silva e Sylvio Roberto Accioly Canuto. ISBN 978-85-7780-323-1 (v.3).
- FISH, D.; POPE, D. Measuring planck's constant. In: . Perimeter Institute for Theoretical Physics PI, 2008. Produced by Conrad Entertainment Incorporation. Disponível em: <<https://www.perimeterinstitute.ca/>>.
- GRIFFITHS, D. J. *Introduction to Quantum Mechanics*. 1 a . ed. [S.l.]: Editora Prentice-Hall, 1994. ISBN 0-13-124405-1.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física, Volume 4: Óptica e Física Moderna*. 8 a . ed. [S.l.]: LTC, 2009. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. ISBN 978-85-216-1608-5.
- HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. *Energia e Meio Ambiente*. 3 a . ed. [S.l.]: Editora Thomson, 2003. Traduzido por Flávio Maron Vichi e Leonardo Freire de Mello. ISBN 85-221-0337-2.
- IBGE, A. N. IBGE apresenta nova área territorial brasileira: 8.515.767,049 km². 2012. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/14318-asi-ibge-apresenta-nova-area-territorial-brasileira-8515767049-km>>
- KITTEL, C. *Introduction to Solid State Physics*. 8 a . ed. [S.l.]: Editora Prentice-Hall, 2005. ISBN 0-471-41526-X.
- NUSENZVEIG, H. M. *Curso de Física básica - Vol. 4: Ótica, relatividade e Física quântica*. 1 a . ed. [S.l.]: Editora Blucher, 1998. ISBN 978-85-212-0163-2.

SMETS, A. H. et al. *Solar Energy, The physics and engineering of photovoltaic conversion, technologies and systems*. [S.l.]: UIT Cambridge Ltd, 2016. ISBN 978 1 906860 73 8 (ePub).

SOUZA, J. R. P. S. *Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações para o Ensino Médio*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Pará, 2016. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacao_JoseRicardo.pdf>.

STUDART, N. A invenção do conceito de quantum de energia segundo Planck. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 22, n. 4, p. 523–535, 2000.

STUDART, N. Caetano, o quantum de Planck e a expansão do universo. *Revista Física na Escola*, v. 2, n. 1, p. 23–24, 2001.