

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**MATERIAL DIGITAL PARA O TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO: EFEITO
FOTOELÉTRICO**

RUBENS DIAS DO PRADO

CAMPO MOURÃO

2022

RUBENS DIAS DO PRADO

**MATERIAL DIGITAL PARA O TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO: EFEITO
FOTOELÉTRICO**

Digital material for the third year of high school: Photoelectric effect

Produto Educacional apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Polo 32 MNPEF), campus Campo Mourão, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

Coorientador: Prof. Dr. Gilson Junior Schiavon

CAMPO MOURÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor (es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

SUMÁRIO

Introdução	03
Proposta de produto educacional	04
A física ao final do século XIX	08
A contribuição de Max Planck	09
O efeito fotoelétrico e seus problemas pela vista da física clássica.....	10
Albert Einstein e suas contribuições para o efeito fotoelétrico	14
O efeito fotoelétrico explicado pela física moderna	16
Roteiro para o uso do simulador.....	19
Aplicações do efeito fotoelétrico na tecnologia atual	25
Exercícios.....	27
Resolução comentada dos exercícios.....	32
Referências	33

INTRODUÇÃO

Pensando no cenário educacional e o presente em que a sociedade está inserida, grande parte da população é dependente de redes sociais e mais ainda, de informações rápidas e objetivas. Dentro deste cenário pensamos em elaborar um material digital de apoio para os alunos do terceiro ano do ensino médio, com o objetivo de trazer informações com mais agilidade, e também com *links*, os quais o aluno que se sentir interessado, curioso ou que apresentar alguma dificuldade em algum tema, poderá clicar nesse link e abrir uma outra página com mais detalhes sobre aquele determinado tema.

Essa proposta foi produzida com o intuito de contribuir com o processo de aprendizagem dos alunos e também para a colaboração com os professores de Física que ministram o conteúdo de física moderna no terceiro ano do ensino médio, com textos objetivos, mas também com referências mais completas sobre o tema do efeito fotoelétrico. Os textos irão ajudar o professor a elaborar uma aula mais objetiva e também mais atraente ao aluno, visto que tem interdisciplinaridade com outros temas, como por exemplo, energias renováveis.

A proposta está construída tendo como aporte teórico a teoria de aprendizagem de Gagné. Os textos estão sem referência no corpo exatamente pelo motivo de ter como objetivo ser objetivo e direto, mas as referências estão no fim do trabalho.

Nossa proposta pode ser adequada sempre que houver necessidade, esperamos que a mesma contribua de maneira positiva com a área de Ensino de Física.

PROPOSTA DE PRODUTO EDUCACIONAL

Apresentamos ao professor uma proposta para a utilização de um material digital que visa facilitar o entendimento do tema efeito fotoelétrico para os alunos do terceiro ano do ensino médio.

A ficha técnica da proposta é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 – Ficha Técnica da proposta

FICHA TÉCNICA: Efeito fotoelétrico: Um material digital para o ensino de física do terceiro ano do Ensino Médio.	
TIPO DE ATIVIDADE: Atividade expositiva dialogada voltada para as relações CTS.	
PÚBLICO-ALVO	Alunos do 3º Ano do Ensino Médio
OBJETIVO GERAL	Produzir um material digital (ebook) com uma proposta de sequência didático-pedagógica sobre o efeito fotoelétrico, a fim de proporcionar para os alunos da terceira série do Ensino Médio um trabalho interdisciplinar, sustentado pelas relações do CTS.
PRÉ-REQUISITOS	<ul style="list-style-type: none">▪ Noções de ondulatória básica;▪ Função do primeiro grau;▪ Noções de conservação de energia▪ Noções de circuitos elétricos.
CONTEÚDOS	<ul style="list-style-type: none">▪ Ondulatória;▪ Circuitos Elétricos;▪ Abordagem histórica do início da mecânica quântica;▪ Efeito fotoelétrico.
COMPETÊNCIAS DA BNCC	Específica 1: EM13CNT101 Específica 1: EM13CNT103 Específica 1: EM13CNT106 Específica 2: EM13CNT205 Específica 3: EM13CNT301 Específica 3: EM13CNT302 Específica 3: EM13CNT303 Específica 3: EM13CNT308 Específica 3: EM13CNT309
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none">▪ Compreender as características do efeito fotoelétrico e associá-lo a diferentes aplicações cotidianas.

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Associar diferentes áreas da física em uma única aplicação, o efeito fotoelétrico. ▪ Interpretar texto de divulgação científica que tratem da temática de aplicação da física moderna na tecnologia atual.
--	---

Fonte: Autoria própria (2022).

As competências e habilidades estão de acordo com a nova BNCC.

Nossa proposta está prevista para ser implementada em 10 aulas, mas, pode ser adequada de acordo com a realidade do professor. No Quadro 2, está apresentada a organização da proposta didática para o professor.

Quadro 2 – Organização das aulas

Aula 01	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicação de um questionário inicial que servirá de coleta de dados para verificar os conhecimentos prévios sobre o conteúdo. ▪ Questões importantes: ▪ “Vocês conhecem Albert Einstein? Se sim, por qual teoria?” ▪ “Einstein ganhou prêmio Nobel? Se sim, por qual teoria?” ▪ “O que vocês acham sobre o consumo de energia do planeta? Que alternativa temos de energia de mais fácil acesso?” ▪ Aula expositiva trazendo dados estatísticos dos tipos de energia atualmente utilizados.
Aula 02	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fundamentação teórica: Ondas ▪ Aula expositiva
Aula 03	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fundamentação teórica: Circuitos Elétricos ▪ Aula expositiva
Aula 04	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apresentação do efeito fotoelétrico do ponto de vista clássico. ▪ Aula expositiva ▪ Debate sobre os problemas do efeito fotoelétrico
Aula 05	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Soluções apresentadas por Albert Einstein sobre o efeito fotoelétrico ▪ Aula expositiva
Aula 06	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Simulação Virtual sobre o efeito fotoelétrico ▪ https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric
Aula 07	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Experimento sobre o efeito fotoelétrico
Aula 08	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A matemática do efeito fotoelétrico

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aula expositiva
Aula 09	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicações do efeito fotoelétrico na tecnologia atual → Energia solar ▪ Aula expositiva
Aula 10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resolução de exercícios sobre o efeito fotoelétrico

Fonte: Autoria própria (2022).

A aula 01 tem como objetivo verificar os conhecimentos prévios dos alunos. A aula 02 tem como objetivo revisar conceitos importantes de ondulatória, visto que para o entendimento do efeito fotoelétrico o aluno deve saber qual era a teoria vigente para a luz e quais as leis que ela respeitava; nessa aula o aluno ainda não terá acesso ao material digital.

A aula 03 tem como objetivo revisar conceitos importantes de circuitos elétricos visto que para entendimento do efeito fotoelétrico o aluno deve conhecer as condições para ter uma corrente elétrica e suas propriedades, nessa aula o aluno ainda não terá acesso ao material digital.

A aula 04 tem o objetivo de apresentar o efeito fotoelétrico visto pela física clássica, ou seja, o comportamento ondulatório da luz. Nessa aula serão colocados aos alunos os problemas que a física enfrentava para explicar esse efeito por essa ótica. Deverá ser despertada no aluno, uma curiosidade, se a luz é onda então como que o efeito que se percebe a partir do experimento de Lenard?

A aula 05 tem como objetivo explicar as soluções propostas por Einstein no efeito fotoelétrico e apresentar a nova forma de se compreender a luz. Nessa aula o aluno receberá o material digital, que conterà um texto explicativo de tudo o que foi visto nas aulas anteriores sobre o efeito fotoelétrico, o material permite ainda o aprofundamento em alguns temas a partir de hiperlinks.

O texto possuirá links clicáveis onde o aluno poderá ler a palavra e se sentir necessidade ou vontade de aprofundar naquele tema só apertar na palavra para ter acesso a um texto ou vídeo mais detalhado sobre o assunto.

As aulas 06 e 07 têm como objetivos colocar os conhecimentos em prática, tanto em experimentos quanto em simulações. Como os alunos agora já possuem o material digital, podem ter acesso a explicações da simulação e também a vídeos das experiências. O experimento proposto está baseado na

utilização de um eletroscópio, um canudo de plástico, um papel toalha, lâmpada incandescente e lâmpada que emite radiação UV. O experimento é bem simples, o professor irá eletrizar por atrito o canudo e o papel toalha e posteriormente eletrizar o eletroscópio por contato utilizando o canudo agora já eletrizado. Assim, as folhas do eletroscópio se abrirão, pois surgirá uma força de repulsão entre elas. De acordo com a série triboelétrica, o canudo irá ficar carregado negativamente, conseqüentemente o eletroscópio também, ou seja, ficarão com excesso de elétrons. Para que o eletroscópio se descarregue, é necessário retirar esse excesso de elétrons, e isso poderá ser feito a partir da emissão de luz. O professor poderá mostrar que a lâmpada incandescente não produzirá esse efeito, pois tem baixa frequência, mas que a lâmpada de UV irá fazer, pois tem alta frequência. O professor poderá usar como modelo o vídeo (<https://youtu.be/yWX6ubSX5hw>).

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

A FÍSICA AO FINAL DO SÉCULO XIX

Por volta do ano de 1890, a Física, de acordo com próprios cientistas da época, vivia uma situação confortável, onde a hoje chamada de *teorias clássicas da Física* estavam perfeitamente estabelecidas e geravam confiança para os pesquisadores, suas áreas como a mecânica, termodinâmica e eletromagnetismo aparentavam estar completamente prontas sem nada a acrescentar. Tínhamos como ‘pequenas nuvens cinzas’ na física o problema que ficou conhecido como catástrofe do ultravioleta e o problema do referencial da luz (que mais tarde esses dois problemas dariam origem a duas físicas totalmente novas: Mecânica Quântica e Relatividade).

A [catástrofe do ultravioleta](#) surgiu dos erros teóricos acerca da [radiação do corpo negro](#). Sabemos que todos os corpos com temperatura acima de 0 K emitem radiação na forma de ondas eletromagnéticas. Essa radiação possui uma intensidade máxima em certo comprimento de onda e fora desse pico máximo a intensidade de emissão diminui consideravelmente. As teorias da época falhavam a cerca desse experimento, sendo que havia uma divergência em relação ao decréscimo de intensidade, que para baixo comprimento de onda (radiação ultravioleta) a intensidade de emissão tendia ao infinito, por esse motivo, esse problema ficou conhecido como [catástrofe do ultravioleta](#).

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

A CONTRIBUIÇÃO DE MAX PLANCK

Para resolver o problema da catástrofe do ultravioleta, [Max Planck](#), em 1900, propôs que a energia trocada entre a radiação e a matéria se desse de maneira discreta, ou seja, de maneira quantizada. Dessa forma, essa energia não poderia assumir qualquer valor, mas sim, múltiplos inteiros de certo valor mínimo, que ficou conhecido como *quantum* de energia. Esse valor é dado pela Equação 1 abaixo.

$$E = h \cdot f \quad (\text{Equação 1})$$

Onde f é a frequência da radiação e h a constante de Planck ($h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$).

Com a inserção desse detalhe da energia, agora os gráficos teóricos convergiam para os dados experimentais. Dessa forma, o problema da radiação do corpo negro estava resolvido. Mas essa ideia não foi muito bem aceita de início, pois limitava valores de energia, e isso era algo totalmente diferente do “comum” da física. Max Planck mesmo, ao chegar nessa conclusão, comentou que isso era puramente matemático.

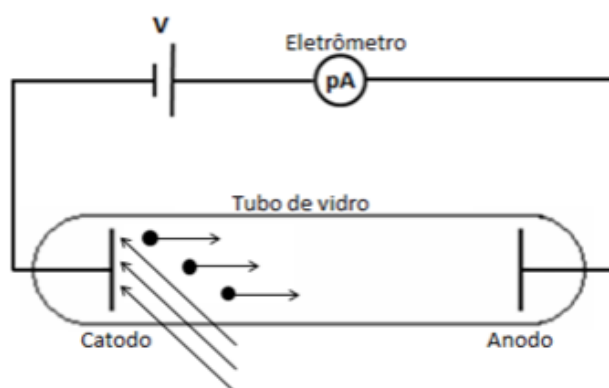
EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

O EFEITO FOTOELÉTRICO E SEUS PROBLEMAS PELA VISTA DA FÍSICA CLÁSSICA

O efeito fotoelétrico, inicialmente descoberto por [Friedrich Hertz](#) e depois estudado com mais detalhes por [Philipp Lenard](#), consiste em ejetar elétrons de uma placa metálica a partir da emissão de uma luz de intensidade I e frequência f . O esquema para a montagem experimental do efeito fotoelétrico está na Figura 1. Os elétrons emitidos são atraídos pelo anodo (placa conectada ao polo positivo da bateria). Esse movimento dos elétrons produz uma corrente elétrica extremamente pequena, da ordem de $10^{-12} A$ (pA), medida usando-se eletrômetros.

Figura 1 – Esquema experimental do efeito fotoelétrico.



Fonte: Batista *et al.* (2021, p.05).



EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

O [efeito fotoelétrico](#) em si não contrária à mecânica quântica, mas alguns resultados não podiam ser explicados utilizando a mecânica clássica (física antes de 1900). Esses [problemas](#) eram:

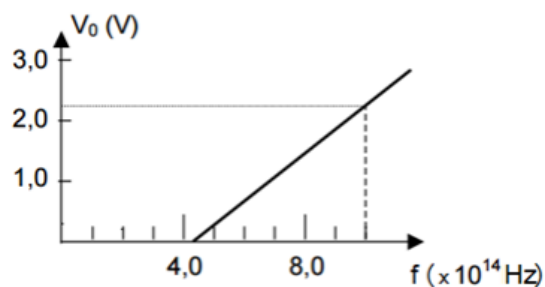
1) o porquê o tempo de os elétrons serem ejetados da placa e percorrerem um circuito elétrico não dependia na intensidade da luz incidente. Para a mecânica clássica, os elétrons eram ejetados pela interação entre os campos magnéticos e elétricos provenientes da radiação incidente e os elétrons. Essas partículas sentiriam uma agitação extra devido a incidência desses campos, que são proporcionais a intensidade da luz, e a partir de certa agitação conseguiriam escapar da estrutura do metal, podendo assim ser usados para percorrer um circuito elétrico. Dessa forma então, era previsto que com baixa intensidade de luz, os campos elétricos e magnéticos teriam baixa magnitude, fazendo assim os elétrons oscilarem menos e dessa forma demorarem mais tempo para serem ejetados.

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

2) o porquê existia uma frequência mínima da luz incidente para arrancar elétrons, já que pela teoria clássica a energia da luz era dependente da intensidade da luz e não da frequência. Como explicado no item 1, os elétrons deveriam ser arrancados pela interação entre os campos magnéticos e elétricos com os elétrons. Dessa forma, a ejeção ou não dos elétrons teria relação direta com a intensidade luminosa e não com a frequência dessa radiação (cor da luz), que de início não teria relação alguma com a energia. O gráfico de uma superfície de sódio do potencial de stop em função da frequência está na Figura 2.

Figura 2 – Gráfico do potencial de stop em função da frequência para uma placa de sódio.



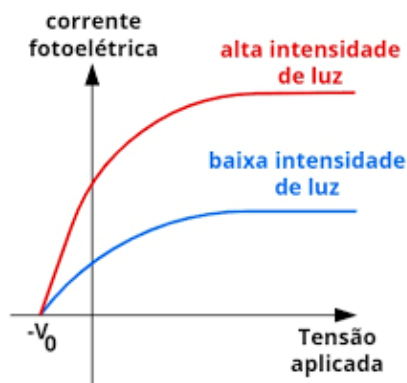
Fonte: Batista *et al.* (2021, p.06).

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

3) o porquê o potencial de 'stop' não dependia da intensidade da luz incidente. Assim como explicado nos itens 1 e 2, a intensidade luminosa era para ter um papel importantíssimo na ejeção de elétrons. Aqui nesse ponto, quando os elétrons são arrancados, podemos aplicar uma diferença de potencial que gera um campo elétrico e consequentemente os elétrons ficam sujeitos a ação de uma força elétrica contrária ao seu deslocamento. Assim, essas partículas desaceleram, perdem energia e retornam a placa de origem. Era de se esperar que, quanto maior a radiação da luz incidente, maior seria a energia cinética com esses elétrons eram ejetados, consequentemente, uma diferença de potencial maior teria que ser aplicada para que esses elétrons freassem e retornassem a placa de origem e isso não foi verificado. Ao aumentar a intensidade luminosa o potencial de *stop* ficava inalterado. Esses problemas podem ser visualizados pela Figura 3 abaixo.

Figura 3: Gráfico da corrente elétrica em função do potencial no efeito fotoelétrico.



Fonte: Batista *et al.* (2021, p.05).

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

ALBERT EINSTEIN E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O EFEITO FOTOELÉTRICO

[Albert Einstein](#), em 1905, formulou alguns postulados simples acerca do efeito fotoelétrico.

- 1) a luz é formada por pacotes de energia (fótons), onde a energia de cada fóton é proporcional a sua frequência.
- 2) a emissão de elétrons da placa metálica se dá na forma de 1 fóton pode arrancar apenas um elétron.
- 3) na “colisão” de um fóton e um elétron, o fóton ou ele entrega toda sua energia ao elétron ou não entrega nada.

Com esses postulados, todos os problemas do efeito fotoelétrico foram resolvidos, e ainda, como os resultados experimentais levavam a mesma constante que Planck havia proposto em um problema diferente, houve uma convergência de resultados o que deixa essa “nova” física mais forte.

O problema de o tempo de ejeção dos elétrons não depender da intensidade luminosa é resolvido pelo postulado escrito no item 2, onde tem-se que, basta apenas 1 fóton ser capaz de arrancar um elétron que já se tem corrente elétrica disponível no circuito.



EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

Dessa forma, a intensidade luminosa só aumentaria o número de fótons e conseqüentemente o número de elétrons ejetados, mas não alteraria o tempo de ejeção. O problema da frequência mínima é resolvido pelo item 1, já que agora a energia da luz tem relação direta com a frequência dela. Assim, certas frequências não são capazes de arrancar elétrons, mas a partir de certo valor (frequência de corte) já é possível o efeito fotoelétrico. E por fim, o problema do potencial de *stop*, se resolve da mesma forma, onde esse deve depender, agora, da frequência luminosa, e não da intensidade.

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

O EFEITO FOTOELÉTRICO EXPLICADO PELA FÍSICA MODERNA

O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons pela incidência de luz com determinada frequência. A partir dos postulados de Einstein, podemos equacionar esse feito. A energia cinética dos elétrons ejetados é dada pela Equação 2.

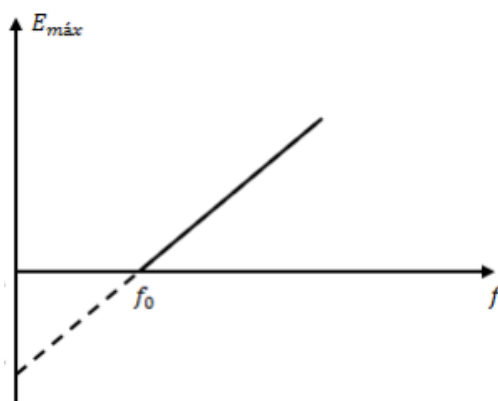
$$E_{c\text{máx}} = hf - \phi \quad (\text{Equação 2})$$

Onde essa energia é máxima quando é arrancado os elétrons da superfície e para isso é gasto uma energia, denominada função trabalho (ϕ). Tem-se ainda que h é a constante de Planck e f a frequência da luz incidente. Ao construir um gráfico da energia cinética em função da frequência pode-se observar que o coeficiente angular da reta é numericamente igual a constante de Planck. A Figura 4 mostra esse gráfico.

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

Figura 4 – Gráfico da energia cinética máxima em função da frequência no efeito fotoelétrico.



Fonte: Batista *et al.* (2021, p.08).

No caso mínimo, tem-se que a energia cinética tende a zero, então pode-se encontrar a frequência de corte (f_0) do material pela Equação 3.

$$f_0 = \frac{\phi}{h} \quad (\text{Equação 3})$$

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

Pode-se também equacionar o potencial de *stop* (V_{stop}) necessário para que os elétrons ejetados retornem a placa de origem. A energia cinética de saída dos elétrons deve ser gasta em forma de trabalho da força elétrica ($\tau = e \cdot V_{stop}$), onde e é a carga do elétron. Igualando essas energias e utilizando a Equação 3, pode-se chegar à Equação 4.

$$V_{stop} = \frac{h(f - f_0)}{e} \quad (\text{Equação 4})$$

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

ROTEIRO PARA O USO DO SIMULADOR

Para o simulador, no computador/notebook, abrir o site *Phet Colorado* e pesquisar por efeito fotelétrico. Agora é só clicar no botão play para entrar no simulador, a Figura 1 mostra o passo a passo.

Figura 5 - Como abrir o simulador


Efeito Fotoelétrico



- Luz
- Mecânica Quântica
- Fótons

DOE

PHET é apoiada por




e educadores como você.

 **Java via CheerpJ:** Fizemos parceria com a Leaning Technologies para permitir que nossas Sims em Java sejam executadas em um navegador.

 Esta Sim não é compatível com iPads

[Requisitos e Recomendações de Sistema](#)

 **Versão Java:** Funciona *offline* e com melhor desempenho.

↓ **VERSÃO JAVA** ↓

- ▶ SOBRE
- ▶ PARA PROFESSORES
- ▶ TRADUÇÕES
- ▶ REQUISITOS DE PROGRAMAS (SOFTWARE)
- ▶ CRÉDITOS

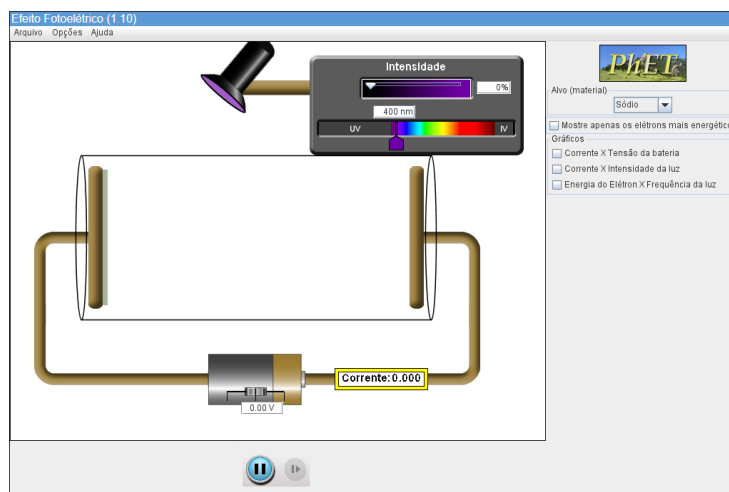
Fonte: Efeito (2022).

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

Após clicar no link, aguarde alguns instantes o carregamento do simulador. Após carregado, abrirá uma tela igual a Figura 2 mostra.

Figura 6 - Tela inicial do simulador



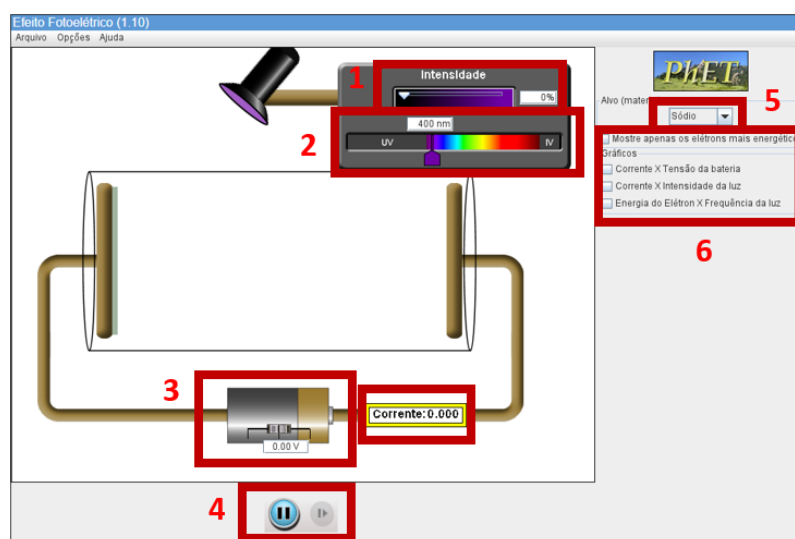
Fonte: Efeito (2022).

Nesse simulador podem-se configurar muitos parâmetros envolvidos no efeito fotoelétrico. Na Figura 3, tem uma indicação das configurações possíveis nesse simulador.

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

Figura 7 - Botões do simulador



Fonte: Efeito (2022).

Na Figura 3, a caixa 1 representa a intensidade da luz emitida. Nessa caixa, pode-se alterar a intensidade luminosa de 0% (nada de luz) até 100% (luz máxima). A caixa 2 representa o comprimento de onda da luz incidente (pode-se pensar na “cor” da luz). Nessa caixa, pode-se alterar o comprimento de onda de 850 nm (faixa do infravermelho) até 100 nm (faixa do ultravioleta), também podemos entender como frequência, pois $c = \lambda \cdot f$. Na caixa 3, pode-se alterar a d.d.p. do circuito externo. Esse parâmetro é importante para perceber o potencial de corte. Nessa caixa, pode-se alterar a d.d.p. externa de -8,00 V até +8,00V. A caixa 4 representa o botão pausar e continuar a simulação.

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

Esse botão é importante para professores que estão simulando com os alunos, e durante a explicação precisam pausar o experimento virtual para conversar com os alunos sobre algum conceito. Ainda nessa caixa tem um botão de continuar apenas um intervalo de tempo.

A caixa 5 representa o material da placa onde se quer arrancar os elétrons. Nessa caixa, podem-se escolher: Sódio, zinco, cobre, platina, cálcio e o magnésio. E por fim, a caixa 6 apresenta algumas opções de gráficos para o próprio simulador mostrar ao operante. Pode-se inserir os gráficos: Corrente x Tensão; Corrente x Intensidade da luz; Energia do elétron x Frequência da luz.

Inicialmente devemos estabelecer as condições iniciais do experimento:

- 1) Selecione o **sódio** como material a ser utilizado na placa metálica no interior do experimento, na caixa 5.
- 2) Coloque o cursor da frequência (comprimento de onda) no seu ponto médio (caixa 2).
- 3) Retire toda a luz que incide no experimento, ou seja, coloque o cursor da intensidade da luz na posição zero e anote o que acontece com a corrente elétrica no amperímetro.

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

- 4) Agora regule o cursor da intensidade para o ponto médio e anote o que acontece com a corrente elétrica no amperímetro.
- 5) Regule o cursor da intensidade para a posição máxima e anote o que acontece com a corrente elétrica no amperímetro.
- 6) Discuta com seus colegas e chegue a uma conclusão sobre a relação existente entre o efeito fotoelétrico e a intensidade luminosa.
- 7) Coloque o cursor da intensidade na posição 5 (consideramos essa uma intensidade muito pequena). Verifique experimentalmente se o tempo necessário para surgir uma corrente elétrica no amperímetro é grande, pequeno ou muito pequeno. Registre o resultado experimental que você observou.
- 8) Com base na física clássica você pode explicar satisfatoriamente esse resultado experimental? Discuta com seu grupo e anote sua resposta.
- 9) Para garantir o fenômeno coloque o cursor da intensidade da luz na posição máxima. Lentamente diminua a frequência, variando o cursor do comprimento de onda do violeta até o vermelho. Registre suas observações.
- 10) Em seguida ainda com o cursor da intensidade da luz na posição máxima. Aumente lentamente a posição do cursor da frequência até chegar na posição máxima, ou seja, variando o cursor do comprimento de onda do vermelho até o violeta. Registre suas observações.

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

11) Agora coloque o cursor da intensidade da luz em outra posição qualquer diferente de zero. Varie lentamente a posição do cursor do comprimento de onda do violeta até o vermelho. Registre suas observações.

12) Selecione agora outro material a ser utilizado na placa metálica no interior do experimento.

13) Fixe o cursor da frequência (comprimento de onda) no ponto médio e varie o cursor da intensidade da luz de zero até seu valor máximo. Registre o resultado experimental encontrado.

14) Fixe o cursor da intensidade da luz no ponto médio e varie o cursor da intensidade da frequência do vermelho até o violeta. Registre o resultado experimental encontrado.

15) O que aconteceu com o valor da frequência de corte quando alteramos o material da placa metálica?

17) Tomando como base seus resultados experimentais, explique como funciona o efeito fotoelétrico.



EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

APLICAÇÕES DO EFEITO FOTOELÉTRICO NA TECNOLOGIA ATUAL

O efeito fotoelétrico se aplica em várias áreas da tecnologia atual. A principal aplicação está no uso da energia solar. Com a incidência da luz solar, que é uma luz de alta frequência, elétrons podem ser ejetados e isso pode ser usado para a conversão em energia elétrica. Também é aplicado em sensores de presença, como por exemplo, portas automáticas.

Atualmente as células fotoelétricas, ou fotocélulas, tem ampla utilização em diversos circuitos elétricos. Um exemplo bastante cotidiano é o controle remoto. A filmadora portátil de vídeo, por exemplo, que basicamente é uma estação de televisão compacta, também utiliza os dispositivos fotoelétricos.

Foi o efeito fotoelétrico que viabilizou o cinema falado, assim como a transmissão de imagens na televisão. Os aparelhos baseados nesse efeito controlam o tamanho das peças melhor do que qualquer operário.

Outra aplicação deste tema é o alarme contra ladrão. Um feixe de luz ao atingir uma superfície sensível faz com que elétrons sejam arrancados e conseqüentemente atraídos por um ânodo, assim um circuito adequado se fecha e um interruptor com alarme permanece desligado.



EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

Quando esse feixe de luz é interrompido, no caso pelo ladrão, a corrente deixa de passar no circuito, fazendo assim o alarme ser disparado.

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

Exercícios

1. (PUC – RS) A escolha do ano de 2005 como o Ano Mundial da Física teve como um de seus objetivos a comemoração do centenário da publicação dos primeiros trabalhos de Albert Einstein. No entanto, é importante salientar que muitos outros cientistas contribuíram para o excepcional desenvolvimento da Física no século passado.

Entre eles cabe destacar Max Planck, o qual, em 1900, propôs a teoria da quantização da energia. Segundo esta teoria, um corpo negro irradia energia de forma _____, em porções que são chamadas de _____, cuja energia é proporcional à _____ da radiação eletromagnética envolvida nessa troca de energia. A sequência de termos que preenche corretamente as lacunas do texto é

- a) descontínua -prótons –frequência
- b) contínua -prótons –amplitude
- [c\) descontínua -fótons –frequência](#)
- d) contínua -fótons –amplitude
- e) descontínua -elétrons –frequência

2. (UFRS) Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna do parágrafo abaixo.

O ano de 1900 pode ser considerado o marco inicial de uma revolução ocorrida na Física do século XX. Naquele ano, Max Planck apresentou um artigo à Sociedade Alemã de Física, introduzindo a ideia da da energia, da qual Einstein se valeu para, em 1905, desenvolver sua teoria sobre o efeito fotoelétrico.

- a) conservação
- [b\) quantização](#)
- c) transformação
- d) conversão
- e) propagação

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

3. (PUC – RS) Um feixe de luz incide em uma lâmina de metal, provocando a emissão de alguns elétrons. A respeito desse fenômeno, denominado de efeito fotoelétrico, é correto afirmar que:

- a) qualquer que seja a frequência da luz incidente, é possível que sejam arrancados elétrons do metal.
- b) quaisquer que sejam a frequência e a intensidade da luz, os elétrons são emitidos com a mesma energia cinética.
- c) quanto maior a intensidade da luz de uma determinada frequência incidindo sobre o metal, maiores são as energias com que os elétrons abandonam o metal.
- d) quanto maior a frequência da luz de uma determinada intensidade incidindo sobre o metal, maiores são as energias com que os elétrons abandonam o metal.
- e) quanto maior a frequência da luz de uma determinada intensidade incidindo sobre o metal, mais elétrons abandonam o metal.

4. (UEPA) As afirmações abaixo referem-se ao efeito fotoelétrico:

I-Quando se aumenta apenas a intensidade da luz na superfície fotoelétrica, o número de elétrons emitidos por unidade de tempo aumenta.

II-É necessária uma energia mínima dos fótons da luz incidente, para arrancar os elétrons do metal que constitui uma fotocélula.

III-O efeito fotoelétrico parte do pressuposto de que a energia da luz é quantizada.

IV-Quanto maior o comprimento de onda da luz, tanto menor a energia do fóton. Pode-se afirmar que:

- a) apenas a I e a IV são verdadeiras.
- b) todas estão corretas.
- c) apenas a I e a III são verdadeiras.
- d) apenas a III e a IV são verdadeiras.
- e) todas são falsas.

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

5. (UFRS) Selecione a alternativa que apresenta as palavras que completam corretamente as lacunas, pela ordem, no seguinte texto relacionado com o efeito fotoelétrico. O efeito fotoelétrico, isto é, a emissão de _____ por metais sob a ação da luz, é um experimento dentro de um contexto físico extremamente rico, incluindo a oportunidade de pensar sobre o funcionamento do equipamento que leva à evidência experimental relacionada com a emissão e a energia dessas partículas, bem como a oportunidade de entender a inadequacidade da visão clássica do fenômeno. Em 1905, ao analisar esse efeito, Einstein fez a suposição revolucionária de que a luz, até então considerada como um fenômeno ondulatório, poderia também ser concebida como constituída por conteúdos energéticos que obedecem a uma distribuição _____, os quanta de luz, mais tarde denominados _____.

- a) fótons – contínua – fótons
- b) fótons – contínua – elétrons
- c) elétrons – discreta – fótons
- d) elétrons – discreta – elétrons

6. (UEM – PR) Assinale o que for correto sobre a natureza corpuscular e ondulatória da luz (dualidade onda partícula).

01) A natureza corpuscular da luz é demonstrada por difração, interferência e polarização.

02) A natureza ondulatória da luz é demonstrada pelo efeito fotoelétrico.

04) No efeito fotoelétrico, um elétron na superfície de um metal pode ser arrancado se um fóton com energia maior que a energia que prende o elétron à rede do metal transferir sua energia para o elétron.

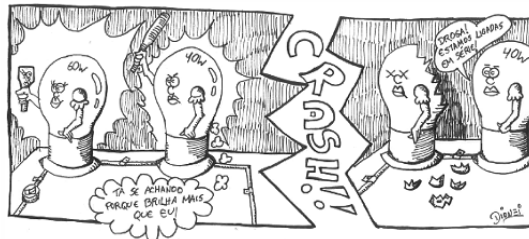
08) No efeito fotoelétrico, um elétron sempre poderá ser arrancado da superfície do metal se a intensidade da luz for aumentada, independentemente da energia do fóton.

16) No efeito fotoelétrico, é possível aumentar o número de elétrons ejetados do metal se a intensidade da luz for aumentada.

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

7. (UEL – PR) Considere que as lâmpadas descritas na charge emitem luz amarela que incide na superfície de uma placa metálica colocada próxima a elas.



(Disponível em: <<http://tirinhasdefisica.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 27 abr. 2016.)

Com base nos conhecimentos sobre o efeito fotoelétrico, assinale a alternativa correta.

- a) A quantidade de energia absorvida por um elétron que escapa da superfície metálica é denominada de fótons e tem o mesmo valor para qualquer metal.
- b) Se a intensidade luminosa for alta e a frequência da luz incidente for menor que a frequência-limite, ou de corte, o efeito fotoelétrico deve ocorrer na placa metálica.
- c) Se a frequência da luz incidente for menor do que a frequência-limite, ou de corte, nenhum elétron da superfície metálica será emitido.
- d) Quando a luz incide sobre a superfície metálica, os núcleos atômicos próximos da superfície absorvem energia suficiente e escapam para o espaço.
- e) Quanto maior for a função trabalho da superfície metálica, menor deverá ser a frequência-limite, ou de corte, necessária para a emissão de elétrons.

8. (UEM – PR) Assinale a(s) proposição(ões) correta(s):

- 01) a luz, em certas interações com a matéria, comporta-se como uma onda eletromagnética; em outras interações ela se comporta como partícula, como os fótons no efeito fotoelétrico.
- 02) a difração e a interferência são fenômenos que somente podem ser explicados satisfatoriamente por meio do comportamento ondulatório da luz.
- 04) o efeito fotoelétrico somente pode ser explicado satisfatoriamente quando consideramos a luz formada por partículas, os fótons.
- 08) o efeito fotoelétrico é consequência do comportamento ondulatório da luz.
- 16) devido à alta frequência da luz violeta, o “fóton violeta” é mais energético do que o “fóton vermelho”.

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

9. (UEM – PR) Em seu trabalho inicial sobre a hipótese da existência dos quanta de energia, Einstein escreveu: “De fato, parece-me que as observações da ‘radiação de corpo negro’, fotoluminescência, produção de raios catódicos por luz ultravioleta e outros fenômenos associados à emissão ou transformação da luz podem ser facilmente entendidas se admitirmos que a energia da luz é distribuída de forma descontínua no espaço. De acordo com a hipótese aqui considerada, na propagação de um raio de luz emitido por uma fonte puntiforme, a energia não é continuamente distribuída sobre volumes cada vez maiores de espaço, mas consiste em um número finito de quanta de energia, localizados em pontos do espaço que se movem sem se dividir e que podem ser absorvidos ou gerados somente como unidades integrais.” (EINSTEIN, A. Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da luz. *Annalen der Physik*, v. 17, p. 132-148, 1905. In: STACHEL, J. (org.). *O ano miraculoso de Einstein: cinco artigos que mudaram a face da física*. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2001, p. 202). Em relação ao conceito de quantum de energia apresentado, assinale o que for correto.

01) Ao empregar o conceito de quantum de energia, Einstein foi capaz de entender melhor apenas o fenômeno conhecido como efeito fotoelétrico.

02) O quantum de energia é inversamente proporcional ao comprimento de onda da luz emitida por uma fonte puntiforme.

04) A constante de proporcionalidade entre a energia e a frequência correspondentes a um quantum de luz é a constante de Planck.

08) Para que no efeito fotoelétrico ocorra a remoção de um elétron de condução, a energia transferida pelo quantum de luz ao elétron do material atingido deve ser maior do que a função trabalho desse material.

16) A explicação fornecida por Einstein para o efeito fotoelétrico levou cientistas a reverem o modelo ondulatório da luz vigente até então.

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

RESOLUÇÃO COMENTADA DOS EXERCÍCIOS

Para facilitar o entendimento dos alunos as resoluções foram feitas em vídeos. Seguem o link abaixo para os vídeos.

Questão 1 a 6: https://youtu.be/bmZifWx8_Es

Questão 7 a 9: https://youtu.be/EHLY_pgw7hs

EFEITO FOTOELÉTRICO

UM E-BOOK PARA FACILITAR SEU ESTUDO

REFERÊNCIAS

BATISTA, D. C. **Uma proposta para se ensinar efeito fotoelétrico no ensino médio**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, 2016.

BATISTA, D. C.; BATISTA, M. C; FUSINATO, P. A.; SANTOS, O. R. Atividade experimental para o ensino de física: efeito fotoelétrico. **Caderno de Física da UEFS** 19 (01): 1403.1-15, 2021.

EFEITO fotoelétrico. **PhET – Physics Education Tehnoogy**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/photoelectric. Acesso em: 17 de abril de 2022

EISBERG, R., RESNICK, R. **Física Quântica**. Campus, Rio de Janeiro, 1986.

GASPAR, A., **Física: Eletromagnetismo e Física Moderna – volume 3**. Ática, São Paulo, 2013. Física: Eletromagnetismo e Física Moderna – volume 3. Manual do Professor. Ática, São Paulo, 2013.

HELOU, GUALTER E NEWTON. **Tópicos de Física**, Vol. 03, 16ª Ed. Editora Saraiva, 2012.

TAYLOR, J. F.; ZAFIRATOS, C. **Modern physics for scientist and engineers** New Jersey: Prentice-Hall, 2003.

APÊNDICE 2- QUESTIONÁRIO

Nome: _____

Turma: _____

Questionário

1. Você conhece Albert Einstein? Se sim, por qual teoria?

2. Albert Einstein ganhou algum prêmio Nobel? Se sim, por qual teoria?

3. Você já ouviu falar sobre o efeito fotoelétrico? Se sim, descreva-o.

4. No efeito fotoelétrico, qual a função da frequência da luz incidente e qual a função da intensidade da luz emitida?

5. Qual a principal fonte de energia brasileira atualmente (2021)?

6. Cite exemplos de energias renováveis que podem melhorar a situação energética do Brasil.

7. Descreva como funciona a captação de energia solar.

Exercícios

1. (PUC – RS) A escolha do ano de 2005 como o Ano Mundial da Física teve como um de seus objetivos a comemoração do centenário da publicação dos primeiros trabalhos de Albert Einstein. No entanto, é importante salientar que muitos outros cientistas contribuíram para o excepcional desenvolvimento da Física no século passado.

Entre eles cabe destacar Max Planck, o qual, em 1900, propôs a teoria da quantização da energia. Segundo esta teoria, um corpo negro irradia energia de forma _____, em porções que são chamadas de _____, cuja energia é proporcional à _____ da radiação eletromagnética envolvida nessa troca de energia. A sequência de termos que preenche corretamente as lacunas do texto é

- a) descontínua -prótons –frequência
- b) contínua -prótons –amplitude
- c) descontínua -fótons –frequência
- d) contínua -fótons –amplitude
- e) descontínua -elétrons –frequência

2. (UFRS) Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna do parágrafo abaixo.

O ano de 1900 pode ser considerado o marco inicial de uma revolução ocorrida na Física do século XX. Naquele ano, Max Planck apresentou um artigo à Sociedade Alemã de Física, introduzindo a ideia da da energia, da qual Einstein se valeu para, em 1905, desenvolver sua teoria sobre o efeito fotoelétrico.

- a) conservação
- b) quantização
- c) transformação
- d) conversão
- e) propagação

3. (PUC – RS) Um feixe de luz incide em uma lâmina de metal, provocando a emissão de alguns elétrons. A respeito desse fenômeno, denominado de efeito fotoelétrico, é correto afirmar que

- a) qualquer que seja a frequência da luz incidente, é possível que sejam arrancados elétrons do metal.
- b) quaisquer que sejam a frequência e a intensidade da luz, os elétrons são emitidos com a mesma energia cinética.

- c) quanto maior a intensidade da luz de uma determinada frequência incidindo sobre o metal, maiores são as energias com que os elétrons abandonam o metal.
- d) quanto maior a frequência da luz de uma determinada intensidade incidindo sobre o metal, maiores são as energias com que os elétrons abandonam o metal.
- e) quanto maior a frequência da luz de uma determinada intensidade incidindo sobre o metal, mais elétrons abandonam o metal.

4. (UEPA) As afirmações abaixo referem-se ao efeito fotoelétrico:

I-Quando se aumenta apenas a intensidade da luz na superfície fotoelétrica, o número de elétrons emitidos por unidade de tempo aumenta.

II-É necessária uma energia mínima dos fótons da luz incidente, para arrancar os elétrons do metal que constitui uma fotocélula.

III-O efeito fotoelétrico parte do pressuposto de que a energia da luz é quantizada.

IV-Quanto maior o comprimento de onda da luz, tanto menor a energia do fóton.

Pode-se afirmar que:

- a) apenas a I e a IV são verdadeiras.
- b) todas estão corretas.
- c) apenas a I e a III são verdadeiras.
- d) apenas a III e a IV são verdadeiras.
- e) todas são falsas.

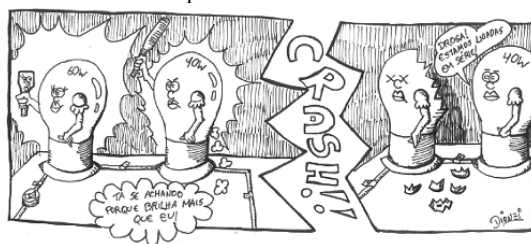
5. (UFRS) Selecione a alternativa que apresenta as palavras que completam corretamente as lacunas, pela ordem, no seguinte texto relacionado com o efeito fotoelétrico. O efeito fotoelétrico, isto é, a emissão de _____ por metais sob a ação da luz, é um experimento dentro de um contexto físico extremamente rico, incluindo a oportunidade de pensar sobre o funcionamento do equipamento que leva à evidência experimental relacionada com a emissão e a energia dessas partículas, bem como a oportunidade de entender a inadequacidade da visão clássica do fenômeno. Em 1905, ao analisar esse efeito, Einstein fez a suposição revolucionária de que a luz, até então considerada como um fenômeno ondulatório, poderia também ser concebida como constituída por conteúdos energéticos que obedecem a uma distribuição _____, os quanta de luz, mais tarde denominados _____.

- a) fótons – contínua – fótons
- b) fótons – contínua – elétrons
- c) elétrons – discreta – fótons
- d) elétrons – discreta – elétrons

6. (UEM – PR) Assinale o que for correto sobre a natureza corpuscular e ondulatória da luz (dualidade onda partícula).

- 01) A natureza corpuscular da luz é demonstrada por difração, interferência e polarização.
- 02) A natureza ondulatória da luz é demonstrada pelo efeito fotoelétrico.
- 04) No efeito fotoelétrico, um elétron na superfície de um metal pode ser arrancado se um fóton com energia maior que a energia que prende o elétron à rede do metal transferir sua energia para o elétron.
- 08) No efeito fotoelétrico, um elétron sempre poderá ser arrancado da superfície do metal se a intensidade da luz for aumentada, independentemente da energia do fóton.
- 16) No efeito fotoelétrico, é possível aumentar o número de elétrons ejetados do metal se a intensidade da luz for aumentada.

7. (UEL – PR) Considere que as lâmpadas descritas na charge emitem luz amarela que incide na superfície de uma placa metálica colocada próxima a elas.



[Disponível em: <<http://tirinhasdefisica.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 27 abr. 2016.]

Com base nos conhecimentos sobre o efeito fotoelétrico, assinale a alternativa correta.

- a) A quantidade de energia absorvida por um elétron que escapa da superfície metálica é denominada de fótons e tem o mesmo valor para qualquer metal.
- b) Se a intensidade luminosa for alta e a frequência da luz incidente for menor que a frequência-limite, ou de corte, o efeito fotoelétrico deve ocorrer na placa metálica.
- c) Se a frequência da luz incidente for menor do que a frequência-limite, ou de corte, nenhum elétron da superfície metálica será emitido.
- d) Quando a luz incide sobre a superfície metálica, os núcleos atômicos próximos da superfície absorvem energia suficiente e escapam para o espaço.
- e) Quanto maior for a função trabalho da superfície metálica, menor deverá ser a frequência-limite, ou de corte, necessária para a emissão de elétrons.

8. (UEM – PR) Assinale a(s) proposição(ões) correta(s):

- 01) a luz, em certas interações com a matéria, comporta-se como uma onda eletromagnética; em outras interações ela se comporta como partícula, como os fótons no efeito fotoelétrico.
- 02) a difração e a interferência são fenômenos que somente podem ser explicados satisfatoriamente por meio do comportamento ondulatório da luz.
- 04) o efeito fotoelétrico somente pode ser explicado satisfatoriamente quando consideramos a luz formada por partículas, os fótons.
- 08) o efeito fotoelétrico é consequência do comportamento ondulatório da luz.
- 16) devido à alta frequência da luz violeta, o “fóton violeta” é mais energético do que o “fóton vermelho”.

9. (UEM – PR) Em seu trabalho inicial sobre a hipótese da existência dos quanta de energia, Einstein escreveu: “De fato, parece-me que as observações da ‘radiação de corpo negro’, fotoluminescência, produção de raios catódicos por luz ultravioleta e outros fenômenos associados à emissão ou transformação da luz podem ser facilmente entendidas se admitirmos que a energia da luz é distribuída de forma descontínua no espaço. De acordo com a hipótese aqui considerada, na propagação de um raio de luz emitido por uma fonte puntiforme, a energia não é continuamente distribuída sobre volumes cada vez maiores de espaço, mas consiste em um número finito de quanta de energia, localizados em pontos do espaço que se movem sem se dividir e que podem ser absorvidos ou gerados somente como unidades integrais.” (EINSTEIN, A. Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da luz. *Annalen der Physik*, v. 17, p. 132-148, 1905. In: STACHEL, J. (org.). *O ano miraculoso de Einstein: cinco artigos que mudaram a face da física*. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2001, p. 202). Em relação ao conceito de quantum de energia apresentado, assinale o que for correto.

- 01) Ao empregar o conceito de quantum de energia, Einstein foi capaz de entender melhor apenas o fenômeno conhecido como efeito fotoelétrico.
- 02) O quantum de energia é inversamente proporcional ao comprimento de onda da luz emitida por uma fonte puntiforme.
- 04) A constante de proporcionalidade entre a energia e a frequência correspondentes a um quantum de luz é a constante de Planck.
- 08) Para que no efeito fotoelétrico ocorra a remoção de um elétron de condução, a energia transferida pelo quantum de luz ao elétron do material atingido deve ser maior do que a função trabalho desse material.
- 16) A explicação fornecida por Einstein para o efeito fotoelétrico levou cientistas a reverem o modelo ondulatório da luz vigente até então.