

ANÁLISE DO EFEITO DOPPLER, APLICAÇÕES E EXPERIMENTO COM USO DE TIC'S DESIGNADO PARA ENSINO-APRENDIZAGEM

ANÁLISIS DEL EFECTO DOPPLER, APLICACIONES Y EXPERIENCIA CON EL USO DE LAS TIC'S DESTINADAS A LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE

ANALYSIS OF THE DOPPLER EFFECT, APPLICATIONS AND EXPERIMENT WITH THE USE OF ICT'S DESIGNATED FOR TEACHING-LEARNING

¹ Marcos André Araújo de Sousa

Licenciatura em Física, Instituto Federal do Piauí (IFPI), marcos.cygnusx1@gmail.com

² Bruno Carvalho Silva

Licenciatura em Física, Instituto Federal do Piauí (IFPI), brunocarvalhosilva04@gmail.com

³ Lucas de Moura Santos

Licenciatura em Física, Instituto Federal do Piauí (IFPI), lu.casmoura8989@gmail.com

⁴ Emanuel Veras de Souza

Mestre, Instituto Federal do Piauí (IFPI), emanuel.veras@ifpi.edu.br

Contato do autor principal:
marcos.cygnusx1@gmail.com

ANÁLISE DO EFEITO DOPPLER, APLICAÇÕES E EXPERIMENTO COM USO DE TIC'S DESIGNADO PARA ENSINO-APRENDIZAGEM

ANÁLISIS DEL EFECTO DOPPLER, APLICACIONES Y EXPERIENCIA CON EL USO DE LAS TIC'S DESTINADAS A LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE

ANALYSIS OF THE DOPPLER EFFECT, APPLICATIONS AND EXPERIMENT WITH THE USE OF ICT'S DESIGNATED FOR TEACHING-LEARNING

RESUMO

O efeito Doppler é caracterizado pela mudança de frequência percebido por um receptor a partir do movimento relativo de fontes de ondas sonoras, mas que pode ser estendido para demais tipos de ondas, inclusive ondas eletromagnéticas. O presente artigo tem como finalidade explicar este fenômeno, a partir de uma abordagem que indique a importância de sua descrição, com intuito de integrar tal conhecimento no contexto de ensino de modo mais prático. Portanto, também apresentamos uma proposta de ensino eficaz através das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs). O artigo exposto é fundamentado na condensação de conhecimentos baseados no efeito Doppler e nas suas consequências, que culminaram no desenvolvimento de inúmeras áreas que abrangem o escopo da física, e evolução de teorias modernas que só foram possíveis devido à descoberta e estudo deste fenômeno. Estas informações são explanadas com intuito de serem utilizadas no Ensino de Física juntamente com o uso das TICs, instigando a curiosidade dos discentes na sala de aula. De modo sucinto, este artigo contém a descrição do conceito base que permeia o efeito

ABSTRACT

The Doppler effect is characterized by the change in frequency perceived by a receiver from the relative movement of sound wave sources, but which can be extended to other types of waves, including electromagnetic waves. This article aims to explain this phenomenon, from an approach that indicates the importance of its description, in order to integrate such knowledge in the teaching context in a more practical way. Therefore, we also present an effective teaching proposal through Information and Communication Technologies (ICTs). The exposed article is based on the condensation of knowledge based on the Doppler effect and its consequences, which culminated in the development of numerous areas that cover the scope of physics, and the evolution of modern theories that were only possible due to the discovery and study of this phenomenon. This information is explained with the intention of being used in Physics Teaching together with the use of ICTs, instigating the curiosity of students in the classroom. Briefly, this article contains a description of the basic concept that permeates the

RESUMEN

El efecto Doppler se caracteriza por el cambio de frecuencia percibido por un receptor a partir del movimiento relativo de las fuentes de ondas sonoras, pero puede extenderse a otros tipos de ondas, incluidas las ondas electromagnéticas. Este artículo tiene como objetivo explicar este fenómeno, desde un enfoque que indica la importancia de su descripción, con el fin de integrar tales conocimientos en el contexto de la enseñanza de

Doppler, o desenvolvimento das equações particulares e geral por meio de imagens e analogias que simulam casos cotidianos e uma amostra de um simples experimento usando aplicativos de aparelhos eletrônicos, que pode ser utilizado como recurso didático em sala de aula, viabilizando a visualização deste fenômeno de forma prática. Por fim, fazemos uma explicação sobre as aplicações na aeronáutica, analisando aeronaves que ultrapassam a velocidade do som, e no campo da astronomia, abordando a comprovação da expansão do universo por meio dos estudos de Hubble. Diante do exposto é concreto ratificar que descrever tal fenômeno foi de grande relevância para o desenvolvimento inclusive da física moderna e da ciência como um todo, e que este especial fenômeno pode ser detalhado, experimentado e visualizado em um contexto de ensino usando TICs como modo de instigar o conhecimento dos discente sobre o assunto estudado e suas amplas aplicações.

Palavras-Chave: Efeito Doppler; Ensino de Física; Tecnologias de Informação e Comunicação.

Doppler effect, the development of particular and general equations through images and analogies that simulate everyday cases and a sample of a simple experiment using electronic device applications, which can be used as a didactic resource in the classroom, enabling the visualization of this phenomenon in a practical way. Finally, we make an explanation about applications in aeronautics, analyzing aircraft that exceed the speed of sound, and in the field of astronomy, approaching the proof of the expansion of the universe through Hubble studies. In light of the above, it is concrete to ratify that describing such a phenomenon was of great relevance to the development, including of modern physics and science as a whole, and that this special phenomenon can be detailed, experienced and visualized in a teaching context using ICTs as a way of to instigate the knowledge of the students about the studied subject and its wide applications.

Keywords: Doppler Effect; Teaching Physics; Information and Communication Technologies.

una manera más práctica. Por ello, también presentamos una propuesta didáctica eficaz a través de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). El artículo expuesto se basa en la condensación del conocimiento basado en el efecto Doppler y sus consecuencias, que culminó con el desarrollo de numerosas áreas que abarcan el ámbito de la física, y la evolución de teorías modernas que sólo fueron posibles gracias al descubrimiento y estudio de este fenómeno. Esta información se

explica con el fin de ser utilizada en la Enseñanza de la Física junto con el uso de las TIC, instigando la curiosidad de los estudiantes en el aula. Brevemente, este artículo contiene la descripción del concepto básico que impregna el efecto Doppler, el desarrollo de ecuaciones particulares y generales a través de imágenes y analogías que simulan casos cotidianos y una muestra de un experimento sencillo utilizando aplicaciones de dispositivos electrónicos, que puede ser utilizado como recurso didáctico en el aula, posibilitando la visualización de este fenómeno de manera práctica. Finalmente, explicamos las aplicaciones en aeronáutica, analizando aeronaves que superan la velocidad del sonido, y en el campo de la astronomía,

acercándonos a la prueba de la expansión del universo a través de los estudios del Hubble. En vista de lo anterior, es concreto ratificar que la descripción de este fenómeno fue de gran relevancia para el desarrollo de la física moderna y de la ciencia en su conjunto, y que este fenómeno especial puede ser detallado, experimentado y visualizado en un contexto de enseñanza utilizando las TIC como una forma de enseñanza para instigar el conocimiento de los estudiantes sobre el tema estudiado y sus amplias aplicaciones.

Palabras-clave: Efecto Doppler; Enseñanza de la Física; Tecnologías de la Información y la Comunicación.

INTRODUÇÃO

Inúmeras descobertas, quando são descritas, não são mensuradas seu precioso valor para o desenvolvimento da sociedade e da comunidade científica. Ficando na maior parte das vezes apenas como tópico de curiosidade ou informação que complementa uma teoria vigente, cujo seu valor intrínseco somente é conferido tempos depois da descrição do evento estudado. Um exemplo disto é o efeito Doppler, que teve suas aplicações em diversas áreas, como astronomia e aeronáutica, somente após a morte de Christian Doppler, homenageado por descrever o efeito em questão.

Em contrapartida essa gama de aplicações muitas vezes não são repassados aos estudantes, o qual configura um erro grave. Pois este conteúdo tem um enorme potencial de cativar os discentes, caso for bem aproveitada pelo professor, através de uma explanação mais abrangente, envolvendo contextualização e experimentação de maneira simples, prática e barata (esta última característica é excepcionalmente vantajosa, pois a razão mais recorrente para falta de experimentos científicos nas escolas é a escassez de recursos financeiros).

Assim, este artigo objetiva abordar a importância da descrição do efeito Doppler em distintas áreas, com intuito de servir como base para o Ensino de Física, através de uma abordagem que simplifique e facilite o entendimento deste fenômeno e das suas aplicações. Pois além das inúmeras aplicações que podem ser apresentadas no contexto do ensino, este artigo contém uma metodologia de experimento proposta para ser feita em sala de aula utilizando Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs).

A proposição de um experimento prático que pode ser usado como recurso de ensino em sala de aula, faz com que os discentes possam visualizar como este fenômeno se estabelece de forma concreta na realidade e como pode ser usado, por exemplo, para medir a velocidade de um corpo emissor de ondas sonoras.

Portanto, neste artigo apresentamos os conceitos que envolvem o efeito Doppler,

desenvolvimento da equação que descreve o seu comportamento, relato e elaboração de um experimento simples e de fácil acesso, com finalidade de visualizar e interpretar o fenômeno de uma maneira mais pragmática e por fim explicar sobre suas aplicações e consequências.

CONCEITO E DESENVOLVIMENTO DA EQUAÇÃO DO EFEITO DOPPLER

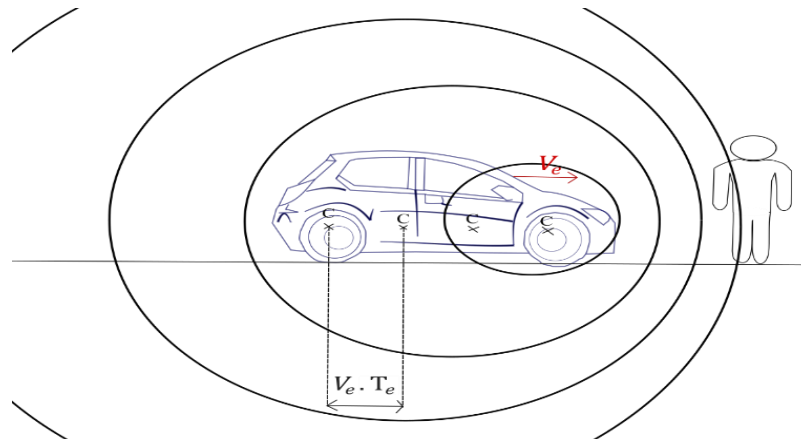
Quando uma fonte emite periodicamente uma sequência de pulsos em um meio, um receptor irá captar a frequência desta onda, caso os dois estejam em repouso um em relação ao outro a frequência recebida será igual a emitida. Porém, caso a fonte ou o receptor se mova, a frequência captada não mais será igual. De forma geral, quando fonte e receptor estiverem se aproximando, a frequência captada é maior que a emitida e o contrário acontece se estiverem se afastando, no caso da onda sonora o som será mais agudo ou mais grave, respectivamente. Este fenômeno, característico de ondas, é denominado efeito Doppler, e é causado devido ao movimento relativo da fonte e do receptor (HEWITT, 2010).

Trabalhando com um exemplo em que um automóvel fonte se movimenta com velocidade “ V_e ” emitindo uma onda sonora com frequência “ f_e ”, ambos constantes, vamos fazer a discussão das equações para o efeito Doppler.

Com o observador em repouso e o automóvel se aproximando dele, é possível perceber que as ondas recebidas possuem um comprimento de onda menor do que a originalmente emitida. Pois à medida que o veículo se aproxima do observador, as cristas da onda emitida precisam percorrer um espaço menor para chegar nele. Partindo disso, temos que o comprimento de onda percebido “ λ ” é o comprimento de onda emitido “ λ_e ” menos o espaço percorrido pela fonte quando ela emite duas cristas sucessivas (NUSSENZVEIG,2002). Portanto:

$$\lambda = \lambda_e - V_e \cdot T_e \quad (1)$$

Figura 1: Automóvel emitindo uma frequência e se movendo em direção à um observador.



Fonte: Própria.

O termo “ T_e ” é o período da onda emitida pela fonte, que quando multiplicada pela sua velocidade é igual à distância percorrida por ela, quando emite duas cristas sucessivas como ilustrado na Figura 1 (NUSSENZVEIG,2002). As marcações “C” são os centros das cristas de onda, e se deslocam devido ao movimento da fonte.

O sinal negativo do segundo termo à direita da equação 1 é aplicado para o caso onde a fonte está se aproximando do veículo, caso contrário receberia sinal positivo.

A velocidade de propagação da onda é a velocidade do som “ V_s ”, visto que “ $V = \lambda \cdot f$ ”, para qualquer onda, e usando “ f ” para a frequência percebida pelo observador, pode-se escrever a seguinte expressão, utilizando a equação 1:

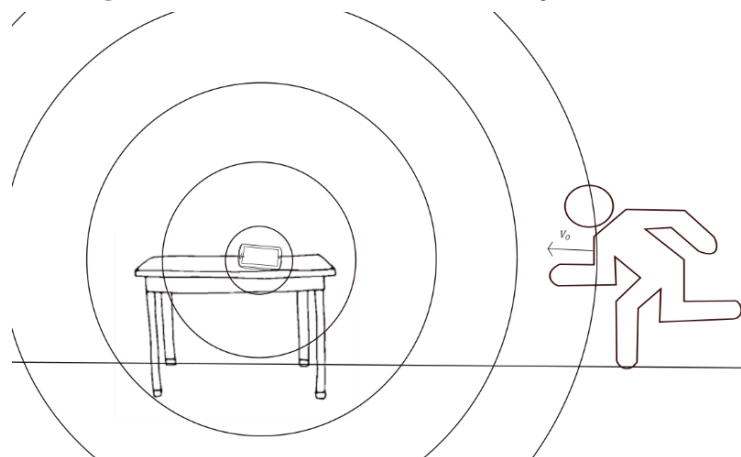
$$\frac{V_s}{f} = \frac{V_s}{f_e} - \frac{V_e}{f_e} \quad (2)$$

Isolando a frequência “ f ” e usando sinal negativo para aproximação e positivo para afastamento, podemos então obter a expressão.

$$f = \frac{f_e}{1 \mp \frac{V_e}{V_s}} \quad (3)$$

Agora supondo o caso inverso, onde o observador que se move, como ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Observador se movendo em direção à uma fonte sonora.



Fonte: Própria.

Analisando este caso, ele irá captar um número de cristas de onda por unidade de tempo maior do que se estivesse parado. Agora a frequência percebida é a frequência emitida pela fonte adicionada a frequência causada por sua movimentação.

Esta frequência adicional é dada pela razão entre velocidade do observador “ V_o ” e distância entre duas cristas “ λ_e ” (NUSSENZVEIG,2002). Assim:

$$f = f_e + \frac{V_o}{\lambda_e} \quad (4)$$

Colocando “ f_e ” evidência e usando sinal positivo para aproximação e negativo para afastamento encontramos a equação do efeito Doppler para observador em movimento.

$$f = f_e \left(1 \pm \frac{V_o}{V_s} \right) \quad (5)$$

Partindo das equações 3 e 5, caso se queira obter uma equação geral onde fonte e observador estão em movimento, basta combinar estas duas equações (NUSSENZVEIG,2002):

$$f = f_e \left(\frac{V_s \pm V_o}{V_s \mp V_e} \right) \quad (6)$$

É importante ressaltar que este conjunto de equações só são válidas para um referencial onde o meio em que a onda se propaga esteja em repouso (NUSSENZVEIG,2002).

Quanto maior for a frequência emitida mais notável será o efeito Doppler, pois segundo a

equação 6 a frequência percebida aumenta proporcionalmente com a frequência emitida. Portanto, quanto maior for “ f_e ”, maior será a diferença entre, “ f_e ” e “ f ”. Assim não é necessário mover a fonte ou receptor à grandes velocidades para perceber a mudança da frequência.

Com base no que foi explicitado, também é possível calcular a velocidade de corpos em movimento a partir da equação 6, caso haja conhecimento das incógnitas restantes, como será visto no estudo experimental.

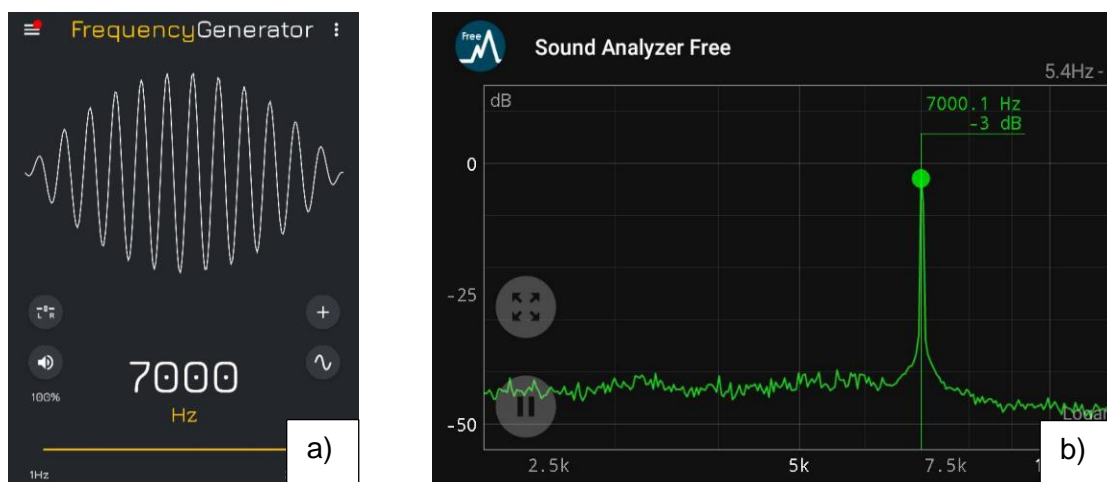
EXPERIMENTO DE MEDIÇÃO DE VELOCIDADE A PARTIR DO EFEITO DOPPLER

Para este experimento foram utilizados softwares livres, disponível em smartphones e dispositivos Android. O “*Frequency Generator*” usado para gerar uma frequência e o “*Sound Analyzer Free*” para detectar os espectros de frequência recebida da fonte.

O detector de frequência é bem prático, e mostra os picos de uma determinada frequência, sendo possível distinguir facilmente sons e analisá-los separadamente.

Após a instalação deles em dois aparelhos diferentes, um sendo receptor e outro emissor, foram feitos testes para verificar sua eficácia. Com os dois aparelhos em repouso, foi captado a mesma frequência da fonte. Depois foram feitos testes afastando e aproximando a fonte do observador. Após a verificação dos aplicativos, foi confirmado que eles desempenham bem suas funções e poderiam ser utilizados para o experimento. A verificação consta na Figura 3.

Figura 3: Print da Interface dos aplicativos a)Frequency Generator, emitindo som de 7000 Hz. b)Sound Analyzer Free Captando a frequência emitida de 7000 Hz.



Fonte: Própria.

Para locomoção foi usado uma motocicleta e para emitir o som do aplicativo com maior

intensidade foi usado um alto-falante com conexão Bluetooth.

A frequência emitida foi a mesma do primeiro experimento (7000 Hz), e para critério de comparação e verificação, usou-se o velocímetro da motocicleta.

Figura 4: Movimentação da motocicleta (fonte sonora) em relação ao receptor de frequência.



Fonte: Própria.

Tabela 1: Medição das frequências do segundo experimento.

Medições	Frequência Captada	Velocidade calculada	Velocidade do velocímetro
Medição 1	7140 Hz	24,7 km/h	30,0 km/h
Medição 2	7192 Hz	33,64 km/h	40,0 km/h
Medição 3	6865 Hz	24,78 km/h	30,0 km/h
Medição 4	6812 Hz	34,78 km/h	40,0 km/h

Fonte: Própria.

Nas medições 1 e 2, da Tabela 1, o veículo estava se aproximando do receptor, nas medições 3 e 4, se afastando.

É importante ressaltar que o velocímetro dos automóveis brasileiros são regulamentados pelo Inmetro, e geralmente sofrem um erro para mais na mediação de até 7 km/h da velocidade real, por questões de segurança, com intuito de evitar acidentes, isto acontece na marcação do velocímetro entre 0 e 100 km/h (INMETRO, 2014).

Portanto, os dados coletados, presentes na Tabela 1, indicam que as velocidades calculadas a partir do efeito Doppler ficaram dentro da margem de erro, ratificando também a eficácia dos aplicativos utilizados e da operação realizada, com finalidade de medir a velocidade dos corpos analisados a partir do fenômeno estudado.

EXPERIMENTO COMO FERRAMENTA DE ENSINO APRENDIZAGEM

Frente à realidade escolar brasileira, onde instigar o desejo do conhecimento dos discentes é uma tarefa árdua, o uso de novas tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), pode ser de ímpar importância como facilitador no processo de aprendizagem (NASCIMENTO, 2019), além disso a falta de laboratórios no ensino médio pode ser compensada através destas tecnologias (FERNANDES, 2016). É importante evidenciar que o uso de TICs ainda promove significativo avanço à prática docente em si, pois pressupõe a reorganização de práticas educativas já consolidadas (ESPÍNDOLA, 2010, apud NASCIMENTO, 2019) e contribui para o enfoque Científico e Tecnológico no ensino médio difundido nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) (PINHEIRO, 2007, apud NASCIMENTO, 2019).

Com base no que foi exposto e no que é almejado por este trabalho, o experimento evidenciado pode ser utilizado como recurso didático em sala, de uma maneira muito simples. Basta que o professor tenha posse de dois aparelhos celulares, um para agir como receptor e outro como emissor de ondas sonoras. Então o Docente pode ficar com o aparelho emissor, e entregar o dispositivo que será o receptor para um ou mais alunos, e pedir que prestem bem atenção na frequência que será captada pelo aplicativo “*Sound Analyzer Free*”. Deste modo basta acionar o “*Frequency Generator*” (quanto maior a frequência mais evidente será o efeito percebido), andar em direção aos alunos e pedir que digam qual foi a variação de frequência notada. Assim, basta utilizar o resultado na equação 3 e mensurar a velocidade média do andar de um ser humano.

Feito este experimento com um frequência de 20000 Hz, pode-se constatar que a frequência é aumentada para 20044 Hz quando se aproxima do receptor deste modo, calcula-se uma velocidade média de 0,78 m/s.

Este é apenas um dos exemplos, mas o professor pode fazer algumas alterações conforme ache necessário para aula, como prender o gerador em um carrinho remoto/robótico, entre algumas mais modificações que o docente considere interessante incrementar.

QUEBRA DA BARREIRA DO SOM

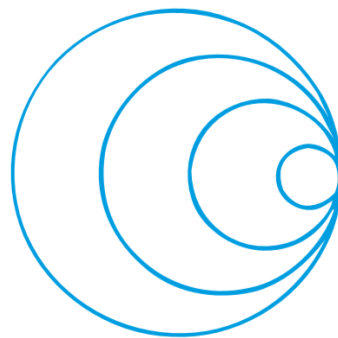
A “barreira do som” se trata de um efeito que já pairava há um tempo na área aerodinâmica, mas não se tinha uma explicação consistente para este evento. No entanto, mesclando conhecimentos da área com a concepção do Efeito Doppler, pôde-se ter um esclarecimento.

A onda sonora é mecânica, e necessita de um meio para se propagar. Ela transporta energia através das moléculas e a variação de pressão causada por este transporte é o que causa o som que ouvimos. Quanto maior for a mudança de pressão, maior é a energia transportada e conseqüentemente maior é a intensidade sonora.

Analisando a equação 3, é possível prever uma situação em que a fonte se aproxima do observador com velocidade aproximadamente igual ao de propagação da onda. Nesta suposição, é possível inferir que a frequência " f " tenderia ao infinito. As cristas de onda emitidas ficarão cada vez mais próximas umas das outras na parte frontal da fonte, até chegar no limiar em que as cristas de onda se "chocam", dando origem as "ondas de choque", visível na figura 5. Causando uma interferência construtiva, aumentando abruptamente a diferença de pressão e a intensidade da onda sonora naquele ponto.

É válido ressaltar que quanto maior for o tempo nessa condição de velocidade, mais cristas de onda serão emitidas e maior será a interferência construtiva nas "ondas de choque". A intensificação da onda sonora, por conseguinte, causa uma maior diferença de pressão que cresce cada vez mais, à medida que a fonte mantém-se na velocidade referida.

Figura 5: Velocidade da fonte igual à velocidade da onda propagada.



Fonte: HEWITT.

Antigamente, muitos pilotos de aviões a jato achavam que o acúmulo dessas ondas de pressão era o que constituía a tal da barreira do som, e que para um avião ultrapassar a velocidade do som era preciso que ele quebrasse essa barreira. No entanto, o que acontece na verdade é que a superposição das ondas geradas pelo avião, quebra o fluxo de ar que está sobre as asas, o que dificulta o manejo da aeronave (HEWITT, 2015).

Quando a aeronave alcança a velocidade do som, ou chamada também de Velocidade Mach 1, termo denominado pelo físico austríaco Ernst Mach (WANDERLEY, 2010), é perceptível a criação de uma "parede de ar", visível na figura 6. Este visual é criado devido às ondas de choque, que causam uma variação de pressão intensa que é capaz de condensar a água presente no ar daquela região.

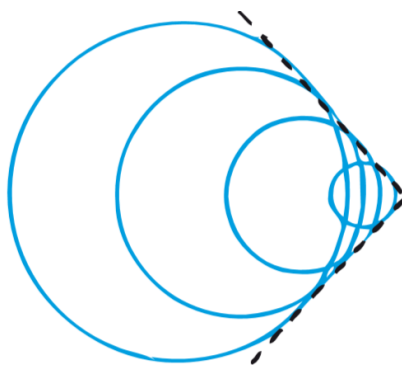
Figura 6: Avião caça quebrando a “barreira do som”.



Fonte: HARADA (2016).

Quando a aeronave está viajando a uma velocidade maior do que as ondas de pressão, as ondas formam um padrão que se assemelha a um cone, que é idealizado na figura 7, e é denominado como “Cone de Mach” (HEWITT, 2015). As ondas deixadas para trás vão sofrer interferência entre si em alguns pontos, que estão ilustrado na figura 7 por uma linha tracejada. Estas ondas de choque também causam um aumento muito abrupto na variação de pressão e provocam um estrondo sonoro.

Figura 7: Ondas de choque formada pelo avião ao quebrar a barreira do som.



Fonte: HEWITT.

Este fenômeno acontece de maneira visível quando um inseto, ou qualquer objeto aquático se move na superfície da água, e dependendo de sua velocidade formam-se “rastros” na água. E é perceptível que quanto maior a velocidade da fonte mais estreito é o cone formado pelas ondas de choque.

Quando o avião “quebra a barreira do som”, é possível ouvir um estrondo sônico que por muitas vezes se compara com um estrondo de uma explosão, esse efeito é fruto das ondas de choques

(HEWITT, 2015).

EXPANSÃO DO UNIVERSO COMPROVADA POR EFEITO DOPPLER

Um dos problemas mais pertinentes do século XX, era a ideia de que o universo fosse perfeito e estático, porém com o avanço da tecnologia os cientistas começaram a estudar as nebulosas (HAWKING, 2015). Atualmente sabe-se que as nebulosas consistem em uma nuvem de gás que é ionizado a partir de partículas energéticas, vindas de um conjunto de estrelas vizinhas quentes (CCVALG, 2012).

Em 1912 Slipher, um cientista norte-americano, mediu os espectros de luz vindos de quatro nebulosas e verificou que três apresentavam seu aspecto para o extremo vermelho, em 1914, repetiu as medições, dessa vez com 12 nebulosas e o resultado foi que onze apresentavam desvio para o vermelho (HAWKING, 2016). Isto implica dizer que estas nebulosas com espectro avermelhado, estão se movendo em relação a nós. Pois a luz é uma onda eletromagnética, portanto também sofre variação de frequência com modificação nas velocidades da fonte ou receptor, conforme a prerrogativa do efeito Doppler. De modo geral, uma luz visível com frequência baixa tem tonalidade avermelhada, enquanto que uma fonte luminosa visível de alta frequência tem espectro voltado para o violeta. Em síntese, estas nebulosas teriam essa coloração, como mostrado na figura 8, pois o afastamento delas, em relação a nós, resultou em uma frequência recebida menor do que a emitida.

Figura 8: Nebulosa de águia.



Fonte: CCVALG (2012).

Em 1923 Hubble inicia um conjunto de observações sobre a nebulosa Andrômeda (HAWKING, 2015). A partir disto Hubble formulou sua equação, para as galáxias que estão se deslocando.

$$V = H . R \quad (7)$$

Onde V é velocidade de afastamento entre as galáxias, R é a distância da terra em relação à galáxia estudada, e H é a constante de Hubble, estabelecendo a taxa de expansão e ligada a idade do universo (HAWKING, 2016).

Deste modo foi comprovado que as galáxias estão se afastando entre si, o universo está se esticando e as estrelas e galáxias estão se expandindo pelo universo, esta confirmação só foi possível a partir do conhecimento do efeito Doppler. Assim, Hubble anunciou para o meio acadêmico e para o mundo que o universo está em expansão, destruindo a ideia de que fosse estático.

METODOLOGIA

Este trabalho tem caráter descritivo, com o objetivo de elucidar não somente a descrição do fenômeno, mas também suas aplicações num contexto real em problemas instigantes para serem apresentados no ambiente estudantil. Portanto a bibliografia usada foi selecionada de maneira qualitativa, buscando a explicação da forma mais sucinta e acessível possível, sem perder o cerne do tema abordado.

Os métodos para realização do experimento já foram elucidados, mas é importante ressaltar que os protocolos de segurança foram seguidos: o piloto da motocicleta estava devidamente habilitado, usando capacete, obedecendo o limite de velocidade da via e respeitando o limite máximo de intensidade sonora permitido em lei.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A descrição do efeito Doppler foi de intrínseca importância para descobertas valiosas que implicaram no desenvolvimento de áreas distintas, tanto no âmbito do estudo de ondas mecânicas, como em ondas eletromagnéticas. Como foi visto, através do conhecimento deste fenômeno é possível obter informações valiosas sobre os corpos estudados, como velocidade e distância. Além

de poder ter uma breve ideia das consequências do que acontece quando os corpos atingem velocidades próximas ou maiores do que a de propagação da onda estudada. E mesmo sendo uma descrição relativamente antiga, se faz presente como aplicação para física moderna no caso do estudo da expansão do Universo.

Deste modo, é excepcional que se faça uso da condensação destas informações no Ensino de Física, visando um aperfeiçoamento no ensino-aprendizado do aluno. Pois o Efeito Doppler contém ímpares aplicações que podem ser explanadas a fim de instigar a curiosidade discente. Além de poder ser facilmente demonstrado com uso de TICs de uma forma simples e interativa. Assim, é evidente que tal abordagem auxilie de forma significativa na compreensão do discente sobre o fenômeno evidenciado, e o faz ter uma visão complementada do efeito e de suas aplicações.

Portanto é esperado que a partir da síntese destes conhecimentos o aluno além de compreender a concepção do efeito Doppler, também entenda as formas como esse efeito se aplica no mundo empírico. Além de instaurar um maior entusiasmo com o estudo desta área e do âmbito da Física de modo geral.

REFERÊNCIAS

- CCVALG, Núcleo de Astronomia Centro de Ciência Viva do Algarve. **Nebulosas de emissão**. Jul, 2012 Disponível em: <http://www.ccvalg.pt/astrologia/nebulosas/nebulosas_emissao.htm>. Acesso em: 14 jan. 2022.
- FERNANDES, A. C. P. et al. Efeito Doppler com tablet e smartphone. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n. 3, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/KMNFb4j6KP7JysLgcZM7dfq/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 14 jan. 2022
- HARADA, E. **Entenda o que é a barreira do som e como funcionam os aviões supersônicos**. 01 fev 2016. tecmundo.com. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/ciencia/94825-entenda-barreira-som-funcionam-avioes-supersonicos.htm>> . Acesso em: 14 jan. 2022.
- HAWKING, S. **O universo numa casca de noz**. Rio de Janeiro: Intrínseca. 2016.
- HAWKING, S. **Uma breve história do tempo**. Rio de Janeiro: Intrínseca. 2015.
- HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 12º. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- INMETRO. Portaria Inmetro nº 544, de 12 de dezembro de 2014. Estabelece a regulamentação metrológica. Rio de Janeiro, 12 dez. 2014. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002192.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2022.
- NASCIMENTO, Marcílio da Silva. **Efeito doppler no ensino médio: uma sequência de ensino de ondulatória com prática, uso de tics e metodologia ativa**. Dissertação (Mestrado em Ensino de

Física)- Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Fluminense. Volta Redonda, p. 120. 2019. Disponível em: <

<https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/13269/Dissertacao%20Marc%c3%adlio%20Da%20Silva%20Nascimento.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 14 jan. 2022.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica, Fluidos Oscilações e Ondas Calor**. 4°. ed. São Paulo: Edgard Blucher, v. 2, 2002.

WANDERLEY, D. S. **A quebra da barreira do som**. Monografia (Engenharia Eletrônica e de Computação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, p.54. 2010.

Disponível em: <http://www.pads.ufrj.br/~diegow/BarreiradoSom/BarreiraSom_vfinal.pdf>.

Acesso em: 14 jan. 2022.

Submetido em: 03.09.2021

Aceito em: 03.12.2021

Publicado em: 30.12.2021

Avaliado pelo sistema
double blind review