

BORRACHA QUÂNTICA

JESSICA ANDRIELLI FIRMINO¹, JURANDI LEÃO SANTOS², TIAGO DE JESUS SANTOS³

¹ Graduando no curso de Licenciatura em Física, Bolsista IFSP, IFSP, Câmpus Caraguatatuba, jessicaandriellifirmino@gmail.com

² Instituto Federal de São Paulo (IFSP - Caraguatatuba)

³ Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 9.05.00.00-8 Outros – Ciências

Apresentado no

8º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP

06 a 09 de novembro de 2017 - Cubatão-SP, Brasil

RESUMO: O experimento da borracha quântica é aqui apresentado como uma proposta de ensino, evidenciando aos alunos alguns dos fenômenos mais intrigantes da mecânica quântica. A fim de investigarmos e remontarmos o cenário físico, "observamos" o comportamento de fótons. Borracha quântica é um mecanismo que apaga e/ou restaura informações sobre o caminho que cada partícula toma quando há duas ou mais possibilidades de trajeto, revelando assim um borrão contínuo ou um padrão de interferência dado pelo acúmulo dos fótons num anteparo. O experimento consiste em utilizar um LASER como emissor de fótons, ao qual terá uma barreira chamada de "indicador de caminhos", onde contém dois polarizadores perpendiculares com um grafite entre eles. Ao passar o feixe de luz, percebe-se que as franjas somem, pois o identificador informa por qual lado o fóton passou, impedindo que ocorra interferência, mas quando colocado outro polarizador num ângulo de 45°, é possível ver no anteparo o reaparecimento das franjas de interferência. Observa-se, portanto, o efeito da borracha quântica, ela apaga e/ou restaura a informação de qual lado cada fóton passou, fazendo com que haja ou não interferência e, portanto, evidenciando de forma sutil a transição entre esses dois cenários físicos.

PALAVRAS-CHAVE: Interferência; onda-partícula; fótons; mecânica quântica.

QUANTUM ERASURE

ABSTRACT: The quantum erasure experiment is presented here as a teaching proposal, showing students some of the most intriguing phenomena of quantum mechanics. In order to investigate the physical scenario, we "observe" the behavior of photons. Quantum erasure is a mechanism that erases and / or restores information about the path that each particle takes when there are two or more path possibilities, thus revealing a continuous blur or interference pattern given by the accumulation of photons in a shield. The experiment consists of using a LASER as a photon emitter, which will have a barrier called the "path indicator", where it contains two perpendicular polarizers with a graphite between them. When passing the light beam it is noticed that the fringes disappear, therefore, the identifier informs which side the photon passed, preventing interference, but when another polarizer is placed at a 45° angle, it is possible to see in the screen the reappearance the fringes of Interference. The effect of quantum erasure is thus observed, it erases and / or restores the information on which side each photon has passed, causing interference or not, and therefore subtly demonstrating the transition between these two physical scenarios.

KEYWORDS: Interference; Wave-particle; Photons; Quantum mechanics.

INTRODUÇÃO

Estamos habituados a observar o comportamento físico dos objetos a nível macroscópico, o que possibilita a previsibilidade de muitos desses fenômenos. Este é o domínio da mecânica clássica ou mecânica Newtoniana. No entanto, quando investigamos mais intimamente a natureza, percebemos que o determinismo e a previsibilidade da mecânica clássica sucumbem e dão lugar a um cenário essencialmente probabilístico. Este é o domínio da mecânica quântica. A nível quântico, construímos as leis físicas baseado no que observamos, ou melhor, baseado nos fenômenos que a natureza nos revela, é o que chamamos de “observáveis”. Toda mecânica quântica é fundamentada nesses “observáveis”. Este mundo que nos parece por muitas vezes distante, abstrato e impalpável, pode ser revelado quando fenômenos tais quais do experimento da borracha quântica são observados.

Para além de um caráter complexo do comportamento da natureza, esse experimento pode ser, antes de tudo, visto com um olhar educacional, onde a discussão conceitual de fenômenos quânticos pode ser levada ao ensino médio e superior, através de materiais de baixo custo e uma montagem simples.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do experimento da borracha quântica, será necessária uma sala escura para uma melhor visualização do efeito dos fótons, um anteparo que pode ser a própria parede da sala, laser, filmes polarizadores, grafite 0.5 e um suporte. Os filmes polarizadores podem ser encontrados em telas LCD's. Neste experimento os filmes foram retirados de telas de mini game, relógio digital e de um celular. A montagem do experimento consiste em duas partes: o identificador de caminho e a borracha quântica. Para iniciar o experimento, o laser deve ser fixado no suporte de forma que fique alinhado aos polarizadores quando instalados. Partindo para a montagem do identificador de caminho: com dois filmes polarizadores em mãos, é verificado se um dos polarizadores está girado, de modo que ao colocar um atrás do outro não passe nenhum feixe de luz, colocando um ao lado do outro de forma perpendicular, sem que sobreponham e que não haja espaço entre eles e adicionando o grafite 0.5 no encontro entre os dois polarizadores, com isso é colado uma fita adesiva em suas bordas tomando cuidado para que a fita não bloqueie a luz (outros materiais, como um fio fino, podem substituir o grafite). Tendo montado o identificador, esse é posicionado de modo que o feixe do laser fique bem na junção dos polarizadores, atingindo o grafite no centro. Observando o anteparo é possível perceber que a imagem formada não aparece franjas. O laser e o indicador de caminho são mantidos fixos durante o prosseguimento da experiência. Partindo para a segunda parte, a montagem da borracha quântica: posicionando um polarizador em um ângulo de 45° no sentido horário e ajustando logo após o identificador. Dispondo desta forma a montagem, acionando o laser, seu feixe de luz passara pelo identificador de caminho e em seguida pela borracha, ao observar o anteparo é possível observar que as franjas aparecem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como no clássico experimento de fendas duplas de Young, colocando um fino fio na frente do LASER é possível observarmos num anteparo a formação de franjas, evidenciando a interferência da luz que passou pelo lado esquerdo e direito do fio. Ou seja, é impossível sabermos por que lado do fio passou o fóton. Para descobrirmos isso, colocamos um identificador de caminho, que são os dois polarizados fixados perpendicularmente (o da esquerda foi fixado horizontalmente e o da direita foi fixado verticalmente), com o fio (ou grafite) no meio. Isso acontece porque agora podemos identificar exatamente o lado pelo qual o fóton passou. Podemos fazer isso, pois o fóton que passou pela esquerda teve seu estado alterado, ou seja, ficou polarizado horizontalmente e o que passou pela direita ficou polarizado verticalmente. Porém, com a presença do identificador de caminho, percebemos que as franjas de interferência, que visualizamos anteriormente apenas com o fio, são destruídas, dando origem a uma nova imagem, sem a presença de qualquer franja, como mostra a Figura 2. Ou seja, o fato de “olharmos” para o trajeto do fóton, o faz passar apenas por um lado do fio, deixando de evidenciar o seu comportamento quântico. Ao introduzirmos a borracha quântica no experimento, que é um novo polarizador fixado a 45° , o padrão de interferência reaparece no anteparo (Veja Figura 2). Isso acontece porque estamos apagando a informação sobre qual lado cada fóton passou, ou seja, estamos apagando o estado de polarização anterior dos fótons, daí o nome “borracha quântica”. Agora

temos que cada fóton com polarização vertical tem 50% de chance de chegar ao anteparo por esse lado e o mesmo acontece com os do lado direito. Nos dois casos os fótons adquirem uma mesma polarização, 45° , assim não temos como saber se um determinado fóton veio do lado esquerdo ou se veio do direito.

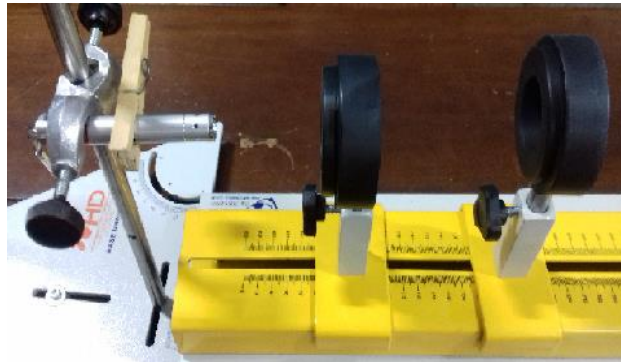


FIGURA 1. Montagem do experimento. Observa-se o laser (acionado por um pregador de roupa), o identificador de caminho (ao centro) e a borracha quântica (mais a direita).

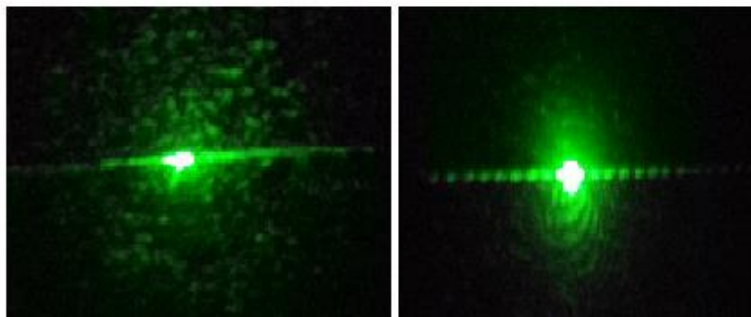


FIGURA 2. À esquerda pode-se notar as franjas destruídas pelo identificador de caminho e à direita, as franjas de interferência restauradas pela borracha quântica.

CONCLUSÕES

Este experimento proporciona um grande ensinamento na área da mecânica quântica, que é a discussão do comportamento dual da natureza. Sendo um experimento simples de executar, e financeiramente acessível, pode ser reproduzido em qualquer sala de aula, tanto do ensino básico como superior, possibilitando aos alunos o contato direto com uma das questões mais fundamentais da mecânica quântica. Certamente, essa atividade dará ao aluno uma bagagem de conhecimento que o acompanhará para o resto de sua vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFSP - Campus Caraguatubá pela bolsa concedida à estudante Jessica Andrielli Firmino e ao Professor Tiago de Jesus Santos, pela fundamental orientação.

REFERÊNCIAS

JUNIOR, Jorge H. Faccipieri. **Construção de uma Borracha Quântica**. Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2007/JorgeH-MonicaRF.pdf>. Acesso em 04 Julho 2017.

HILLMER, Rachel; KWIAT, Paul. **Faça você mesmo uma Borracha Quântica**. Scientific American Brasil. Nº 61, P. 76-81, junho 2007. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/faca_voce_mesmo_uma_borracha_quantica.html> Acesso em 04 julho 2017.

FEYNMAN, Richard P. **Lições de Física**. V. 3, 2008.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física IV: Ótica e Física Moderna**. Ed. 12, 2009.