

ESTUDO E VISUALIZAÇÃO DA FAIXA DE FREQUÊNCIAS DAS ONDAS GRAVITACIONAIS NO TUBO DE RUBENS

David Ubaldo Mesquita Londres; Pedro Henrique de Moraes Martins; Rodrigo Ernesto Andrade Silva; Allan Giuseppe de Araújo Caldas; Allysson Macário de Araújo Caldas

Instituto Federal da Paraíba – IFPB – Campus João Pessoa

INTRODUÇÃO

O conhecimento científico pode ser interpretado como uma estrutura cujo avanço depende da conciliação entre o que já sabemos e aquilo que tentamos entender, ou seja, é um processo gradativo e cumulativo.

Durante a Primeira Guerra Mundial, Albert Einstein apresentou à Academia Prussiana de Ciências, em Berlim, a Teoria da Relatividade. Em um dos seus postulados, a Teoria da Relatividade trata a gravidade como um resultado da curvatura no tecido do espaço-tempo. A teoria da relatividade é dividida em relatividade restrita e relatividade geral, sendo a primeira responsável pelas noções de contração do espaço e dilatação do tempo. Foi por meio da relatividade geral que Einstein estabeleceu a noção de espaço-tempo.

Outro fenômeno decorrente da relatividade são as denominadas ondas gravitacionais, que são resultados de eventos energéticos e catastróficos que ocorrem no cosmo, tendo como consequência deformações ondulatórias transmitidas no espaço-tempo.

Sendo assim, a presente pesquisa traz como objetivo geral reclassificar, por meio de um estudo teórico, a teoria das ondas, quanto à sua natureza, sua forma e sua orientação. Além disso, objetivou-se a visualização das frequências das ondas gravitacionais através da confecção de um tubo de Rubens. Dessa forma, um estudo completo acerca do tema abordado será realizado, gerando um maior interesse na Ciência, em especial na Física e na Astronomia.

METODOLOGIA

Primeiramente, foi realizada uma pesquisa teórica acerca da ondulatória, bem como o tubo de Rubens, ondas gravitacionais e a teoria da relatividade geral.

Para a construção do tubo de Rubens, foi necessário a aquisição de um tubo de alumínio de 75mm com, aproximadamente, 1,5m, juntamente a um suporte em madeira para sustenta-lo numa

superfície. Também foram adquiridos uma luva de látex, um marcador de texto, fita dupla face, abraçadeiras, brocas de aço rápido de tamanhos que variam entre 1,5mm e 5mm, régua, lixa, adaptador de PVC para caixa d'água rosqueável de meia polegada, tampa cega de PVC de 75mm, mangueira para gás com registro e adaptador para botijão numa das extremidades e adaptador rosqueável para cano de meia polegada na outra. Além destas aquisições, também foi necessário o uso ferramentas práticas, como chave de fenda, alicate, martelo e furadeira.



Figura 1. Material para confecção Tubo de Rubnes..

Antes de começar a marcação dos furos no tubo de alumínio, foi preciso deixar 8cm livres a partir de cada extremidade do tubo, a fim de não comprometer o encaixe das abraçadeiras (as quais foram fixadas uma em cada extremidade deste tubo). O martelo foi usado nesta etapa apenas para fazer a marcação dos furos, para depois estes serem de fato furados com a furadeira, usando a broca de 1.5 mm. A caneta foi utilizada para fazer uma marcação do tamanho do adaptador para caixa d'água na tampa cega. Depois da marcação, houve uma perfuração total utilizando furadeira com a broca de 5mm. Diante disso, utilizou-se uma lixa no PVC, já que era esperado que a superfície da perfuração ficasse áspera.

Depois da construção da bancada-experimental, todas as precauções com a segurança foram tomadas. Uma série de testes iniciais para avaliação da bancada foram realizados, para posteriormente, realizar a reprodução das frequências das ondas gravitacionais detectadas pela LIGO.

RESULTADOS E DISCURSSÃO

As ondas possuem características específicas como, amplitude (A), frequência (f), comprimento de onda (λ) e período (T). A amplitude é definida como a distância entre a origem e a crista, enquanto a frequência é o número de oscilações em determinado intervalo de tempo. O período de uma onda é o tempo de um padrão de oscilação. Já o comprimento da onda é definido como a distância mínima entre dois pontos consecutivos de um padrão, podendo ser a distância entre duas cristas consecutivas (pontos mais altos da oscilação), entre dois vales consecutivos (pontos mais baixos da oscilação) ou entre o começo e o final de um período de oscilação, como pode ser visto na figura 2.

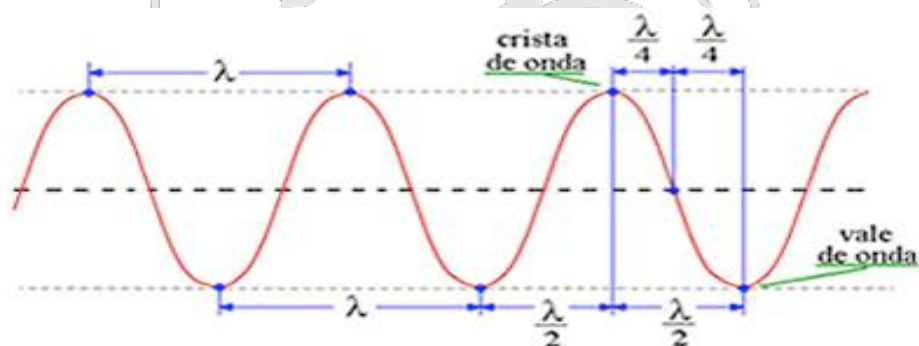


Figura 2. Representação da crista e do vale de onda, bem como o comprimento desta.

(Disponível em: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/velocidade-comprimento-onda.htm>)

A presença das ondas gravitacionais foi prevista por Einstein em 1916, quando ele demonstrou que os objetos maciços acelerados distorcem o espaço-tempo, causando a irradiação de ondas na forma de radiação gravitacional. Essas oscilações viajam à velocidade da luz em todo o Universo, carregando informações sobre suas origens, além de pistas valiosas sobre a própria gravidade. Com o passar dos anos, os avanços tecnológicos viabilizaram a compreensão teórica dos eventos catastróficos do cosmos foi melhorada. Tais avanços, permitem simular as várias órbitas muito próximas, até colisões e fusões de buracos negros.

A LIGO (Observatório de Ondas Gravitacionais por Interferômetro Laser) buscando realizar com sucesso a captação de ondas gravitacionais, construiu dois detectores avançados que permitem distinguir as frequências das ondas de ruídos. O evento cataclísmico, que ficou conhecido

internacionalmente como GW150914, ocorreu em uma galáxia com distância maior que um bilhão de anos-luz do planeta Terra. O evento foi detectado pelos observatórios da LIGO em Hanford e Livingston em 14 de setembro de 2015, às 09:50:45 (GMT).

Os resultados descrevem o evento GW150914 como a fusão de buracos negros de massas de aproximadamente 36 vezes e 29 vezes maior que a massa do Sol e a massa do buraco negro remanescente seria 62 vezes da massa do Sol. Segundo a LIGO, a energia de pico liberada no acontecimento sob a forma de ondas gravitacionais durante os últimos momentos da fusão de dois buracos negros, foi dez vezes maior do que a luminosidade combinada de todas as galáxias no Universo observável. A comparação dos dados de amplitude com os estudos teóricos permite testar a relatividade geral, comprovando, assim, sua veracidade de acordo com os acontecimentos do Universo. As frequências das ondas gravitacionais detectadas são da ordem de 10^{-21} Hz, conforme os documentos disponibilizados pela LIGO, demonstrando que, frequências de ordens extremamente pequenas podem representar acontecimentos cataclísmicos do Universo.

Diante desse embasamento teórico partiu – se para o objetivo principal dessa pesquisa que é estudar e visualizar a faixa de frequência das ondas gravitacionais no tubo de Rubens.

O tubo de Rubens demonstra a formação de ondas estacionárias no qual, consiste em uma variação do tubo de Kundt, onde as ondas estacionárias se formam pela interferência de ondas da mesma natureza, com a mesma amplitude e frequência que avançam em sentido opostos através de um meio. O som quando viaja através do ar, gera diferença de pressão. O tubo mostra as variações de pressão na forma de ondas transversais, visualizando-as por meio do gás butano que circula por meio do ar, esse o gás reproduz o padrão da onda estacionária, com os nós (pontos de amplitude mínima) e ventres (ponto de amplitude máxima).

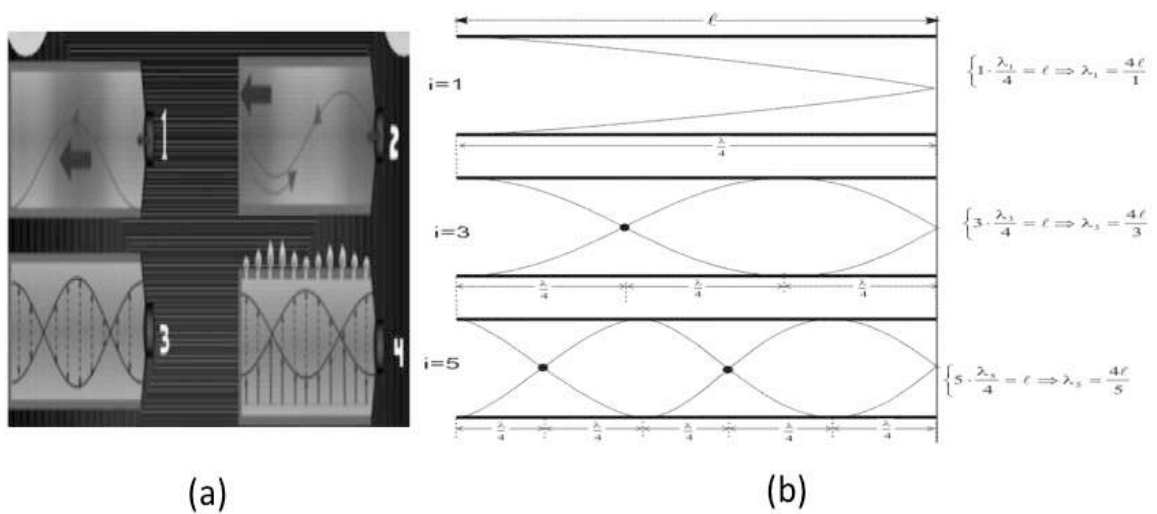


Figura 3. (a) Formação da onda estacionária no tubo de Rubens. (Disponível em: http://www.flowvis.org/OldGalleries/2011/Team-3/Reports/Molina_Piper_Daniela.pdf) ; (b) Representação dos três primeiros harmônicos do tubo com uma extremidade aberta e outra fechada. (Disponível em: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/tubos2.php>)



Figura 5: Representação da faixa das frequências das ondas gravitacionais no tubo de Rubens. Fonte: Dados próprios, 2017.

Pode-se dizer que a formação da onda estacionária no tubo de Rubens ocorre quando uma onda sonora é emitida pelo alto-falante nessa perspectiva, existem duas ondas viajando em direções opostas desde que a primeira onda emitida alcançou a extremidade do tubo e foi refletida de volta desse modo, a combinação das duas ondas criou uma onda estacionária com as áreas de pressão oscilante (ventres ou antinodos) e pressão constante (nós ou nodos) por fim, as chamadas longas são

produzidas por áreas de pressão constante (nós ou nodos) e as chamadas curtas são produzidas pelas áreas de pressão oscilante (ventres ou antinodos).

CONCLUSÕES

Fica claro, portanto, que as ondas gravitacionais são uma nova ferramenta de observação dos eventos do cosmos. Elas são geradas a partir de eventos catastróficos e energéticos do Universo e se propagam por todo o tecido do espaço-tempo.

As radiações gravitacionais enquadram-se nos conceitos de ondas presentes na Ondulatória, quando são perturbações que se propagam no espaço carregando energia, contudo, sem carregar matéria. As ondas gravitacionais se propagam nas quatro dimensões do espaço-tempo propostas na teoria da relatividade geral proposta por Einstein. Além disso, elas obedecem aos fenômenos ondulatórios, como a refração, reflexão e difração.

A construção da bancada experimental do tubo de Rubens aliada ao estudo da Física Moderna, além de fazer com que os estudantes visualizem melhor o embasamento teórico aprendido em sala, auxilia a desenvolverem novos conhecimentos que não estão presentes nas ementas de Física do ensino médio e superior, como as ondas gravitacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R. Observação de ondas gravitacionais da fusão de um sistema binário de buracos negros. São Paulo: ITCP, 2016. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/LIGO_-_ScienceSummary_Portuguese.pdf

DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V. Tópicos de física 2: termologia, ondulatória e óptica. 18. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2016;

OSCAR, Física Visual a um click. Tubo de Rubens: Ondas mecânicas; superposição de ondas; ondas estacionárias e nodos y valles. Universidade Complutense de Madri, 2013. Disponível em: https://www.ucm.es/data/cont/docs/76-2013-07-11-09_Rubens_tube.pdf.