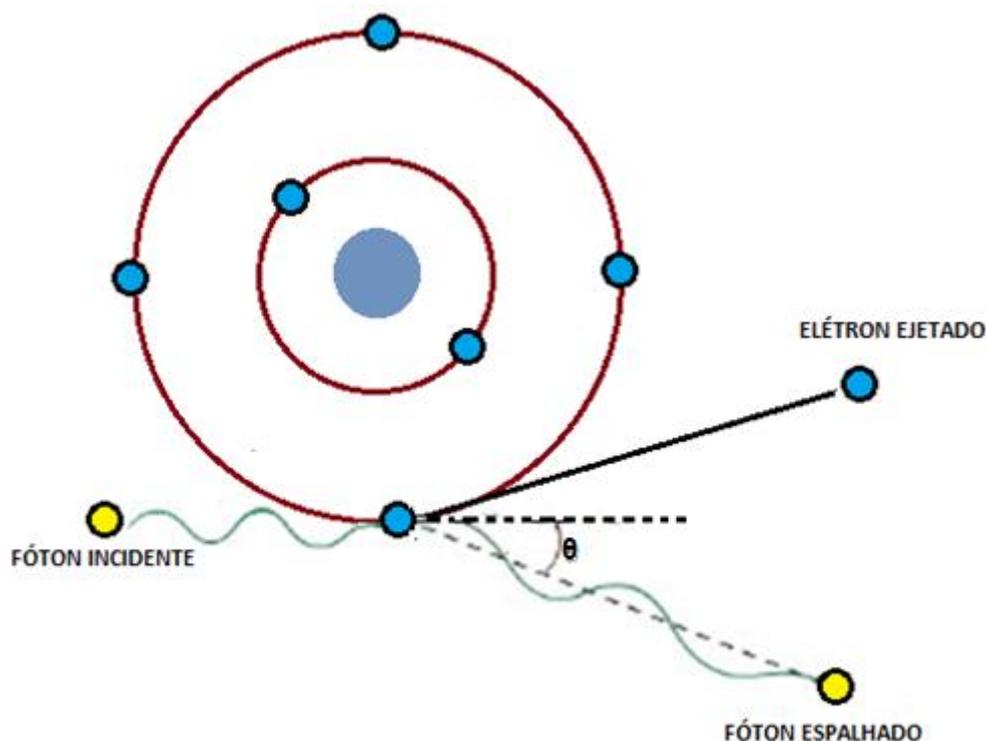


Programa de Pós-Graduação em  
**Ensino de Ciências Naturais**

Universidade Federal de Mato-Grosso

PRODUTO EDUCACIONAL

## O CARÁTER CORPUSCULAR DA RADIAÇÃO ATRAVÉS DO EFEITO FOTOELÉTRICO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA



Orientanda: Cléia Neves Bueno

Orientador: Prof. Dr. Frederico Ayres de Oliveira Neto

## SUMÁRIO

Apresentação .....	03
Primeira Semana: Aulas 01 e 02.....	04
Segunda Semana: Aulas 03 e 04.....	08
Terceira Semana: Aulas 05 e 06.....	15
Quarta Semana: Aulas 07 e 08.....	20
Quinta Semana: Aulas 09 e 10.....	25
Sexta Semana: Aulas 11 e 12.....	32
Sétima Semana: Aulas 13 e 14.....	38
Oitava Semana: Aulas 15 e 16.....	44
Referências.....	46

## APRESENTAÇÃO

Esse roteiro didático foi elaborado tendo em vista a relevância da Física Moderna na atualidade e a necessidade de trabalharmos suas aplicações no Ensino Médio. Uma abordagem sucinta e clara, com objetivo de favorecer as ações do professor em sala.

A afetividade tem um papel imprescindível nesse processo de aprendizagem. A satisfação e a curiosidade em aprender é norteadora para as primeiras indagações e opiniões, até a etapa final.

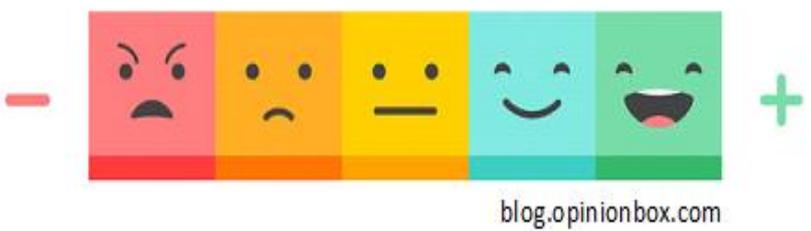
Muito importante aproveitar o conhecimento prévio do aprendiz para que o assunto possa ter significado em seu cotidiano. Em toda atividade proposta, é mister importante incentivar a participação do aluno e auxiliar nas dificuldades apresentadas. Em outras palavras, envolvê-lo.

O material é composto por questionários, texto para uma discussão introdutória, exercícios compilados de sites e livros, experimento didático de baixo custo. Cada parte dessa estrutura foi pensada para que o processo ensino-aprendizagem obtivesse êxito. Escutar os alunos em suas inquietações nesse processo foi fundamental. Um ensino que esteja nos anseios dos alunos é envolvente e o resultado é mais satisfatório.

As atividades podem ser feitas de maneira contextualizada para que o aluno possa relacionar o conhecimento de sala aula com seu uso na tecnologia.

A execução de todo o roteiro didático é aproximadamente um bimestre, sendo que a divisão foi feita em aulas duplas, para uma maior clareza do tempo utilizado e das ações necessárias.

# APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE TRABALHO E APLICACÃO DO QUESTIONÁRIO DE ENTRADA



PRIMEIRA SEMANA – AULAS 01 E 02

## 1. AULAS 01 E 02

No primeiro momento, deve ser apresentada a proposta de trabalho, cuja previsão de desempenho é de um bimestre.

Após esclarecimentos, deve ser entregue para cada aluno o questionário com vinte questões sobre Física Moderna e Efeito Fotoelétrico, para que eles possam apontar os conhecimentos prévios. A verificação dos conhecimentos prévios no questionário é feita através da escala de Likert. Todos devem ser orientados para marcar somente uma alternativa que melhor caracterize o pensar de cada um. Professor, você pode avaliar com outros instrumentos também, tais como, mapas conceituais.

O modelo de questionário utilizado está descrito abaixo. Cada afirmativa contém as seguintes alternativas para escolha:

a) Discordo fortemente	b) Discordo	c) Neutro	d) Concordo	e) Concordo fortemente
------------------------	-------------	-----------	-------------	------------------------

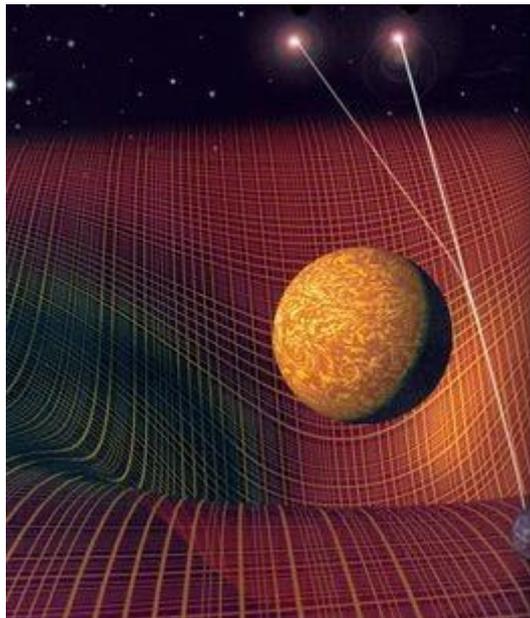
### QUESTIONÁRIO DE ENTRADA

- 1) A energia de um fóton é inversamente proporcional ao comprimento de onda.
- 2) A intensidade da corrente fotoelétrica emitida é proporcional à intensidade da radiação incidente.
- 3) Robert Andrews Millikan recebeu o Nobel de Física de 1923, por trabalhos sobre cargas elétricas elementares e o efeito fotoelétrico.
- 4) De acordo com o Princípio da Complementaridade, se uma medida prova o comportamento ondulatório da radiação ou da matéria, então é impossível provar o comportamento corpuscular na mesma medida.

- 5) A explicação do efeito fotoelétrico está baseada em um modelo corpuscular da luz.
- 6) Uma das aplicações do efeito fotoelétrico é permitir acender e desligar automaticamente a iluminação de ruas.
- 7) O efeito fotoelétrico, descoberto de Einstein, evidencia as propriedades ondulatórias de uma onda eletromagnética.
- 8) Para uma determinada radiação incidente, a velocidade dos elétrons ejetados depende do metal usado na experiência.
- 9) O efeito fotoelétrico fornece evidências das naturezas ondulatória e corpuscular da luz.
- 10) O efeito fotoelétrico só ocorre com a utilização de uma onda eletromagnética na faixa de frequência da luz visível.
- 11) É possível que o efeito fotoelétrico ocorra com luz azul fraca e não ocorra com a luz vermelha intensa.
- 12) Albert Einstein recebeu o Prêmio Nobel por contribuições na Teoria da Relatividade.
- 13) A energia dos elétrons emitidos depende da frequência da radiação incidente.
- 14) A teoria do efeito fotoelétrico afirma que, aumentando a frequência da luz incidente na superfície metálica, é possível arrancar prótons da superfície do metal.
- 15) Os modelos corpuscular e ondulatório são complementares.

- 16) A função trabalho é a energia necessária para se remover um elétron do metal e independe da substância iluminada pela radiação.
- 17) Considerando que, no vácuo, o comprimento de onda da luz vermelha é maior do que o comprimento de onda da luz azul, a energia dos quanta de luz vermelha é maior do que a energia dos quanta da luz azul.
- 18) A energia cinética dos fotoelétrons não depende da frequência da radiação incidente.
- 19) Emissão de elétrons por uma superfície metálica atingida por uma onda eletromagnética caracteriza o efeito fotoelétrico.
- 20) Quando uma luz monocromática incide sobre uma superfície metálica e não arranca elétrons dela, basta aumentar a sua intensidade para que o efeito fotoelétrico ocorra.

Curvatura do espaço-tempo mudando a trajetória da luz



<https://www3.unicentro.br/petfisica/2016/04/05/projeto-ligo-e-as-ondas-gravitacionais/>

SEGUNDA SEMANA – AULAS 03 E 04

## 2. AULAS 03 E 04

Após análise dos conhecimentos prévios, foi selecionado material para o trabalho a ser desenvolvido. A proposta é composta de texto, experimento e exercícios, visando a aprendizagem significativa. Essa sugestão de trabalho será apresentada a partir desse capítulo, em aulas sequenciais, nesse Produto Educacional.

A relevância do tema a ser trabalhado pode ser feita através de questionamentos em fatos corriqueiros como o acender e apagar da iluminação pública diariamente, e, também, abertura de portas automáticas em bancos e shoppings.

O texto “Do que a luz é feita e seus mistérios” (<https://www1.folha.uol.com.br/ilustrissima/2015/05/1632439-do-que-a-luz-e-feita-e-seus-misterios.shtml>), de Marcelo Gleiser, foi escolhido para oportunizar um pensar em amplitude maior e mostrar quão vasta e importante é a discussão sobre a luz. A interpretação dos alunos deve ser o norteador da discussão do texto.

### 2.1 TEXTO

#### DO QUE A LUZ É FEITA E SEUS MISTÉRIOS

Neste que é seu Ano Internacional, a luz, embora presente em inúmeras tecnologias do cotidiano, continua sendo fonte de mistérios e objeto de pesquisas. No século 17, discutia-se se a luz era onda ou partícula; em 1905 Einstein esclareceu que poderia ser os dois, e a usou como base para a Teoria da Relatividade.

Somos criaturas da luz. Nossa percepção mais imediata da realidade vem dela, do que podemos ver. Claro, os outros sentidos ajudam e, na cegueira, são essenciais. Mas acordamos ao abrimos os olhos, mesmo que mais figurativa do que fisiologicamente.

A luz representa sabedoria, conhecimento, o lado bom do divino. As trevas são a ignorância, a violência, o mundo do mal. Nossos corpos evoluíram para detectar padrões na natureza, algo de fundamental para nossa sobrevivência num mundo

cheio de predadores e inimigos. É útil saber diferenciar entre um arbusto e um tigre, ou entre sombras e um guerreiro da outra tribo.

No romance "Ensaio sobre a Cegueira", José Saramago cria uma sociedade em que todos (ou quase) ficam cegos subitamente. Essa cegueira pode simbolizar muita coisa, ou mesmo ela mesma: como a sociedade colapsaria de forma devastadora se perdêssemos coletivamente nossa visão; ou nossa visão coletiva.

Não é uma coincidência que tantas culturas idolatrassem a luz através de seu provedor-mor, o Sol. Os egípcios, os incas, os celtas, sabiam que o Sol é a essência da vida. Sem ele, sem o influxo de luz e energia vindo dele, não estaríamos aqui. O que vemos da realidade, fração pequena de todas as "luzes" que nos cercam –o espectro luminoso das ondas de rádio aos raios gama– coincide com o pico de emissão luminosa do Sol. O processo de seleção natural privilegiou animais capazes de utilizar ao máximo a luz da estrela que os ilumina. Claro, alguns animais percebem as franjas além do visível, como as abelhas, que veem no ultravioleta, ou certas cobras, que veem no infravermelho. Mas a maioria vê o que vemos, a luz que se espalha pela atmosfera.

## **O QUE É?**

É, portanto, paradoxal que a luz, que nos é tão íntima, seja também um dos grandes mistérios da natureza. O que é, afinal, a luz? Não é palpável como o ar ou a água, e nem sabemos exatamente do que é "feita". Se voltássemos ao século 17, assistiríamos aos debates entre Isaac Newton e Christiaan Huygens, Newton afirmando que a luz é feita de partículas indivisíveis –de átomos– e Huygens, que a luz é uma onda que se propaga num meio que preenche todo o cosmo, o éter.

Ambos os cientistas aplicaram sua teoria da luz para explicar uma série de fenômenos, com sucesso variável. Que partículas seriam essas que compõem a luz?

Newton herdou conceitos atomistas antigos, da época da filosofia pré-socrática de Leucipo e Demócrito, que, em torno de 450 a.C., sugeriram ser tudo feito de corpúsculos minúsculos que se propagam no "vazio". Para ele, a noção de que um tipo de matéria preenche o espaço como o ar preenche nossa atmosfera era absurda.

Que matéria é essa, se perguntava, que é transparente e não oferece resistência ao movimento dos planetas e cometas?

Por outro lado, se o éter de Huygens era um tanto estranho, como atribuir realidade a pequenos átomos de luz que não podem ser vistos? Como determinar se algo existe se não pode ser diretamente observado? Por trás do debate sobre a natureza da luz esconde-se a questão da natureza da realidade: como sabemos se algo existe?

A ciência, em particular a física, cria descrições da realidade baseadas no que podemos observar. Como disse Werner Heisenberg, um dos arquitetos da física quântica, "o que vemos não é a natureza, mas a natureza exposta ao nosso método de questionamento". Em outras palavras, nosso conhecimento do mundo depende de quem somos e como pensamos. Uma outra inteligência, com métodos e percepções diferentes, criaria uma outra descrição da realidade.

Esse fato é mais do que claro quando lidamos com a natureza da luz. No final do século 19, a física estava em crise: na época, a descrição da luz como onda era universalmente aceita. Com isso, era também aceito o éter como meio por onde as ondas luminosas se propagavam. Afinal, qualquer onda precisa de um meio material que a suporte: ondas de água na água, ondas de som no ar... O problema surgiu em 1887, quando o experimento dos americanos Albert Michelson e Edward Morley – desenhado para detectar o éter– falhou. Se não existia o éter, o que sustentava a propagação da luz?

Essa tensão entre teoria e experimento é crítica para o desenvolvimento da ciência. Ao revelarem falhas nas teorias, experimentos forçam cientistas a revisarem suas hipóteses, muitas vezes levando-os a propor o inusitado. Se aprendemos algo com o estudo da natureza, é que ela é bem mais criativa do que nós. A ciência precisa falhar para avançar.

Entra Einstein. Em 1905, com apenas 26 anos, publica dois artigos que irão revolucionar nossa visão de mundo. Ambos relacionados à natureza da luz, e ambos profundamente contraintuitivos. As propostas do jovem cientista eram tão chocantes que só seriam aceitas aos poucos, sob o peso da evidência experimental.

No primeiro artigo, Einstein sugere que a luz tem um comportamento dual, podendo não só ser interpretada como uma onda, mas também como feita de partículas. Fachos de luz podem ser descritos como sendo compostos por corpúsculos –ou "quanta"– mais tarde chamados de fótons.

Com isso, Einstein reconcilia as visões antagônicas de Newton (luz é partícula) e Huygens (luz é onda), criando algo surpreendente: uma entidade que se manifesta de forma diversa no mundo natural de acordo com a situação. A luz não tem uma identidade fixa; sua realização –o modo como se manifesta no mundo– depende de como ela interage com objetos.

No segundo artigo de 1905, Einstein propõe sua famosa teoria da relatividade especial. A essência da teoria é o postulado: "A luz se propaga sempre com a mesma velocidade independente do movimento da fonte ou do observador".

Para entender como isso é estranho, imagine que você esteja num carro viajando a 60 km/h e que, do carro, jogue uma bola para frente com velocidade de 20 km/h. Você verá a bola viajar com 20 km/h, enquanto uma pessoa na calçada verá a bola viajar a 80 km/h ( $60 + 20 = 80$ ). Se, em vez da bola, você ligasse uma lanterna, tanto você quanto a pessoa na calçada veriam a luz com a mesma velocidade, 300.000 quilômetros por segundo. A velocidade da luz é sempre a mesma.

## **TEMPERAMENTAL**

Ninguém sabe por que a velocidade da luz não muda, ou por que seu valor no espaço vazio é de 300.000 km/s. Mas esse comportamento esdrúxulo explica um número enorme de observações, sendo portanto aceito como uma descrição válida do que ocorre na natureza.

Como se não bastasse ter captado a natureza dual onda-partícula e sua velocidade constante, Einstein notou também que a luz, ao contrário de tudo o que conhecemos no universo, não tem massa. A luz é uma forma de energia pura que se propaga pelo espaço, interagindo aqui e ali com a matéria, ou seja, com coisas que têm massa.

Completando o ciclo de artigos sobre a luz, ainda em 1905 Einstein escreve outro, mostrando como energia e matéria estão relacionados; em particular, como energia pode gerar matéria e vice-versa.

Essa é a famosa fórmula  $E = mc^2$ , que tem aplicação direta na luz: se fótons de luz têm energia suficiente (no caso, o extremo mais energético do espectro luminoso, os raios gama) podem se transformar em partículas de matéria como, por exemplo, elétrons. Luz e matéria são, de certa forma, dois lados da mesma moeda.

A física de Einstein mostra que somos criaturas da luz não apenas de modo figurativo. Não só porque precisamos dela para viver, mas porque podemos –ao menos em princípio– nos transformar nela.

Antes, porém, que os leitores se imaginem como fótons de luz viajando pelo cosmo a 300.000 km/s, devo deixar claro que essa conversão só ocorreria se houvesse uma colisão entre você e sua cópia feita de antimatéria.

A antimatéria não é tão exótica quanto parece, mas feita de cópias das partículas que existem com cargas elétricas opostas. Por exemplo, a antipartícula do elétron é o pósitron, que tem carga positiva. Essas partículas são rotineiramente geradas em laboratório.

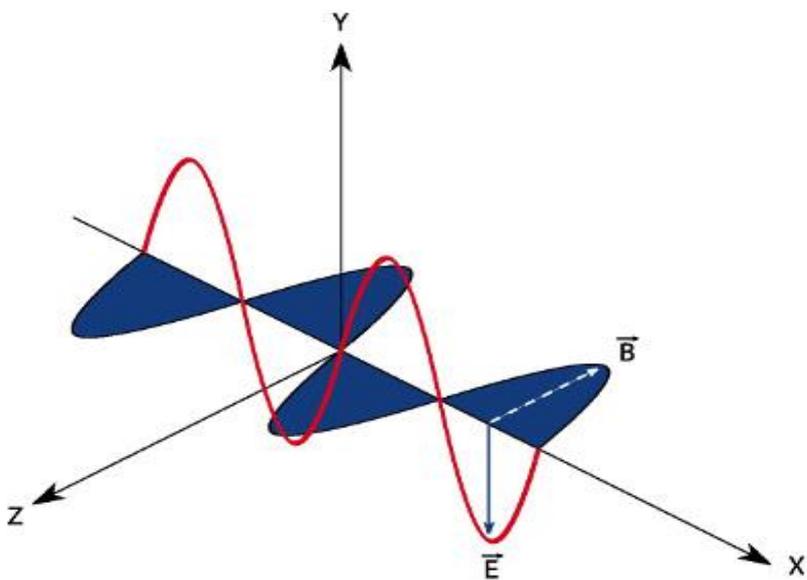
O produto dessa colisão seria uma explosão de fótons de raios gama com energia para destruir boa parte do Brasil. Felizmente, estamos longe de criar cópias de antipessoas no laboratório. No momento, criamos apenas átomos de anti-hidrogênio.

Este é o Ano Internacional da Luz, celebrado no mundo inteiro em uma série de eventos ([light2015.org](http://light2015.org)). Apesar de suas estranhezas, ou por causa delas, a luz é hoje integrante essencial de nossas tecnologias, dos lasers no caixa de supermercado a DVDs; de tecnologias usando micro-ondas e ondas de rádio a aplicações industriais de fontes de luz ultraintensas; dos raios X e outras máquinas de visualização em medicina a observações astronômicas de estrelas e galáxias longínquas.

Considerando os mistérios que sobrevivem em torno da luz e o quanto deles exploramos nas aplicações tecnológicas, é difícil prever o que nos espera em cem anos. No mínimo, mais uma revolução em nosso conhecimento do mundo que, tal como a que começou no início do século 20, será iluminada pela curiosa natureza da luz.

\*MARCELO GLEISER,\* 56, é professor titular de física, astronomia e filosofia natural no Dartmouth College, nos EUA. Seu livro mais recente é "A Ilha do Conhecimento" (Record).

# INTRODUÇÃO HISTÓRICA E MODELO ONDULATÓRIO DAS RADIACÕES



<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm>

TERCEIRA SEMANA – AULAS 05 E 06

### **3. AULAS 05 E 06**

Muitos problemas que estavam sem solução no final do século XIX, foram esclarecidos com o nascimento da Física Quântica. O rompimento com a Física Clássica foi responsável por uma revolução tecnológica sem precedentes na História da humanidade.

Analisar a radiações eletromagnéticas sob o prisma do modelo ondulatório faz-se necessário para que o aluno possa fazer uma leitura mais completa das questões que irão desajustar alguns saberes até então alicerçados.

Obter a compreensão de que o nascer da Física Quântica foi em aproximadamente trinta anos, deve despertar no estudante um olhar crítico sobre as reais dificuldades e implicações que um novo conhecimento pode trazer.

Exercícios e revisões sobre Ondas Eletromagnéticas podem ser feitos para que, se algum conceito elementar não estiver previamente estabelecido, não limite a assimilação de um novo saber.

As contribuições de James Clerk Maxwell (1831-1879) sobre a possibilidade de propagação conjunta do campo elétrico e do campo magnético e a confirmação experimental das ondas eletromagnéticas de rádio por Heinrich Hertz (1857-1894) servem de pontos de partida para introdução de conceitos que viabilizam a aprendizagem do efeito fotoelétrico.

Utilize da afetividade em sala com os alunos. Saiba mais, pesquisando além dos livros didáticos. Sites, artigos científicos, simuladores e outros meios de aprendizagem enriquecerão o seu trabalho.

#### **3.1 EXERCÍCIOS – ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

**3.1.1** Através do espectro eletromagnético verificamos que as ondas eletromagnéticas são classificadas e elencadas de acordo com sua frequência e/ou comprimento de

onda. Podemos também analisar que algumas podem ser nocivas à saúde em função dessas mesmas grandezas. Leia atentamente o enunciado abaixo e resolva.

(Fuvest-SP) Radiações, como raios X, luz verde, luz ultravioleta, micro-ondas ou ondas de rádio, são caracterizadas por seu comprimento de onda ( $\lambda$ ) e por sua frequência ( $f$ ). Quando essas radiações propagam no vácuo, todas apresentam o mesmo valor para:

a) $\lambda$	b) $f$	c) $v = \lambda \cdot f$	d) $\lambda/f$	e) $2\lambda/f$
--------------	--------	--------------------------	----------------	-----------------

**3.1.2 (PUC-SP)** O fone de ouvido tem se tornado cada vez mais um acessório indispensável para os adolescentes que curtem suas músicas em todos os ambientes e horários. Antes do advento do *iPod* e outros congêneres, para ouvir as músicas da parada de sucessos, os jovens tinham que carregar seu radinho portátil sintonizado em FM (frequência modulada).



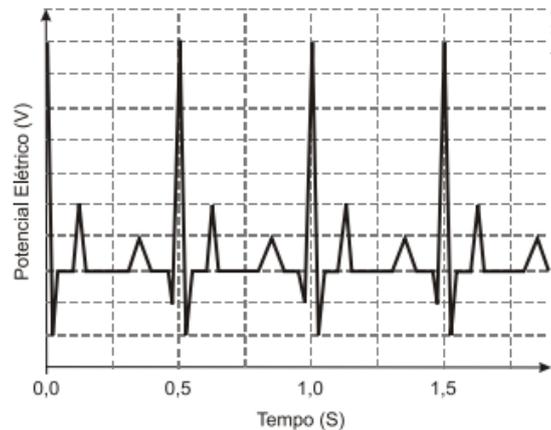
FM	88	92	96	100	104	108 MHz TUNE					
ESCALA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Observando o painel de um desses rádios, calcule a razão aproximada entre o maior e o menor comprimento de onda para a faixa de valores correspondentes a FM.

- a) 0,81                      b) 0,29                      c) 1,65                      d) 0,36                      e) 1,23

**3.1.3 (Simulação)** Na Copa do Mundo de 2010, a Fifa determinou que nenhum atleta poderia participar sem ter feito uma minuciosa avaliação cardiológica prévia. Um dos testes a ser realizado, no exame ergométrico, era o eletrocardiograma. Nele é feito o registro da variação dos potenciais elétricos gerados pela atividade do coração.

Considere a figura que representa parte do eletrocardiograma de um determinado atleta.



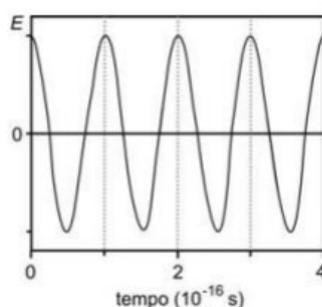
Sabendo que o pico máximo representa a fase final da diástole, conclui-se que a frequência cardíaca desse atleta é, em batimentos por minuto:

- a) 60                      b) 80                      c) 100                      d) 120                      e) 140

**3.1.4 (UECE-CE)** Fornos de micro-ondas usam ondas de rádio de comprimento de onda aproximadamente 12 cm para aquecer os alimentos. Considerando a velocidade da luz igual a 300 000 km/s a frequência das ondas utilizadas é:

- a) 360 Hz                      b) 250 kHz                      c) 3,6 MHz                      d) 2,5 GHz

**3.1.5 (FUVEST-SP)** Em um ponto fixo do espaço, o campo elétrico de uma radiação eletromagnética tem sempre a mesma direção e oscila no tempo, como mostra o gráfico abaixo, que representa sua projeção  $E$  nessa direção fixa;  $E$  é positivo ou negativo conforme o sentido do campo.

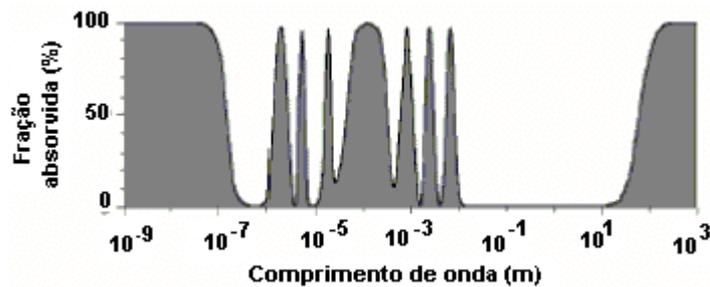


Radiação eletromagnética	Frequência $f$ (Hz)
Rádio AM	$10^6$
TV (VHF)	$10^8$
micro-onda	$10^{10}$
infravermelha	$10^{12}$
visível	$10^{14}$
ultravioleta	$10^{16}$
raios X	$10^{18}$
raios $\gamma$	$10^{20}$

Consultando a tabela acima, que fornece os valores típicos de frequência  $f$  para diferentes regiões do espectro eletromagnético, e analisando o gráfico de  $E$  em função do tempo, é possível classificar essa radiação como:

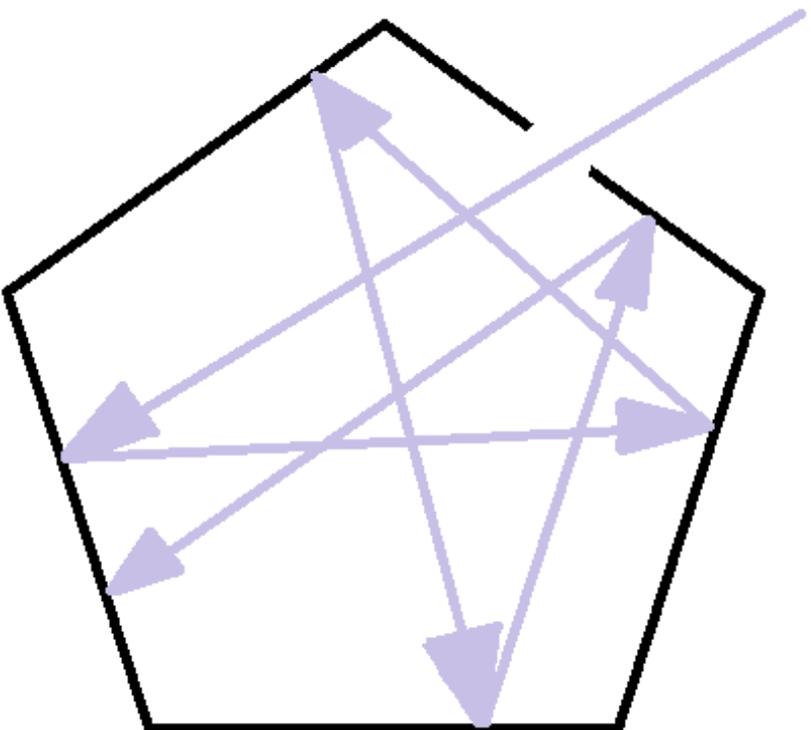
- a) infravermelha.      b) visível.      c) ultravioleta.      d) raio X.      e) raio  $\gamma$ .

**3.1.6 (UNICAMP-SP)** O sistema GPS (“Global Positioning System”) consiste em um conjunto de satélites em órbita em torno da Terra que transmitem sinais eletromagnéticos para receptores na superfície terrestre. A velocidade de propagação dos sinais é de 300.000 km/s. Para que o sistema funcione bem, a absorção atmosférica desse sinal eletromagnético deve ser pequena. A figura a seguir mostra a porcentagem de radiação eletromagnética absorvida pela atmosfera em função do comprimento de onda.



- a) A frequência do sinal GPS é igual a 1.500 MHz. Qual o comprimento de onda correspondente? Qual a porcentagem de absorção do sinal pela atmosfera?

# RADIAÇÃO TÉRMICA E RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO



QUARTA SEMANA – AULAS 07 E 08

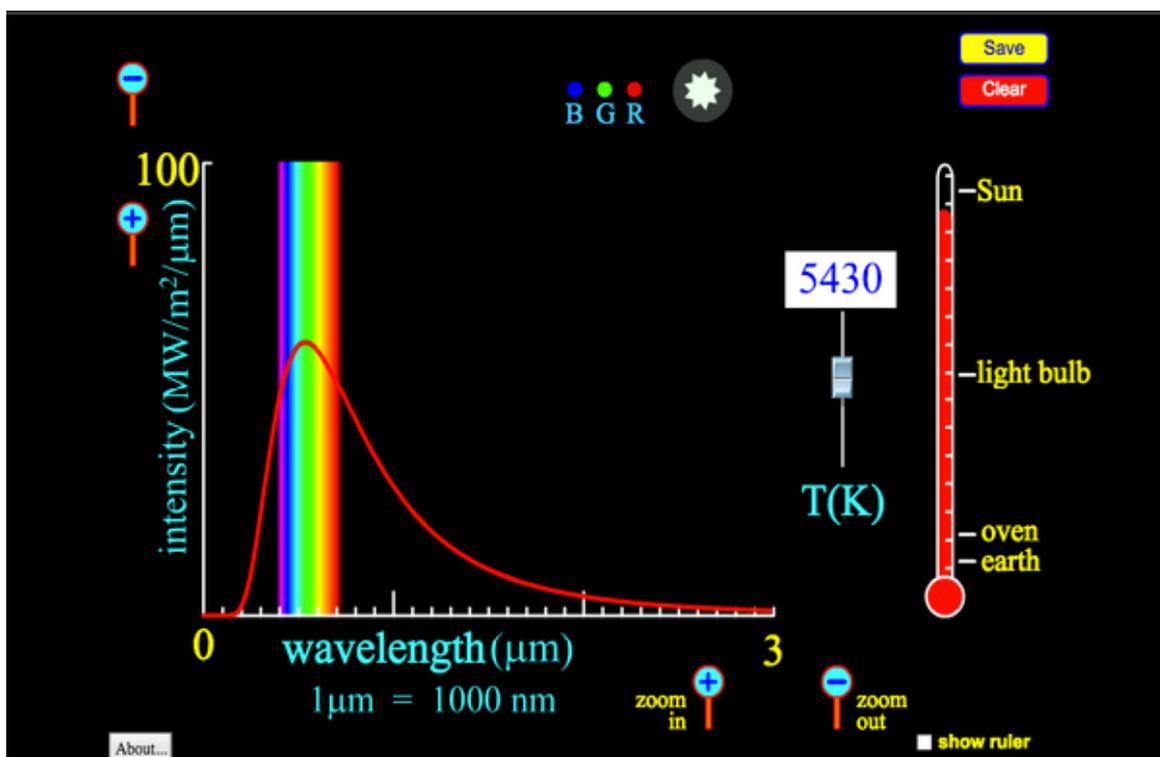
#### 4. AULAS 07 E 08

A radiação térmica é emitida por todos os corpos em qualquer temperatura. Em temperaturas baixas a emissão ocorre na faixa do infravermelho, que não é detectável por nossos olhos.

À medida que a temperatura aumenta, o corpo começará a emitir luz, inicialmente avermelhada, indo para amarela, verde, azul, até ficar branca.

Um corpo negro é uma cavidade com pequena abertura que, ao receber radiação em seu interior, não permite que ela saia. Foi a partir da análise da radiação emitida pelo corpo negro que nasceu a ideia de quantização de energia. O canal Física Total no Youtube traz uma série de vídeos sobre física quântica. Como sugestão, utilizá-los em parte do planejamento será enriquecedor.

Faça atividades e deixe os estudantes analisarem a interferência da temperatura na variação da intensidade da radiação emitida, através de simuladores. Realize a atividade através de simulação pronta no endereço eletrônico:



[https://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_en.html)

## 4.1 EXERCÍCIOS – RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO

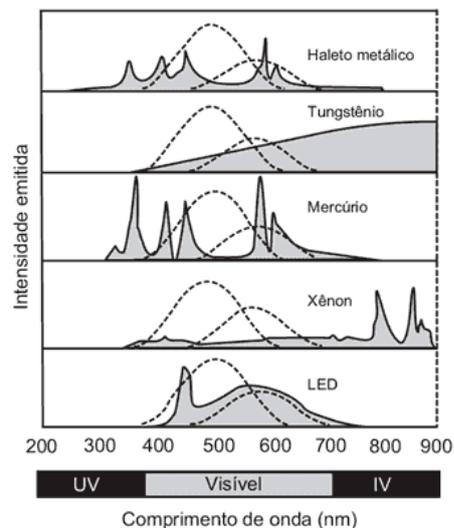
4.1.1 ENEM 2017 (Segunda aplicação) A faixa espectral da radiação solar que contribui fortemente para o efeito mostrado na tirinha é caracterizada como:



©/MS, L. Disponível em: <http://gafetei.com>. Acesso em: 15 ago. 2014.

- a) Visível      b) Amarela      c) Vermelha      d) Ultravioleta      e) Infravermelha

4.1.2 ENEM 2017 (Segunda aplicação) A figura mostra como é a emissão de radiação eletromagnética para cinco tipos de lâmpada: haleto metálico, tungstênio, mercúrio, xênon e LED (diodo emissor de luz). As áreas marcadas em cinza são proporcionais à intensidade da energia liberada pela lâmpada. As linhas pontilhadas mostram a sensibilidade do olho humano aos diferentes comprimentos de onda. UV e IV são as regiões do ultravioleta e do infravermelho, respectivamente. Um arquiteto deseja iluminar uma sala usando uma lâmpada que produza boa iluminação, mas que não aqueça o ambiente.



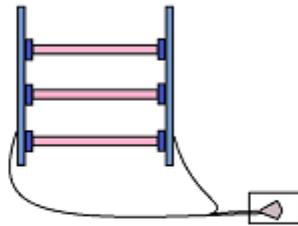
Disponível em <http://zeiss-campus.magnet.fsu.edu>. Acesso em: 8 maio 2017 (adaptado).

Qual tipo de lâmpada melhor atende ao desejo do arquiteto?

- a) Halógeno metálico      b) Tungstênio      c) Mercúrio      d) Xênon      e) LED

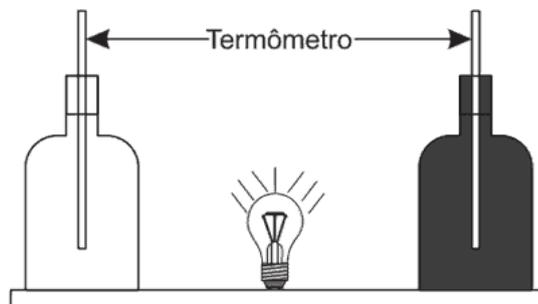
**4.1.3** (www.stoodi.com.br) Um aquecedor tem a finalidade de transformar energia elétrica em energia térmica. O aquecedor ilustrado abaixo, possui 6 conectores, 3 filamentos cilíndricos de área superficial  $A = 9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$  e emissividade  $e = 0,9$ . Supondo que toda energia térmica liberada seja na forma de radiação eletromagnética e ocorra de forma exclusiva pela superfície dos filamentos, a potência, em W, do aquecedor quando a superfície do filamento atingir  $727^\circ \text{ C}$ , é de:

Note e Adote: Constante de Stefan-Boltzmann  $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k}^4)$



- a) 460,5 W    b) 692,4 W    c) 921,3 W    d) 1385,1 W    e) 2147,4 W

**4.1.4** ENEM 2013 Em um experimento, foram utilizadas duas garrafas PET, uma pintada de branco e a outra de preto, acopladas cada uma a um termômetro. No ponto médio da distância entre as garrafas, foi mantida acesa, durante alguns minutos, uma lâmpada incandescente. Em seguida, a lâmpada foi desligada. Durante o experimento, foram monitoradas as temperaturas das garrafas: a) enquanto a lâmpada permaneceu acesa e b) após a lâmpada ser desligada e atingirem equilíbrio térmico com o ambiente.

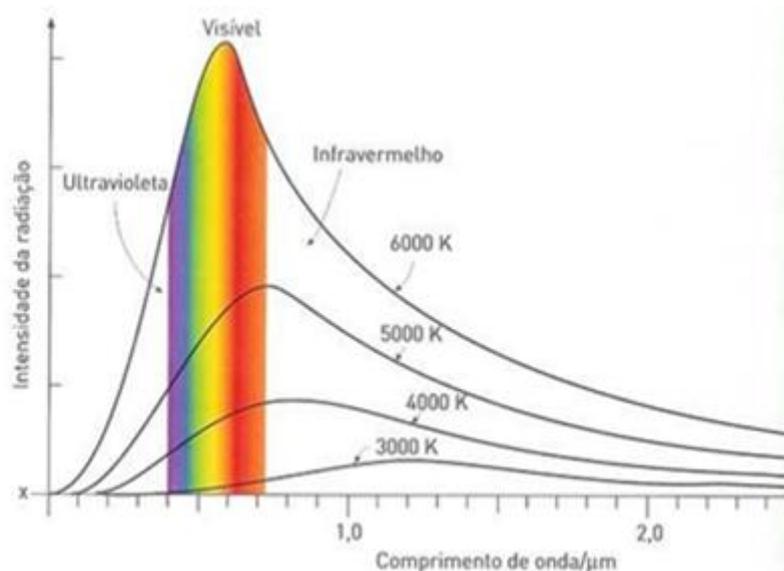


A taxa de variação da temperatura da garrafa preta, em comparação à da branca, durante todo experimento, foi:

- a) Igual no aquecimento e igual no resfriamento;  
b) Maior no aquecimento e igual no resfriamento.

- c)** Igual no aquecimento e igual no resfriamento.
- d)** Menor no aquecimento e igual no resfriamento.
- e)** Maior no aquecimento e maior no resfriamento.

# LEI DE DESLOCAMENTO DE WIEN E MODELO QUÂNTICO DAS RADIAÇÕES



[www.estudopratico.com.br/energia-irradiada-lei-do-deslocamento-e-irradiacao-termica](http://www.estudopratico.com.br/energia-irradiada-lei-do-deslocamento-e-irradiacao-termica)

No gráfico observamos que, à medida que a temperatura aumenta, o valor da Intensidade de radiação emitida pelo corpo também aumenta, sendo que o ponto de máximo da curva também se desloca para a esquerda. O comprimento de onda referente à intensidade máxima de radiação emitida foi calculado por Wien.

QUINTA SEMANA – AULAS 09 E 10

## 5. AULAS 09 E 10

Os resultados experimentais eram discrepantes das teorias clássicas quando se pretendia explicar a emissão de radiação pelo corpo. Eles apenas concordavam com explicações da teoria clássica para comprimentos de ondas maiores. Quando se tratava de comprimento de ondas menores, os resultados da teoria e da experiência discordavam sobremaneira.

A Lei de deslocamento de Wien pode ser trabalhada com análises gráficas e com discussões sobre a importância da radiação do corpo negro no surgimento da Física Quântica. Esse é o momento de falar sobre a catástrofe do ultravioleta e a maneira que Max Planck resolveu essa discrepância.

Saiba mais sobre como trabalhar esse assunto em Ensino da radiação do corpo negro em sala de aula, no endereço eletrônico:

(<http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/591/894>)

### 5.1 EXERCÍCIOS – LEI DE DESLOCAMENTO DE WIEN E RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO

**5.1.1** ([www.stoodi.com.br](http://www.stoodi.com.br)) A radiação infravermelha pode ser utilizada para detectar a temperatura de objetos. Atualmente, em alguns hospitais ou farmácias, utilizam termômetros capazes de medir a temperatura do corpo humano através da recepção da radiação infravermelha emitida pelo paciente. Suponha que um desses termômetros esteja quebrado, e só consegue medir o comprimento de onda da radiação mais emitida pelo corpo humano, dessa forma de acordo com a tabela e a figura abaixo, o estado do paciente é de:



Note e Adote:

Constante da Lei de Wien  $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m.k}$

Considere que o corpo humano se comporte como um corpo negro.

Hipotermia	Temperatura $< 35^\circ \text{C}$
Sem febre (Normal)	$35^\circ \text{C} = \text{Temperatura} = 37^\circ \text{C}$
Febril	$37^\circ \text{C} < \text{Temperatura} < 38^\circ \text{C}$
Febre	$38^\circ \text{C} = \text{Temperatura} = 39^\circ \text{C}$
Febre Alta	Temperatura $> 39^\circ \text{C}$

a) Hipotermia

b) Sem febre (normal)

c) Febril

d) Febre

e) Febre alta

**5.1.2** ([www.stoodi.com.br](http://www.stoodi.com.br)) Existe uma relação entre a cor e a temperatura das estrelas, ou seja, se soubermos a cor de determinada estrela, podemos estimar aproximadamente a sua temperatura. Estrela alpha da constelação de Órion é uma das estrelas mais interessantes para se observar a olho nu. Seu forte brilho avermelhado se destaca no início da noite como uma das estrelas mais bonitas do céu. Note e Adote:

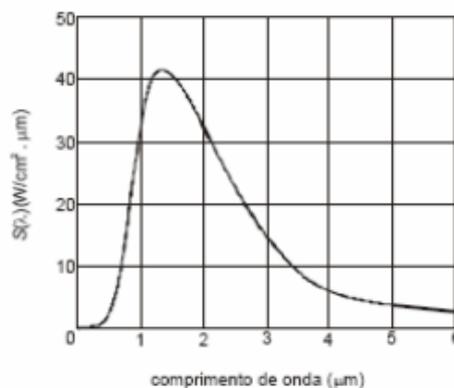
- Constante da Lei de Wien  $b \cong 3 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$
- Desconsidere o efeito Doppler da luz.

De acordo com o texto e a tabela, a temperatura, da estrela alpha, em Kelvin, é de aproximadamente:

COR	COMPRIMENTO DE ONDA (m)
Vermelho	$710 \cdot 10^{-9} \text{m}$
Alaranjado	$620 \cdot 10^{-9} \text{m}$
Amarelo	$590 \cdot 10^{-9} \text{m}$
Verde	$570 \cdot 10^{-9} \text{m}$
Azul	$495 \cdot 10^{-9} \text{m}$
Anil	$450 \cdot 10^{-9} \text{m}$
Violeta	$380 \cdot 10^{-9} \text{m}$

- a) 2000 K      b) 4000 K      c) 6000 K      d) 7000 K      e) 9000 K

**5.1.3 (UFRN)** A radiação térmica proveniente de uma fornalha de altas temperaturas em equilíbrio térmico, usada para fusão de materiais, pode ser analisada por um espectrômetro. A intensidade da radiação emitida pela fornalha, a uma determinada temperatura, é registrada por esse aparato em função do comprimento de onda da radiação. Daí se obtém a curva espectral apresentada na figura:



A análise desse tipo de espectro levou o físico alemão Wilhelm Wien, em 1894, a propor que, quando a intensidade da radiação emitida é máxima, o comprimento de onda associado obedece à expressão:  $\lambda_{m\acute{a}x} \cdot T \approx 3 \cdot 10^3 (\mu\text{mK})$ , em que  $\lambda_{m\acute{a}x}$  é o comprimento de onda do máximo da curva espectral e T é a temperatura da fornalha para um determinado espectro. De acordo com essas informações, é correto afirmar que a temperatura da fornalha é, aproximadamente,

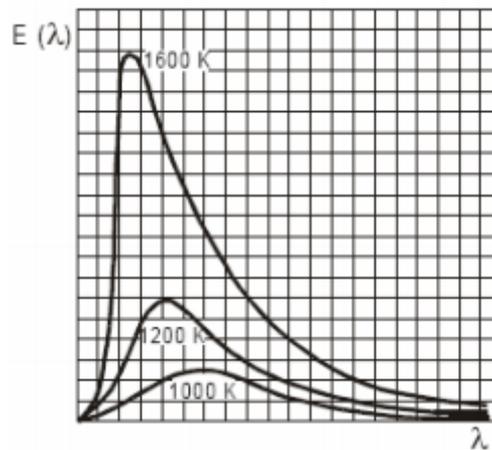
- a) 2000 K e que  $\lambda_{m\acute{a}x}$  aumenta quando a temperatura aumenta.  
 b) 1500 K e que  $\lambda_{m\acute{a}x}$  diminui quando a temperatura diminui.  
 c) 2000 K e que  $\lambda_{m\acute{a}x}$  diminui quando a temperatura aumenta.  
 d) 1500 K e que  $\lambda_{m\acute{a}x}$  aumenta quando a temperatura diminui.

**5.1.4 (MEC)** Em 1900, Max Planck apresenta à Sociedade Alemã de Física um estudo, onde, entre outras coisas, surge a ideia de quantização. Em 1920, ao receber o prêmio Nobel, no final do seu discurso, referindo-se às ideias contidas naquele estudo, comentou: "O fracasso de todas as tentativas de lançar uma ponte sobre o abismo logo me colocou frente a um dilema: ou o quantum de ação era uma grandeza meramente fictícia e, portanto, seria falsa toda a dedução da lei da radiação, puro jogo de fórmulas, ou na base dessa dedução havia um conceito físico verdadeiro. A admitir-se este último, o quantum tenderia a desempenhar, na física, um papel fundamental... destinado a transformar por completo nossos conceitos físicos que, desde que Leibnitz e Newton estabeleceram o cálculo infinitesimal, permaneceram baseados no pressuposto da continuidade das cadeias causais dos eventos. A experiência se mostrou a favor da segunda alternativa." (Adaptado de Moulton, F.R. e Schiffers, J.J. Autobiografia de la ciencia. Trad. Francisco A. Delfiane. 2 ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1986. p. 510)

O referido estudo foi realizado para explicar:

- a) a confirmação da distribuição de Maxwell-Boltzmann, de velocidades e de trajetórias das moléculas de um gás.
- b) a experiência de Rutherford de espalhamento de partículas alfa, que levou à formulação de um novo modelo atômico.
- c) o calor irradiante dos corpos celestes, cuja teoria havia sido proposta por Lord Kelvin e já havia dados experimentais.
- d) as emissões radioativas do isótopo Rádio-226, descoberto por Pierre e Marie Curie, a partir do minério chamado "pechblenda".
- e) o espectro de emissão do corpo negro, cujos dados experimentais não estavam de acordo com leis empíricas até então formuladas.

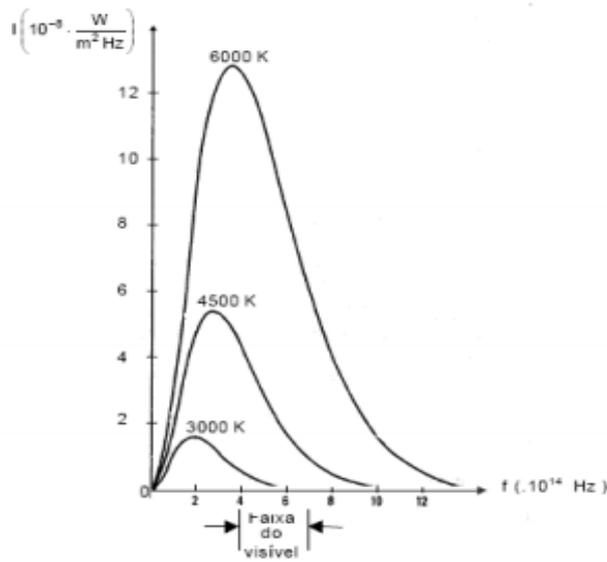
**5.1.5 (MEC)** No gráfico ao lado estão representadas três curvas que mostram como varia a energia emitida por um corpo negro para cada comprimento de onda,  $E(\lambda)$ , em função do comprimento de onda  $\lambda$ , para três temperaturas absolutas diferentes: 1000 K, 1200 K e 1600 K.



Com relação à energia total emitida pelo corpo negro e ao máximo de energia em função do comprimento de onda, pode-se afirmar que a energia total é:

- proporcional à quarta potência da temperatura e quanto maior a temperatura, menor o comprimento de onda para o qual o máximo de energia ocorre.
- proporcional ao quadrado da temperatura e quanto maior a temperatura, maior o comprimento de onda para o qual o máximo de energia ocorre.
- proporcional à temperatura e quanto maior a temperatura, menor o comprimento de onda para o qual o máximo de energia ocorre.
- inversamente proporcional à temperatura e quanto maior a temperatura, maior o comprimento de onda para o qual o máximo de energia ocorre.
- inversamente proporcional ao quadrado da temperatura e quanto maior a temperatura, maior o comprimento de onda para o qual o máximo de energia ocorre.

**5.1.6 (UFRN)** As lâmpadas incandescentes são pouco eficientes no que diz respeito ao processo de iluminação. Com intuito de analisar o espectro de emissão de um filamento de uma lâmpada incandescente, vamos considerá-lo como sendo semelhante ao de um corpo negro (emissor ideal) que esteja à mesma temperatura do filamento (cerca de 3000 K). Na figura, temos o espectro de emissão de um corpo negro para diversas temperaturas.

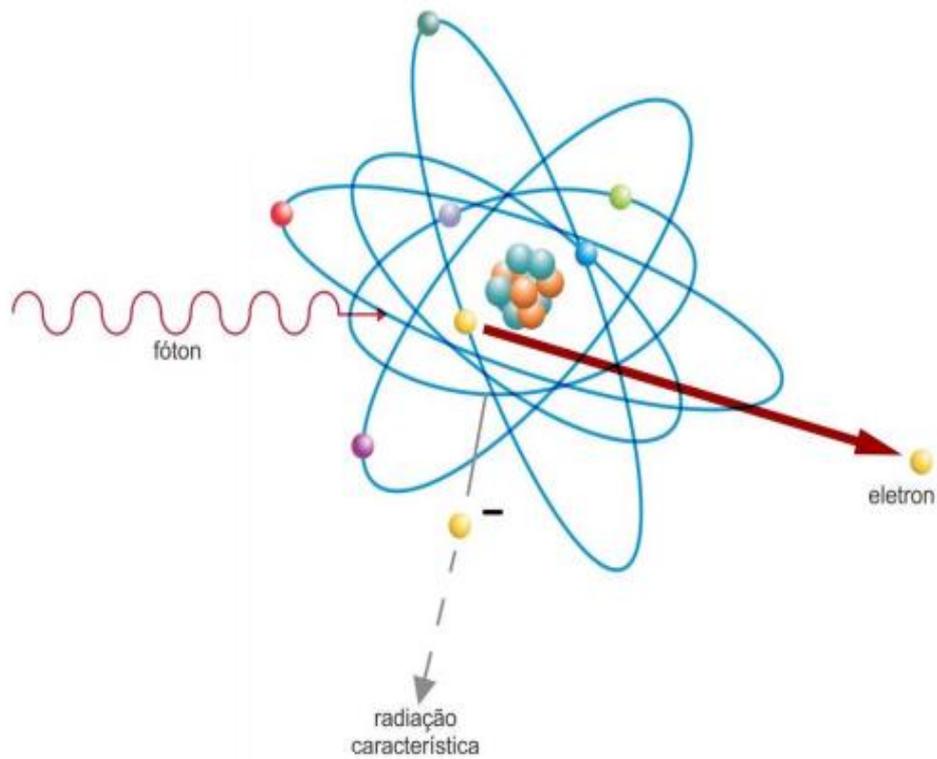


Diante das informações e do gráfico, podemos afirmar que, tal como um corpo negro, a) os fótons mais energéticos emitidos por uma lâmpada incandescente ocorrem onde a intensidade é máxima.

b) a frequência em que ocorre a emissão máxima independe da temperatura da lâmpada.

c) a energia total emitida pela lâmpada diminui com o aumento da temperatura.

d) a lâmpada incandescente emite grande parte de sua radiação fora da faixa do visível.



representação do efeito fotoelétrico (MENDONÇA, 2015)

SEXTA SEMANA – AULAS 11 E 12

## 6. AULAS 11 E 12

Nessas aulas serão apresentados os seguintes tópicos:

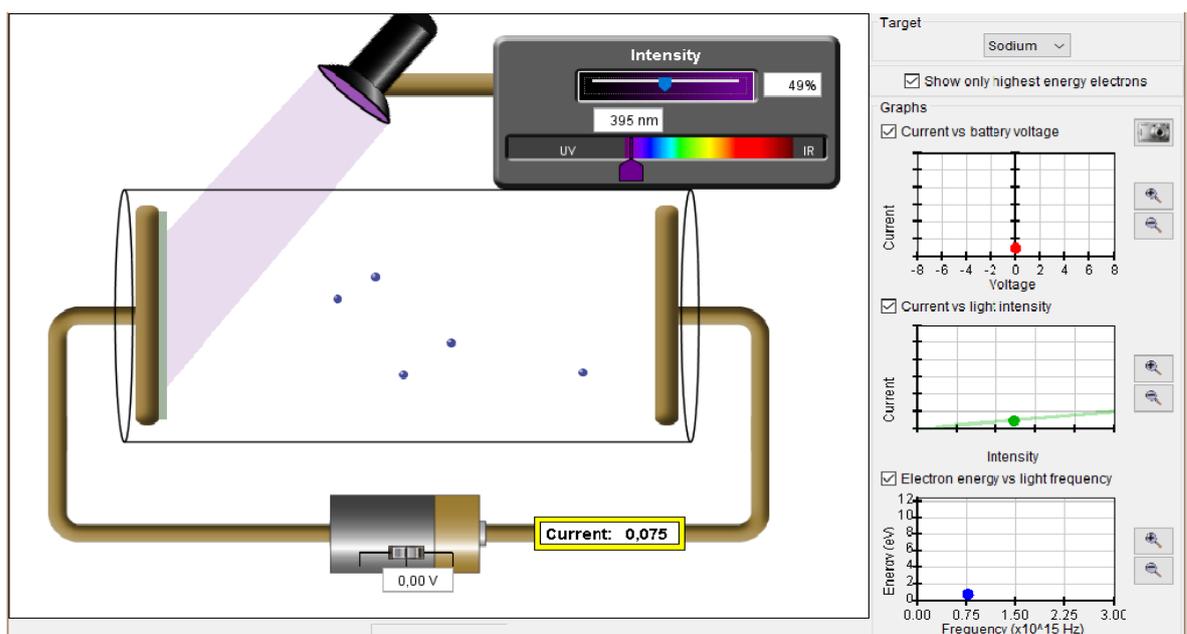
- Efeito fotoelétrico;
- Conceito de fóton;
- Relação entre energia e frequência da radiação.

Importante ressaltar a função trabalho como dependente de cada material escolhido. A frequência de corte e, também, o comprimento de onda de corte, devem estar presentes para melhor compreensão sobre o efeito fotoelétrico.

A natureza dual da luz deve ser mais uma vez ressaltada para que o aluno possa compreender que nenhum dos modelos, corpuscular ou ondulatório, deve ser tratado isoladamente.

As atividades abaixo são indicadas para serem realizadas após a aula:

**6.1** Simulação com variação de radiação incidente, intensidade de radiação e de material utilizado para incidir a radiação. É um momento de observações e questionamentos:



<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric>

## 6.2 EXERCÍCIOS – EFEITO FOTOELÉTRICO

**6.1.1 (UFC)** Quanto ao número de fótons existentes em 1 joule de luz verde, 1 joule de luz vermelha e 1 joule de luz azul, podemos afirmar, corretamente, que:

- a) Existem mais fótons em 1 joule de luz verde que em 1 joule de luz vermelha e existem mais fótons em 1 joule de luz verde que em 1 joule de luz azul.
- b) Existem mais fótons em 1 joule de luz vermelha que em 1 joule de luz verde e existem mais fótons em 1 joule de luz verde que em 1 joule de luz azul.
- c) Existem mais fótons em 1 joule de luz azul que em 1 joule de luz verde e existem mais fótons em 1 joule de luz vermelha que em 1 joule de luz azul.
- d) Existem mais fótons em 1 joule de luz verde que em 1 joule de luz azul e existem mais fótons em 1 joule de luz verde que em 1 joule de luz vermelha.
- e) Existem mais fótons em um joule de luz vermelha que em 1 joule de luz azul e existem mais fótons em 1 joule de luz azul que em 1 joule de luz verde.

**6.1.2 (UFSC)** 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".

- a) Dê como resposta a soma das alternativas corretas.
- b) Justifique.

### 6.1.3 (UEPB)

*“Quanta do latim”*

*Plural de quantum*

*Quando quase não há*

*Quantidade que se medir*

*Qualidade que se expressar*

*Fragmento infinitésimo*

*Quase que apenas mental...”*

**(Gilberto Gil)**

O trecho acima é da música **Quanta, que faz referência ao quanta**, denominação atribuída aos pequenos pacotes de energia emitidos pela radiação eletromagnética, segundo o modelo desenvolvido por Max Planck, em 1900. Mais tarde Einstein admite que a luz e as demais radiações eletromagnéticas deveriam ser consideradas como um feixe desses pacotes de energia, aos quais chamou de fótons, que significa “partículas de luz”, cada um transportando uma quantidade de energia.

Adote,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  e  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

Com base nas informações do texto acima, pode-se afirmar que:

- a) quando a frequência da luz incidente numa superfície metálica excede um certo valor mínimo de frequência, que depende do metal de que foi feita a superfície, esta libera elétrons;
- b) as quantidades de energia emitidas por partículas oscilantes, independem da frequência da radiação emitida;

- c) saltando de um nível de energia para outro, as partículas não emitem nem absorvem energia, uma vez que mudaram de estado quântico;
- d) a energia de um fóton de frequência 100 MHz é de  $663 \cdot 10^{-28}$  eV;
- e) o efeito fotoelétrico consiste na emissão de fótons por uma superfície metálica, quando atingida por um feixe de elétrons.

#### 6.1.4 (MEC)

O efeito fotoelétrico contrariou as previsões teóricas da física clássica porque mostrou que a energia cinética máxima dos elétrons, emitidos por uma placa metálica iluminada, depende:

- a) exclusivamente da amplitude da radiação incidente.
- b) da frequência e não do comprimento de onda da radiação incidente.
- c) da amplitude e não do comprimento de onda da radiação incidente.
- d) do comprimento de onda e não da frequência da radiação incidente.
- e) da frequência e não da amplitude da radiação incidente.

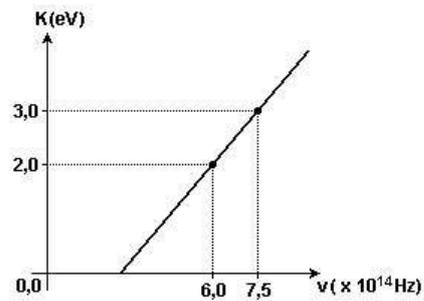
#### 6.1.5 (UFG-GO)

Para explicar o efeito fotoelétrico, Einstein, em 1905, apoiou-se na hipótese de que:

- a) a energia das radiações eletromagnéticas é quantizada.
- b) o tempo não é absoluto, mas depende do referencial em relação ao qual é medido.
- c) os corpos contraem-se na direção de seu movimento.
- d) os elétrons em um átomo somente podem ocupar determinados níveis discretos de energia.
- e) a velocidade da luz no vácuo corresponde à máxima velocidade com que se pode transmitir informações.

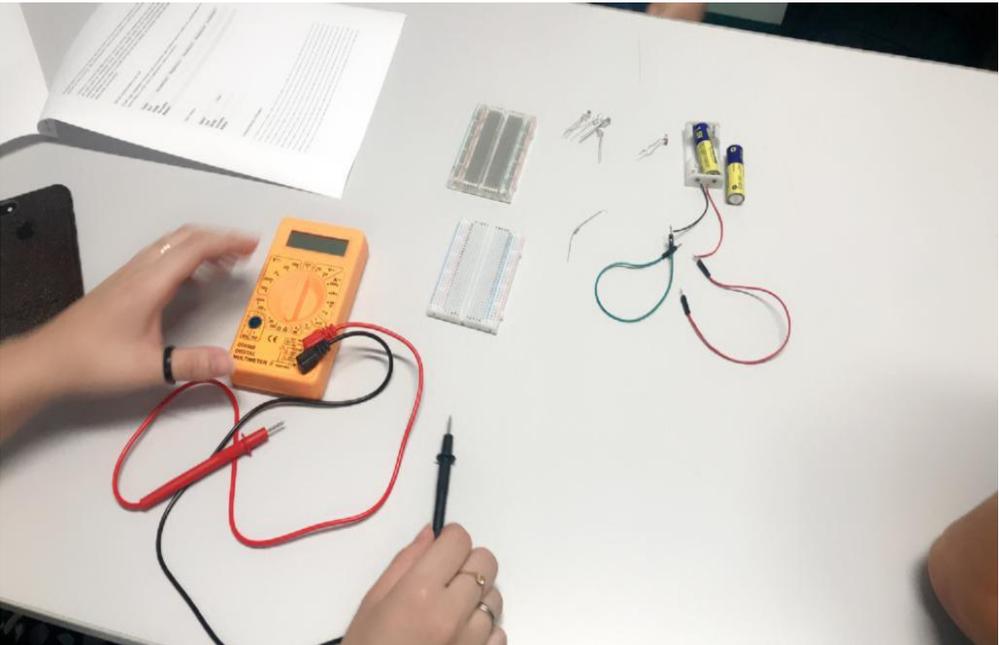
**6.1.6 (UFC)** O gráfico mostrado a seguir resultou de uma experiência na qual a superfície metálica de uma célula fotoelétrica foi iluminada, separadamente, por duas fontes de luz monocromática distintas, de frequências  $f_1 = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  e  $f_2 =$

$7,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ , respectivamente. As energias cinéticas máximas,  $K_1 = 2,0 \text{ eV}$  e  $K_2 = 3,0 \text{ eV}$ , dos elétrons arrancados do metal, pelos dois tipos de luz, estão indicadas no gráfico. A reta que passa pelos dois pontos experimentais do gráfico obedece à relação estabelecida por Einstein para o efeito fotoelétrico, ou seja,  $K = hf - \Phi$ , onde  $h$  é a constante de Planck e  $\Phi$  é a chamada função trabalho, característica de cada material. Baseando-se na relação de Einstein, o valor calculado de  $\Phi$ , em elétron-volts, é:



- a) 1,3      b) 1,6      c) 1,8      d) 2,0      e) 2,3

**EXPERIMENTO: OBSERVAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO  
ATRAVÉS DA VARIACÃO DA RESISTÊNCIA**



**SÉTIMA SEMANA – AULAS 13 E 14**

## 7. AULAS 13 E 14

O experimento foi escolhido para dar aporte ao conceito aprendido sobre efeito fotoelétrico, a saber por influência da radiação luminosa incidente na ejeção de partículas, através da variação da resistência elétrica de um LDR (*Light Dependent Resistor*).

O LDR é um dispositivo eletrônico cuja resistência elétrica diminui com a exposição à radiação luminosa. Ao receber iluminação, a energia dos elétrons da camada de valência (última camada do átomo) é aumentada, favorecendo o aumento de elétrons livres devido à aquisição de energia. Isso faz com que a resistência elétrica do LDR diminua.

A percepção do aluno sobre o efeito fotoelétrico se dará através de comparações com valores medidos da resistência elétrica do LDR sob a incidência de radiações luminosas obtidas de LEDs e na ausência da luz (escuro). Uma opção didática é entregar o material experimental ao grupo de estudantes e permitir que os próprios alunos percebam a necessidade de manter o emissor de luz e o receptor no escuro.

Para realizar a prática, escolha uma sala que fique totalmente escurecida quando os interruptores das lâmpadas forem desligados. A turma deve ser dividida em grupos. Cada grupo deve ter acessível os seguintes materiais:



Figura 1 – Um LDR



Figura 2 – Um resistor de cerâmica

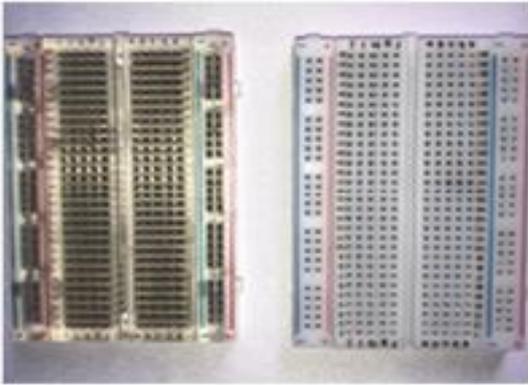


Figura 3 – Duas protoboards



Figura 4 – Quatro LEDs coloridos



Figura 5 – Duas pilhas AA 1,5 V



Figura 6 – Um multímetro

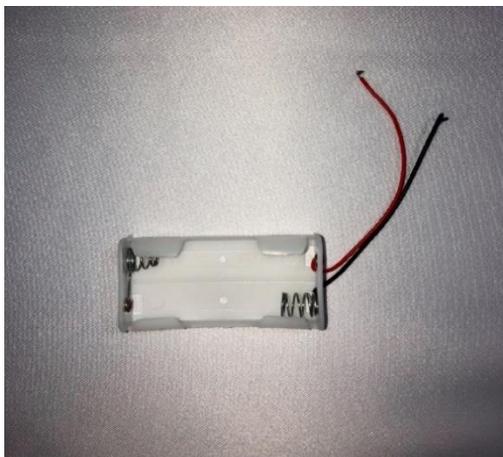


Figura 7 – Um suporte para duas pilhas AA

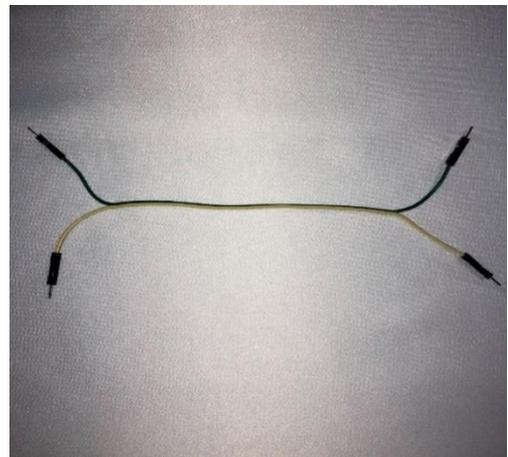


Figura 8 – Dois jumpers

## 7.1 MONTAGEM E PRÁTICA

Num circuito elétrico, o resistor pode ser utilizado para transformar energia elétrica em térmica ou, tão somente, reduzir a corrente elétrica. No primeiro momento, os alunos têm contato com o resistor de cerâmica (figura 4) e com o multímetro (figura 6). Dessa forma, é possível familiarizarem-se com o componente eletrônico e obter agilidade com o multímetro.

Para leitura da resistência do resistor de cerâmica (figura 4) e da resistência do LDR, é necessário posicionar o multímetro na posição ohmímetro e conectar os fios na base do resistor, verificar se o fundo de escala é adequado e anotar. Se não for adequado, será necessário trocar a escala do marcador de resistência, até achar um valor que seja suficiente. Essas medidas devem ser repetidas cinco vezes e o valor da resistência elétrica será obtido através de média aritmética simples.

Após a leitura através do multímetro, o método do código de cores é utilizado, de acordo com a figura 9, para leitura da resistência elétrica do resistor de cerâmica.

### *O código de cores (quatro faixas)*

Cores	1ª faixa (primeiro dígito)	2ª faixa (segundo dígito)	3ª faixa (multiplicador)	4ª faixa (tolerância)
Preto	-	0	1	-
Marrom	1	1	10	± 1%
Vermelho	2	2	100	± 2%
Laranja	3	3	1000	-
Amarelo	4	4	10000	-
Verde	5	5	100000	± 0,5%
Azul	6	6	1000000	± 0,25%
Violeta	7	7	-	± 0,1%
Cinza	8	8	-	-
Branco	9	9	-	-
Ouro	-	-	0,1	± 5%
Prata	-	-	0,01	± 10%
Sem cor				± 20%

*Figura 9 - Clube da eletrônica - Clodoaldo Silva*

Para medir a resistência através do código de cores, à primeira faixa de cor deve ser associado o primeiro número da resistência e, à segunda faixa de cor, o segundo número da resistência. Na terceira faixa, é necessário realizar uma multiplicação dos dois primeiros números pelo fator multiplicador da terceira faixa. Após o término da

medida, deve-se calcular a tolerância do resistor e acrescentá-la ao valor já obtido. Veja um exemplo:



1ª Faixa (primeiro dígito):	Vermelho = 2
2ª Faixa (segundo dígito):	Violeta = 7
3ª Faixa (multiplicador):	Marrom = x 10
Valor obtido:	270 Ω
4ª Faixa (tolerância):	Dourado = ± 5% = 13,5 Ω

Portanto, a resistência poderá variar de 256,5 Ω a 283,5 Ω.

Após realizadas as medidas do resistor através do multímetro e pelo código de cores (vide figura 9), com o intuito de certificar suas medidas, os grupos debatem a montagem do experimento sobre efeito fotoelétrico.

As placas de ensaio ou *protoboards* (figura 1) servem para montagem de circuitos eletrônicos sem uso de solda. Contém furos para inserção dos componentes eletrônicos e conexões condutoras. A praticidade e o baixo custo foram os motivos da escolha desse componente.

Os LEDs (figura 2) são utilizados individualmente, adaptados na *protoboard*, com a verificação se todos funcionam adequadamente com o posicionamento correto, com os polos positivos e negativos dos LEDs coincidindo, respectivamente, com os polos positivos e negativos da bateria. Essa verificação é importante, pois alguns LEDs talvez precisem ser substituídos por estarem queimados. Caso não sejam verificados, podem comprometer a prática do Efeito Fotoelétrico.

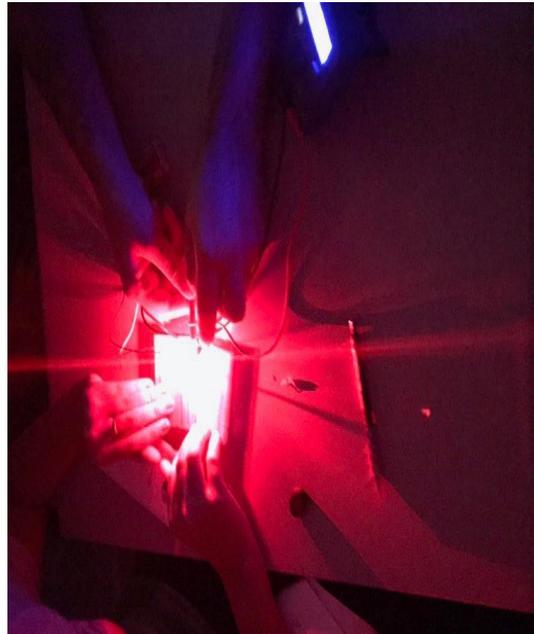
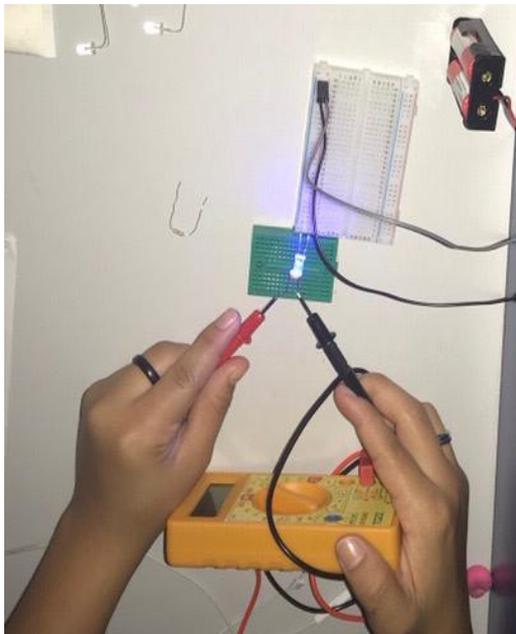
O LDR (*Light Dependent Resistor*) é um componente cuja resistência varia de acordo com a intensidade da luz (figura 3). Quanto mais luz incidir sobre o componente, menor a resistência elétrica que ele apresentará. Ele deve ser fixado em outra *protoboard*, posicionado de tal forma que a radiação luminosa do LED incida sobre ele. A resistência do LDR deve ser medida cinco vezes com o multímetro colocado na

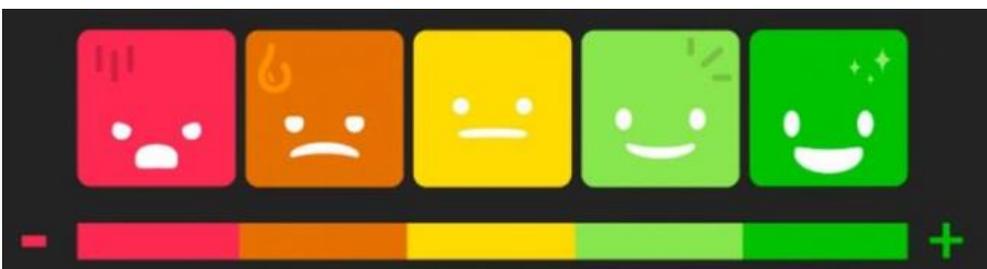
posição ohmímetro para cada radiação luminosa diferente, cujo resultado é a média aritmética simples.

O aluno perceberá que os valores da resistência do LDR variam de acordo com a cor do LED utilizado e, principalmente, uma variação muito maior quando o LDR não estiver sob influência de radiação luminosa.

Média dos valores da resistência elétrica, semelhante à que foi feita com o resistor de cerâmica, deve ser feita com o LDR. Para isso, basta conectar as pilhas (figura 5), através do suporte de pilhas, na *protoboard* com os LEDs acesos um por vez. Para acender os LEDs, o suporte de pilhas AA (figura 7) foi conectado à *protoboard* através dos *jumpers* (figura 8), que são pequenos condutores utilizados para conexão em circuitos eletrônicos.

À medida que o LED acender, o LDR, que está encaixado em outra *protoboard*, deve ser aproximado da iluminação do LED. Novamente, o multímetro na escala de medida de resistência será utilizado para fornecer os valores da resistência em todas as medidas. Para a medida da resistência de cada LED, deve ser adotado o método já descrito, com a leitura realizada cinco vezes para cada LED e a média aritmética simples de cada. Medida similar também será feita com a ausência de radiação luminosa.





[www.questionpro.com](http://www.questionpro.com)

OITAVA SEMANA – AULAS 15 E 16

## 8. AULAS 15 E 16

Para comparação e análise com os resultados obtidos no questionário de entrada, aplique após a sequência didática das aulas anteriores o mesmo questionário utilizado nas aulas iniciais.

O tempo e a forma da aplicação, seguirão os mesmos moldes desenvolvidos nas aulas 01 e 02.

Catalogue os dados dos questionários e, após término do processo, converse com os alunos sobre o trabalho desenvolvido e analise conjuntamente as respostas obtidas. Deixe-os expressar os sentimentos que estão presentes nessa aquisição de conhecimento e na construção da afetividade presente no ensino de física.

Pergunte sobre o que mais gostaram, qual foi o maior incentivo que tiveram nesse processo, se gostariam que o próximo conteúdo fosse ministrado de forma análoga... Dessa forma, ficará mais perceptível o resultado da proposta desenvolvida.

## REFERÊNCIAS

BONADIMAN, H., NONENMACHER, S. E. B. **O Gostar e o Aprender no Ensino de Física: Uma proposta Metodológica.** In: Caderno Brasileiro de Ensino de Física – SBF: Sociedade Brasileira de Ensino de Física. v. 24, n. 2, p. 194 – 223, ago. 2007.

CAVALCANTE, M. A. et al. **Efeito fotoelétrico no desenvolvimento de competências e habilidades.** Física na escola, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 24-29, maio 2002.

COELHO, J. V. **Mecânica quântica.** Cuiabá. Editora Universitária, p. 22-27, 1993.

EISBERG, R; RESNICK, R. **Física quântica - átomos, moléculas e partículas.** Editora Campus. p.19 – 10, 1994.

FÍSICA E VESTIBULAR. **Física e vestibular universidades.** Disponível em: <<http://fisicaevestibular.com.br>>. Acesso em: 13 jul. 2018.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. S. **Física 4.** 4 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1996.

HECKLER V., SARAIVA M. F.; FILHO K. S. O. **Uso de Simuladores, Imagens e Animações como Ferramentas Auxiliares no Ensino/Aprendizagem de Óptica.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2007.

<<https://www1.folha.uol.com.br/ilustrissima/2015/05/1632439-do-que-a-luz-e-feita-e-seus-misterios.shtml>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem** – São Paulo: EPU, 1999.

SILVA, L. F.; ASSIS, A. **Física moderna no ensino médio: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 313–324, 2012.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. **Ensinando Física Moderna no segundo grau: Efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.15, n.2, p. 121-135, 1998.