

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**INTRODUÇÃO À FÍSICA QUÂNTICA:  
RADIAÇÃO DOS CORPOS NEGROS**

Daniel Sampaio Nunes

**BRASÍLIA, DF**

**2019**

## APRESENTAÇÃO

*Estimado(a) professor(a),*

*Este Produto Educacional foi confeccionado com o objetivo de difundir o ensino do fenômeno da Radiação do Corpo Negro, valendo-se de uma abordagem interdisciplinar, com a finalidade de promover a construção de um raciocínio logicamente elaborado e sistematizado pelos estudantes de 3ª série do Ensino Médio. A opção escolhida foi a elaboração e a aplicação de uma sequência didática, fundamentada na Teoria de Educação de Matthew Lipman (2014), a partir de uma comunidade de investigação; e amparada na Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel (1980).*

*Além disso, como se pode constatar ao longo da Sequência Didática, o professor/pesquisador utilizou-se também do simulador PHET, do software (aplicativo) EXCEL e de um experimento de baixo custo, como maneira de diversificar as atividades e tornar as aulas mais atraentes, com vistas a propiciar ao estudante um conhecimento mais significativo.*

*A motivação para elaborar esta Sequência Didática – que contempla uma introdução da Física Quântica a partir do fenômeno da Radiação do Corpo Negro – se origina no fato de que a Física Moderna Contemporânea (FMC) é frequentemente relegada no contexto do Ensino Médio, acentuadamente na rede pública de ensino. A maioria dos professores de Física prefere privilegiar estudos de Física Clássica, muitas vezes desprezando por completo ou apenas abordando temas de FMC no final da terceira série do Ensino Médio.*

*As razões para isso são várias, dentre as quais: a imensa quantidade de conteúdos disponíveis abordando a Física Clássica, a escassez de material que aborde os temas da Física Moderna Contemporânea (FMC) com uma linguagem apropriada para estudantes e professores de Ensino Médio, a ausência de um convívio mais prolongado com a FMC durante a licenciatura e a conseqüente insegurança em trabalhar temas de FMC.*

*Por isso, este Produto Educacional foi projetado com o propósito de apresentar uma transposição didática sobre Física Quântica a partir do fenômeno da Radiação do Corpo Negro para o Ensino Médio. Torna-se, assim, uma alternativa para você, professor(a), utilizá-lo em suas aulas.*

*Este Produto é constituído por uma Sequência Didática destinada, preferencialmente, a turmas da 3ª série do Ensino Médio. A Sequência Didática foi planejada para ser executada em oito aulas, porém pode ser adaptada à realidade de sua unidade escolar, em especial no que diz respeito à carga horária e ao Currículo adotado. A Sequência Didática foi*

*estruturada de forma que cada aula possa desenvolver os elementos de ancoragem para a aula subsequente, de modo que os pontos de vista iniciais a respeito da Radiação do Corpo Negro possam ser analisados e confrontados com as contribuições dos demais estudantes e com as teorias científicas correspondentes, possibilitando uma melhor (re)construção do conhecimento.*

*Ressalta-se que o presente Produto já foi aplicado com êxito em uma escola de período integral com aulas duplas, porém há a possibilidade de aplicação, com as devidas adaptações, até para aulas simples e/ou em contraturno escolar.*

*Para que você, docente, tenha um panorama desta proposta, o Quadro 1 oferece uma breve representação das etapas e atividades contidas na Sequência Didática; o Quadro 2 apresenta o perfil da sequência didática; e o Quadro 3, o roteiro das aulas da sequência didática.*

*Enfim, reitero o convite para uma abordagem interdisciplinar, dialógica e reflexiva do ensino de Física. A você, professor(a), meus votos de sucesso nessa jornada!*

**Quadro 1** – Breve apresentação das etapas e atividades da Sequência Didática

AULAS	ATIVIDADE PROPOSTA	TEMPO DE AULA	RECURSOS UTILIZADOS
1 e 2	<p>A Filosofia e o Fazer Ciência no Mundo Moderno</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação do Questionário - Organizador Prévio para o levantamento dos conhecimentos prévios.</li> <li>• Leitura reflexivas do Texto 1, “As origens da ciência moderna”; e do Texto 2, “O trabalho em equipe e o progresso da ciência”.</li> <li>• Formação da roda de conversa para o debate sobre os textos (iniciação para a construção da comunidade investigativa).</li> </ul>	100 min	Questionário e textos distribuídos pelo professor
3 e 4	<p>Radiação do Corpo Negro</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formação da comunidade investigativa.</li> <li>• Leitura e debate dos textos: “Radiação do Corpo Negro” e “As moléculas da vida e as radiações”.</li> </ul>	100 min	Textos distribuídos pelo professor
5 e 6	<p>Experimento Científico e Representação da Radiação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação da lei de Wien, de modo a acompanhar a absorção da radiação por corpos que apresentam superfícies de coloração branca e preta.</li> <li>• Familiarização com o <i>Excel</i> e consequente elaboração de gráficos.</li> </ul>	100 min	Termômetros digitais de temperatura, latas de refrigerantes, lâmpada incandescente, <i>datashow</i> e computador.
7 e 8	<p>Questionário e elaboração de tabelas e gráficos relacionados à Radiação do Corpo Negro</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organização dos alunos em grupos de 5 componentes para a utilização do simulador PHET e responder as questões propostas.</li> <li>• Utilização do software <i>Excel</i> para a construção das tabelas e gráficos.</li> </ul>	100 min	Computador, <i>datashow</i> e questionário.

Fonte: Do próprio autor.

**Quadro 2** – Perfil da sequência didática proposta:

<p><b>Tema:</b> “Radiação do Corpo Negro”  <b>Campo do conhecimento:</b> Física</p>	
<b>Extensões pedagógicas</b>	<p>Conceitual, Procedimental e Atitudinal baseadas, em particular, na terceira habilidade da primeira competência prevista na BNCC<sup>1</sup> para a área das Ciências Naturais e suas Tecnologias, e respaldada no currículo referência da Rede Estadual de Educação de Goiás<sup>2</sup>.</p>
<b>Público-alvo</b>	3ª série do Ensino Médio – Período Integral.
<b>Duração estimada</b>	8 h/a.
<b>Objetivo geral da sequência didática</b>	<p>Estimular a criação de um raciocínio lógico, coerente e desenvolvido.</p> <p>Elaborar dispositivos plausíveis para proporcionar condutas que conduzam ao diálogo, ao questionamento, à reflexão, à evolução natural e à independência do estudante.</p> <p>Compreender os mecanismos de absorção da radiação por um corpo escuro.</p> <p>Demonstrar uma relação entre a absorção dos raios do espectro luminoso com o aumento de temperatura.</p> <p>Entender os fenômenos relacionados à radiação bem como sua aplicação no dia a dia, compreendendo as potencialidades e os riscos da radiação.</p> <p>Permitir o trabalho em grupo.</p> <p>Desenvolver a habilidade de manuseio de materiais e instrumentos.</p>
<b>Trabalho investigativo cooperativo</b>	Resolução de problemas em grupos de quantidades variadas de estudantes e debates (Comunidades de Investigação).
<b>Abordagem pedagógica</b>	<p>a) <b>Focada no estudante:</b> Aumentar a participação dos estudantes, de modo eficaz, em atividades individuais e colaborativas;</p> <p>b) <b>Interdisciplinar:</b> Promover os conceitos determinando ligações com a Matemática, a Química, a Filosofia, a História, a Sociologia, a Língua Portuguesa, e campos como o da Saúde/Medicina.</p>
<b>Metodologia</b>	<p>a) <b>Aulas dialógicas:</b> Voltadas à reflexão e à construção coletiva de conhecimento;</p> <p>b) <b>Diversidade pedagógica:</b> atividades experimentais, leitura de textos, interpretação de vídeos, simulações computacionais, listas de exercícios objetivos, pesquisas sobre temas de FMC,</p>

<sup>1</sup> A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) está disponível em: <http://www.bncc.com.br>.

<sup>2</sup> O currículo referência da educação básica da Secretaria de Estado da Educação de Goiás está disponível em: <http://portal.seduc.go.gov.br/Documentos%20Importantes/Diversos/CurriculoReferencia>.

	participação em debates.
<b>Avaliação dos estudantes</b>	Avaliação diagnóstica e formativa considerando os resultados de cada estudante nas atividades propostas, tendo como referência os seus conhecimentos prévios.
<b>Avaliação da aprendizagem</b>	<b>Avaliação Qualitativa:</b> avaliação informal e contínua das falas dos estudantes, buscando por evidências de aprendizagem de conceitos e desenvolvimento de competências e habilidades. Ao mesmo tempo, atentando-se para indicadores da necessidade de intervenção do professor.
<b>Avaliação da sequência didática</b>	<b>Opinião dos alunos:</b> Reunir visão dos estudantes acerca da sequência em uma autoavaliação; <b>Opinião do pesquisador-professor:</b> baseado no resultado da avaliação da aprendizagem e nas observações qualitativas do processo de ensino-aprendizagem.

**Fonte:** Do próprio autor.

### Quadro 3 – Roteiro das aulas da sequência didática

<p><b>Bloco de atividades:</b> Desvendando mistérios da Física Quântica: a Radiação do Corpo Negro</p>	
<p>1º ENCONTRO (aulas 1 e 2)</p>	<p><b>Atividade 1 – A Filosofia e o Fazer Ciência no Mundo Moderno</b> O professor aplicará um questionário contendo 8 questões. Esse questionário permitirá identificar os conceitos subsunçores (Ausubel) que os alunos já possuem, relacionados à calor, espectro de luz, transmissão de calor e radiação. Facilitará, assim, o planejamento das aulas do 2º encontro, possibilitando que o docente desenvolva de forma objetiva a temática da Radiação do Corpo Negro.</p> <p><b>Situação inicial:</b> O professor disporá os estudantes em círculo a fim de fomentar, imediatamente após as leituras reflexivas, um debate em formato de roda de conversa, com o intuito de fomentar paulatinamente o pensar Crítico, o pensar Criativo e o pensar Cuidadoso, com vistas a alcançar o Pensamento de Ordem Superior (Lipman).</p> <p><b>1ª Seção de Leitura Reflexiva</b> – Texto 1: As origens da ciência moderna (CHIBENI, s/d). Os textos da Leitura Reflexiva funcionarão como organizadores prévios (Ausubel).</p> <p><b>Debates e reflexões:</b> 1ª Seção de Leitura Reflexiva (texto 1)</p> <p><b>Intervenções e Ponderações docentes:</b> durante o debate da 1ª Seção de Leitura Reflexiva. Casos os alunos se mostrem tímidos, é importante que o professor os encoraje, incentivando-os a falarem</p>

aquilo que acreditam estar correto frente às indagações apresentadas. Esta pode ser a primeira vez de muitos estudantes nessa sistemática de debates, o que exigirá maior abertura e encorajamento pelo docente.

**Sugestão de Situação-problema:** Após o debate sobre *As origens da ciência moderna* o professor pergunta para a turma “Qual a origem da ciência moderna?” para voltar-se à reflexão de “O que a Filosofia tem, então, a ver com a ciência moderna?”. O professor apresenta a importância da construção do pensamento organizado e dos critérios metodológicos para o processo de investigação científica. A partir dessas reflexões, e de outras que possam surgir durante o debate, o professor destacará a contribuição da Filosofia, com exemplos práticos; e dos critérios metodológicos, elencando alguns dos mais relevantes, para o conhecimento científico. A Situação-problema, dentre outras coisas, oferece uma ou mais questões, com o intuito de instigar nos estudantes o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao raciocínio, à formação de conceitos, à prática de investigação, como apresenta Lipman; mas também a formação de novos conceitos, como deseja Ausubel.

**2ª Seção de Leitura Reflexiva** – Texto 2: *O trabalho em equipe e o progresso da ciência* (LUZ; ÁLVARES, 2014, p. 304-305)

**Debates e reflexões:** Seção de Leitura Reflexiva (texto2)

**Intervenções e Ponderações docentes:** durante o debate da 2ª Seção de Leitura Reflexiva

Após o debate sobre *O trabalho em equipe e o progresso da ciência*, o professor pergunta para a turma “Alguém pode citar um cientista que fez uma grande descoberta?”, para a partir daí mostrar que essa descoberta demandou o conhecimento prévio de outras pessoas e pesquisas para que tivesse êxito. Assim, ao discutir como a ciência é um processo de desenvolvimento, além de ser um ato colaborativo, o docente destacará a importância de as pessoas, sobretudo seus estudantes, buscarem o conhecimento em áreas de seu interesse (científica, profissional, religiosa, familiar etc), com pessoas que terão as mais diversas visões de mundo, para que a partir daí consigam apresentar novas soluções para a respectiva área. Esse momento busca partir de situações próprias de interesse dos estudantes, o que favorecerá para que os novos conceitos adquiridos não sejam arbitrários, mecânicos, mas possibilitem a aprendizagem significativa. Além disso, são essenciais para a aprendizagem representacional (Ausubel).

**Para enriquecer a aula,** o professor poderá entregar aos alunos uma página com curiosidades sobre alguma descoberta científica e bibliografia complementar. Essa estratégia busca ampliar as

	<p>possibilidades de assimilação (Ausubel) na medida em que busca incentivar a prática de investigação para além da sala de aula (Lipman)</p> <p><b>Aplicação de:</b> Autoavaliação.</p> <p><b>Tempo:</b> Os estudantes devem levar até 20 minutos para responderem ao questionário. O rearranjo da sala para a roda de conversa deverá levar até 5 minutos. As leituras reflexivas dos textos e o debate poderá durar até 60 minutos. Para encerrar, a autoavaliação, quando empregado pela primeira vez, deverá tomar de 15 a 20 minutos da aula. As rodas de conversa e os debates buscam promover uma melhor elaboração pelos estudantes de suas ideias e favorece sua habilidade de tradução, pois têm que apresentar com linguagem própria os novos (Lipman) conhecimentos e conceitos. Naturalmente, que essa reelaboração demanda que os estudantes se valham de seus conceitos subsunçores de antes, com a inserção de novos conceitos, na medida em que são instigados à aprendizagem proposicional (Ausubel).</p>
<p>2º ENCONTRO (aulas 3 e 4)</p>	<p><b>Atividade 2 – Radiação do Corpo Negro</b></p> <p>Antes do início da atividade, o professor deve orientar a turma sobre as condições da participação respeitosa e colaborativa para o estudo e para a construção do conhecimento. Estabelecerá, assim, algumas regras de convivência.</p> <p><b>Situação inicial:</b> É necessário organizar os estudantes em grupos de 3 a 5 membros preferencialmente, que se parte da comunidade de investigação, como proposto por Lipman, para subsidiar o desenvolvimento das respectivas habilidades; e de modo a favorecer a formação de novos conceitos, como pretende Ausubel.</p> <p><b>1ª Seção de Leitura Reflexiva – Texto 1: <i>A radiação do corpo negro</i> (Apêndice).</b></p> <p><b>Debates e reflexões:</b> 1ª Seção de Leitura Reflexiva (texto 1)</p> <p><b>Intervenções e Ponderações docentes:</b> durante o debate da 1ª Seção de Leitura Reflexiva. As ponderações do professor são sempre importantes para assegurar que haja elaboração conceitual progressiva (Ausubel), e que o pensamento se oriente por processos criteriosos (Lipman).</p> <p><b>2ª Seção de Leitura Reflexiva – Texto 2: <i>As moléculas da vida e as radiações</i> (KANTOR; PAOLIELLO JÚNIOR, 2010, p. 85-86)</b></p> <p><b>Debates e reflexões:</b> Seção de Leitura Reflexiva (texto2)</p>

**Intervenções e Ponderações docentes:** durante o debate da 2ª Seção de Leitura Reflexiva

Em geral, para as duas seções de Leitura Reflexiva, os alunos farão um grande círculo na sala de aula para discutirem sobre os textos. O debate procederá da seguinte maneira: para cada tópico dos textos em análise será escolhido um dos grupos (comunidade de investigação) para expor seu entendimento e questionamentos. Os demais grupos, de forma organizada, pedindo a palavra, concordarão ou discordarão, acrescentando seus argumentos quando necessário. Em alguns momentos, sempre que oportuno, o professor intervirá para elucidar algumas dúvidas sem dar respostas feitas e, sim, estimular mais ainda a construção do saber.

**Sugestão de Situação-problema:** Após o debate sobre o texto *A radiação do corpo negro*, o professor apresentará algumas indagações à turma, dentre as quais: Mas, afinal, o que é um Corpo Negro para a Física? O que foi a “Catástrofe do Ultravioleta”? Qual a solução proposta por Max Planck para a “Catástrofe do Ultravioleta”?

Ao término do debate acerca do texto *As moléculas da vida e as radiações*, o professor apresentará à turma questões como: Explique como a radiação solar pode interferir no surgimento da vida na Terra? E como ela influencia na cadeia alimentar das espécies. Como se explica que a mesma radiação que pode ajudar no tratamento de doenças, também pode afetar a saúde?

Para enriquecer a aula, o professor poderá entregar aos alunos uma página com curiosidades sobre o tema e bibliografia complementar.

**Miniaula explicativa:** O professor apresentará uma explanação do tema “Radiação do Corpo Negro”, de aproximadamente 30 minutos. Neste momento, o docente explicará aspectos ainda não contemplados, como a explicação de Planck sobre a energia ser quantizada, bem como a forma como as radiações são produzidas, em semelhança com osciladores em Movimento Harmônico Simples.

**Tempo:** O docente precisa se atentar ao cronograma, para que a atividade se conclua de forma integral, com o tempo bem aproveitado. É importante salientar que a condução do tempo não precisa ser exageradamente rígida, mas precisa estar atenta ao desenvolvimento global da aula. Assim, para tratar das regras e organizar as comunidades de investigação (em grupos), o tempo deverá ser de uns 10 minutos. O tempo para o debate, inclusive com o tempo destinado à leitura dos textos e às anotações preparatórias, poderá durar aproximadamente 50 minutos. A miniaula expositiva deverá ter algo próximo a 30 minutos. Por fim, para uma avaliação serão destinados em torno de 10 minutos.

3º ENCONTRO  
(aulas 5 e 6)

**Atividade 3 – Experimento científico (1ª parte do encontro); e representação da radiação (2ª parte do encontro)**

**Situação inicial:** Ao dar início à aula, o professor prestará orientações gerais: que solicita que cada membro da respectiva comunidade investigativa acompanhe o experimento com anotações dos principais dados e informações, para comparação e discussão posterior.

**1ª Parte do Encontro – Experimento**

**Miniaula explicativa:** O professor retoma rapidamente a Lei de Wien, rememorando o encontro anterior e já instruindo como procederão ao experimento.

**Experimento:** Aplicação da Lei de Wien, de modo a acompanhar a absorção da radiação por corpos que apresentem superfícies de colorações claras e escuras (1ª parte do encontro). O material deverá ser instalado previamente no laboratório de Ciências/Física. Ao ligar a lâmpada, com as latas em posições equidistantes, a temperatura é acompanhada pela leitura dos termômetros digitais.

**Recursos necessários:** Termômetros digitais de temperatura e latas de superfície branca e de superfície preta (1ª parte do encontro); e Laboratório de informática (2ª parte do encontro)

**Sugestão de roteiro avaliativo pós-experimento:** Ao finalizar o experimento de radiação do corpo negro, convém que o professor verifique se de fato os estudantes estarão aptos a responderem alguns questionamentos referentes aos conhecimentos trabalhados. Será, portanto, relevante sondar questões fundamentais, como: a) todos reconhecem qual a lata que apresentará maior variação de temperatura devido à radiação solar? b) os alunos estão preparados para aplicar a Lei de deslocamento de Wien para calcular o comprimento de onda da radiação nas paredes da lata e identificar se essa faixa de radiação se enquadra na radiação infravermelha? e c) conseguem, a partir dos dados, calcular a variação da radiação das latas de superfície branca e de superfície preta?

Os experimentos e as simulações são importantes porque exploram a aprendizagem conceitual (Ausubel), ao passo que fomenta o pensamento e as habilidades inseridos na prática da investigação (Lipman)

-----  
**2ª Parte do Encontro – Familiarização com o Excel e elaboração de gráfico**

**Instruções:** Os estudantes deverão ser instruídos sobre como utilizar o Excel para a criação de gráficos, uma vez que no próximo

	<p>encontro os alunos o utilizarão para representar em gráfico a curva característica da Lei de Planck referente ao experimento da 1ª parte do encontro.</p> <p><b>Recursos necessários:</b> Laboratório de informática e <i>datashow</i></p> <p><b>Tempo:</b> A aula deverá ser dividida em dois momentos, cada um de 50 minutos: a) na primeira parte do encontro, convém realizar o experimento e avaliação do êxito quanto a alguns objetivos fundamentais; b) na segunda parte do encontro, caso a escola conte com um laboratório de informática, o professor deve orientar a turma quanto ao do uso do <i>Excel</i>, caso nem todos os alunos já o dominem.</p> <p><b>Aplicação de:</b> sondagem de aprendizagem (informal e coletiva).</p>
<p>4º ENCONTRO (aulas 7 e 8)</p>	<p><b>Atividade 4 – Questionário e elaboração de tabelas e gráficos relacionados à Radiação do Corpo Negro.</b></p> <p><b>Situação inicial:</b> Organizar os alunos em grupos de 5 componentes, que receberão um questionário por grupo a ser respondido com base no uso do simulador PHET, com o propósito de instigar a análise e o debate de modelos de radiação emitida por um corpo negro.</p> <p><b>Sugestão de Situação-problema:</b> O questionário deverá apresentar questões para verificação de aprendizagem, que deve observar dentre outras coisas: a) o espectro de emissão de lâmpada incandescente; b) o ajuste de temperatura no simulador; e c) a construção de gráficos e tabelas relacionados à radiação.</p> <p><b>Debates e reflexões:</b> após a simulação no PHET</p> <p><b>Intervenções e Ponderações docentes:</b> no debate após a simulação da radiação de um corpo negro</p> <p><b>Recursos necessários:</b> questionário, <i>datashow</i> e laboratório de informática</p> <p><b>Aplicação de:</b> autoavaliação e pós-teste.</p> <p><b>Tempo:</b> O tempo para a tarefa de simulação será de em média 50 minutos, com outros 30 destinados ao debate, e 20 minutos para autoavaliação.</p>

**Fonte:** Do próprio autor.

\* Roteiro elaborado a partir do modelo de Althoff (2018).

## ❖ AULAS 1 E 2:

Este encontro se desenvolverá em dois momentos importantes, no primeiro os alunos responderão um questionário, individualmente, para mostrarem o que conhecem sobre calor, espectro de luz, transmissão de calor e radiação. O questionário, que servirá de organizador prévio, será recolhido pelo professor para auxiliá-lo no melhor preparo das aulas do segundo encontro.

No segundo momento, o professor distribuirá os textos de divulgação científica para leitura. Solicitará que cada aluno leia um parágrafo. Sempre que necessário, durante a leitura o professor fará paradas pontuais para discussões. Durante os debates, levará em consideração as participações dos alunos, para o melhor desenrolar a discussão. O docente evitará proferir respostas prontas. Assim sendo, como mediador, o professor começará a efetivar uma comunidade de investigação.

Deve-se ter o zelo de propiciar a participação efetiva dos alunos nas discussões. Quanto à mudança de paradigma no estudo de Física, a mediação do professor é fundamental para que o objetivo seja alcançado.

## QUESTIONÁRIO-DIAGNÓSTICO

(Subsunçores relacionados: calor, espectro de luz, transmissão de calor e radiação)

	<b>CENTRO DE ENSINO EM PERÍODO INTEGRAL PEDRO XAVIER TEIXEIRA</b>		
	<b>ANO LETIVO: 2018</b>		
	<b>Série: 3ª</b> <b>E. M.</b>	<b>Turma(s):[A][B][C]</b>	<b>Disciplina: FÍSICA</b>
	<b>Professor (a): Daniel Sampaio Nunes</b>		
<b>Aluno (a):</b>		<b>Nº:</b>	<b>Data:</b>

- 1) Em um dia ensolarado, você resolve sair com seus amigos para saborear um delicioso sorvete. Ao escolher sua vestimenta, você acha que a cor da roupa que usará vai influenciar na sensação térmica da pele em contato com o tecido?
- 2) Quando você vai comprar roupas (camisas ou blusas), sabendo que nossa cidade registra temperaturas altas na maioria dos dias, quais cores você selecionaria? Lembrando que seu intuito é comprar roupas confortáveis e que manteriam sua pele sempre fresca.
- 3) Nas férias de julho, você e sua família decidiram acampar para aproveitarem a natureza e se desligarem da correria da cidade. Em uma noite de céu estrelado e lua cheia, vocês decidiram fazer um luau para celebrar esse momento maravilhoso, com direito à fogueira, música e muita diversão. Nesse momento, em que estão todos reunidos ao redor da fogueira com a intensão de se aquecerem, ocorrem processos de transmissão de calor. Quais são esses processos?
- 4) Após as chuvas de verão é comum observarmos o aparecimento de arco-íris. Esse fenômeno ocorre porque a luz branca emitida pelo sol, que é policromática, atinge as bordas das gotículas de água ou de vapor das nuvens. Ao ser desviada essa luz se decompõe nas sete cores que formam os arco-íris visíveis ao olho humano. Quais são essas cores?
- 5) Em um experimento no laboratório de Física, dois corpos são submetidos à elevação de temperaturas diferentes. O primeiro corpo, ao ser aquecido, apresentou coloração alaranjada e o segundo apresentou coloração azulada. Sem utilizar o auxílio de um termômetro, qual dos dois corpos deve apresentar maior temperatura?

- 6) Ao analisarmos luz e calor, descobrimos que existe apenas uma única característica que os diferencia. O que distingue a luz do calor?
- 7) Durante o século XIX, muitos físicos estavam envolvidos no estudo, tanto experimental quanto teórico, do espectro da radiação emitido por corpos incandescentes. Uns dos motivos que despertaram o interesse dos físicos para tal estudo foi a energia elétrica e a gás que garantiam a iluminação noturna das cidades europeias. O físico alemão Gustav Robert KIRCHHOFF, buscando um modelo teórico para entender essa emissão e absorção da radiação dos corpos aquecidos, conceituou o que seria para a Física o Corpo Negro.  
Assim sendo, qual o seu entendimento do que seria um Corpo Negro de acordo com a Física?
- 8) O estudo sobre radiações traz alguma relevância para a humanidade?

*“Uma nova verdade científica não triunfa com a convicção dos seus opositores ou através do esforço em fazê-los ver a luz; triunfa, geralmente, porque esses opositores finalmente morrem e cresce uma nova geração mais familiarizada com ela.”*  
*Max Planck*

## LEITURA REFLEXIVA: TEXTO 1

	CENTRO DE ENSINO EM PERÍODO INTEGRAL PEDRO XAVIER TEXEIRA		
	ANO LETIVO: 2018		
	Série: 3 <sup>a</sup> E. M.	Turma(s):[A][B][C]	Disciplina: FÍSICA
	Professor (a): Daniel Sampaio Nunes		
Aluno (a):		Nº:	Data:

Introdução à filosofia da ciência  
 Prof. Dr. Silvio Seno Chibeni  
 Departamento de Filosofia, Unicamp

## AS ORIGENS DA CIÊNCIA MODERNA

## 1.1. Ciência e filosofia

Desde a sua origem, o homem sempre cuidou de obter conhecimento sobre os objetos que o cercam. Esse conhecimento primitivo é motivado por algo externo à atividade cognitiva propriamente dita: a necessidade de controle dos fenômenos naturais, com vistas à própria sobrevivência biológica. A Grécia Antiga testemunhou, no entanto, o surgimento de uma perspectiva cognitiva nova: a busca do conhecimento pelo próprio conhecimento, por mera curiosidade intelectual. Aqueles que cultivavam essa busca do saber pelo saber foram chamados *filósofos*, “os que amam ou buscam a sabedoria”.

Naquela época e, em certa medida, por muitos séculos da era cristã, a filosofia englobava todos os ramos do conhecimento puro (em contraste com o que chamavam “artes” ou “técnicas”). Uma primeira tendência à especialização levou gradualmente à separação de uma grande área de investigação, que se ocupava dos fenômenos naturais, ou seja, aqueles que não dizem respeito ao homem, enquanto ser intelectual, moral, político, etc. Essa área, a que se chamou *filosofia natural*, experimentou grande impulso a partir do século XVII, quando passou a ser cultivada sob um novo enfoque metodológico. Foi justamente dessa nova filosofia natural que surgiu a *ciência*, como hoje a entendemos.

Hoje em dia costuma-se considerar pertencentes ao tronco principal da Filosofia as disciplinas da estética, lógica, ética, epistemologia e metafísica, sendo que as duas primeiras mostram tendência à autonomização. De forma muitíssimo simplificada, pode-se dizer que a estética examina abstratamente a beleza e a feiura; a lógica investiga o encadeamento formal das proposições; a ética estuda questões relativas ao bem e ao mal, aos direitos e deveres; a epistemologia ocupa-se do conhecimento, suas origens, fundamentos e limites, enquanto que a metafísica procura especular sobre a natureza última das coisas. Fora esses ramos fundamentais, há ainda diversos outros que resultam de suas

interconexões e especializações, como a filosofia política, a filosofia da linguagem, a filosofia da ciência, a teologia, etc.

## 1.2. Um novo método de investigar o mundo

Embora a caracterização precisa do novo método de investigação exija detalhamentos que não faremos aqui, dois de seus traços fundamentais merecem destaque: a *experimentação* e a *matematização*.

Os responsáveis pela criação da ciência moderna, entre os quais se destaca a figura de Galileu Galilei, acreditavam que os estudos anteriores em filosofia natural exibiam uma dependência excessiva de especulações metafísicas e um apego ilegítimo à opinião de autoridades, particularmente Aristóteles, cujas doutrinas dominavam a cena filosófica havia mais de 1800 anos. Os novos filósofos contrapunham a isso a observação da própria natureza. É nessa observação – a *experiência* – que se encontrariam os verdadeiros fundamentos do conhecimento da natureza.

Na constituição da nova ciência, tão importante quanto assentar as bases do conhecimento na experiência foi obter essa experiência de forma *controlada e sistemática*, por meio daquilo que se chamou *experimentos*. Para tomar um exemplo famoso daquela época, sabe-se que Galileu concebeu vários desses experimentos para observar como os corpos pesados caíam. Para ele, não bastava soltar uma pedra e olhar sua descida. Ele queria saber *quantitativamente como* ela o faz. Para tanto, concebeu o famoso experimento do plano inclinado, descrito em seu livro *Discursos e Demonstrações Matemáticas sobre Duas Novas Ciências* (1638). Com a inclinação, retarda-se a queda, facilitando a *medição* de tempos e distâncias. Esse experimento comprova a lei galileana da queda dos corpos, segundo a qual na queda o corpo percorre distâncias proporcionais ao quadrado dos tempos de queda.

Esse exemplo ajuda a ver vários outros pontos importantes na nova abordagem.

O primeiro é que um experimento só é concebido com vistas ao esclarecimento de um dado *problema*, previamente configurado na tradição de investigação. Nesse caso, o problema era dado pela suspeita de Galileu de que a tese aristotélica, de que os corpos mais pesados caem mais rápido do que os mais leves, estava errada. O experimento de Galileu permite resolver essa dúvida de forma objetiva.

Um segundo ponto é que os dados brutos de um experimento são pouco ou nada significativos se não forem *refinados intelectualmente*. No exemplo em análise, deve-se, para chegar à lei de Galileu, “descontar” a interferência de causas espúrias, como o atrito e a imperfeição dos relógios da época (batimento do pulso e relógio d’água, inicialmente). Fazer isso sem mutilar fundamentalmente os resultados é algo que exige perícia e verdadeira genialidade.

Por fim, o exemplo destaca o segundo dos grandes traços da nova ciência, mencionados acima, que é a preocupação em obter uma descrição quantitativa dos fenômenos, por meio de sua matematização. Vale notar, como contraste, que na visão aristotélica, nem mesmo a física poderia ser matematizada. As leis físicas assumiam, segundo Aristóteles, um caráter puramente qualitativo.

Num ensaio publicado em 1623, intitulado *Il Saggiatore* (“O Ensaaiador”), Galileu expressou, numa metáfora que se tornou famosa, sua nova proposta de estudo da natureza, que, como estamos vendo, se tornaria fundamental no desenvolvimento da ciência moderna:

*“A filosofia está escrita neste grandíssimo livro, que continuamente está aberto diante de nossos olhos (eu quero dizer o universo), mas que não se pode entender se não se aprende a entender a língua, e a conhecer os caracteres nos quais está escrito. Ele está escrito em língua matemática, e*

*os caracteres são os triângulos, círculos, e outras figuras geométricas, sem cujos meios é humanamente impossível entender uma só palavra; sem eles [a filosofia] é um vão caminhar por um obscuro labirinto”* (Tradução de Henrique Fleming, em <http://www.hfleming.com/confgal2.html>).

Uma das consequências desse novo enfoque de pesquisa foi a necessidade de um uso cada vez mais extenso de *aparelhos de observação*. Por exemplo, Galileu, ele próprio, pôs a óptica a serviço das observações astronômicas, construindo sua famosa luneta; construiu também o primeiro relógio de pêndulo. Essas observações instrumentais tiveram um papel crucial na implantação da nova ciência.

### 1.3. Uma nova visão de mundo

Até aqui, tratamos do surgimento da ciência moderna focalizando mais a questão do método de investigação da natureza. Mas, evidentemente, o surgimento da ciência, no sentido usual do termo hoje em dia, envolveu muito mais do que isso. Como veremos em outros tópicos desta série, o conhecimento científico não se resume à observação sistemática e registro de fenômenos, sendo encapsulado em *teorias*. Pois bem: a época de eclosão da ciência moderna (séculos XVI a XVIII) ficou marcada não somente pelo desenvolvimento de novos procedimentos de investigação, mas também pela descoberta de novos fenômenos e, principalmente, pelo desenvolvimento de novas teorias capazes de explicá-los. Tais teorias trouxeram uma nova visão científica do mundo, que contrastava fortemente com a visão então predominante, proveniente de uma mistura de elementos da filosofia antiga e da filosofia e religião medievais.

O núcleo das novas teorias da ciência foi constituído gradualmente, pelo trabalho de muitos cientistas e filósofos – sendo que essa distinção ainda não estava claramente delineada na época –, entre os quais estão o já citado Galileu, René Descartes, Christiaan Huygens, Robert Boyle e Isaac Newton. Com Descartes, sobretudo, desenvolveu-se uma perspectiva teórica que serviria como pano de fundo de toda a ciência, nos séculos XVII, XVIII e XIX. Essa perspectiva ficou conhecida como *mecanicismo*, visto que, nela, a base de *tudo* o que ocorre no mundo físico seriam processos mecânicos, ou seja, que envolvem o movimento de corpos.

No mecanicismo, o mundo corporal é caracterizado por um número muito pequeno de “*qualidades primárias*”, isto é, inerentes aos próprios corpos: extensão, forma, tamanho, movimento, impenetrabilidade, número e arranjo de partes. É a partir dessas qualidades que todas as demais, como as cores, os sons, os cheiros, os gostos, etc., deveriam ser explicados. Descartes e seus sucessores próximos lançaram, assim, um fértil *programa de investigação*, que forneceria material de pesquisa por vários séculos, nas mais diversas áreas da ciência, incluindo-se aí a química e a própria biologia. Inegavelmente, parte de sua excepcional fertilidade se devia justamente ao fato de propor uma base extremamente simples para o estudo dos corpos, uma base, além disso, que permitia a implementação plena de um dos dois ideais metodológicos principais da nova ciência, a matematização: formas e movimentos podiam ser tratados geometricamente, dentro da nova ciência mecânica desenvolvida pelos referidos pioneiros.

Um importante complemento, ou refinamento, da visão mecanicista de mundo foi introduzido por Newton. Ele obteve sucesso sem precedentes na formulação de princípios teóricos quantitativos precisos para a nova mecânica, mostrando ainda, de forma admirável, como lidar com a questão delicada da idealização e interpretação dos fenômenos, e como pôr a teoria mecânica a serviço da meta de prever e explicar toda uma rica variedade de fenômenos físicos a partir de pressupostos simples. Na mecânica Newtoniana, as leis básicas do movimento foram estabelecidas, com o auxílio de algumas noções físicas novas, como a de massa e força. E, entre as forças, cumpriu papel de destaque

a força de gravitação universal. A assimilação filosófica deste último elemento, inteiramente novo, causou muita discussão e mesmo perplexidade, visto que não estava clara – como talvez não esteja até hoje – a questão das causas da atração gravitacional. Seja como for, a nova mecânica funcionava muito bem na explicação e predição dos fenômenos naturais, e constituiu o modelo ou “paradigma” de toda a ciência moderna, até que alguns de seus princípios viessem a ser questionados e modificados no início do século XX.

#### 1.4. Sites e livros recomendados

- Notas de aula, “Filosofia: Noções introdutórias”, “Epistemologia: Noções introdutórias” e “Observações sobre as relações entre a ciência e a filosofia”, Prof. Silvio S. Chibeni (DF-Unicamp), [www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/textosdidaticos.htm](http://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/textosdidaticos.htm)
- Notas de aula do curso “Nascimento e Desenvolvimento da Ciência Moderna”, Prof. Valter A. Bezerra (UFABC): <http://sites.google.com/site/filosofiadacienciaufabc/cienciamoderna>
- Texto “A filosofia e as explicações para o funcionamento da natureza”, Thaís Cyrino de Mello Forato, Curso “O éter, a luz e a natureza da ciência”. Núcleo de Pesquisas em Inovação Curricular (NUPIC-FE-USP), [http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/material-didatico-dehistoria-e-filosofia-da-ciencia/textos%20e%20mais/TEXT0\\_01.pdf](http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/material-didatico-dehistoria-e-filosofia-da-ciencia/textos%20e%20mais/TEXT0_01.pdf)
- *Artigo*: Galileu fez o experimento do plano inclinado? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 7, n.1, 2008. [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART11\\_Vol7\\_N1.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART11_Vol7_N1.pdf)
- Os dez mais belos experimentos da física. Textos do Prof. C. A. dos Santos (IFUFRGS), sobre enquete da revista *Physics World*: <http://www.if.ufrgs.br/historia/top10.html>
- Artigos sobre Galileo do Prof. Pablo R. Mariconda (DF-FFLCH-USP), disponíveis em: <http://www.scientiaestudia.org.br/associac/pablo.asp>
- COHEN, I. B. *O Nascimento de uma Nova Física*. Trad. G. de Andrada e Silva. São Paulo, Edart, 1967. (*The birth of a new physics*. London, Penguin, 1992.)
- LOSEE, J. *Introdução Histórica à Filosofia da Ciência*. Trad. B. Climberis. Belo Horizonte, Itatiaia e São Paulo, Edusp, 1979. (*A Historical Introduction to the Philosophy of Science*. 2 ed. Oxford, Oxford University Press, 1980.)
- LUCIE, P. *A Gênese do Método Científico*. Rio de Janeiro, Campus, 1977.

## LEITURA REFLEXIVA: TEXTO 2

	<b>CENTRO DE ENSINO EM PERÍODO INTEGRAL PEDRO XAVIER TEXEIRA</b>			
	<b>ANO LETIVO: 2018</b>			
	<b>Série: 3ª E. M.</b>	<b>Turma(s):[A][B][C]</b>	<b>Disciplina: FÍSICA</b>	
	<b>Professor (a): Daniel Sampaio Nunes</b>			
<b>Aluno (a):</b>		<b>Nº:</b>	<b>Data:</b>	

### O trabalho em equipe e o progresso da Ciência

(Fonte: Física Contexto & Aplicações, Volume 3, p. 304-305.¹)

Ainda há quem enxergue a Ciência como um conjunto de conhecimentos que decorre de ideias brilhantes e da genialidade de alguns. A história da Ciência, entretanto, vem mostrando justamente o contrário: com frequência, avanços importantes acontecem a partir da integração de habilidades e conhecimentos de muitos (Figura 1).



Figura 1 – O trabalho conjunto é essencial para grandes conquistas.

Procure saber como se deu o surgimento da lâmpada, por exemplo. Provavelmente você ficará convencido de que Edison, diferente do que diz a crença popular, não foi o inventor isolado da lâmpada. Ele contava com a ajuda de técnicos e especialistas e, antes dele, outras equipes de pesquisadores já haviam elaborado versões menos eficientes da lâmpada elétrica. O que ele e sua equipe fizeram foi aperfeiçoá-la, viabilizando seu uso e produção em larga escala.

O mesmo é verdade para a relatividade de Einstein. Ele não chegou às teorias que lhe deram fama de forma totalmente isolada. Ele estava ciente dos problemas que a Física enfrentava em sua época, bem como das opiniões de outros cientistas. A teoria da relatividade é fruto não apenas de sua capacidade lógica, mas também da capacidade de reunir, de uma maneira sintética e organizada, o que outros cientistas já afirmavam. Aliás, a ideia central do primeiro postulada da teoria da relatividade especial, que estudamos neste capítulo, já havia sido proposta séculos antes, de uma maneira um pouco menos abrangente, por Galileu. A contração do espaço, que neste capítulo chamamos de

*contração de Lorentz*, recebeu esse nome porque já havia sido concebida pelo físico Hendrik Lorentz e também pelo físico George Fitzgerald, apesar de eles terem dado interpretações bem diferentes das de Einstein. As transformações de coordenadas entre referenciais, uma das ferramentas mais importantes dessa teoria, são feitas com o auxílio de equações que já haviam sido deduzidas por Lorentz e, por isso, são conhecidas como transformações de Lorentz. Além desses, Poincaré, Minkowski, Besso e muitos outros cientistas tiveram participação direta ou indireta no desenvolvimento da teoria da relatividade, tanto da especial como da geral.

No livro *Algumas razões para ser um cientista*, o físico inglês Michael Berry, ao fazer referência à comunidade de pesquisadores, comenta:

"Nós cooperamos simplesmente porque os modos de funcionamento da natureza ficam tão sutilmente ocultados que nenhum pesquisador ou pesquisadora individual pode descobri-los sozinho. Somos muito mais espertos em conjunto do que separadamente, portanto faz sentido cooperar [...]".

Atualmente, o trabalho em equipe vem sendo valorizado e integrado no dia a dia de indústrias e corporações. Grandes inovações comerciais, assim como descobertas científicas, raramente são obtidas por criações isoladas. A criatividade vem sendo encarada, na visão atual da psicologia e da educação, como um fenômeno social.

### **A comunicação multidisciplinar**

Além do trabalho em equipe, a comunicação entre disciplinas vem se destacando como habilidade importante para a pesquisa em Ciências, principalmente quando o trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de tecnologias ou a solução de problemas complexos. A relação entre a Física, a Química, a Biologia e outras ciências afins proporciona uma visão mais ampla do assunto, ajudando cada membro da equipe a expor sua opinião com mais clareza. É bem provável que a solução para problemas contemporâneos, como a fome, a poluição ou a pobreza, surja da cooperação de pesquisadores que saibam transmitir sua opinião técnica para profissionais de outras áreas. Essa comunicação interdisciplinar facilita a cooperação e ajuda a equipe a chegar a soluções que, isoladamente, nenhum de seus membros chegaria (Figura 2).

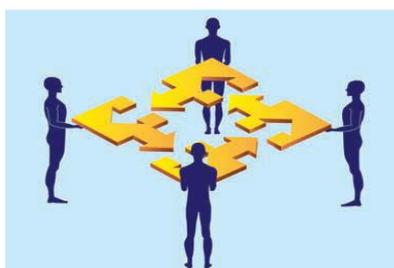


Figura 2 – A multidisciplinaridade contribui para o entendimento e a solução de problemas complexos.

### **O futuro da Ciência**

É verdade que a Ciência já conseguiu muito e que, às vezes, seus produtos e processos parecem ter saído de um filme de ficção. Contudo, exatamente por já ter alcançado tanto, o próximo passo se torna cada vez mais difícil. Assim, a dependência do trabalho em equipe e da comunicação multidisciplinar será cada vez maior. Se é notável o que já se conseguiu, é ainda mais surpreendente o que está por vir. As pesquisas modernas não pararam nos tópicos apresentados neste capítulo.

Existe uma equipe de cientistas na Universidade de Harvard, nos Estados Unidos, por exemplo, que estuda o quão pequena uma gota de água pode chegar a ser e qual a relação de seu formato com as características da superfície na qual ela se apoia. Outra equipe da Universidade de Chicago, usando sensores e supercâmeras, mediu o tempo e a velocidade de deformação de uma folha de papel por um bloco pesado colocado sobre ela. Por mais espantoso que possa parecer, o papel pode ser comprimido por semanas antes de atingir uma espessura final.

Outras tecnologias modernas já em uso, como a levitação magnética, continuam a ser desenvolvidas e aprimoradas por equipes de pesquisadores em todo o mundo. A levitação magnética, no ambiente de laboratório, já é feita inclusive com seres vivos. Sapos e rãs flutuaram no ar pela força magnética invisível que contrabalanceava o peso desses anfíbios. O último feito da levitação magnética foi o de suspender no ar um lutador de sumô de mais de cem quilos! Mas, para quem acha a levitação surpreendente, é igualmente espantoso que a invisibilidade, graças ao desenvolvimento dos *meta-materiais*, se torne viável em um futuro não muito distante. Esse tipo de material, por possuir índice de refração negativo, direciona a trajetória da luz de tal modo que ela seria capaz de contornar o objeto e sair do outro lado, na mesma direção que ela teria se dirigido caso o objeto não estivesse lá (Figura 3). Assim, um observador na frente de um objeto poderia ver tudo o que está atrás dele, o que faz com que o objeto em si desapareça!

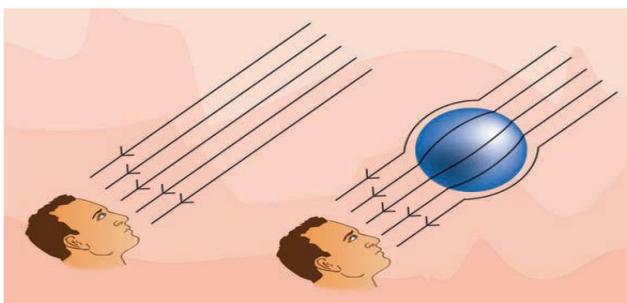


Figura 3 – O meta-material faz com que a luz contorne o objeto (direita) e chegue aos olhos do observador como se o objeto não estivesse presente (esquerda).

**❖ AULAS 3 E 4:**

As aulas devem se iniciar com a formação de grupos de alunos, 3 a 5 membros preferencialmente. Cada grupo ficará responsável por expor o entendimento e o questionamento do tópico escolhido dos textos em análise. Receberão os textos para iniciarem a leitura e se organizarem como comunidade de investigação.

Após a leitura dos textos, assimilação dos tópicos para a exposição e o levantamento dos questionamentos de cada grupo, as comunidades de investigação formarão um grande círculo na sala de aula para realizarem o debate em uma roda de conversa, mediada pelo professor.

Em alguns momentos, sempre que oportuno, o professor intervirá para elucidar algumas dúvidas sem dar respostas feitas e, sim, estimular mais ainda a construção do saber. Contudo, o docente deverá oferecer subsídio sempre que necessário.

## LEITURA REFLEXIVA: TEXTO 1



**CENTRO DE ENSINO EM PERÍODO  
INTEGRAL PEDRO XAVIER  
TEXEIRA**



**ANO LETIVO: 2018**

**Série: 3ª  
E. M.**

**Turma(s):[A][B][C]**

**Disciplina: FÍSICA**

**Professor (a): Daniel Sampaio Nunes**

**Aluno (a):**

**Nº:**

**Data:**

## A RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO

*“A Física desenvolvida até então já é completa, no entanto, temos apenas duas pequenas nuvens no horizonte”. (Lord Kelvin)*

### 1 - Introdução

Já imaginou um mundo em que você não saiba o que é uma tela touchscreen, um smarphone, um tablet, um GPS, um computador, uma televisão a cores, enfim, toda tecnologia com a qual somos bombardeados diariamente? Será que essa realidade está muito distante dos dias atuais? A frase com que iniciamos este texto foi uma frase defendida por Lord Kelvin no final do século XIX, quando a realidade da época era muito semelhante à realidade imaginada com o auxílio das nossas perguntas. Nessa época, os conhecimentos e teorias desenvolvidos pelos cientistas (“grandes” e “pequenos”) levaram à crença de uma natureza contínua, completamente previsível e que obedecia ou às Leis de Newton ou às equações de Maxwell. Entretanto, duas coisas não batiam: (1) Como explicar as radiações emitidas por um pequeno orifício aquecido, ou melhor, por um “corpo negro”? (2) Seriam os fenômenos eletromagnéticos variantes, ou seja, o fenômeno observado a partir de um referencial seria diferente em outro referencial? Se não, o que teria de errado nos modelos científicos adotados até então? O objetivo deste texto é trazer discussões referentes ao desenvolvimento da Física ao longo do século XX.

### 2 - A ideia da Quantização

Conversaremos aqui sobre a “primeira pequena nuvem” com a qual os cientistas do final do século XIX se depararam: explicar a radiação emitida por um corpo negro. Como você já deve ter percebido, uma característica bastante comum dos cientistas é a de usar as teorias que possuem “à disposição”, buscando explicar questões completamente novas.

Algumas vezes percebemos que o modelo disponível não dá conta de uma coisa ou outra e, então, nos propomos a definir modificações nos mesmos ou até mesmo um completo abandono deles e adoção de outros. Como já vimos em diversos momentos da história da Física Clássica, esse movimento nunca é imediato. Sempre surgirão adendos ao modelo utilizado, sendo necessários problemas-chave para causarem uma ruptura na Ciência Normal, iniciando a chamada fase pré-

paradigmática, definida por Thomas Kuhn, em seu famoso livro *Estrutura das Revoluções Científicas*, publicado em 1975.

Com a radiação de Corpo Negro não foi nem um pouco diferente. Durante os séculos XVIII e XIX, a relação da sociedade europeia com o trabalho passou por uma transformação brusca. Uma população que até então vivia no campo e produzia o que consumia substituiu seu trabalho por um trabalho assalariado e também pelo uso das máquinas.

Foi envolta por esse contexto que surgiram na Física os primeiros estudos sobre a Física Térmica, buscando uma maior eficiência para as máquinas utilizadas. E também surge, dentro desse contexto, uma outra questão que trouxe implicações diretas para o desenvolvimento do que conhecemos como Radiação de Corpo Negro: como relacionar a temperatura dos fornos das siderúrgicas, com a radiação eletromagnética emitida?

## 2.1 - Radiação de corpo negro

Mas, afinal, o que vem a ser a radiação de corpo negro? Para termos uma ideia, pensemos na seguinte situação: Quando, da janela do quarto de um apartamento, olhamos, durante o dia, para a janela de um edifício vizinho, ela parece escurecida. Entretanto, no interior de nosso quarto, tudo parece claro, mesmo sem acendermos qualquer lâmpada. Curiosamente, o nosso vizinho poderia dizer o mesmo da nossa janela. Por que isso acontece?

Ao olharmos para uma janela aberta em um dia claro, ela nos parecerá escura, porque a luz do Sol desaparece na cavidade em que o quarto se constitui; a cavidade está delimitada por um orifício de acesso da radiação, que é a janela. Essa cavidade é uma boa representação do conceito físico de um corpo negro.

Dizemos que um corpo negro é aquele que não reflete nenhuma radiação que incide sobre ele. Isso porque qualquer feixe de luz incidente sobre o pequeno orifício é refletido, para todos os lados, nas paredes interiores da cavidade, até a luz ser absorvida por essas paredes ou pelo gás existente no interior da cavidade.

Desse modo, as chances de a luz incidente conseguir abandonar a cavidade é mínima. Isso não significa que o orifício não possa emitir a sua própria radiação, a qual pode ser medida ao sair do orifício. A luz que entra na cavidade é absorvida pelas suas paredes e se alguma radiação (diferente da radiação incidente) vier a sair dessa cavidade, não o será por reflexão; mas, sim, por emissão dessas mesmas paredes, e ela será uma função da temperatura das mesmas.

Entretanto, na ausência de qualquer tipo de radiação proveniente da cavidade, ela então parecerá realmente negra porque nenhuma parte da luz que incide sobre a mesma é redirecionada ou espalhada em direção aos nossos olhos.

Na verdade, um corpo negro não precisa ser de cor preta. Por exemplo, ao olharmos a janela do edifício distante, ela nos parece escura, mesmo se suas paredes estiverem pintadas de branco; então, a janela é considerada por nós um corpo negro.

Contudo, se pessoas no interior do quarto em questão ligarem uma lâmpada, ele não mais nos parecerá escuro (mesmo à noite). A janela, porém, permanece, em uma primeira aproximação, sendo uma boa representação de um corpo negro, pois a luz externa continuará desaparecendo ao atravessar a mesma.

A luz incidente ainda será toda absorvida nas paredes da cavidade (as paredes do quarto, cuja entrada é a referida janela).

## 2.2 - Tentando explicar

Em 1879, para estudar sobre essa questão, o físico esloveno Joseph Stefan ao tratar sobre a energia radiada por corpos aquecidos, propõe que “o poder emissor de um corpo negro (energia emitida pelo corpo negro na forma de luz e calor em cada segundo) era proporcional à temperatura absoluta elevada à quarta potência” (*apud* SERWAY e JEWETT, 2007, p. 307).

Em 1884, apenas cinco anos mais tarde, Ludwig Boltzmann apresentou uma explicação teórica, partindo da termodinâmica clássica, de modo que a partir daí esse resultado se tornou conhecido como a Lei de Stefan-Boltzmann.

Anos mais tarde, o físico alemão Wilhelm Wien observou que, ao aumentar a temperatura do corpo negro, o comprimento de onda correspondente ao brilho máximo da luz emitido pelo mesmo torna-se mais curto, deslocando-se para a região do violeta no espectro.

Esta lei, conhecida como Lei do Deslocamento de Wien, evidencia que quanto maior for a temperatura menor será o comprimento de onda na qual a radiação é mais intensa. No dia a dia isso é verificado quando se aquece uma barra de ferro: inicialmente ela não emite luz visível, mas invisível (infravermelho); depois de certo tempo começa a brilhar em um vermelho-escuro e, à medida que a temperatura aumenta a sua cor se desloca para comprimentos de ondas menores e ela brilha com a cor amarela alaranjada. A lei de Wien também pode ser aplicada na determinação da temperatura superficial das estrelas. Estrelas vermelhas (de maior comprimento de onda) possuem temperaturas mais baixas que as estrelas azuis (de menor comprimento de onda).

No entanto, restavam dúvidas se as propriedades de emissão e absorção dependiam, em termos quantitativos, de outros fatores tais como o material de que é feito o corpo, a forma e a rugosidade do corpo, etc. O problema teórico era encontrar uma função matemática que descrevesse a curva experimental para tornar possível fazer previsões e estimar as temperaturas dessas cavidades. Embora as previsões teóricas concordassem bem com os dados experimentais em um regime de baixa frequência, para as regiões do espectro eletromagnético de grandes frequências (ultravioleta), a teoria divergia do resultado experimental. Como a teoria representava bem a parte do espectro de baixa frequência, mas falhava ao descrever regiões de alta frequência, a discordância entre a teoria e o experimento ficou conhecida como “catástrofe do ultravioleta”.

Ao comparar os resultados, Planck verificou que para baixas frequências a energia das ondas coincidia com a previsão clássica, mas para altas frequências essa energia deveria diminuir, ou seja, de alguma maneira essa energia deveria depender da frequência das ondas e não apenas da temperatura.

Na época os modelos teóricos consideravam que a radiação térmica emitida por um corpo decorria da vibração de osciladores moleculares e que a intensidade da radiação dependia do número desses osciladores. Esses osciladores moleculares seriam análogos a osciladores mecânicos sendo suas energias determinadas pelas grandezas físicas relevantes do sistema.

Para desenvolver a teoria das radiações térmicas admitia-se que os átomos nas paredes da cavidade (equivalente ao corpo negro ideal), oscilam em movimento harmônico simples, em torno de uma posição de equilíbrio. Segundo a teoria eletromagnética, as cargas elétricas desses átomos deveriam emitir radiação eletromagnética devido à aceleração, como se fossem antenas transmissoras. Como a aceleração é contínua, a energia emitida também deveria ser contínua.

No entanto, segundo Planck, o argumento apresentado acima (emissão contínua de energia) “[...] deverá ser então abandonado e substituído de forma apropriada”. Planck deu um grande salto intuitivo, abandonando o conceito de emissão contínua de energia e propondo sua substituição. Na proposta de Planck, a energia do oscilador é linearmente proporcional à sua frequência e pode assumir somente certos valores discretos dados por:  $E = n.h.f$ , onde  $n$  assume apenas valores inteiros ( $n = 1, 2, 3...$ ),  $h$  é uma constante de proporcionalidade (mais tarde ficou conhecida como constante de Planck) e  $f$  é a frequência do oscilador. Hoje  $n$  é chamado de número quântico e diz-se que a energia é quantizada.

Os osciladores emitem ou absorvem energia realizando transições de um estado quântico para outro, ou seja, absorve ou emite uma quantidade mínima de energia, que se denomina de *quantum* de energia.

Aplicando as ideias de osciladores quânticos, Planck conseguiu obter uma função que concordava extraordinariamente bem com os dados experimentais para as curvas de emissão de radiação e que contém, como casos particulares, todos os resultados obtidos anteriormente por outros pesquisadores como as leis de Wien e Stefan.

#### **Referências bibliográficas:**

PEREIRA, S. J.; ZARA, R. A. Salto Quântico e a Constante de Planck. *In*: Elaboração da Produção Didática-Pedagógica, Paraná: Unioeste, s/data. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1971-6.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2015.

BUENO, L.; PALMIERI, M.; LEOPOLDO, W. M. Fisistoria, Unidade VI – Física Moderna e Contemporânea. 1. ed. São Paulo, junho de 2015. Disponível em: [http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/324048/mod\\_resource/content/1/Material%20Did%C3%A1tico%20-%20Leonardo%2C%20Mayara%20e%20Walter.pdf](http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/324048/mod_resource/content/1/Material%20Did%C3%A1tico%20-%20Leonardo%2C%20Mayara%20e%20Walter.pdf). Acesso em: 8 dez. 2015.

## LEITURA REFLEXIVA: TEXTO 2

	<b>CENTRO DE ENSINO EM PERÍODO INTEGRAL PEDRO XAVIER TEXEIRA</b>			
	<b>ANO LETIVO: 2018</b>			
	<b>Série: 3<sup>a</sup></b> <b>E. M.</b>	<b>Turma(s):[A][B][C]</b>	<b>Disciplina: FÍSICA</b>	
	<b>Professor (a): Daniel Sampaio Nunes</b>			
<b>Aluno (a):</b>		<b>Nº:</b>	<b>Data:</b>	

### AS MOLÉCULAS DA VIDA E AS RADIAÇÕES

(Fonte: Coleção Quanta Física. Volume 3, p. 85-86<sup>3</sup>)

A vida que conhecemos não se sustenta sem a radiação solar, pois é a fotossíntese, realizada pelas plantas e algas com a absorção da luz do Sol, que dá início a toda cadeia alimentar envolvendo o conjunto das muitas espécies vivas. Cada ecossistema, cada conjunto de espécies interligadas que vivem em cada região depende do clima e da geomorfologia locais, diretamente associados ao regime de radiação. Em latitudes polares, por exemplo, há, em média, bem menos horas diárias de luz solar direta do que em zonas equatoriais, o que condiciona o tipo de plantas e animais que podem viver nessas regiões; seres vivos que habitam locais de grandes altitudes e de atmosfera mais rarefeita, como os Alpes ou os Andes, recebem maior intensidade de radiação cósmica e de alta frequência do que os que vivem no fundo dos oceanos ou dos vales, o que também interfere em seu desenvolvimento.



Tundra, um tipo de vegetação adaptada à radiação solar específica das regiões polares.



A profundidade alcançada pela radiação solar no interior da água é uma das variáveis que influem na cadeia alimentar aquática de uma região.



Regiões em grandes altitudes estão em contato com o ar mais frio e rarefeito e são atingidas por radiações cósmicas de alta frequência, possibilitando a vida apenas a organismos especificamente adaptados a essas condições.



A intensidade de radiação solar que incide entre o equador e os trópicos da Terra possibilitou o desenvolvimento de exuberantes florestas, os ecossistemas terrestres que abrigam a maior biodiversidade no planeta.

<sup>3</sup> KANTOR, Carlos *et al.* Coleção Quanta Física, vol. 3. 1. ed. São Paulo, SP: Editora PD, 2010, p. 85-86.

Pesquisas sobre o surgimento da vida na Terra indicam que a radiação solar foi essencial para a síntese das primeiras moléculas orgânicas. As principais teorias sobre a origem da vida no Universo se baseiam na hipótese da pré-formação de compostos orgânicos. Para testá-la, foram realizadas experiências em laboratório mostrando que certas moléculas orgânicas podem ser produzidas, a partir de substâncias elementares, em uma solução aquosa submetida a descargas elétricas ou intensa radiação ultravioleta, simulando as condições ambientais da Terra em um período no qual nossa atmosfera ainda não tinha sua atual composição.

### UTILIDADE E PERIGO DAS RADIAÇÕES

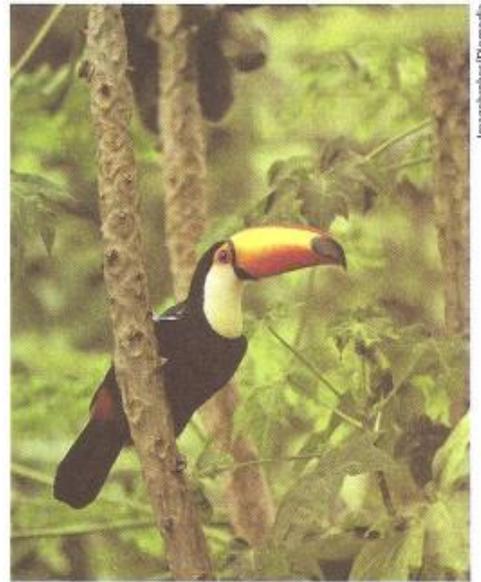
(Fonte: Coleção Quanta Física. Volume 3, p. 87<sup>4</sup>)

Todos os seres vivos estão expostos a diversas radiações naturais, em diferentes doses: infravermelho; luz visível, do vermelho ao violeta; e radiações de maior frequência, do ultravioleta à radiação cósmica. Sobretudo estas últimas permanecem responsáveis por contínuas alterações na estrutura química dos seres vivos, muitas vezes resultando em mutações do DNA. Hoje, além das radiações naturais, há também aquelas produzidas de forma artificial, que são utilizadas propositadamente em exames radiológicos, por exemplo, ou por acidente, às vezes nos causando danos. Como tudo o mais na natureza e na tecnologia, as radiações podem ser essenciais para certos processos de grande utilidade e, ao mesmo tempo, constituir ameaça ou risco.

Sem uma compreensão quanto à relação essencial entre as radiações e a vida não é possível avaliar a importância ou o perigo da exposição de seres vivos a determinadas formas de radiação. Há mais de um século, foram descobertos os **raios-X**, com sua capacidade de penetração nos tecidos orgânicos, e a radioatividade natural de certas substâncias, como o rádio. Não havia ainda conhecimento de como essas radiações interagem com a matéria em geral, muito menos com a matéria viva.

Além do uso dos **raios-X** em diagnósticos de fraturas e tumores, houve, logo após a época da descoberta da radioatividade, uma indiscriminada propaganda de poderes “magicamente” curativos de toda forma de radiação.

Só meio século depois, com o desenvolvimento da biologia molecular, que desvendou os mecanismos de organização e reprodução da vida, codificados em longas moléculas, como o DNA, é que foi possível perceber como as radiações que têm energia capaz de quebrar ligações químicas alteram genes e produzem mutações. Essas mutações promoveram a biodiversidade necessária para a evolução das espécies, mas também são responsáveis por vários tipos de malformações celulares, principalmente aquelas conhecidas como câncer. Assim, a radiação que diagnóstica e que cura não é nada diferente da que prejudica e mata.



Cada espécie viva tem características próprias que a distinguem de todas as demais, resultantes de mutações genéticas causadas pelas radiações que provêm do Sol e de outras partes do cosmo.

<sup>4</sup> KANTOR, Carlos *et al.* Coleção Quanta Física, vol. 3. 1. ed, São Paulo, SP: Editora PD, 2010, p. 87.

## GOIÂNIA, RUA 57

(Fonte: Coleção Quanta Física. Volume 3, p. 88<sup>5</sup>)

Produzido pela fusão artificial de urânio ou plutônio, o Césio ( ${}_{55}\text{Cs}^{137}$ ) e um isótopo radiativo com meia-vida de 30 anos que, ao decair emite radiações **beta** e forma o bário 137 ( ${}_{56}\text{Ba}^{137}$ ), que, por sua vez, emite raios **gama**. Essas radiações são úteis no tratamento contra o câncer, em que se utilizam aparelhos radiológicos contendo pastilhas encapsuladas de Césio como fonte de radiação. Manipulado, no entanto, de forma irresponsável, o Césio, e qualquer outro material radioativo, pode causar muitos estragos. Foi o que aconteceu em Goiânia (GO), em setembro de 1987, quando dois sucateiros inocentemente violaram uma pequena cápsula contendo esse elemento radioativo, de cerca de 2 cm de comprimento e 0,2 cm de diâmetro. A cápsula foi encontrada dentro de uma bomba de Césio abandonada pelo Instituto Goiano de Radiologia, em um terreno baldio da Rua 57, do Bairro Popular de Goiânia.

O relato do escritor Fernando Gabeira expressa de forma rica e comovente o drama da população de uma cidade que, por não ter usinas ou centros de pesquisas nucleares, parecia escapar de qualquer risco de acidente nuclear:

Tudo o que se conhece é que Roberto e Wagner [os dois catadores de papel] retiraram a enorme peça num carrinho de mão e venderam o cabeçote de chumbo num ferro-velho. [...] O dono do ferro-velho e os próprios catadores ficaram curiosos.

Quando aos golpes de marreta chegaram à brilhante pedra azul, ficaram maravilhados. [...] Um dos catadores tentou traçar uma cruz no peito e o dono do ferro-velho quis reparti-la entre os amigos, gratuitamente, para que fizessem anéis. Um deles levou um pedaço para casa. [...] A pedra brilhava tanto que incomodava o sono da mulher com quem vivia. [...] O mais trágico dos movimentos aconteceu na casa do outro dono do ferro-velho, Ivo. Sua filha Leide, de seis anos, brincou próxima do pó de Césio, tocou nele comendo um pedaço de pão com ovo e se contaminou internamente (Ela morreria um mês depois).

[...] Os primeiros sintomas começaram a aparecer – vômitos, queimaduras na pele, queda de cabelo. [...] Fizeram de tudo o que estava ao seu alcance. Foram ao farmacêutico e compraram pomada, foram ao pronto-socorro e se medicaram como vítimas de queimadura, e um dos catadores de papel, mais atingido, chegou a ser internado no hospital especializado em doenças tropicais.

Foi no auge dessa busca que a pedra começou a ficar sob suspeita e o veterinário Paulo Roberto Monteiro formulou, pela primeira vez, a descoberta do acidente. [...] a partir daí, o mistério se desfez, o mundo desencantou e o pedaço azul do céu se transformou num pedaço azul do inferno.

[...] Cerca de 43 técnicos desembarcaram em Goiânia. [...] Cinco mil pessoas, por dia, no princípio, corriam ao Estádio Olímpico, onde foi instalada uma equipe incumbida de testar a contaminação.

[...] Desde o momento em que os pacientes foram examinados no Estádio Olímpico até o momento de seu enterro [...], o nuclear revelou a capacidade de militarizar cada passo da medicina, transformando-a numa atividade secreta, protegida por guardas armados que só desapareceriam de perto dos corpos quando sepultados em caixões de chumbo, recobertos por uma camada de concreto.

---

<sup>5</sup> KANTOR, Carlos *et al.* Coleção Quanta Física, vol. 3. 1. ed, São Paulo, SP: Editora PD, 2010, p. 88.

[...] Mas foi chegando o momento em que o verdadeiro “calcanhar de Aquiles” de todo projeto nuclear apareceria para todos, com luminosidade mais intensa que a do próprio Césio. Esse momento se deu quando começou a discussão em torno do lixo atômico [as roupas recolhidas no Estádio Olímpico, por exemplo].

[...] Diante dessa realidade [recusa do Governo Estadual em guardar o lixo atômico em Goiás], o Governo Federal resolveu indicar um lugar definitivo para o lixo atômico: a Serra do Cachimbo, no sul do Pará.

[...] De todas as demonstrações (contrárias à decisão do Governo Federal), a mais popular foi a realizada durando o Círio de Nazaré, a grande festa religiosa do norte do país. Uma centena de manifestantes entrou na procissão com cartazes e máscaras de protesto e foi, progressivamente, ganhando o apoio dos fiéis, estimulados também pelas declarações das autoridades católicas do Pará, contrárias ao depósito de lixo atômico. Os participantes do Círio de Nazaré viveram na realidade a grande cerimônia política do ano, porque manifestantes que protestavam contra a violência dos latifundiários do Pará também estavam presentes. Os dois movimentos se uniram ao longo do caminho, simbolizando dramaticamente as contradições de um Brasil incapaz de realizar ao mesmo tempo uma aspiração do século passado, a reforma agrária, e uma aspiração do século XX, a superação do projeto nuclear. (Fonte: Fernando Gabeira. Goiânia, Rua 57: O nuclear na Terra do Sol, *in*: [www.gabeira.com.br](http://www.gabeira.com.br)).

### TERAPIAS E DIAGNÓSTICOS RADIATIVOS

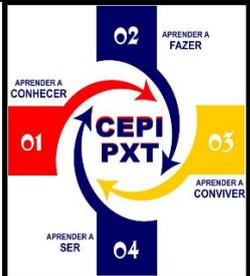
(Fonte: Coleção Quanta Física. Volume 3, p. 89<sup>6</sup>)

Hoje, é tão variada a utilização de radiação em associação com a vida, especialmente nas áreas médicas, que seriam necessários vários livros para descrever as principais técnicas empregadas. Os **raios-X** são uma das formas mais tradicionais de uso da radiação: são usados para impressionar filmes fotográficos que permitem ver através de corpos vivos porque diferentes tecidos orgânicos são mais ou menos radiopacos, ou seja, apresentam distintas transparências a essa radiação. O emprego de equipamentos de computação associados ao de **raios-X** possibilita também a formação de imagens tridimensionais, a chamada tomografia computadorizada.

---

<sup>6</sup> KANTOR, Carlos, *et al.* Coleção Quanta Física, vol. 3, 1. ed., São Paulo, SP: Editora PD, 2010, p. 89.

## QUESTIONAMENTOS PARA APÓS A LEITURA REFLEXÃO

	<b>CENTRO DE ENSINO EM PERÍODO INTEGRAL PEDRO XAVIER TEXEIRA</b>			
	<b>ANO LETIVO: 2018</b>			
	<b>Série: 3<sup>a</sup> E. M.</b>	<b>Turma(s):[A][B][C]</b>	<b>Disciplina: FÍSICA</b>	
	<b>Professor (a): Daniel Sampaio Nunes</b>			
<b>Aluno (a):</b>		<b>Nº:</b>	<b>Data:</b>	

### Questões orientadoras para o texto 1 – A Radiação do Corpo Negro

- Como a relação da temperatura dos fornos das siderúrgicas com a radiação eletromagnética emitida por eles, nos séculos XVIII e XIX, contribuíram para o desenvolvimento da Radiação do Corpo Negro?
- Mas, afinal, o que seria um Corpo Negro para a Física?
- A lei de Stefan-Boltzmann surgiu da junção dos estudos sobre a energia radiada por corpos aquecidos realizados por Joseph Stefan e Ludwig Boltzmann. O que essa lei sugeria?
- O que foi a “Catástrofe do Ultravioleta”?
- Qual a solução proposta por Max Planck para a “Catástrofe do Ultravioleta”?

### Questões orientadoras para o texto 2 – As moléculas da vida e as radiações

- Explique como a radiação solar pode interferir no surgimento da vida na Terra e como ela influencia na cadeia alimentar das espécies terrestres.
- Como é possível que a mesma radiação que pode diagnosticar e curar doenças também pode prejudicar a saúde e até levar à morte de uma pessoa?
- Por que Goiânia, mesmo não possuindo usinas ou centros de pesquisas nucleares, foi protagonista de uns dos maiores acidentes nucleares do mundo?

## ❖ AULAS 5 E 6:

**ATIVIDADE 1: EXPERIMENTO<sup>7</sup> DE ABSORÇÃO DE RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO**

	<b>CENTRO DE ENSINO EM PERÍODO INTEGRAL PEDRO XAVIER TEXEIRA</b>			
	<b>ANO LETIVO: 2018</b>			
	<b>Série: 3ª E.M.</b>	<b>Turma(s):[A][B][C]</b>	<b>Disciplina: FÍSICA</b>	
	<b>Professor (a): Daniel Sampaio Nunes</b>			
<b>Aluno (a):</b>		<b>Nº:</b>	<b>Data:</b>	

**Materiais:**

- Duas latas de alumínio (refrigerante)
- Tinta branca e tinta preta (spray)
- Dois termômetros digitais
- Uma lâmpada incandescente de 60 W
- Um soquete
- Um metro e meio de fio fino paralelo
- Um conector, para conectar o fio à tomada

**Procedimentos de montagem:**

Primeiro pintar as latas de alumínio, uma de branco e a outra de preto, como representado na Figura 4, a seguir:

<sup>7</sup> Ressalta-se que o material empregado nesse experimento (as latas de alumínio) não corresponde exatamente a um corpo negro, servindo apenas para representar como ocorre a radiação do corpo negro.

**Figura 4** – Latas de alumínio pintadas de branco e preto, para demonstrar absorção e reflexão dos Raios Infravermelhos.



**Fonte:** Do próprio autor (2019)

Colocar um termômetro digital, dentro de cada lata de alumínio, como demonstrado na Figura 5:

**Figura 5** – Lata com Termômetro



**Fonte:** Do próprio autor (2019)

Usando o auxílio de uma furadeira, fazer um furo em uma base de madeira como mostra a Figura 6, de modo a permitir a passagem do fio elétrico. Logo após instale-o no soquete e fixe na base de madeira, parafusando o soquete conforme Figura 7. Acople a lâmpada no soquete, deixando-a equidistante das lâmpadas por mais ou menos 10cm.

**Figura 6** – Artefato experimental – perfuração na base de madeira



**Fonte:** Do próprio autor (2019)

**Figura 7** – Artefato experimental – instalação da lâmpada



**Fonte:** Do próprio autor (2019)

Certificar primeiro se os termômetros estão na mesma temperatura. Caso positivo, acender a lâmpada incandescente durante 5 minutos. Comprovar se os termômetros atingiram temperatura final máxima e calcular o comprimento máximo possível de onda, com as latas em suas temperaturas máximas.

## ATIVIDADE 2: QUESTIONÁRIO SOBRE O EXPERIMENTO DE ABSORÇÃO DE RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO



**CENTRO DE ENSINO EM PERÍODO  
INTEGRAL PEDRO XAVIER  
TEXEIRA**



**ANO LETIVO: 2018**

**Série: 3<sup>a</sup>  
E. M.**

**Turma(s):[A][B][C]**

**Disciplina: FÍSICA**

**Professor (a): Daniel Sampaio Nunes**

**Aluno (a):**

**Nº:**

**Data:**

- 1) Analisando os dados coletados no experimento, informe qual das duas latas apresenta maior variação de temperatura, a lata branca ou a preta?
- 2) A radiação infravermelha apresenta um comprimento de onda na faixa de 700 nm até 50000 nm, 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 infravermelha.
- 3) Tomando como base a lei de radiância de Stefan Boltzman, calcule a quantidade de radiação das paredes internas de cada lata.

### ATIVIDADE 3: UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA *EXCEL* PARA EXPRESSAR GRAFICAMENTE A LEI DE PLANCK



**CENTRO DE ENSINO EM PERÍODO INTEGRAL PEDRO XAVIER TEXEIRA**



**ANO LETIVO: 2018**

**Série: 3<sup>a</sup>  
E. M.**

**Turma(s):[A][B][C]**

**Disciplina: FÍSICA**

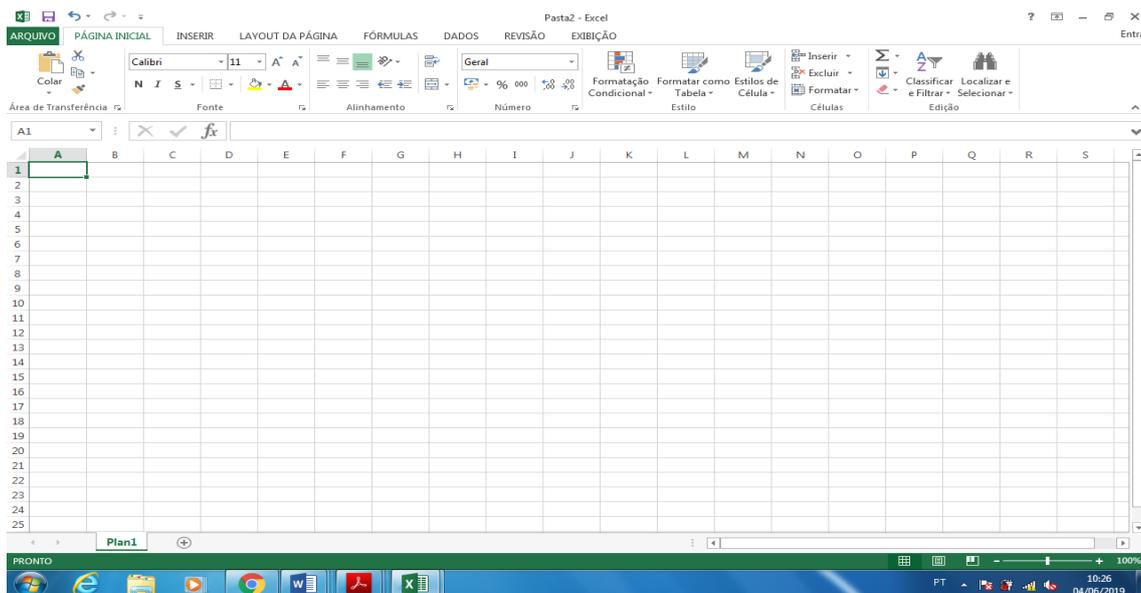
**Professor (a): Daniel Sampaio Nunes**

**Aluno (a):**

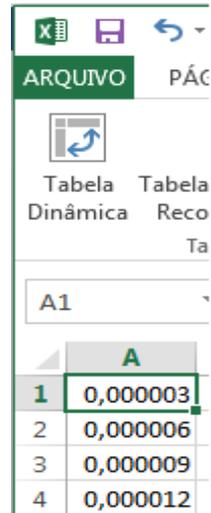
**Nº:**

**Data:**

O gráfico para comprovar a lei de Planck será construído com a utilização das planilhas de *Excel*. Ao abrir a página inicial, será apresentada a seguinte imagem:

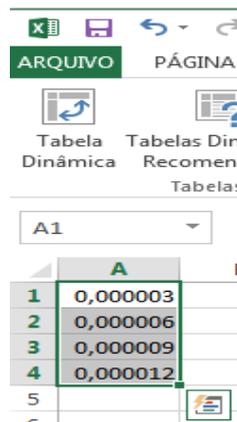


Selecione a célula A1 para inserir os valores referente aos comprimentos de onda dispostos entre a faixa do ultravioleta e do infravermelho, como sugestão.



	A
1	0,000003
2	0,000006
3	0,000009
4	0,000012

Após inserir de três a quatro valores (A1, A2, A3, A4), selecione as células e arraste até alcançar a célula de número 100, conforme o exemplo abaixo:

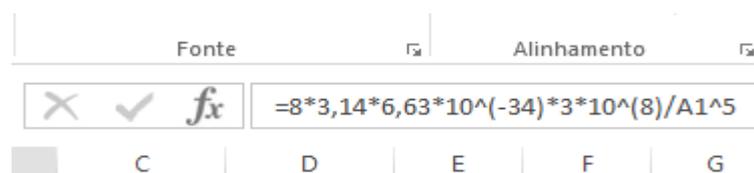


	A
1	0,000003
2	0,000006
3	0,000009
4	0,000012
5	
...	
100	

A coluna B será responsável pela primeira parte da Lei de Planck em função do comprimento de onda para densidade espectral, que será:

$$U(\lambda, T) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5}$$

Sendo assim, deve-se selecionar a célula B1 e, no campo da fórmula, escrever a expressão, conforme a figura:



Em seguida, selecione a célula B1 novamente, para arrastá-la até a célula de B100, como indicado logo a seguir:



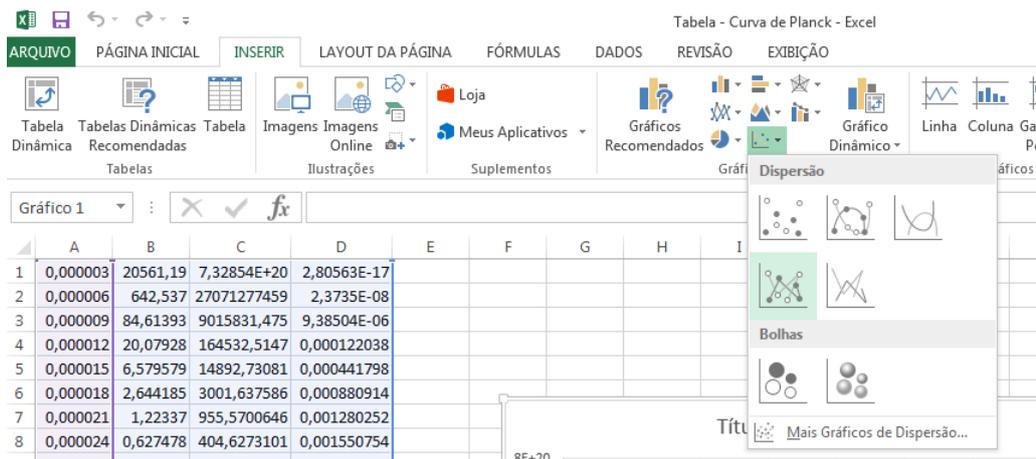


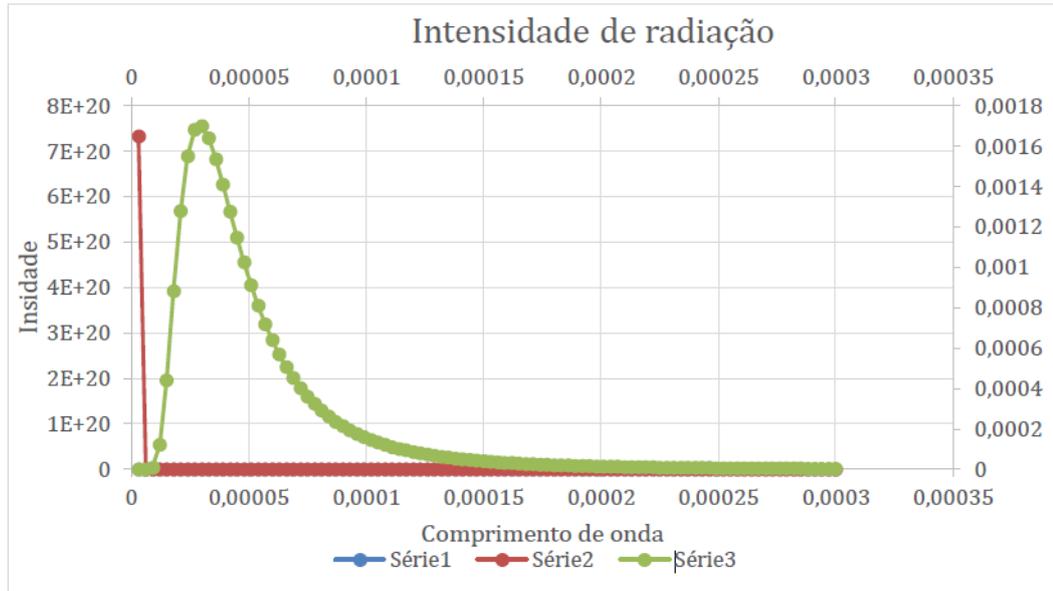
Selecione, então, a célula D1 e arraste até a célula D100, obtendo:

	A	B	C	D
1	0,000003	20561,19	7,32854E+20	2,80563E-17
2	0,000006	642,537	27071277459	2,3735E-08
3	0,000009	84,61393	9015831,475	9,38504E-06
4	0,000012	20,07928	164532,5147	0,000122038
5	0,000015	6,579579	14892,73081	0,000441798
6	0,000018	2,644185	3001,637586	

Com as quatro colunas preenchidas, a apresentação do gráfico ocorrerá seguindo as seguintes instruções:

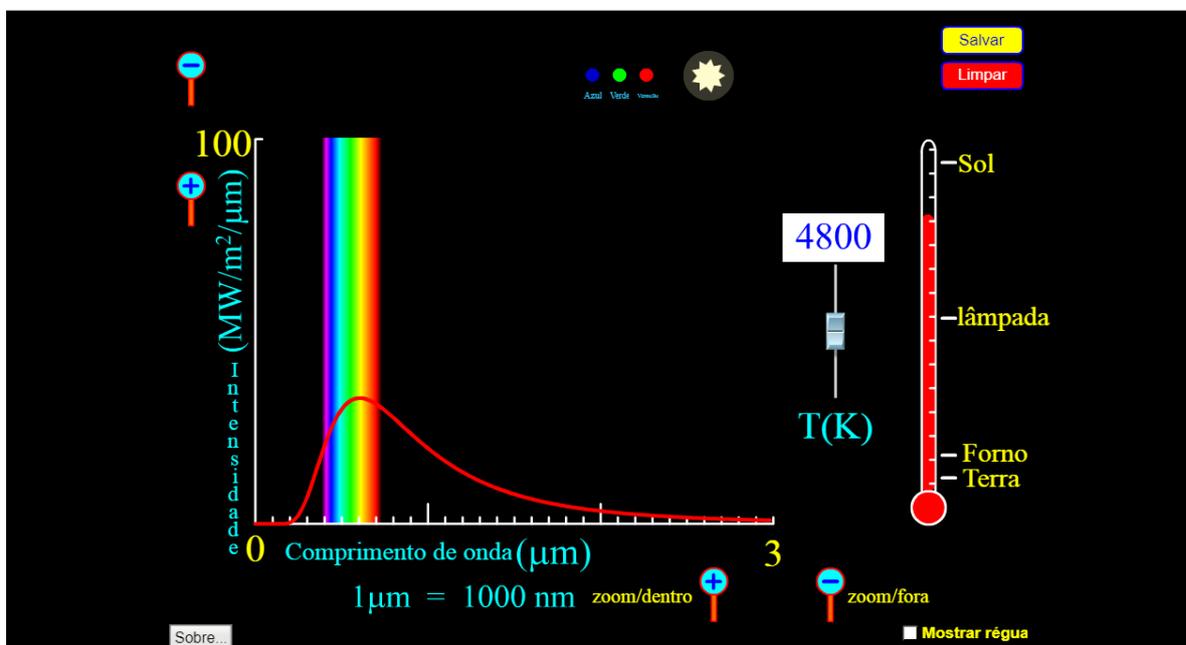
Clique primeiro na opção INSERIR e em seguida na opção GRÁFICOS. Abrirá uma janela na qual será escolhida a opção de gráfico DISPERSÃO, conforme ilustrado abaixo:





### ❖ AULAS 7 E 8:

Para a realização das aulas 7 e 8, aconselha-se ao professor a realização prévia da atividade no simulador PHET, como preparação para as aulas e aprimoramento das potencialidades do simulador. Torna-se essencial tal preparo para suprir eventuais dificuldades dos alunos em relação à leitura, à interpretação da função utilizada e ao funcionamento do simulador. O apoio por parte do professor no início das atividades será primordial para o êxito dessas.



[https://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_pt_BR.html)

## ATIVIDADE 1: INSTRUÇÕES E QUESTIONÁRIO REFERENTE AO EXPERIMENTO DE RADIAÇÃO EMITIDA POR UM CORPO NEGRO; LEI DE WIEN COM A UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR PHET



**CENTRO DE ENSINO EM PERÍODO INTEGRAL PEDRO XAVIER TEXEIRA**



**ANO LETIVO: 2018**

**Série: 3ª E. M.**

**Turma(s): [A][B][C]**

**Disciplina: FÍSICA**

**Professor (a): Daniel Sampaio Nunes**

**Aluno (a):**

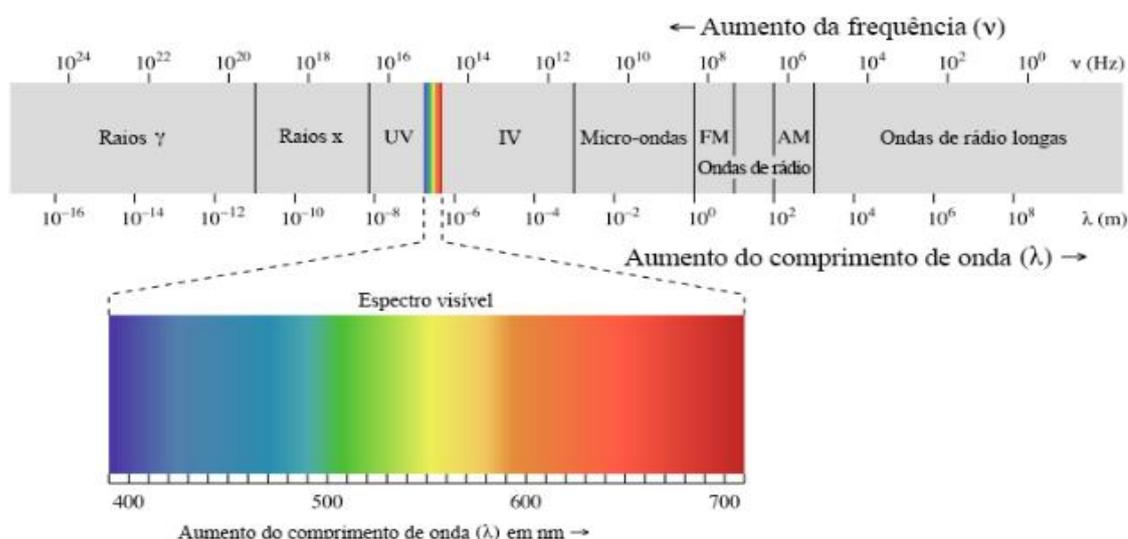
**Nº:**

**Data:**

**01.** Ao se conectar com o simulador PHET e acessar a simulação da radiação do corpo negro, é apresentado na tela um gráfico desse experimento. A partir da observação do gráfico da radiação do corpo negro responda:

- O eixo das abscissas é representado por qual grandeza física?
- E o eixo das ordenadas, é representado por qual grandeza física?

**02.** Abaixo está representado um espectro eletromagnético, onde se apresentam o comprimento de onda ( $\lambda$ ) e a frequência ( $\nu$ ) das ondas eletromagnéticas.



Observando o espectro eletromagnético acima, acesse o simulador PHET. Repare que o simulador apresenta o espectro de emissão de um corpo em uma dada temperatura. Veja que o gráfico criado é uma função, na qual o eixo das abscissas é composto pela faixa de comprimentos de onda irradiado por esse corpo. Ao observarmos a posição da barra vertical em relação à função gerada, percebemos se o corpo emite luz visível para a temperatura determinada no simulador. Para facilitar a visualização do gráfico, utilize sempre que

necessário a ferramenta denominada “zoom”, representada pelas lupas positiva (+) e negativa (-).

Para exemplificar o uso da ferramenta “zoom”, faça os seguintes ajustes:

**Temperatura:** 3.000 K. **Eixo das ordenadas (vertical):** 3.16. **Eixo das abscissas (horizontal):** 3

Nessa configuração, o que será observado é o espectro de emissão de uma lâmpada incandescente, que é uma boa comparação para um corpo negro.

### Questões pós-experimento:

a) Ao observar e analisar essa situação no simulador, pode-se afirmar que a lâmpada incandescente emite luz visível? Explique.

b) Considerando a mesma situação, a lâmpada incandescente emite raios-X? Explique.

c) Ainda analisando o gráfico gerado pelo simulador da lâmpada incandescente, determine qual comprimento de onda tem a maior intensidade. Tendo como referência o espectro eletromagnético acima, classifique esse comprimento de onda.

**03.** “O Sol é o objeto mais proeminente em nosso sistema solar. É o maior objeto e contém aproximadamente 98% da massa total do sistema solar. Cento e nove Terras seriam necessárias cobrir o disco do Sol, e em seu interior caberiam 1,3 milhões de Terras. A camada externa visível do Sol é chamada fotosfera, e tem uma temperatura de 6.000°C. Essa camada tem uma aparência turbulenta devido às erupções energéticas que lá ocorrem.” (<https://www.if.ufrgs.br/ast/solar/portug/sun.htm>)

Tendo como referência o texto acima, podemos afirmar que a temperatura aproximada da superfície do Sol é de 5.727 K. Acerte a temperatura do simulador para a da superfície do Sol e ajuste o zoom da vertical e horizontal do gráfico para responder aos questionamentos abaixo.

a) Ao comparar o comprimento de onda máximo emitido pela lâmpada e pelo Sol, a que conclusão se pode chegar?

b) O que se percebe quando se observam a radiação emitida pelo Sol e o espectro da luz visível?

c) O Sol produz radiação ultravioleta? Justifique.

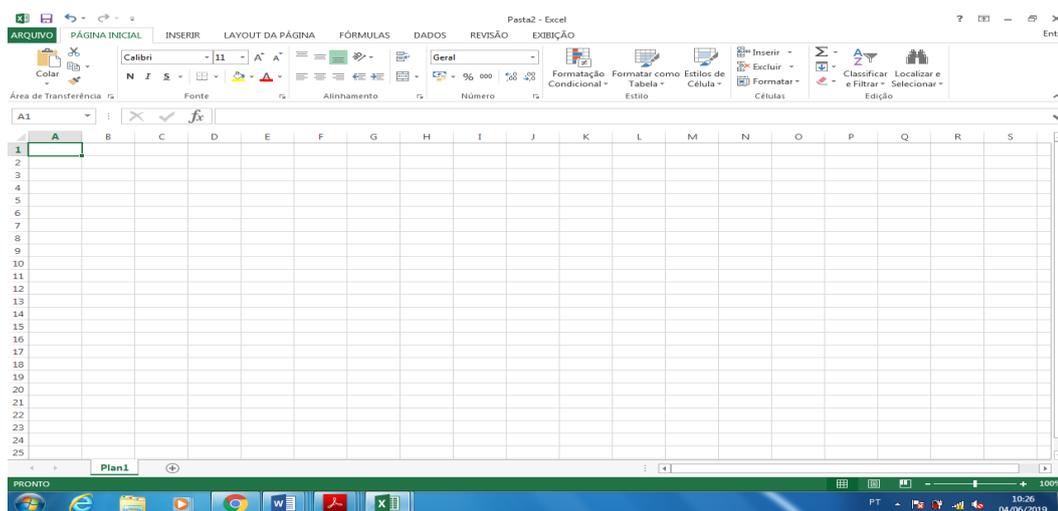
**04.** Construa uma tabela com três colunas, onde uma coluna expresse a temperatura; outra, o comprimento de onda correspondente ao pico de maior intensidade ( $\lambda_{\text{máx}}$ ); e a outra, o produto de  $T \cdot (\lambda_{\text{máx}})$ . Use temperaturas de 600K, 1200K, 2500K, 3500K, 4500K e 5500K.

**05.** Utilizando o programa de criação de planilhas eletrônicas *Excel*, construa o gráfico para representar os dados da tabela construída no item anterior.

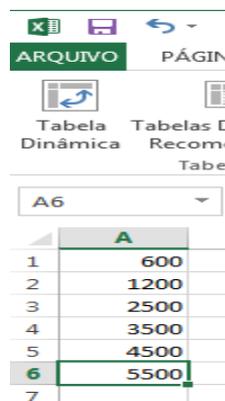
## ATIVIDADE 2: USO DO EXCEL PARA A REALIZAÇÃO DA QUESTÃO Nº 5 DO QUESTIONÁRIO

	<b>CENTRO DE ENSINO EM PERÍODO INTEGRAL PEDRO XAVIER TEXEIRA</b>			
	<b>ANO LETIVO: 2018</b>			
	<b>Série: 3ª E. M.</b>	<b>Turma(s): [A][B][C]</b>	<b>Disciplina: FÍSICA</b>	
	<b>Professor (a): Daniel Sampaio Nunes</b>			
<b>Aluno (a):</b>		<b>Nº:</b>	<b>Data:</b>	

Página de apresentação ao acessar o *Excel*.



Selecionar a coluna A, que representará os valores das temperaturas. Preencha as células (A1, A2, A3...) com as respectivas temperaturas.

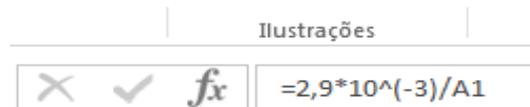


	A
1	600
2	1200
3	2500
4	3500
5	4500
6	5500
7	

A coluna B será responsável pela equação de Wien, dada por:

$$\lambda_{\text{máx}} T = b$$

Sendo assim, deve-se selecionar a célula B1 e, no campo da fórmula, escrever a expressão conforme a figura.



Selecione a célula B1 e arraste até a célula B6, conforme a figura:

ARQUIVO PÁGINA INICIAL

Tabela Tabelas Dinâmicas Tabelas Dinâmica Recomendadas

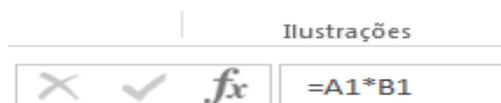
Tabelas

B1

	A	B
1	600	4,83E-06
2	1200	2,42E-06
3	2500	1,16E-06
4	3500	8,29E-07
5	4500	6,44E-07
6	5500	5,27E-07
7		

A coluna C ficará responsável pelo produto:  $T(\lambda_{\text{máx}})$ .

Selecione a célula C1 e, no campo da fórmula, escreva a expressão conforme a imagem:



Selecione a célula C1 e arraste até a célula C6, obtendo-se:

ARQUIVO PÁGINA INICIAL INSERIR

Tabela Tabelas Dinâmicas Tabela Imagens Dinâmica Recomendadas

Tabelas

C1

	A	B	C
1	600	4,83E-06	2,90E-03
2	1200	2,42E-06	2,90E-03
3	2500	1,16E-06	2,90E-03
4	3500	8,29E-07	2,90E-03
5	4500	6,44E-07	2,90E-03
6	5500	5,27E-07	2,90E-03
7			

Com as três colunas preenchidas, a apresentação do gráfico ocorrerá após atender às seguintes instruções:

Selecione as colunas A e B, clique na opção INSERIR e depois na opção GRÁFICOS. Abrirá, então, uma janela na qual se deve escolher a opção de gráfico DISPERSÃO, conforme ilustração:

