



FERNANDO FELICIANO GUIMARÃES

Produto Educacional

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DA RADIAÇÃO DO
CORPO NEGRO NO ENSINO MÉDIO**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo 32, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista
Coorientador: Prof. Dr Gilson Junior
Schiavon

CAMPO MOURÃO
2018

1 APRESENTAÇÃO

Devido ao cenário educacional e aos avanços tecnológicos nos quais a sociedade está inserida, entende-se a necessidade de refletir e buscar por técnicas e estratégias de ensino que despertem e promovam uma aprendizagem significativa. Por muitos anos a transmissão de conhecimentos tem sido pautada somente em teorias, contudo, a experimentação não encontra lugar nessa aprendizagem passiva, e, no entanto, essas abordagens não podem ser tratadas dicotomicamente, uma é alicerce da outra, dando sentido e significado aos conhecimentos adquiridos.

Muitas vezes, a falta de material pedagógico e o despreparo do docente na formação acadêmica acabam limitando o educador na preparação de suas aulas.

Assim como cita Seré (2003), a experimentação proporciona um sentido à linguagem formal, levando o aprendente a um universo com significado e entendimento, interpretando o que antes era abstrato.

Para Piaget (1976), a assimilação do concreto se sobrepõe aos entendimentos gerados pelo abstrato, e se a mente do indivíduo funciona de tal maneira, a experimentação se torna um inigualável recurso de mediação do conhecimento, auxiliando o educando a alcançar um aprendizado significativo.

Ainda que os atuais professores tenham estudado em escolas do século XXI, suas práticas pedagógicas não acompanharam a mudança do século no qual hoje estão inseridos, pois os modelos apresentados em suas aulas refletem as práticas tradicionais das décadas passadas, no qual os modelos de ensino eram baseados apenas em instrumentos de repetição. (Thorndike 1913).

Na maioria dos casos os professores repassam suas informações da mesma maneira que as aprenderam, de uma forma matematizada e sem qualquer relação com o que o indivíduo presencia em seu dia-a-dia, desmotivando o aprendiz a buscar qualquer forma de entendimento.

Um dos maiores desafios do educador na atualidade é promover a aprendizagem significativa, fazendo com que a nova informação ancore em conhecimentos já existentes, estabelecendo analogias com ideias que se encontram na estrutura cognitiva do aprendiz. Nessa perspectiva, Moreira argumenta:

(...) não só novo conhecimento adquire significado, mas também o conhecimento anterior fica mais rico, mais elaborado, adquire novos significados. Interação (entre conhecimentos novos e prévios) é a característica chave para aprendizagem significativa (2009, p.31).

Pode-se observar que, ao se apropriar do conhecimento, o aluno interioriza essa nova informação, estabelecendo uma ponte entre conhecimento novo e o adquirido anteriormente.

Ainda, de acordo com Moreira:

O que determina a significatividade da aprendizagem de um novo conhecimento não é a maneira como o aprendiz tem acesso, por recepção ou descoberta, a tal conhecimento, mas o modo como ele é relacionado – literal ou substantivo, arbitrário ou não – à estrutura cognitiva do aprendiz. (2009, p.32).

Nessa perspectiva, esta sequência didática trabalhará com uma proposta experimental e investigativa, uma vez sendo o aluno a parte principal do processo de ensino/aprendizagem.

Um ensino que vise à aculturação científica deve ser tal que leve os estudantes a construir o seu conteúdo conceitual participando do processo de construção e dando oportunidade de aprenderem argumentar e exercitar a razão, em vez de fornecer-lhes seus próprios pontos de vista transmitindo uma visão fechada das ciências (CARVALHO, 2006, p.3).

Ao trabalhar uma atividade experimental, o professor deve aparecer como um facilitador, alguém que leve o educando a pensar, investigar o conteúdo abordado, de maneira que, passo a passo, o próprio aprendiz construa sua rede de conhecimento, tendo oportunidade de conhecer o mundo da ciência com seus próprios olhos.

A peça chave na concepção ausubeliana, para uma aprendizagem significativa, é o professor, é ele que deve “ensinar de acordo” relacionando a nova informação com ideias já conhecidas pelo indivíduo. Como cita Moreira, o professor deve ensinar.

Utilizando princípios facilitadores como a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa e fazendo uso de organizadores prévios para explicitar a racionalidade do novo material com os conceitos subsunçores existentes na estrutura cognitiva do aluno. (MOREIRA, 2009, p.35)

Esta sequência didática tratará o conteúdo sobre radiação do corpo negro, seguindo a proposta apresentada por Ausubel sobre aprendizagem significativa, na qual o professor será o interlocutor entre o que o aluno já sabe e o novo conhecimento adquirido e organizado pelo aprendiz.

2 UMA INTRODUÇÃO À RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO

Quando se pergunta em sala de aula sobre o que é radiação do corpo negro, a resposta mais recorrente é: um objeto na cor preta que emite radiação, pois é isso que a pergunta sugere.

Todo corpo ao ser aquecido libera energia na forma de radiação eletromagnética, e quanto maior for sua temperatura, maior é a energia dessa radiação e, conseqüentemente, maior sua frequência e menor o seu comprimento de onda.

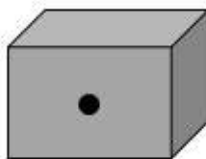
Mas voltando a ideia inicial. O que é corpo negro?

É todo corpo que absorve radiação independentemente da frequência incidida sobre ele. Segundo Valadares (1998), as propriedades de absorção estão relacionadas com formato, acabamento da superfície e material com o que ele é feito. De acordo com Netto (2014), como os corpos negros são excelentes absorvedores de radiação, são também ótimos emissores quando em equilíbrio, possuindo a propriedade de absorver e emitir em uma mesma proporção.

Para entender como um corpo negro se comporta, em 1859, Gustav Kirchhoff, elaborou um modelo representativo que demonstraria uma propriedade muito importante a respeito da emissividade de radiação desse tipo de corpo.

Imagine um objeto cúbico e oco, com apenas uma abertura em uma das suas faces, com mostra a Figura 1:

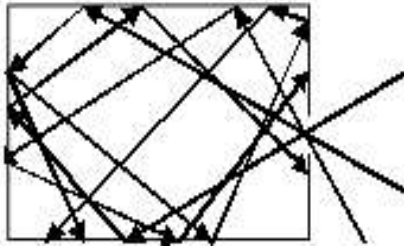
Figura 1: Representação do corpo negro elaborado por Kirchhoff



Fonte: Autoria própria (2017).

Quando a radiação atinge o cubo, parte dela entra pelo orifício e acaba sendo refletida pelas paredes internas desse objeto. A quantidade de radiação que consegue escapar pelo orifício é mínima, e se as paredes desse cubo forem isolantes, não existirá troca de energia com o ambiente por condução. Essa situação, como mostra a Figura 2, descreve com certo grau de exatidão como um corpo negro se comporta ao receber uma quantidade de radiação.

Figura 2: Representação da incidência de radiação em um corpo negro



Fonte: O próprio autor (2017).

A respeito da emissão, pode-se concluir que, ao aquecer esse cubo, seria possível perceber que, no orifício, existe certa liberação de radiação, e quanto maior a temperatura do cubo, mais intensa ela será. É importante salientar que para fazer jus ao nome Corpo Negro. Essa emissão vale para temperaturas baixas, onde a faixa de frequência está no infravermelho, invisível aos sentidos visuais humanos, essa radiação é caracterizada por comprimento de onda entre 700 nm e 50 000 nm (Eleno, 2016)

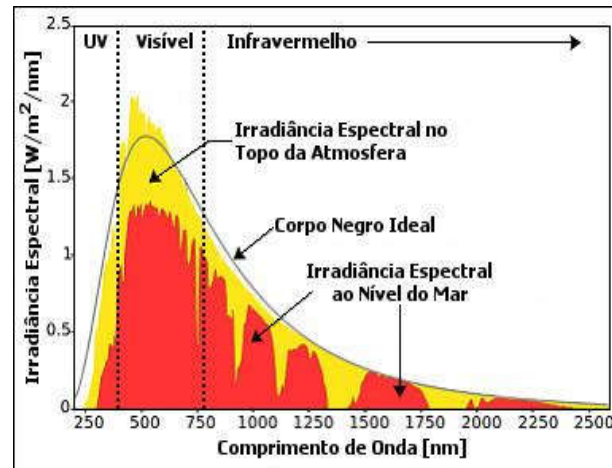
Se o copo for aquecido constantemente, devido à elevada temperatura, chegará um momento em que, ao observar o orifício feito no cubo, será possível não apenas sentir a radiação, mas também enxergá-la, pois passará a ocupar as frequências da luz visível, passando por todas as cores até chegar ao branco onde alcançará elevada temperatura. No momento em que o corpo irradiar na frequência do visível, não fará mais sentido chamá-lo de corpo negro, porque ao olharmos de frente para o orifício, não veremos mais um buraco na cor preta emanando calor, mas uma variação de cores em função de sua temperatura.

Foi através desse experimento que Kirchhoff demonstrou que para corpos negros a emissão de radiação não depende do material com que ele é feito, mas apenas de sua temperatura.

Se o corpo absorve mais radiação do que emite, sua temperatura aumenta, se ele emite mais do que absorve, sua temperatura abaixa. Quando os corpos absorvem e emitem radiação na mesma intensidade dizemos que ele está em equilíbrio com o ambiente onde se encontra. Absorvedores ideais em equilíbrio térmico com o ambiente segundo Kirchhoff são chamados de corpo negro.

Um ótimo exemplo de corpo negro em nível de emissão de radiação são as estrelas, assim como o sol, seu espectro pode ser visto na Figura 3 a seguir, onde a linha contínua mostra o comportamento do corpo negro.

Figura 3: Espectro de radiação do sol.



Fonte: http://recursosolar.geodesign.com.br/Pages/Sol_Rad_Basic_RS.html

A atenuação na irradiância demonstrada acima ocorre devido aos efeitos de absorção, espalhamentos e reflexões ocorridos desde a entrada da radiação solar no topo da atmosfera até atingir o nível mais baixo onde se localiza o nível do mar.

2.1 Catástrofes do ultravioleta

Um dos motivos que levaram os físicos do século XIX a estudar os aspectos da radiação dos corpos incandescentes, é que nessa época a iluminação das cidades europeias era à base de gás e energia elétrica. O desafio dessa geração de pesquisadores era encontrar em material que pudesse fornecer uma grande intensidade luminosa a uma baixa temperatura. Os estudos da radiação térmica e a interpretação dos resultados experimentais levaram a um impasse, as análises não correspondiam com as previsões teóricas. Os estudos realizados para solucionar esse problema levaram a Física a um grau maior de entendimento, podendo ser considerado o marco inicial da física quântica, a explicação da quantização de energia.

O que se sabia de fato naquela época é que corpos a certa temperatura podiam absorver ou emitir radiação, apresentando um espectro com um ou mais picos de

frequências máximas, essas frequências são influenciadas pelo tipo de material que compõe o corpo. De maneira análoga, corpos negros a uma mesma temperatura T emitem radiação com espectros iguais, esses espectros não dependem do material que os compõem, apenas da temperatura a que se encontram.

Foi na tentativa de entender as radiações térmicas que Kirchhoff introduziu o conceito de corpo negro, pois os corpos que possuem coloração escura apresentam grande capacidade de absorção das radiações incidentes sobre eles, esse é o motivo das roupas pretas esquentarem tanto sob a luz do sol.

Tomando como base os estudos de Kirchhoff e os experimentos de Tyndall sobre o aquecimento de um fio de platina, Josef Stefan, em 1879, percebeu que seu resfriamento ou perda térmica por unidade de área era proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta. Essas observações passaram a ser conhecida como Lei de Stefan.

Matematicamente a expressão de Josef Stefan pode ser representada da seguinte forma:

$$I = \frac{P}{A} = P = \sigma T^4 \quad (1)$$

Onde I é a intensidade luminosa, P é a potência total irradiada, T é a temperatura absoluta e σ , ficou conhecida como constante de Stefan, sendo igual a $5,670367 \cdot 10^{-8} \text{ kg.s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$.

A equação acima é válida para corpo negro onde a emissividade $\epsilon = 1$.

Para outros corpos ditos não ideais, a equação de Stefan-Boltzman, que, primeiramente, foi conhecida como lei de Stefan, também é válida, mas com emissividade $0 < \epsilon < 1$, podendo ser reescrita da seguinte forma:

$$P = \epsilon \sigma T^4$$

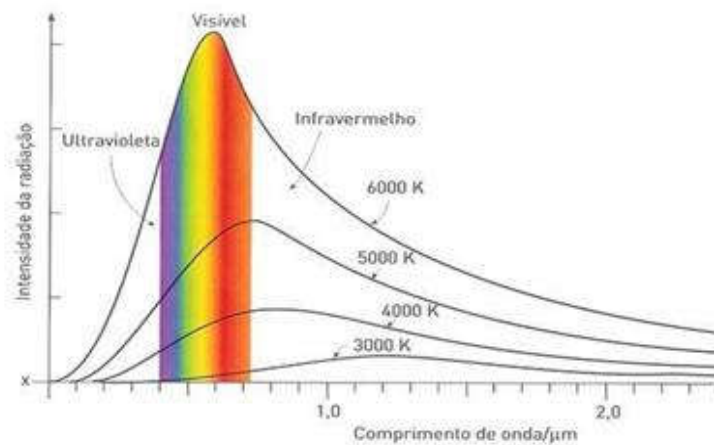
Segundo Perez (2016, p. 17), o enunciado de Josef Stefan foi proposto da seguinte maneira:

A potência total irradiada por unidade de área superficial de um corpo negro é diretamente proporcional à quarta potência de sua temperatura.

Mais tarde, segundo Dahmen (2006), o ex-aluno de Josef Estefan, Ludwig Boltzmann, unindo os estudos de Maxwell sobre eletromagnetismo e seus conhecimentos sobre termodinâmica obteve teoricamente o que seu antigo professor já havia deduzido empiricamente, dessa forma, a lei de Stefan passou a ser conhecida como Lei de Stefan-Boltzman.

Alguns anos depois, em 1893, segundo Perez (2016), Wilhelm Wien propôs o que hoje conhecemos como Lei de Deslocamento de Wien, que demonstra como os corpos negros emitem radiação em função de sua temperatura. A curva dessa equação pode ser vista na figura 4.

Figura 4: Demonstração da curva de Deslocamento de Wien



Fonte: www.estudopratico.com.br/energia-irradiada-lei-do-deslocamento-e-irradiacao-termica/

De acordo com o gráfico, para cada temperatura existe um pico de radiação, quanto maior o comprimento de onda menor é sua intensidade luminosa, por isso se chama Lei de deslocamento, pois à medida que a temperatura aumenta, toda a curva sofre um deslocamento para comprimento de ondas menores.

A lei de Deslocamento pode ser escrita da seguinte forma, “O comprimento de onda máximo irradiado por um corpo negro é inversamente proporcional a sua temperatura”

Matematicamente sua lei pode ser descrita da seguinte forma:

$$\lambda_{m\acute{a}x} T = b \quad (2)$$

Onde $\lambda_{m\acute{a}x}$ representa o comprimento máximo de radiação do corpo negro, T  temperatura absoluta (Kelvin) e b é uma constante conhecida como constante de dispersão de Wien, cujo valor  de $2,8977685 \cdot 10^{-3} \text{ m.k}$

Através dessa equação pode-se estimar a temperatura de um corpo sabendo apenas o comprimento de onda de máxima intensidade corresponde, por exemplo,  cor amarelada do sol apresenta um comprimento de onda, de acordo com o espectro de Newton sobre as cores da luz, de aproximadamente 570 nm, aplicando esse comprimento  equação do deslocamento de Wien, encontra-se:

$$T = 2,898 \cdot 10^{-3} / 570 \cdot 10^{-9}$$

$$T = 5084 \text{ K.}$$

Valor muito próximo para temperatura da superfície do sol que segundo o Observatório Astronmico Frei Rosário, vinculado à Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG,  de aproximadamente 5800K.

Em junho de 1896, Wien, desenvolveu uma função que descreveria a densidade de energia da radiação do corpo relacionando-a com o comprimento de onda. Essa lei foi expressa matematicamente da seguinte forma:

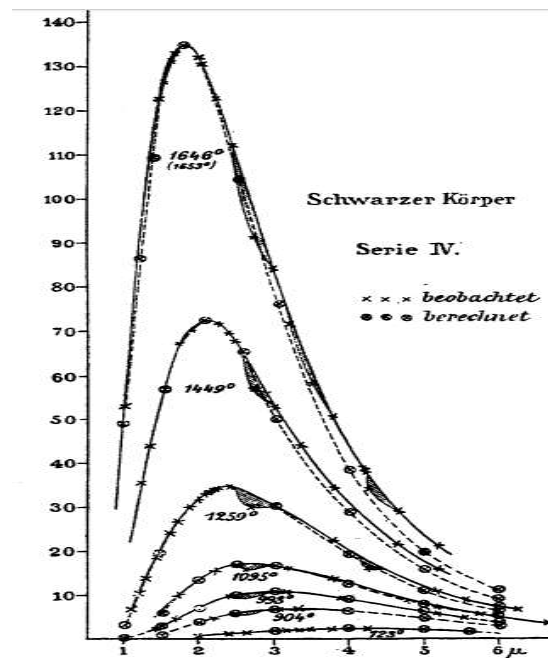
$$I(\lambda, T) = a\lambda^{-5} e^{-c/\lambda T} \quad (3)$$

Onde a e c são constantes.

Segundo Nelson Studart (2000, p.526), houve várias verificações experimentais da lei de Wien, uma das mais cuidadosas foi elaborada por Friedrich Paschen (1865-1947), permitindo determinar a distribuição espectral para qualquer temperatura. Otto Lummer (1860-1925) e Ernst Pringshein (1859-1917), comprovaram a validade da equação de deslocamento (2) encontrando para **b** um valor de 0,294 cm.K.

Os resultados experimentais de Lummer e Pringshein sobre Intensidade espectral como função do comprimento de onda podem ser visualizados na figura 5 a seguir:

Figura 5: Intensidade espectral como função do comprimento de onda



Fonte: http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/apoio/historia/v22_523.pdf

Em junho de 1900 analisando a cavidade descrita por Kirchhoff, o físico John Rayleigh também apresentou um método para calcular a densidade de radiação de um corpo negro em função da temperatura, associando a radiação em equilíbrio com ondas estacionárias e os estudos de Maxwell-Boltzmann sobre equipartição de energia.

Segundo Studart (2000 p.529), “Seu método consistia em calcular o número de ondas estacionárias, ou seja, a distribuição de modos eletromagnéticos permitidos com frequência no intervalo entre ν e $\nu + d\nu$, $N(\nu)d\nu$, dentro da cavidade”.

Sua equação pode ser expressa da seguinte forma:

$$\frac{1}{V} \frac{du}{d\nu} = \text{constante} \cdot T\nu^2 \quad (4)$$

Na equação acima, a constante ainda não havia sido estabelecida, v é o volume da cavidade e $\frac{1}{V} \frac{du}{d\nu}$ é a densidade de energia T é a temperatura absoluta (K).

Mais tarde, em 1905, Rayleigh completa sua equação encontrando a constante que faltava, ficando conhecida como Lei de Rayleigh- Jeans após James Jeans

introduzir um fator de 8, que Rayleigh havia esquecido, essa equação pode ser expressa da seguinte forma:

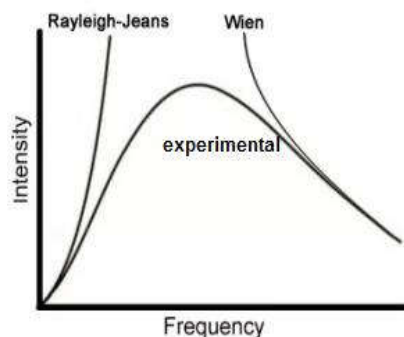
$$\frac{1}{V} \frac{du}{dv} = 8\pi \frac{K_B}{c^3} T v^2 \quad (5)$$

Onde K_B é a constante de Boltzmann e c é a velocidade da luz.

Foi grandioso o avanço alcançado por Wien e Rayleigh em relação à radiação do corpo negro, mas os dados experimentais não estavam em total concordância com suas respectivas equações, a aproximação de Wien tinha validade apenas para baixos comprimentos de ondas (altas frequências) e a equação de Rayleigh funcionava bem, apenas para altos comprimentos de onda (baixas frequências)

Uma ilustração dos dados experimentais em relação a suas equações pode ser vista na figura 6 a seguir:

Figura 6: Comparação da equação para radiação do corpo negro para Wien e Rayleigh



Fonte: Adaptado de <https://paralysisbyanalysis52.wordpress.com>

Este gráfico demonstra com clareza como a equação de Wien se ajusta para altas frequências e a lei de Rayleigh se ajusta para baixas frequências, apesar de demonstrar discrepâncias, Wien conseguiu empiricamente escrever a equação que demonstra uma proporcionalidade entre a frequência e temperatura, quando o corpo emite uma radiação de intensidade máxima (2), o problema é que quando se projeta a equação de Rayleigh para os raios ultravioletas, a emissão explode para o infinito,

essa discordância foi chamada de “**Catástrofe do Ultravioleta**”, que veio ter solução com um grande físico chamado Max Planck.

2.2 A solução de Planck para a catástrofe do ultravioleta

Para encontrar a solução desse problema, Planck tomou como base o modelo de corpo negro descrito por Kirchhoff (1860), no qual associou a oscilação dos átomos que constituíam a parede do recipiente, com osciladores harmônicos.

Segundo Halliday, Resnick e Krane (p.146) /5a edições- Física 4-Ed. LTC.

Ele também supôs que estes osciladores não poderiam oscilar com qualquer energia arbitrária, mas apenas com energias que fossem múltiplas inteiras de $h\nu$, onde ν é a frequência de radiação que estes osciladores absorvem e emitem à medida que interagem com a radiação existente na cavidade.

Foi essa questão de quantidade de energia que Planck modificou, pois antes se acreditava, por meio da Física clássica, que os elétrons poderiam oscilar em qualquer valor de energia de zero a um valor máximo, isso acabava explodindo na Catástrofe do Ultravioleta. O conceito adotado por Planck é que a energia do elétron deveria ser quantizada, ou seja, a energia adquirida por cada elétron deveria variar em quantidades inteiras, e que essa energia dependeria apenas da frequência de oscilação das moléculas. A dependência da quantidade de energia em função da sua frequência pode ser escrita da seguinte forma:

$$E = h\nu \quad (6)$$

Foi nesse período que o conceito de quantum foi introduzido, os osciladores não irradiam energia de forma contínua, mas por pulsos ou pacotes denominados quanta. Nessa expressão, o h é denominado constante de Planck e seu valor é:

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

Segundo Laura Catarina Seco Antunes (2012 p.14), em sua dissertação sobre radiação do Corpo Negro- Lei de Estefan Boltzmann, “A solução de Planck resulta em

substituir na fórmula de Rayleigh - Jeans, a energia média clássica correspondente a cada modo do campo, o valor $K_B T$, por uma nova expressão”

$$K_B T = \frac{hc}{\lambda} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda K_B T}} - 1} = \frac{E_\lambda}{e^{\frac{E_\lambda}{K_B T}} - 1} \quad (7)$$

Onde $\frac{hc}{\lambda}$ é a quantidade de energia discreta apresentada por cada modo de oscilação ou pulso. O grande trabalho de Planck era ajustar uma equação que expressasse os dados experimentais da distribuição espectral da radiação, esse grande feito foi então apresentado à comunidade científica em 19 de Outubro de 1900. Esse foi o primeiro passo ao que conhecemos hoje como Física Quântica, sendo um dos maiores marcos no campo dessa ciência.

A forma mais completa da equação de Planck pode ser descrita da seguinte forma:

$$R(\lambda) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda K_B T}} - 1} \quad (8)$$

Onde: R = radiância espectral.

T = Temperatura do corpo Negro (K).

h = Constante de Planck (J/HZ)

e = Número de Euler

c = Velocidade da luz

K_B = Constante de Boltzmann (Joule / Kelvin)

O comprimento de onda tem relação com sua frequência;

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (9)$$

A Lei de Planck pode ser escrita para densidade espectral ficando da seguinte forma:

$$u = \frac{8\lambda h v^3}{c^3} \left\{ \exp\left(\frac{hv}{KT}\right) - 1 \right\}^{-1} \quad (10)$$

Ou

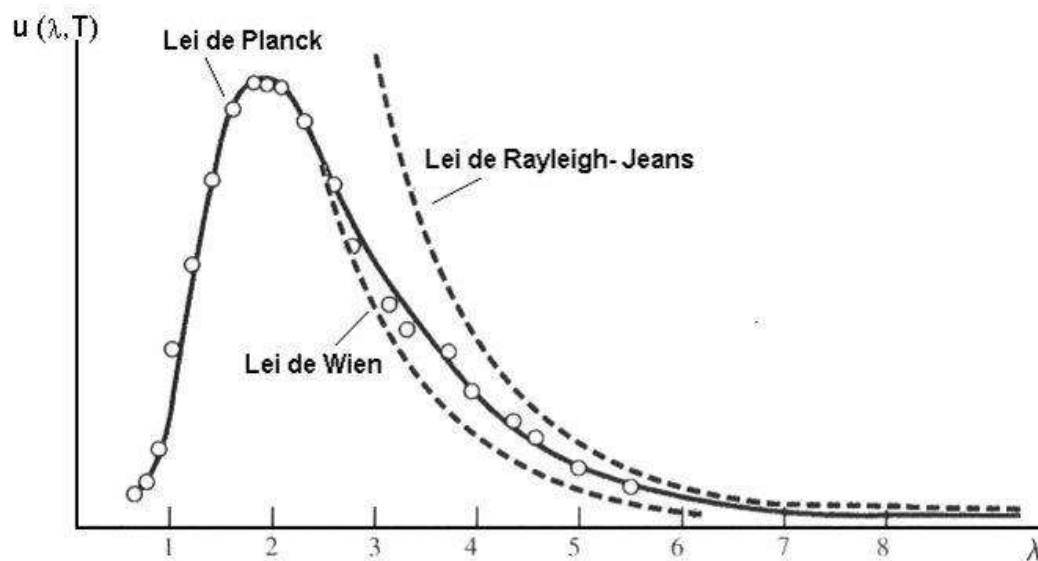
$$p(\nu) = \frac{N\nu}{V} U(\nu, T) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{KT}} - 1} = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{KT}} - 1} \quad (11)$$

Ou ainda em função do comprimento de onda:

$$U(\lambda, T) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda T}} - 1} \quad (12)$$

O gráfico que compara as Leis de Rayleigh-Jeans e Wien com a Lei de Planck pode ser visto na figura 7 a seguir:

Figura7: Comparação da Curva de radiação emitida por um Corpo Negro



Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/2884196/>

De acordo com o gráfico, percebe-se que a Lei de Wien e Rayleigh-Jeans, falha em algumas projeções, enquanto que para a Lei de Planck, representado pelos pequenos círculos, ajusta-se perfeitamente aos dados experimentais.

3 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Um dos fatores que promovem o distanciamento entre teoria e experimentação dentro do âmbito escolar é a falta de apoio, materiais e suportes pedagógico, na falta desses recursos torna-se impossível o desenvolvimento de metodologias que favoreçam a união entre atividades experimentais e teóricas.

Pesando em como lidar com o presente cenário educacional, o material apresentando neste trabalho se constitui em uma sequência didática que servirá para auxiliar o professor nas aulas de Radiação do Corpo Negro, experimentação de absorção e experimentação para comprovação dos raios infravermelhos, promovendo um encurtamento entre o conhecimento prévio de aluno e o novo saber por meio da experimentação.

Segundo Kobashiwaga (*et. al*, 2008, *apud* Batista 2016, p.41), sequência didática é o “conjunto de atividades, estratégias e intervenções planejadas etapa por etapa pelo docente para que o entendimento do conteúdo ou tema proposto seja alcançado pelos discentes”

Ao preparar uma sequência didática, o educador deve ter em mente qual o objetivo desse material e o que se espera que os alunos saibam no final dessa aplicação.

Nesta concepção, Zabala (1998) divide os conteúdos da seguinte forma:

Primeira: Conteúdos conceituais - estabelece a relação com o que se deve saber. Exemplos: sistema alfabético, fotossíntese, divisão, astronomia. Esses se caracterizam por uma construção pessoal, como pensar, comparar, compreender e estabelecer relações.

Segunda: Conteúdos procedimentais - faz referência ao que se deve saber fazer. Exemplos: dirigir carro, cozinhar, grafia das letras. Esses se caracterizam pela frequência com que se realiza. Nessa etapa é muito importante a ajuda daquele que já sabe tal conteúdo.

Terceira: Conteúdos atitudinais - esse explicita como se deve ser. Exemplos: responsabilidade, hábito de leitura, solidariedade. Essa etapa só se concretiza se os alunos vivenciarem situações que representem esses valores (ZABALA, 1998 *apud* BATISTA, 2016, p. 24).

É importante promover uma atividade educacional que tenha como centro o aprendiz, é ele o motivo dos estudiosos pesquisarem o método de assimilação de conhecimentos. O aprendiz não pode mais ser tratado como um recipiente vazio e de formato definido, são várias as vivências e tradições que cada um carrega consigo, por isso é que devemos, ao ensinar, considerar o que aprendente sabe e carrega de

conhecimentos, esses saberes podem se mostrar um poderoso aliado na elaboração de uma proposta de atividade.

Um dos maiores problemas observados a respeito do método tradicional de ensino é que este trata os conteúdos de forma acabada, não oportunizando a formulação de conceitos e conclusões por parte dos alunos. Neste método, segundo Batista (2016), o aprendiz se comporta passivamente, acumulando as informações apresentadas pelo educador, que muitas vezes não apresentam uma aprendizagem significativa, por se tratar de mera memorização passageira dos conhecimentos.

Muitos dos modelos de ensino abordados pelos educadores, diz respeito a própria formação, foram educados tradicionalmente e se utilizam dessa referência, como reforça Batista:

Esse tipo de ensino comumente reproduzido nas escolas tem uma ligação direta com a formação inicial desse professor e principalmente com suas experiências vividas ao longo de sua vida escolar, o que compõe o que já chamamos de saberes docentes, (2006, p.21)

É neste sentido que se faz necessário o estudo das teorias de aprendizagem, para que as novas concepções de ensino sejam também repassadas aos futuros educadores. Como abordar um conteúdo de maneira a provocar uma aprendizagem significativa e que sirva de exemplo para os professores de amanhã?

Segundo Batista:

[...] acreditamos que, com um planejamento e um conjunto de atividades estruturadas, como o que se propõe na aplicação de uma sequência didática, seja possível alcançar os futuros professores de ciências dos anos iniciais (2016 p.21).

O que se percebe é que, ao mudar as estratégias de ensino, não se afeta somente o aprendiz, mas também os futuros profissionais da educação, que podem aprender com os novos exemplos de se construir conhecimento.

O quadro 1 apresenta de forma geral a estrutura e os objetivos da sequência didática proposta.

Quadro 1: Estrutura da sequência didática

Disciplina: Física	Série: 3º ano - Ensino Médio
---------------------------	-------------------------------------

Tema: Física Moderna	Conteúdo Básico: Radiação do Corpo Negro
Nº de aulas previstas:	11 aulas
I. Conteúdo específico Radiação do corpo negro, radiação infravermelho.	
II. Pré-requisitos Os alunos devem ter noções básicas sobre meios de propagação do calor e ondulatória.	
III. Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> • Compreender os mecanismos de absorção da radiação por um corpo escuro. • Relacionar a absorção dos raios do espectro luminoso com o aumento de temperatura. • Entender os fenômenos relacionados à radiação bem como sua aplicação no dia-a-dia. • Permitir o trabalho em grupo. • Desenvolver a habilidade de manuseio de materiais e instrumentos. 	

Fonte: O próprio autor (2017).

3.1 O papel do professor nessa sequência didática

O papel do professor nessa sequência didática, além de distribuir as atividades, organizar e criar um ambiente adequado para aprendizagem é de mediador ativo e participativo, sendo sua ação imprescindível antes, durante e após o desenvolvimento do conteúdo a ser trabalhado.

Além disso, o educador deve promover o debate produtivo entre os alunos, dando espaço à liberdade de expressão de suas ideias, usando e explorando o conhecimento por ele já adquirido.

3.2 Organizações da sequência didática.

Esta sequência será dividida em 2 etapas:

Primeiro será apresentado o conteúdo teórico incluindo a parte histórica que trata sobre o porquê dos estudos sobre radiação do corpo negro e o que é radiação infravermelho.

Na segunda etapa, este trabalho tratará da parte experimental sempre unindo teoria e prática. Os materiais utilizados serão de baixo custo, para que o docente não tenha dificuldades financeiras em aplicá-lo em turmas numerosas como é de costume em salas de aula estaduais.

A sequência didática a seguir, foi estruturada em 4 módulos totalizando 11 aulas de cinquenta minutos como demonstra o quadro 2 abaixo.

Quadro 2: Divisão em módulos da sequência didática

MÓDULOS	TEMAS	Nº DE AULAS
MÓDULO 1	Introdução à parte teórica da radiação do corpo negro, iniciando com o um pequeno questionário relacionando vivências do dia-a-dia.	3
MÓDULO 2	Introdução à radiação infravermelho e experimento que demonstra sua existência	2
MÓDULO 3	Experimento de absorção de radiação do corpo negro e questionário referente à atividade	3
MÓDULO 4	Determinando a potência do sol	3

Fonte: O próprio autor (2017).

4 EMCAMINHAMENTO DO MÓDULO 1

A introdução desta aula se dará por meio de um questionário norteador cujo objetivo é verificar o que o aluno já sabe sobre o tema a ser discutido, bem como despertar sua curiosidade pela temática.

Questões norteadoras.

1. Ao sair em um dia ensolarado de verão, a cor da roupa que usará influenciará na sensação térmica da pele envolto pelo tecido?
2. Se você fosse comprar uma camisa ou uma blusinha dessas para ir à praia, quais cores você escolheria se sua intenção fosse a de manter a pele sempre fresquinha?
3. Quais processos de transmissão de calor estão envolvidos quando nos aquecemos junto a uma lareira?
4. O que é um Corpo Negro de acordo com a Física?
5. A luz que sai do sol é denominada policromática, pois é formada por 7 sete cores visíveis ao olho humano, que são as cores do arco-íris. Quais são essas cores?
6. Cada cor do espectro luminoso está relacionada a uma dada frequência ou a um comprimento de onda uma vez sendo uma inversamente proporcional à outra, ou seja, cada cor representa uma faixa de frequência da luz visível. Qual das cores apresenta um maior poder de aquecimento?
7. Ao analisar dois corpos aquecidos um com cor alaranjada e outro de cor azulada, qual delas apresentará maior temperatura?
8. Por que determinados materiais, quando aquecidos, emitem luz?

Após a aplicação do questionário, inicia-se a parte teórica sobre a radiação do corpo negro, aqui se faz uma aula dialogada sobre o tema, buscando responder às questões norteadoras, permitindo aos alunos uma participação efetiva da aula.

5 ENCAMINHAMENTOS DO MÓDULO 2

Após a aplicação do questionário norteador e das discussões iniciais na aula dialogada, inicia-se a parte experimental da comprovação da radiação infravermelha. Para isso, o professor pode explorar com um pouco mais de detalhes esse tipo de radiação.

5.1 RADIAÇÃO INFRAVERMELHO

Como já foi dito em capítulos anteriores, todo corpo acima do zero absoluto emite radiação na forma de ondas eletromagnéticas, e uma em especial é denominada infravermelho, a maior responsável por provocar aumento de temperatura.

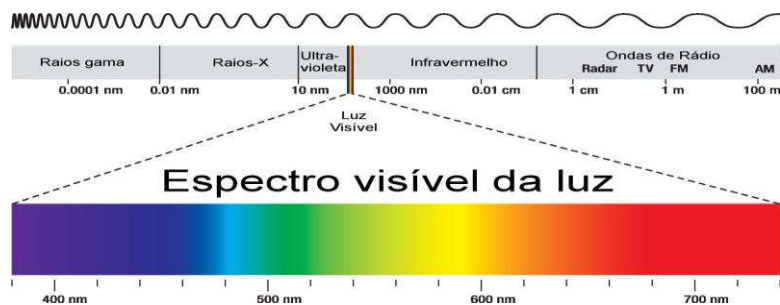
De acordo com Oliveira e Silva (2014), a radiação infravermelha (IV), foi descoberta, em 1880, pelo astrônomo inglês, Willian Herschel, é um tipo de radiação não ionizante, ou seja, não é capaz de arrancar elétrons da periferia dos átomos, não apresentando efeitos danosos à saúde humana, como o câncer por exemplo.

Os estudos apresentados por Willian comprovaram a existência de uma região do espectro luminoso onde a radiação era invisível, mais altamente energética, capaz de provocar um aumento na temperatura muito maior do que qualquer outra frequência do espectro luminoso.

Com o auxílio de um prisma, William desfragmentou a cor branca nas sete cores do arco-íris, em seguida para cada cor do espectro, colocou um termômetro de mercúrio, alguns minutos depois, notou que cada cor apresentava uma capacidade calorífica diferente, o termômetro da região avermelhada apresentava maior temperatura, mas ao colocar um termômetro na região logo após o vermelho, notou que esse produzia um aumento ainda maior do que aquele produzido pela radiação vermelha, comprovando então a existência da radiação infravermelha.

O espectro visível da radiação eletromagnética compreende um espaço muito pequeno do total de radiação do espectro luminoso, como mostra a figura 9 abaixo.

Figura 9: Espectro eletromagnético



Fonte: /www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico

Como podemos observar, a radiação IV, apresenta uma baixa frequência seguido de um grande comprimento de onda, podendo ser mais facilmente difratada do que todas as outras radiações do espectro eletromagnético.

5.2 Atividades experimental

1: Comprovando a existência da radiação infravermelho

Objetivo: Comprovar experimentalmente a existência da radiação infravermelho.

Materiais:

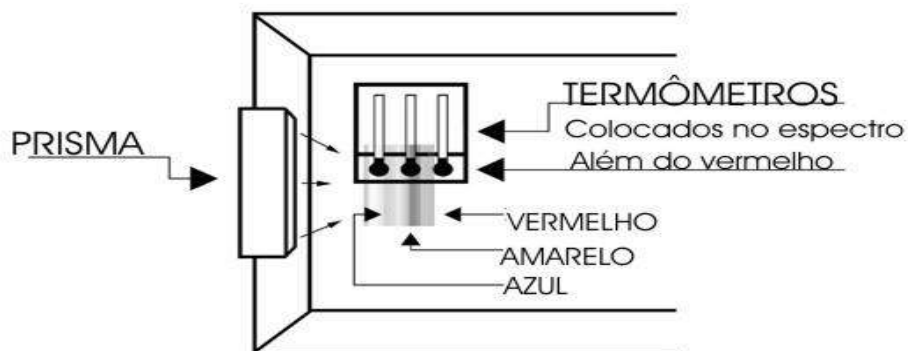
- uma caixa de plástico de 30 cm por 10 cm.
- três termômetros de mercúrio.
- um prisma com base triangular.

Montagem do experimento vide figura abaixo 10:

Procedimentos para montagem

Prenda o prisma no topo da caixa de plástico direcionando a caixa para captar a maior incidência de luz solar possível. É necessário que os raios solares passem por dentro do prisma atingindo o fundo da caixa, como mostra a figura acima. Em seguida, para garantir uma melhor precisão nas medidas, com uma caneta preta de tinta permanente, pinte o bulbo de cada termômetro (esse procedimento vai garantir uma melhor absorção da radiação), deixando-os alinhados para cobrir os aspectos de cores vermelho, azul, para registrar a incidência do raio infravermelho, deixe um termômetro antes da cor vermelha, como indicado na figura 10 abaixo.

Figura 10: Posição dos termômetros em relação ao espectro luminoso



Fonte: Fonte: <http://www.observatorio.ufmg.br/pas76.htm>

Antes de direcionar os termômetros para luz visível, certifique-se que todos os termômetros estão na mesma temperatura, em seguida posicione os termômetros de acordo com o esquema acima deixando-os por aproximadamente 5 minutos, meça a temperatura dos raios de luz nos respectivos termômetros, registrando os seus valores em uma tabela minuto a minuto.

Antes de direcionar os termômetros para luz visível, certifique-se que todos os termômetros estão a mesma temperatura, em seguida posicione os termômetros de acordo com o esquema acima deixando-os por aproximadamente 2 minutos, meça a temperatura dos raios de luz nos respectivos termômetros, registrando os seus valores no quadro 3.

Quadro 3: Variação de temperatura das cores vermelho azul e radiação infravermelho

Espectros	0,5 MIN.	1 MIN.	1,5 MIN.	2 MIN.
VERMELHO TEMPERATURA				
AZUL TEMPERATURA				
INFRAVERMELHO TEMPERATURA				

Fonte: O próprio autor (2017).

Após a montagem do experimento, responda as questões a seguir:

Questionário referente ao experimento da comprovação da radiação infravermelho

1. Quando a luz passa de um meio de propagação para outro, sofre o fenômeno chamado de refração, esse fenômeno nos mostra que para cada cor do espectro luminoso existe um índice de refração, e basicamente as cores com maiores velocidades se desviam menos tentando manter sua trajetória inicial. Pensando nessas questões qual das cores apresentam maior e menor velocidade respectivamente?

2. Qual dos termômetros apresentou maior elevação de temperatura com o passar do tempo?

3. Qual foi a média de elevação de temperatura dos três termômetros?

4. Ao analisar as variações de temperatura, verificamos que é possível concluir que existe uma radiação infravermelho que provoca uma variação de temperatura ainda maior do que o aspecto vermelho e azul, qual foi a diferença de temperatura apresentada pelos termômetros?

6 ENCAMINHAMENTOS DO MÓDULO 3

6.1 Atividade experimental 2: Experimento de absorção de radiação do corpo negro

Objetivo: Comprovar experimentalmente que os corpos de cores escuras absorvem mais radiação do que os de cores claras.

Materiais:

- Duas latas de alumínio.
- Tinta preta e tinta escura.
- Dois termômetros digitais.
- Uma lâmpada de 60 W de farol de automóvel.
- Um soquete.
- Um metro e meio de fio fino paralelo.
- Um conector para conectar o fio à tomada.

Procedimentos para montagem

Pinte uma lata de preto outra de branco como mostra a figura 11.

Figura 6: Latas tingidas de branco e preto para demonstrar absorção e reflexão dos RI



Fonte: O próprio autor (2017).

Coloque dentro de cada uma das latas um termômetro digital como mostra a figura 12.

Figura 12: Lata com termômetro



Fonte: O próprio autor (2017)

Com a ajuda de uma furadeira, faça um furo de modo que permita a passagem do fio de luz como mostra figura ilustrativa 13, em seguida instale o fio no soquete e fixe-o na base de madeira parafusando-a no suporte como mostra a figura 14, acople a lâmpada no soquete de madeira de forma que ela fique equidistante das lâmpadas a mais ou menos 10 cm, certifique-se que os termômetros estão à mesma temperatura e acenda a lâmpada aguardando 5 minutos. Se certifique que os respectivos termômetros atingiram a temperatura final máxima, após essa certificação, por meio da equação de Wien chegou o momento de calcularmos o máximo comprimento de onda possível para esse corpo em sua máxima temperatura.

Figura 13: Aparato experimental ilustrativo



Fonte: Empoeirados.com.br

Figura 14: Aparato experimental ilustrativo



Fonte: Autoria própria (2017).

Questionário referente ao experimento de absorção de radiação do corpo negro

1. Qual das latas apresenta maior variação de temperatura, a preta ou a branca?

2. A radiação infravermelha apresenta um comprimento de onda na faixa de 700nm até 50000nm, utilizando a equação da lei de Wien para deslocamento, calcule qual é o máximo comprimento de onda irradiado nas paredes internas das duas latas, verificando se a faixa de comprimento de onda se encontra dentro da radiação infravermelho.

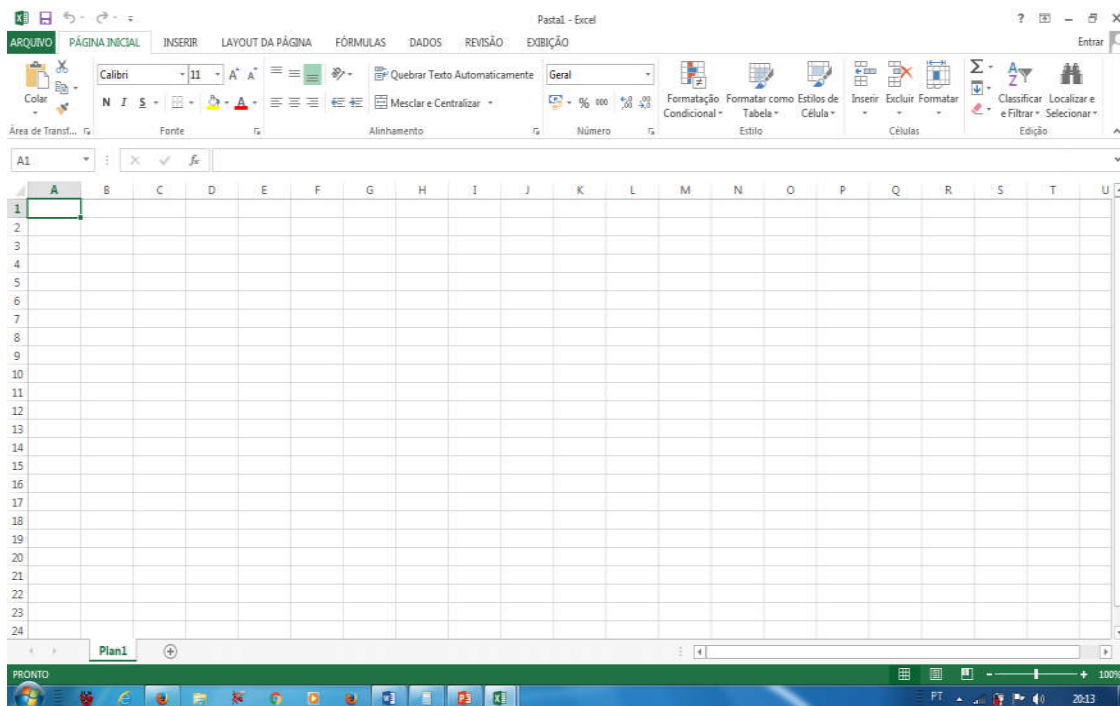
3. Tomando como base a lei de radiância de Stefan Boltzman, calcule quantidade de radiação das paredes internas de cada lata.

Após a aplicação do questionário, o professor utilizará o *software Excel* para construção do gráfico referente à Lei de Planck para intensidade de radiação, em seguida, utilizando a Lei de Wien (2) para máximo comprimento de onda, o educador poderá confrontar se os dados apresentados pelo gráfico coincidem com os encontrados matematicamente.

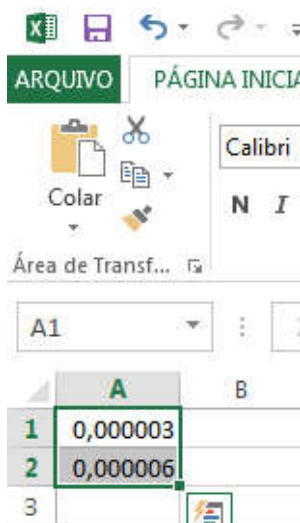
6.2 Expressando graficamente a lei de Planck.

6.2.1 Roteiros para a utilização do software Excel.

Para demonstrar a lei de Planck graficamente, utilizaremos o *Excel*.
Ao abrir o *software* a página de apresentação será:



Selecione a célula **A** escreva os valores referentes aos comprimentos de onda, por exemplo:



Selecione as duas colunas ao mesmo tempo e arraste para baixo até célula de número de 100, da seguinte forma.

	A	B
1	0,000003	
2	0,000006	
3	0,000009	
4	0,000012	
5	0,000015	

Em seguida selecione a célula **B** e no campo da função, escreva o seguinte:

Fonte	Alinhamento				
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> f_x	$=8*3,14*6,63*10^{(-34)}*3*10^{(8)}/(A1^5)$				
C	D	E	F	G	H

Em seguida selecione a célula B e arraste até o número 100 da seguinte forma:

	A	B
1	0,000003	20561,19
2	0,000006	642,537
3	0,000009	84,61393
4	0,000012	20,07928
5	0,000015	6,579579
6	0,000018	2,644185

O número 100, representa a temperatura do corpo em kelvin, que poderá assumir outros valores de acordo com o desejo de representação.

Selecione a célula C e escreva no campo da função o seguinte:

<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> f_x	$=EXP(6,63*(10^{(-34)}))*3*(10^8)/(1,38*(10^{(-23)})*100*A1)-1$
Barra de fórmulas	

Selecione a célula C e arraste até a célula correspondente ao número 100, dessa forma:

	A	B	C
1	0,000003	20561,19	7,33E+20
2	0,000006	642,537	2,71E+10
3	0,000009	84,61393	9015831
4	0,000012	20,07928	164532,5
5	0,000015	6,579579	14892,73
6	0,000018	2,644185	3001,638

Selecione a coluna D, e escreva no campo da função o seguinte:

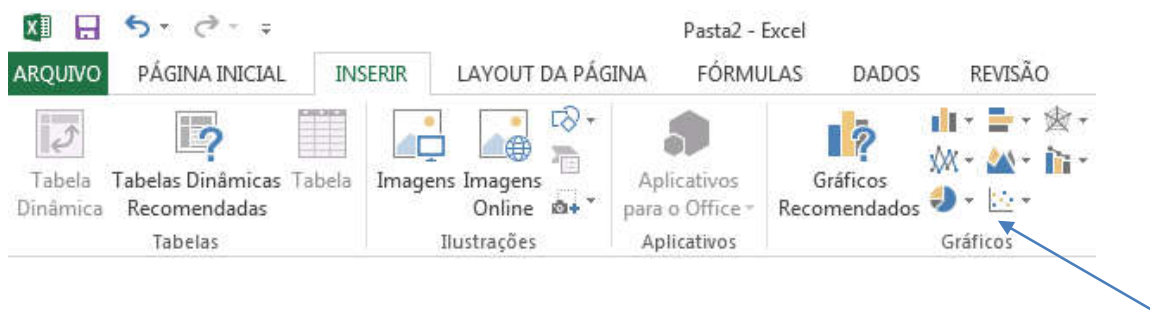
Esse comando é para obter o resultado da intensidade de radiação para a função de Planck, a célula D deverá ficar da seguinte forma:

	A	B	C	D
1	0,000003	20561,19	7,33E+20	2,81E-17
2	0,000006	642,537	2,71E+10	2,37E-08
3	0,000009	84,61393	9015831	9,39E-06
4	0,000012	20,07928	164532,5	0,000122
5	0,000015	6,579579	14892,73	0,000442
6	0,000018	2,644185	3001,638	0,000881
7	0,000021	1,22337	955,5701	0,00128
8	0,000024	0,627478	404,6273	0,001551
9	0,000027	0,348205	207,1303	0,001681
10	0,00003	0,205612	121,0399	0,001699
11	0,000033	0,127668	77,85328	0,00164

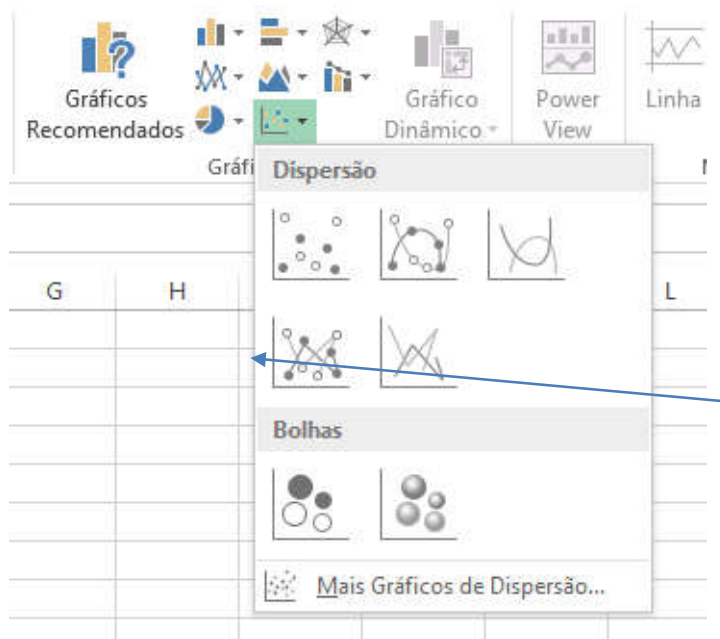
Após arrastar a cédula até o número cem, vá na aba superior do *Excel* e clique em inserir como mostra a seguinte figura:



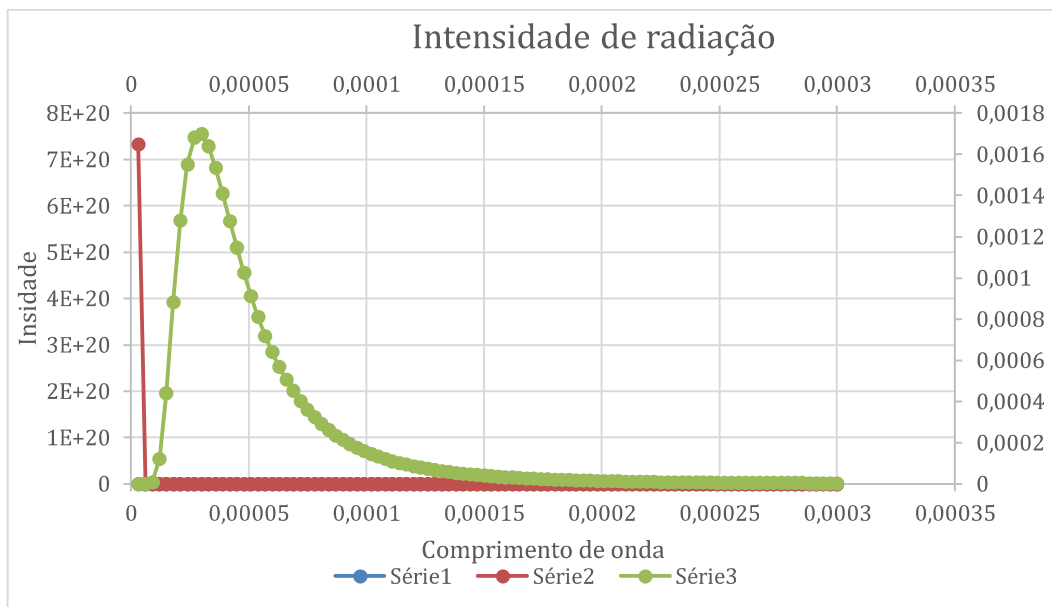
Após clicar em inserir, vá em gráficos e clique na seguinte figura:



Após clicar no gráfico indicado aparecerá a seguinte figura:



Clique na figura indicada pela seta, automaticamente a apresentação do gráfico deverá se apresentar da seguinte forma.



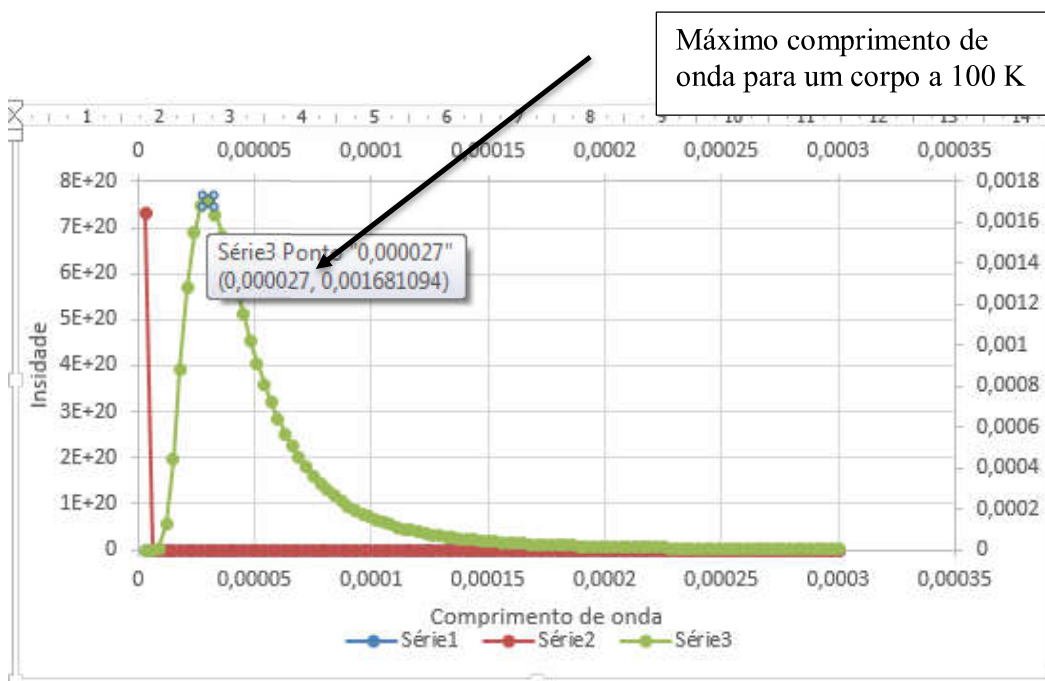
De acordo com o gráfico, a intensidade máxima irradiada por um corpo, apresenta um certo comprimento de onda que pode ser verificado pela equação de Wien (2). Verifique se os dados apresentados pelo cálculo estão de acordo com aqueles apresentados pelo gráfico.

$$\lambda_{m\acute{a}x} T = b$$

$$b = 2,8977685 \cdot 10^{-3}$$

Resposta:

Para verificar se os dados do cálculo estão de acordo com dados do gráfico, basta, com o cursor, clicar sobre o ponto mais alto da linha descrita graficamente, como podemos observar na seguinte figura:



7. ENCAMINHAMENTO DO MÓDULO 4

7.1 Atividades experimental 3: Determinação da potência do sol por meio de um fotômetro.

Objetivo: Determinação experimental da potência do sol.

A luminosidade é a quantidade de energia emitida em um segundo por um corpo a certa temperatura, para calcular essa luminosidade ou potência, basta utilizar a equação:

$$I = P/A$$

Onde I é a intensidade luminosa medida em W/m^2 , P é a potência, cuja unidade de mediada é Watt (J/s) e A , é a área formada pela radiação medida em m^2 , como a luz emite luminosidade em três dimensões podemos considerá-la como sendo uma esfera que aumenta conforme a distância, portanto, sua área será representada por $4\pi R^2$.

Sabe-se que a potência irradiada pelo sol é realmente muito grande, mas podemos, com o auxílio de um fotômetro caseiro, mensurar essa potência comparando-a com uma lâmpada de 70W, veja como isso é possível.

Materiais:

- Duas lâmpadas incandescentes, uma de 70W e outra de 42W;
- Dois soquetes para as lâmpadas incandescentes;
- Dois pinos machos;
- Uma folha de sulfite;
- Azeite;
- Dois fios de 4 metros;
- Fita adesiva;
- Plugue do tipo T, ligação direta na tomada;
- Fita métrica ou trena;

Procedimentos para montagem

Primeiramente, faça a conexão macho em uma das extremidades do fio, conectando o soquete na extremidade oposta, da forma como mostra a figura 15.

Figura 15: fio conectado a lâmpada ao soquete e ao pino macho.



Fonte: autoria própria (2017)

Em seguida, com a fida adesiva, fixe os soquetes em uma superfície plana separadas por uma distância de mais ou menos um metro, assim como mostram as figuras 17 e 18:

Figura 17: soquete preso a superfície por fita isolante.



Fonte: Autoria própria (2017).

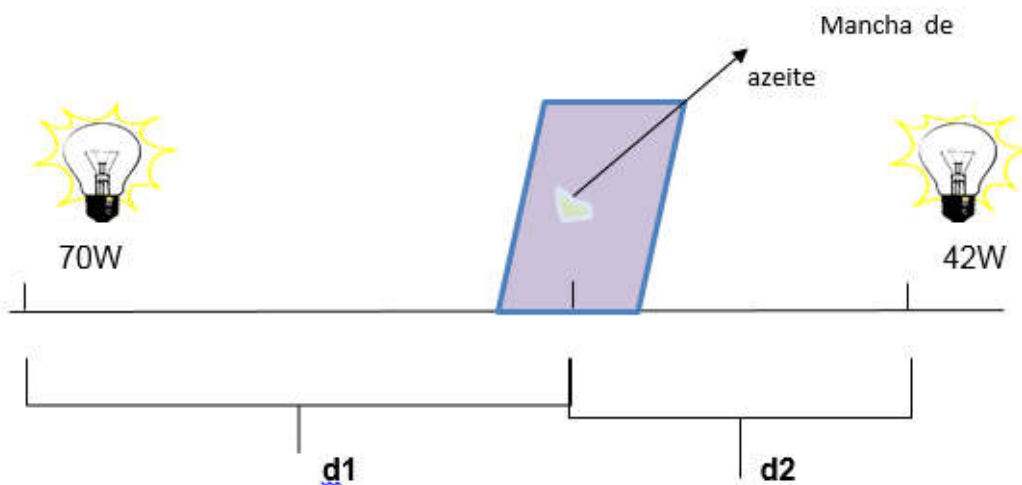
Figura 18: lâmpadas separadas por um metro de distância.



Fonte: Autoria própria (2017)

Com as lâmpadas devidamente acopladas aos soquetes, faça uma pequena mancha de azeite no centro da folha de sulfite deixando essa superfície translúcida, como pode ser observado na figura abaixo, esse será nosso fotômetro. Segure a folha

manchada entre as duas lâmpadas acesas, se a intensidade luminosa que chegar até a folha for a mesma para os dois lados, a mancha não poderá mais ser vista. É necessário mover a folha entre as lâmpadas acesas até observar o desaparecimento da mancha.



Testando o experimento

Para exemplificar, em seguida, será apresentado um pequeno teste de como é o funcionamento do experimento.

Com a folha de sulfite entre as lâmpadas, aproxime e afaste-a entre as fontes luminosas, parando no ponto onde a mancha desaparece por completo.

Isso significa que as intensidades luminosas dos dois lados são iguais, podendo ser expressa matematicamente da seguinte forma:

$$I_1 = I_2$$

$$\frac{P_1}{A_1} = \frac{P_2}{A_2}$$

$$\frac{P_1}{4\pi R_1^2} = \frac{P_2}{4\pi R_2^2}$$

Como 4π existe dos dois lados, pode ser cancelado, e como o raio representa a distância entre as fontes luminosas e o anteparo, pode ser substituído por d , ficando da seguinte forma:

$$\frac{P_1}{d_1^2} = \frac{P_2}{d_2^2} \quad (1)$$

$$\frac{70}{d_1^2} = \frac{42}{d_2^2}$$

No momento em que a mancha desaparece, medimos a distância de uma das lâmpadas até o sulfite e substituímos na equação acima, dessa forma:

$$\frac{70}{d_1^2} = \frac{42}{43^2}$$

$$\frac{70}{d_1^2} = \frac{42}{1849}$$

$$42d_1^2 = 129430$$

$$d_1^2 = \frac{129430}{42}$$

$$d_1^2 = 3081,6666667$$

$$d_1 = \sqrt{3081,6666667}$$

$$d_1 = 55,51276 \text{ cm}$$

Para verificar a precisão do experimento basta calcular o erro percentual, como será demonstrado a seguir:

Cálculo de erro

Como as lâmpadas distam 1 metro entre si, o valor que deveria ser encontrado seria de 57 cm, pois 100 cm menos 43cm é igual a 57 cm, e não 55,12 aproximadamente, como podemos observar. Calculando a porcentagem de erro deste experimento, por meio da regra de três, encontramos 2,6 %, que seria uma ótima aproximação para uma atividade tão simples. Agora faremos a mesma prática, mas utilizando o sol como uma das fontes luminosas.

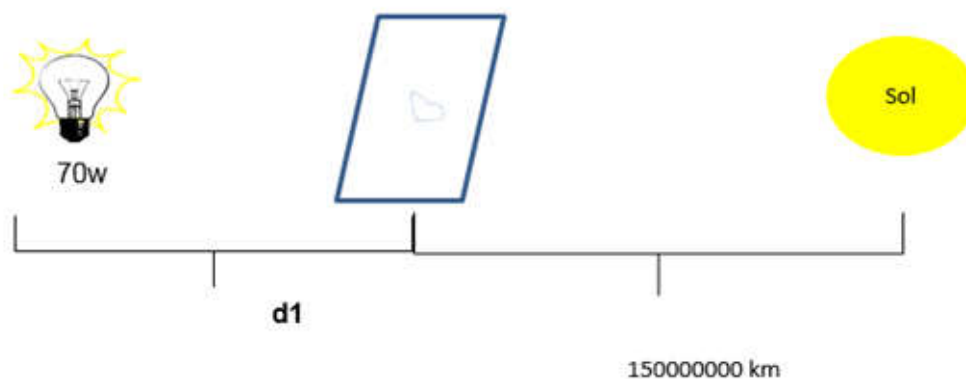
Determinação experimental da potência do sol

Da mesma maneira que calculamos a distância entre as lâmpadas na atividade anterior, iremos calcular a potência luminosa do sol, para tanto utilizaremos a mesma equação descrita anteriormente sobre intensidade luminosa.

Procedimento

Em seguida será apresentado um pequeno roteiro de como obter a potência experimental do sol.

Para essa atividade utilizaremos a lâmpada de maior potência, como conhecemos a distância da Terra ao sol, basta montar o experimento com a folha de sulfite manchada de azeite, entre as duas fontes luminosas (lâmpada acesa e o sol), movimentando-a entre as fontes de luminosidade até que a mancha desapareça, como pode ser observado na figura...



Quando a mancha desaparecer, basta medir a distância da folha até a lâmpada (d), substitua os valores conhecidos na equação acima demonstrada e pronto. O resultado obtido deve estar muito próximo do real apresentando uma margem de erro muito baixo.

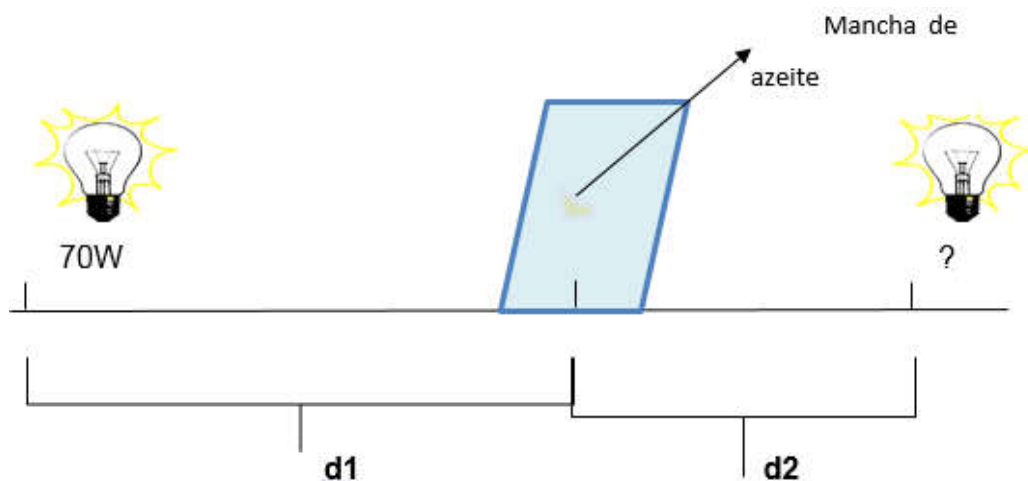
Após a explicação de como se proceder para encontrar a potência luminosa do sol, chegou a momento dos alunos aprenderem na prática.

Encaminhamento do experimento.

Ainda em sala de aula com a proposta da atividade experimental devidamente explicada, o professor deverá acompanhar os alunos na resolução das questões a seguir:

Para responder às questões 1 e 2, o experimento deve ser montado em sala de aula pelos alunos com o auxílio do professor.

Após a montagem escolha uma das potências apresentadas nominalmente pelas lâmpadas, como mostra a figura abaixo respondendo as questões:



$$\frac{P_1}{d_1^2} = \frac{P_2}{d_2^2}$$

1) Determine a potência experimental da lâmpada.

2) Determine o erro percentual.

$$E\% = \left(\frac{P_{teórica} - P_{exp}}{P_{teórica}} \right) \cdot 100\%$$

3) O raio do filamento de tungstênio da lâmpada incandescente que determinamos sua potência, é de aproximadamente $1,098 \cdot 10^{-3}$ metros, considerando-a como um corpo negro ideal, estime o valor da sua temperatura.

7.1.2 Determinações da potência do sol pelos alunos

Nesta etapa o professor deverá reunir os alunos no pátio da escola ou em um local com boa incidência solar, aqui é fundamental auxiliar os alunos certificando que as medições estejam corretas.

1) Segundo o mesmo procedimento da atividade 1 e sabendo que a distância média da terra ao sol é de 150000000 km determine a potência do sol.

$$P_{sol} = \dots\dots\dots$$

2) Sabendo que o valor teórico $3,8 \cdot 10^{26}$ W determine o erro percentual relativo.

3) Com o resultado experimental, e sabendo que o raio do sol é de $7 \cdot 10^8$ m estime a temperatura do sol.

Após as atividades experimentais, temos:

$$T_{lâmpada} = \dots\dots\dots$$

$$T_{sol} = \dots\dots\dots$$

Esta etapa da sequência didática exige a manipulação do simulador sobre a intensidade luminosa encontrado na plataforma do *site* Phet Colorado, para tanto, após a aplicação do experimento, o professor deverá reunir os educandos na sala de informática, organizando-os em grupos de quantidade a gosto do educador.

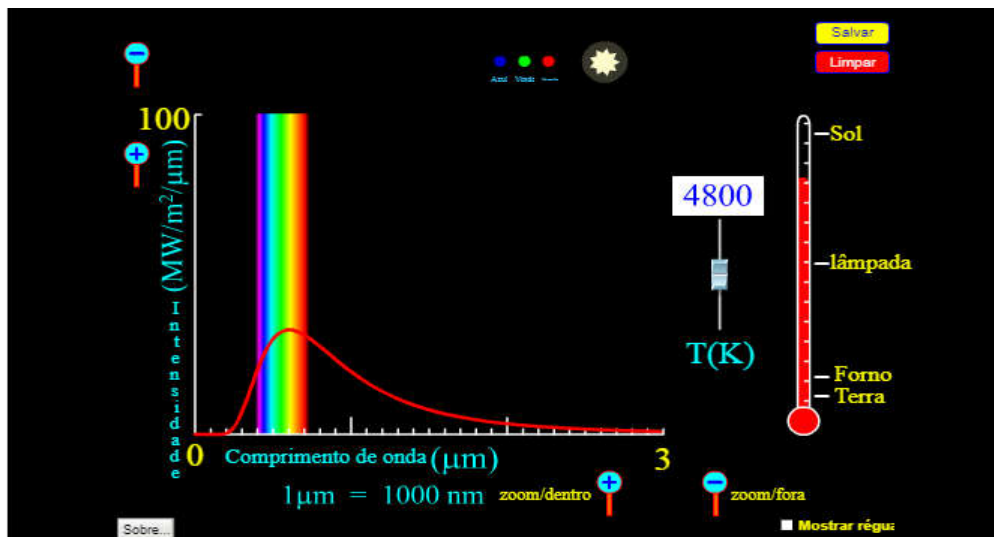
O simulador poderá ser encontrado em:

https://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_pt_BR.html

Após sua abertura, é de suma importância que o professor demonstre todas as suas funções inteirando o aprendente de suas configurações.

7.1.2 Roteiros para a utilização do simulador

1. Abra o simulador.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_pt_BR.html

2. No cursor da temperatura, coloque o valor experimental da temperatura do sol obtido na atividade experimental (ou indique o valor mais próximo possível dela)

3. No cursor do *zoom* regule para 1,5.

4. Determine o comprimento de onda de máxima intensidade.

$$\lambda_{m\acute{a}x} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{T_{Sol}} =$$

5. O máximo comprimento de onda para o sol está compreendido na região do nível?

6. Volte ao cursor da temperatura e coloque o valor experimental da temperatura da lâmpada

7. Mantenha o *zoom* do comprimento de onda em 1,5 e coloque o zoom da intensidade em 3,16.

8. Determine o comprimento de onda de máxima intensidade para a lâmpada

$$\lambda_{m\acute{a}x} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3}$$

9. O máximo comprimento de onda para a lâmpada está compreendido na região do visível?

10. Com base na resposta anterior, as lâmpadas (incandescentes) seriam eficientes para utilização residencial?

11. Imagine que você observa duas estrelas (*astro*, corpo celeste produtor e emissor de energia, com luz própria) uma com coloração alaranjada e outra com coloração azulada. Qual das duas estrelas apresenta maior temperatura? Justifique:

12. Com o auxílio do simulador, mova o cursor da temperatura de forma a ajustar o comprimento de onda máximo na região da cor alaranjada. Registre a temperatura.

$T_{estrela\ alaranjada} = \dots\dots\dots$

13. Repita o procedimento e ajuste o comprimento de onda máximo para a região do azul. Registre a temperatura.

$T_{estrela\ azul} = \dots\dots\dots$

14. Verifique os valores das temperaturas das estrelas encontradas com o simulador e compare com a sua resposta do item 11. As respostas convergem ou divergem? Justifique:

As atividades a seguir servem para a prática do aprendiz. Após a aplicação desta unidade, é importante reforçar o conteúdo visto pelos alunos. Esta pequena atividade serve apenas para lembrar o que foi estudado ao longo dos seis dias de aplicação dessa sequência didática.

ATIVIDADES DE APLICAÇÃO

1) A potência total irradiada pelo sol é aproximadamente igual a $3,8 \cdot 10^{26} \text{ w}$ e seu raio mede cerca de $7,0 \cdot 10^8 \text{ m}$. Adote ainda as seguintes aproximações:

$$\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \frac{\text{w}}{\text{m}^2\text{k}^4} \quad \pi = 3,14 \quad b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ mk}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

- Estime a temperatura na superfície do sol, considerando-o um corpo negro (emissividade 1)
- estime a frequência máxima da radiação solar emitida com a máxima intensidade.

2) A medida da radiância $R(\lambda)$ de uma estrela mostra que $\lambda_{max} = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}$. Verifica-se também que a potência irradiada pela estrela é 100 vezes maior que a potência irradiada pelo Sol. A temperatura da superfície do Sol é $5,8 \cdot 10^3 \text{ K}$ e seu raio é $r = 6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$. Suponha que tanto o sol quanto a estrela possam ser tratados como corpos negros.

- Qual é a temperatura na superfície da estrela?
- Qual é o raio da estrela?

Considerações finais

A construção desse produto se resume em uma tentativa de um novo olhar para as práticas pedagógicas, entendendo o aprendiz como um ser integrado ao processo de ensino e aprendizagem, considerando suas vivências e experiências. Nesse viés, o presente trabalho busca um perfeito entendimento sobre a radiação do corpo negro, passeando e se aprofundando na historicidade dos acontecimentos e os motivos que levaram a ciência a interessar-se pelo assunto. Aborda, ainda, todos os processos e recursos utilizados pelos principais nomes da ciência para chegar a uma conclusão palpável a respeito do tema em questão, bem como suas confirmações por métodos matemáticos.

Espera-se que a sequência aqui apresentada provoque um encurtamento das distâncias entre professor e aluno, oportunizando o diálogo, a socialização e o levantamento de hipóteses. Pode-se destacar também a importância da experimentação no ensino de Física aqui demonstrado que, devidamente trabalhado, mostra-se um poderoso aliado na construção do entendimento do aprendente, dando sentido e significado à teoria que, muitas vezes, carregadas de abstração, impedem o aprendiz de relacioná-la ao seu dia-a-dia.

A aplicação desse produto em uma turma de 3º ano do ensino médio mostrou um resultado muito positivo, tanto com relação à motivação e participação dos alunos nas atividades propostas, quanto no desempenho nas avaliações bimestrais de conteúdos conceituais.

Os alunos participantes da aplicação da presente sequência didática avaliaram satisfatoriamente a proposta abordada nesse trabalho, acatando com prontidão todas as etapas desenvolvidas durante o processo. Os relatos dos discentes demonstraram com clareza o quão importante e enriquecedor foi trabalhar esse tema da maneira como foi abordado, entendendo os conceitos mais simples como a importância de se usar filtro solar mesmo em dias nublados até os mais complexos, como a comprovação da eficiência luminosa de uma lâmpada incandescente por meios experimentais e matemáticos.

REFERÊNCIAS

ANTUNIES. L. C. S. **Radiação de Corpo Negro; Lei de Stefan-Boltzmann; Lei do Deslocamento de Wien.** Relatório de estágio (Mestrado) - Universidade da Beira Interior. Covilhã Portugal, 2012.

BATISTA. M. C. **Um estudo sobre o ensino de astronomia na formação inicial de professores dos anos iniciais.** Dissertação (Mestrado – Universidade Estadual de Maringá (UEM). 2016. Disponível em: <http://www.btdea.ufscar.br/arquivos/td/2016_BATISTA_T_UEM.pdf> Acesso em 11 de julho de 2017.

CARVALHO, M. A.; ALONSO, M. R. M. H. Formação continuada de professores e mudança na prática pedagógica. In: ALONSO, M. (Org.). **Prática docente: teoria e prática.** São Paulo: Pioneira, 1999.

DAHMEN, SÍLVIO R; **A obra de Boltzmann em Física. Revista Brasileira de Ensino de Física,** v. 28, n. 3, p. 281 - 295, 2006.

ELENO. L. T. F. **Radiação do corpo negro.** Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (EEL-USP), 2016. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1763087/mod_resource/content/1/corpo-negro.pdf> Acesso em 20 de abril de 2017.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth S, **Física 4:** Tradução de Pedro Manuel Calas Lopes Pacheco, D.Sc, Rio de Janeiro: LCT, 2004. v. 4.5º ed.

MOREIRA. M. A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências: Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo.** Porto Alegre, 2009, PDF online, Disponível em <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios5.pdf>> Acesso em 05 de abril de 2017.

NETO. O. G. **Análise da Didatização do Tema Radiação de Corpo Negro sob a Luz da Teoria Antropológica do Didático.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/123351/325650.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em abril de 2017.

Oliveira, R.A. e Silva, A.P.B. William Herschel, Os raios invisíveis e as primeiras ideias sobre radiação infravermelha. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** v. 36, n. 4, 4603 (2014).

PEREZ, S. **Mecânica Quântica**: Um curso para professores da Educação Básica. Série mestrado nacional profissional em ensino de Física, v3. São Paulo: LF, 2016.

PHET – **Simulações Interativas**. Universidade do Colorado.

Disponível em: <http://phet.colorado.edu>. Acesso em 16 de novembro de 2017.

PIAGET, J. **Seis estudos de Psicologia**. Rio de Janeiro. Forense Universitária, 1976.

SERÉ, M. G; COELHO, S.M. O papel da experimentação no ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, Porto Alegre, abr. 2003.

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

THORNDIKE, E. L. Educational Psychology, vol. 1, **The psychology of learning**, Nova York, Teachers College Press, 1913.

VALADARES, E. C. Ensinando Física Moderna no Ensino Médio: Efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, ago. 1998.