



ESTUDO SOBRE A RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO A PARTIR DE EXPERIMENTOS COM MEIOS ALTERNATIVOS - UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO

Letícia Neves Rodrigues de Oliveira¹, Rayná Elizabete Silva Miranda², Maria Laura da Silva³, Laura Cristina Nobre Barros⁴, Antônio Ciro Pereira Soares⁵, Benedito Bráulio Pinheiro Gomes⁶, Rafaella Medeiros Leôncio da Silva⁷, Janaina Maria da Silva⁸, Gislaine Luciano Pereira e Silva⁹, Jeferson Rodrigues da Silva¹⁰, Lucielma Flávia da Silva¹¹, Raimundo Cazuza da Silva Neto¹², Arnaldo Gonçalves Braga¹³, Thiago Fernando da Silva Siqueira¹⁴, Arquimedes Santos Moura Diniz¹⁵, Maria Imaculada Lopes de Moura¹⁶, Elves Silva de Sousa¹⁷

PESQUISA EXPERIMENTAL

RESUMO

Um corpo negro é um objeto que absorve toda a radiação eletromagnética incidente, sem refletir ou transmitir qualquer parte dela, caracterizando-se por sua capacidade única de absorção total. Com base nisso, buscando possibilitar a execução de experimentos de física no ensino médio, o objetivo do estudo é investigar as propriedades da radiação do corpo negro por meio de experimentos práticos utilizando meios alternativos, a fim de compreender a influência da cor na absorção de radiação e explorar a relação entre a temperatura e a emissão de radiação térmica. A metodologia adotada se refere a uma pesquisa de cunho experimental com aspectos qualitativos e quantitativos, onde os procedimentos metodológicos se resumem a execução de um experimento e escrita do relatório final. Dessa forma, os resultados demonstram que a caixa de superfície interna preta absorveu mais eficientemente a radiação térmica do que aquela que possuía a superfície interna branca, evidenciando a influência da cor na absorção de energia. Esses resultados corroboram a teoria do corpo negro e ressaltam a importância de experimentos práticos para a compreensão de conceitos físicos.

Palavras-chave: Experimento Físico, Corpo negro, Radiação, Ensino Médio

Study on black body radiation from experiments with alternative means - a proposal for high school

ABSTRACT

A blackbody is an object that absorbs all incident electromagnetic radiation, without reflecting or transmitting any part of it, characterized by its unique capacity for total absorption. Based on this, seeking to enable the execution of physics experiments in high school, the objective of the study is to investigate the properties of blackbody radiation through practical experiments using alternative means, in order to understand the influence of color on radiation absorption and explore the relationship between temperature and thermal radiation emission. The methodology adopted refers to experimental research with qualitative and quantitative aspects, where the methodological procedures are summarized as carrying out an experiment and writing the final report. Thus, the results demonstrate that the box with a black inner surface absorbed thermal radiation more efficiently than the one with a white inner surface, highlighting the influence of color on energy absorption. These results corroborate the black body theory and highlight the importance of practical experiments for understanding physical concepts.

Keywords: Physical Experiment, Blackbody, Radiation, High School

Instituição afiliada – ¹Especialista em Metodologia do Ensino de Física e Matemática – FAVENI; ² Especialista em Educação Matemática: Estratégias, Métodos e Tecnologias - Universidade Pitágoras Unopar Anhanguera, ³Especialista em Ensino de Ciências e Biologia - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, ⁴Bacharel em Serviço Social - Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG, ⁵Especialista em Tecnologias Educacionais e Educação a Distância - Instituto Federal de Goiás – IFG, ⁶Licenciatura em Física - Universidade Federal de Pernambuco, ⁷Especialização Em Linguística Aplicada no Ensino da Língua portuguesa - Faculdade de Formação de Professores da Mata Sul (FAMASUL), ⁸Licenciatura em Química - Universidade Federal de Pernambuco, ⁹Especialista em Metodologia do Ensino da Química e Biologia – UNINTER, ¹⁰Licenciatura em Química - Instituto Federal de Ciências e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), ¹¹Especialista em docência para educação profissional e tecnológica - Química - Instituto Federal de Ciências e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), ¹²Mestre em Ensino de Física - Instituto Federal do Maranhão (IFMA), ¹³Mestrado em Educação em Ciências e Matemática - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, ¹⁴Mestrado Nacional profissional em ensino de Física - Instituto Federal do Maranhão (IFMA), ¹⁵Mestrando em Ensino de física - Instituto Federal do Maranhão (IFMA), ¹⁶ Especialista em Linguística - Faculdade Unyleya, ¹⁷ Mestre em Ensino de Física - Universidade Federal do Tocantins - UFT.

Dados da publicação: Artigo recebido em 15 de Maio e publicado em 05 de Julho de 2024.

DOI: <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n7p617-629>

Autor correspondente: *Letícia Neves Rodrigues de Oliveira* leticianeves82@hotmail.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).





INTRODUÇÃO

O corpo negro perfeito é identificado por um pequeno orifício presente em um objeto oco, permitindo a reflexão nas superfícies internas de qualquer tipo de radiação, absorvendo completamente a mesma. Através desse dispositivo, torna-se viável mensurar tanto o comprimento quanto a intensidade das ondas eletromagnéticas, elementos constituintes da radiação emitida, possibilitando assim a construção do seu espectro (Oswald, 2022). As propriedades dessa radiação são exclusivamente determinadas pela temperatura absoluta do corpo. Em termos gerais, o espectro da radiação térmica emitida por um objeto aquecido varia de acordo com a sua composição. Contudo, é concebível criar um objeto aquecido que emane um espectro de natureza universal (Antunes, 2012).

O estudo da radiação do corpo negro foi de grande importância para o nascimento da Mecânica Quântica, pois, era um problema que inquietava muitos cientistas da época. Apesar dos vários estudos que haviam sido feitos, faltava uma base teórica matemática que justificasse os resultados obtidos. Até o ano de 1900, entendia-se que um corpo emitia energia na forma de ondas eletromagnéticas de maneira contínua, quando os físicos Rayleigh e Jeans, a fim de comprovar essa ideia realizaram um experimento criando um gráfico da intensidade da radiação emitida em função da frequência da radiação eletromagnética esperando uma reta crescente, contudo, os resultados apresentaram algo semelhante a uma curva, concluindo que a previsão teórica clássica não possuía relação com o resultado obtido (Polito, 2017).

Esses desdobramentos destacam a relevância do estudo do corpo negro, abrindo caminho para a revolução conceitual que culminou no desenvolvimento da Mecânica Quântica. Neste contexto, para Santana (2017) a compreensão aprofundada das propriedades do corpo negro e suas implicações teóricas desempenhou um papel fundamental na evolução da física moderna. Além disso, é crucial ressaltar que a implementação de experimentos práticos que evidenciem esses conceitos no ensino médio de física desempenha um papel igualmente essencial.

De acordo com Valadares e Moreira (2004), a incorporação de experimentos que abordam o estudo do corpo negro não apenas enriquece o aprendizado dos alunos, mas também proporciona uma experiência tangível que fortalece a compreensão teórica. Essas práticas experimentais ilustram os princípios fundamentais da radiação eletromagnética e incentivam a curiosidade científica, promovendo uma abordagem mais participativa e



envolvente no ensino de física.

Nesse contexto, o objetivo geral do estudo é investigar as propriedades da radiação do corpo negro por meio de experimentos práticos utilizando meios alternativos, a fim de compreender a influência da cor na absorção de radiação e explorar a relação entre a temperatura e a emissão de radiação térmica.

Para tal, tem-se como objetivos específicos: elaborar um aparato experimental utilizando materiais acessíveis para simular as características de um corpo negro, com o intuito de observar e medir a influência da cor na absorção de radiação. Realizar medições periódicas de temperatura em caixas com superfícies internas de cores distintas, evidenciando a variação térmica e corroborando com a teoria da radiação do corpo negro. E, utilizar os resultados obtidos durante o experimento para construir um gráfico e realizar análises quantitativas, verificando se a superfície interna preta demonstra uma absorção de radiação térmica superior à superfície interna branca, conforme previsto pela teoria do corpo negro.

A justificativa educacional para o ensino da radiação do corpo negro no ensino médio reside na sua capacidade de proporcionar aos alunos uma compreensão profunda dos princípios fundamentais da física moderna. Estudar a radiação do corpo negro permite que os alunos explorem conceitos essenciais, como a natureza da radiação térmica, a lei de Planck, e a mecânica quântica, que são pilares na ciência contemporânea. Além disso, ao envolver-se em experimentos práticos relacionados a esse fenômeno, os alunos desenvolvem habilidades críticas de observação, análise de dados e pensamento científico. Esse aprendizado tangível e aplicado não apenas facilita a internalização de conceitos teóricos complexos, mas também estimula a curiosidade científica e o interesse pelo estudo contínuo da física, preparando os estudantes para desafios acadêmicos futuros e para uma apreciação mais profunda das ciências naturais.

METODOLOGIA

A pesquisa realizada se trata de uma pesquisa experimental, com abordagem qualitativa e quantitativa, de forma que foram estudados tanto os seus aspectos teóricos quanto os numéricos. Os procedimentos metodológicos do experimento se resumem a construção de um aparato experimental e medições realizadas com base nos conceitos de corpo negro afim de alcançar os objetivos específicos da pesquisa. Dessa forma, os

materiais listados na Tabela 1 compõem a construção do projeto.

Tabela 1: Materiais necessários para o experimento

Quantidade	Item
02	Caixa de papelão
01	Cartolina branca
01	Cartolina Preta
02	Termômetro (ou Termopar)
02	Lâmpada incandescente
02	Soquete bocal
01	Tesoura
01	Estilete
01	Cola branca

Fonte: dos autores, 2024

Com os materiais selecionados, foi montado o aparato experimental, de forma que o interior das caixas estivesse coberto um com o papel preto e outro com o papel branco. Na parede lateral dessas, foi feito um pequeno orifício da mesma ordem de diâmetro, de forma que permitisse a passagem do soquete bocal (Figura 1).

Figura 1: Aparato pronto



Fonte: dos autores, 2024

A fim de continuar analisando as características de um corpo negro, no mesmo aparato experimental, os soquetes foram encaixados no orifício e as lâmpadas foram acopladas pelo lado interno das caixas, após isso, foi aberto um pequeno orifício na parte superior de cada caixa de modo que fosse possível a passagem de um termopar. Observe a Figura 2.

Figura 2: Aparato montado



Fonte: dos autores, 2024

Registrando-se a temperatura ambiente, as lâmpadas do experimento que se localizam no interior das caixas foi acesa durante cinco minutos, sendo registradas as temperaturas do interior das caixas a cada trinta segundos. Os dados obtidos durante esses intervalos de tempo serão utilizados para a construção do gráfico que auxiliará na interpretação dos dados. Após a realização do experimento proposto e descrito, buscou-se analisar os resultados com o auxílio do software Microsoft Excel e descrever os achados.

Durante o experimento, diversas variáveis foram cuidadosamente controladas para garantir a precisão e a validade dos resultados. A temperatura ambiente foi monitorada constantemente e mantida constante para minimizar seu impacto nas medições de temperatura dentro das caixas. Para isso, o experimento foi realizado em um ambiente fechado, evitando variações bruscas de temperatura externa que pudessem interferir nos resultados. Além disso, a iluminação externa foi rigorosamente controlada, utilizando uma sala escura para eliminar a influência de fontes de luz externas que poderiam afetar a absorção de radiação pelas superfícies internas das caixas. As lâmpadas utilizadas no interior das caixas foram escolhidas para garantir uma fonte de radiação constante e uniforme.

A posição e o tipo de termômetro (ou termopar) foram padronizados para todas as medições, garantindo que as leituras fossem precisas e comparáveis entre as diferentes condições experimentais. Esses cuidados foram essenciais para assegurar que as diferenças observadas nas temperaturas fossem devidas exclusivamente às características das superfícies internas das caixas, permitindo uma análise clara e confiável dos efeitos da radiação do corpo negro.

RESULTADOS

Após a construção do experimento a primeira observação permite perceber através dos orifícios que ambas as caixas aparentam ser da cor preta. Apesar de uma delas ser inicialmente coberta por papel branco, a superfície interna da caixa absorve luz suficiente para que a luz que penetra na caixa pelo orifício caia em uma espécie de armadilha e tenha poucas chances de ser novamente refletida para o seu exterior. A luz é refletida várias vezes no interior da caixa, e como os feixes luminosos não conseguem sair pelo buraco em que entram não é possível identificar a real cor interna do compartimento. Assim, independentemente da cor selecionada internamente, não é possível identificar sua coloração através da abertura.

Conforme Silva (2019), um corpo negro é um corpo que emite radiação térmica, de modo que as características dessa radiação dependem somente da temperatura na qual esse corpo se encontra. Para que isso seja possível, toda e qualquer radiação que incida em um corpo negro precisa ser absorvida ao invés de ser imediatamente refletida. Nesse sentido, Antunes (2012) afirma que a alta capacidade de absorção da radiação presente no ambiente é uma de suas principais características. E apesar do que sugere seu nome, um corpo negro não precisa ser, necessariamente, negro. Neste experimento, por exemplo, foram utilizadas caixas de papelão fechadas de cores distintas para reproduzir suas características.

A Tabela 2 apresenta as medições de temperatura interna em caixas com superfícies internas branca e preta, realizadas a cada 30 segundos durante um período de 300 segundos. As temperaturas foram registradas utilizando termopares posicionados dentro das caixas, com as lâmpadas incandescentes acesas.

Tabela 2: Variação da temperatura interna das caixas com superfícies internas de diferentes cores ao longo do tempo

Tempo (s)	Temperatura na caixa com superfície interna branca (°C)	Temperatura na caixa com superfície interna preta (°C)
0	23,3	23,3
30	26,2	29,8
60	29,8	34,5
90	33,7	39,6
120	36,0	43,7
150	39,6	48,5

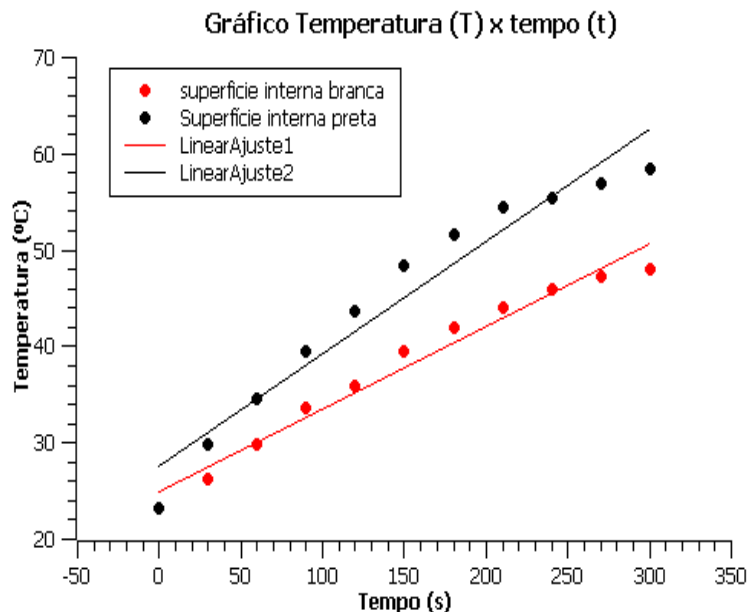
180	42,0	51,7
210	44,0	54,4
240	45,9	55,4
270	47,2	56,9
300	48,1	58,4

Fonte: dos autores, 2024

De posse dos valores das temperaturas, notou-se que apesar do aparato não ser um bom condutor de calor e a sua capacidade calorífica depender apenas do material, houve uma diferença de temperatura razoavelmente alta entre as duas caixas, de forma que aquela com a superfície interna preta sofre um maior aumento de temperatura em comparação com a caixa com a superfície interna branca, considerando o mesmo intervalo de tempo. Isso pode ser explicado pelo fenômeno conhecido como radiação do corpo negro, no qual afirma que corpos mais escuros absorvem mais radiação, conforme exposto por Lage (2020).

Abaixo na Figura 3, tem-se o gráfico construído com os dados da Tabela 2.

Figura 3: Variação da temperatura interna das caixas ao longo do tempo



Fonte: dos autores, 2024

Analisando-se as retas do ajuste linear, percebe-se que o coeficiente angular para a superfície interna preta é aproximadamente $12,0 \times 10^{-2}$ ($^{\circ}\text{C}/\text{s}$) e o coeficiente angular para a superfície interna branca é aproximadamente $9,0 \times 10^{-2}$ ($^{\circ}\text{C}/\text{s}$), confirmando que a

superfície interna preta tende a aumentar a temperatura com maior rapidez. Dessa forma, pode-se concluir também que a caixa com a superfície interna branca reflete mais luz e absorve menos energia, fazendo com que sua temperatura interna aumente menos quando comparada a superfície interna preta.

Esses resultados não apenas reforçam conceitos teóricos estudados na física, mas também ressaltam a importância de experimentos práticos no ensino médio. A implementação de atividades experimentais, como a proposta neste estudo, proporciona aos alunos uma compreensão mais profunda e concreta dos princípios científicos, estimulando o interesse e a curiosidade pelo aprendizado da física.

Interpretação dos resultados

A construção do gráfico de temperatura em relação ao tempo, juntamente com a análise das retas de ajuste linear, fornece dados quantitativos que respaldam as observações qualitativas. O coeficiente angular maior para a superfície interna preta indica que ela absorve mais energia, aquecendo-se de forma mais eficiente do que a superfície interna branca. Essa conclusão é consistente com a teoria da radiação do corpo negro, que destaca a relação entre a cor escura e a maior absorção de radiação.

Conforme De Moura (2018), conceito destaca a relação entre a cor escura e a maior absorção de radiação, pois um corpo negro ideal é perfeitamente escuro e não reflete nenhuma luz. Polito (2017) complementa que a distribuição espectral da radiação emitida por um corpo negro depende apenas de sua temperatura, seguindo a lei de Planck. Nesse sentido, À medida que a temperatura aumenta, o pico de emissão desloca-se para comprimentos de onda menores, o que explica por que objetos mais quentes brilham em cores que variam do vermelho ao azul.

Dessa forma, os resultados obtidos a partir do experimento demonstram claramente a influência da cor na absorção de radiação térmica, corroborando a teoria da radiação do corpo negro. As medições de temperatura revelaram que a caixa com a superfície interna preta absorveu significativamente mais radiação térmica do que a caixa com a superfície interna branca, resultando em um aumento de temperatura mais acentuado. Isso está alinhado com a teoria proposta por Max Planck, que estabelece que a radiação emitida por um corpo negro depende exclusivamente de sua temperatura e não de sua composição material (Santos, 2016). A caixa preta, ao absorver mais radiação,



confirma o comportamento esperado de um corpo negro ideal, que absorve toda a radiação incidente sem refletir.

A análise estatística dos dados, reforçou essa conclusão, indicando que a diferença de temperatura entre as duas caixas é estatisticamente significativa. Estes resultados são consistentes com estudos anteriores, como os de Polito (2017), que destacam a relação entre a cor escura e a maior absorção de radiação, bem como a distribuição espectral da radiação emitida, que segue a lei de Planck. A variação observada nas temperaturas internas das caixas, evidenciada pelas curvas de ajuste linear, também é compatível com a teoria de que superfícies escuras, ao absorverem mais energia, aquecem-se mais rapidamente.

Aplicabilidade Educacional

Os resultados deste experimento têm uma aplicabilidade significativa no contexto educacional, especialmente no ensino médio. A radiação do corpo negro é um conceito fundamental na física, e a compreensão deste fenômeno pode ser facilitada através de experimentos práticos como o descrito. Professores de física podem utilizar este experimento para ilustrar de forma tangível os conceitos teóricos, tornando o aprendizado mais envolvente e acessível.

Ao implementar esse tipo de experimento em sala de aula, os professores podem ajudar os alunos a visualizar e compreender melhor a relação entre a cor de um objeto e sua capacidade de absorção de radiação térmica. Além disso, a realização de experimentos práticos permite que os alunos desenvolvam habilidades essenciais de observação, coleta de dados e análise crítica. Essas atividades práticas não apenas solidificam o conhecimento teórico, mas também estimulam a curiosidade científica e o pensamento crítico, fundamentais para o desenvolvimento acadêmico.

A utilização de materiais acessíveis e simples para a construção do aparato experimental também demonstra que experimentos complexos podem ser realizados de maneira econômica e eficiente, tornando a ciência mais inclusiva e prática. Em última análise, a integração de experimentos como este no currículo de física pode promover um ensino mais dinâmico e interativo, facilitando uma aprendizagem significativa e duradoura para os estudantes.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado buscou investigar as propriedades da radiação do corpo negro por meio de experimentos práticos utilizando meios alternativos. A construção de um aparato experimental simples e acessível permitiu observar de maneira tangível a influência da cor na absorção de radiação térmica. Os resultados obtidos, destacando a diferença significativa de temperatura entre as superfícies internas preta e branca, corroboram com a teoria do corpo negro e ressaltam a importância de experimentos práticos no ensino de física.

A análise das curvas de temperatura em relação ao tempo, aliada aos coeficientes angulares das retas de ajuste linear, proporcionou uma compreensão mais aprofundada das relações entre cor, absorção de radiação e variação térmica. Esses resultados não apenas confirmam conceitos teóricos estudados na física, mas também evidenciam a eficácia do corpo negro em reter energia térmica.

A implementação de experimentos práticos, como proposto neste estudo, no ensino médio não apenas enriquece o aprendizado dos alunos, mas também estimula o pensamento crítico e a curiosidade científica. Além disso, a abordagem prática contribui para uma compreensão mais concreta e aplicada dos princípios científicos, promovendo uma aprendizagem mais significativa e duradoura. Diante disso, este estudo reforça a relevância de estratégias didáticas que integrem teoria e experimentação para promover uma educação científica mais eficaz e envolvente.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Laura Catarina Seco. **Radiação de corpo negro: lei de Stefan-Boltzmann, lei do deslocamento de Wien**. 2012. Relatório de Estágio (Mestre em Ensino de Física e Química). Universidade da Beira Interior. Covilhã, 2012.
- DE CAMPOS VALADARES, Eduardo; MOREIRA, Alysson Magalhães. Ensinando física moderna no ensino médio: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 359-371, 2004.
- LAGE, Eduardo. A radiação térmica. **Revista de Ciência Elementar**, v. 8, n. 3, 2020.
- OSTWALD, Emilyn F. **Dossiê: física quântica**. 2022. Disponível em: http://repositorio.faculdadeam.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/780/Dossie_fisica_quantica_Emilyn_Ostwald.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 12 dez.



2023.

POLITO, Antony MM. Radiação de Corpo Negro e os Primórdios da Física Quântica. **Physicae Organum-Revista dos Estudantes de Física da UnB**, v. 3, n. 2, 2017.

SANTANA, Fábio Bartolomeu; DOS SANTOS, Paulo José Sena. Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos de Física Moderna no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 555-589, 2017.

SANTOS, Fernando Carneiro dos *et al.* **Efeito fotoelétrico e suas aplicações**. 2016. Monografia (Licenciatura em Ciências Naturais e Matemática – habilitação em Física) - Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop – MT, 2016. 52 f.

SILVA, Cassio Valdinar Kovac. **A problemática em abordar a radiação do corpo negro no ensino médio**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (e Licenciatura em física), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. Angical, 2019.