UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

CAIXA DE PANDORA

ANA CLÁUDIA FEGIES
BEATRIZ HELENA MARTINS
DAVI GUIMARÃES
FERNANDA SAYURI OSHIRO
PAULA SOUZA

SOROCABA – SP
2017

ANA CLÁUDIA FEGIES
BEATRIZ HELENA MARTINS
DAVI GUIMARÃES
FERNANDA SAYURI OSHIRO
PAULA SOUZA

CAIXA DE PANDORA

Relatório apresentado a Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho" – Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, como requisito parcial de Laboratório de Física II da graduação em Engenharia Ambiental.

Prof. Dr.ª:Maria Lúcia Pereira Antunes

SOROCABA– SP
2017

1 Objetivo geral

Elaborar um jogo de tabuleiro educativo de baixo custo fundamentado em conceitos físicos, abordados em forma de perguntas e cinco desafios, as engenhocas: disco de Newton, telefone de lata, submarino, tensão superficial e gira copo.

1.1 Objetivo específico de cada engenhoca

Disco de Newton: Relacionar a composição das cores com o movimento do disco pintado com as cores do espectro da luz branca.

Telefone de lata: entender como ocorre a propagação das ondas sonoras (ondas mecânicas longitudinais).

Submarino: analisar o deslocamento do sistema tampinha de caneta mais massa de modelar mediante a aplicação de uma força na garrafa. O movimento depende da densidade do sistema.

Tensão superficial: demonstrar o que é tensão superficial, fundamentando o conceito físico de forma experimental.

Gira copo: aplicar a decomposição do movimento no giro copo, analisar as forças atuantes no objeto e analisar o tempo decorrido do experimento.

2 Introdução

Como sabemos, muitos alunos têm dificuldades em entender boa parte da física e da matemática, não se interessando dessa forma a pesquisas relacionadas à área. Isso se dá por inúmeros motivos durante o ensino, fazendo com que o conhecimento se fragmente e não se solidifique o interesse e a curiosidade pela área. Por consequência, muitos que a princípio se interessariam pela ciência, se auto-excluem deste ramo por falta de incentivos e esclarecimentos. Assim sendo, sem dúvida, a divulgação científica de temas da Física Moderna e Contemporânea (FMC) é uma tarefa que muitos educadores de disciplinas científicas, devem exercer, visando procurar atrair alunos interessados e, inclusive, futuros cientistas, que, por diversos motivos, acabam abdicando de estudar temas destas áreas. [1]

> *"Outro motivo para a introdução de jogos nas aulas é a possibilidade de diminuir bloqueios apresentados por muitos de nossos alunos [...]. Dentro da situação de jogo é impossível uma atitude passiva. Notamos que, ao mesmo tempo em que estes alunos jogam apresentam um melhor desempenho e atitudes mais positivas frente a seus processos de aprendizagem."* (BORIN, 2002).

O ensino da física não precisa ser algo maçante e nem um "bicho de sete cabeças" para o educando. Ao utilizar-se de meios lúdicos para a apresentação de alguns temas, em específico, mas não somente, na área da física, a aula pode prender mais a atenção dos alunos. A análise dos passos realizados e a elaboração de algumas conclusões são processos necessários para que ocorra realmente uma aprendizagem significativa e contínua. Não se trata de fazer com que o aluno conquiste uma nova informação, mas sim que ele aprenda a olhar de uma nova maneira o que ele sempre via com outro olhar; assim, essa nova maneira o transformará, o que acarretará também uma transformação do meio em que ele está inserido (SELBACH, 2010, p.19). O lúdico, além de fugir das aulas convencionais e desinteressantes, permite remover barreiras epistemológicas para a aprendizagem dos conceitos físicos, fazendo com que o que antes era algo tido como sem sentido seja compreendido e tenha significado para o aluno. Diversos conteúdos e práticas físicas e matemáticas já estavam presentes na aurora da espécie humana. É necessário fazer, portanto, com que o aluno aprimore essas características "primitivas" do conhecer e experimentar, e para isso é necessário que o professor tenha conhecimentos específicos de conteúdos e didáticos que permitam criar um ambiente propício para o desenvolvimento da aprendizagem da física. [2]

A Caixa de Pandora, nome escolhido para o jogo que apresenta conceitos de física realizado por alunos do curso de engenharia ambiental da Universidade Estadual Paulista (UNESP) - *campus* Sorocaba, é um jogo interativo capaz de prender a atenção dos jogadores de forma didática e divertida.

Os jogos criam um ambiente em que o aluno passa a ser responsável também por sua aprendizagem: "*eles deixam de acreditar que a aprendizagem* [...] *possa ocorrer como conseqüência da absorção de conceitos passados a eles por um simples processo de transmissão de informação"* (D'AMBROSIO, 1989, p.5). É importante despertar o desejo de jogar e, como em todo bom jogador, o desejo de ganhar. A idéia de que é possível aprender vem à tona no aluno quando ele se propõe a alcançar objetivos e traçar metas e estratégias para isto se realizar, caminhos a serem utilizados para que ele alcance a "vitória" no jogo e, paralelamente, a compreensão de conceitos. [3]

O jogo de tabuleiro vem como uma alternativa no auxílio para a aprendizagem de física, trazendo sempre conceitos e questões de forma curiosa e instigante para quem quer que esteja jogando.

A fim de alcançar o intelecto do aluno, as atividades lúdicas podem ser usadas com sucesso como material didático. O lúdico é umas das maneiras mais eficazes de envolver o aluno em atividades didáticas, pois a brincadeira é algo inerente na criança, é a sua forma de trabalhar, refletir e descobrir o mundo que a cerca (DALLABONA e MENDES, 2014, p.2).

Foi pensado em aspectos diversificados de modo a prender a atenção dos jogadores ao tabuleiro, que foi todo feito com materiais reciclados (figura 1), e as questões de física, começando pelo percurso que descreve o símbolo do infinito, tido como algo interessante (não tem fim). De mesmo modo foi escolhido um símbolo para representar o buraco negro, casa onde o jogador terá que ficar três rodadas sem jogar. Existem ainda as charadas e perguntas referentes aos físicos mais influentes do Mundo. [4]

Figura 1: Exemplo de tabuleiro feito com materiais reciclados.

Durante as brincadeiras e jogos a interação entre as crianças e os jovens é imediata: o linguajar é “universal” entre eles. Ao apresentar um jogo, a comunicação entre os alunos acontece de modo que ocorre uma troca de saberes, implicando em uma interação social, intelectual e cultural. [4]

2.1 Disco de Newton

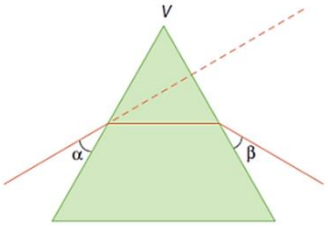
O conceito de luz apresentado em 1672 por Newton é “uma mistura heterogênea de raios com diferentes refrangibilidades”, onde cada cor corresponde a uma diferente refrangibilidade, onde diversos experimentos fundamentam sua teoria. [5]

O experimento com um único prisma, um feixe de luz solar atravessa um prisma, formando uma marca em uma parede, notando que não era circular como o disco solar, se apresentava de forma mais alongada. Ele assumiu que a luz branca do Sol era composta de raios diferentes com cada tipo de raio refratado em uma direção diferente e associado a uma cor diferente [5].

De acordo com a lei cartesiana de refração, há apenas uma posição do prisma que produziria uma mancha circular, chamada “posição de mínimo desvio”. Rotacionando o prisma lentamente ao redor de seu eixo, veremos que a direção do raio refletido se altera. Há uma posição especial onde o ângulo entre a direção inicial do feixe e sua direção após passar através do prisma é mínimo. Nesta posição (figura 2), os raios incidente e refratado formam ângulos iguais dos dois lados do prisma e, a mancha deveria ser circular.

Figura 2: Prisma na posição de mínimo desvio.

Fonte: SILVA; MARTINS, 2003.



Através das propriedades do prisma conhecidas por Newton, ele executou seus experimentos sobre cores na posição de mínimo desvio do prisma. Porém, em seu artigo de 1672, forneceu apenas uma pequena descrição sobre a posição do prisma no primeiro experimento, no qual ele observava que as raios incidentes e emergentes eram tão próximas que pode fazê-las iguais. [5]

Calculando o ângulo formado entre os raios solares após atravessarem o prisma "os Raios emergentes deveriam compreender um ângulo de cerca de 31', como faziam antes de incidir [no prisma]". No entanto, o ângulo medido entre os raios era 2º 49' ao invés de 31'. No primeiro artigo a ideia de que a posição prisma era um fator dependente não ficou explícita, o padre francês Ignace Pardies analisou o problema da incidência calculando o ângulo entre os raios emergentes do prisma para uma posição particular do mesmo, mostrando que seria possível dois raios atingirem a primeira superfície do prisma formando entre si um ângulo de 30' e emergirem da segunda superfície formando um ângulo maior que 3º. Newton aceitou os cálculos do padre, mas fez a observação de que eles não valeriam para seu experimento, pois assumiu que o prisma estava ajustado na posição de mínimo desvio, enquanto que Pardies não considerou esta posição particular, fazendo com que Pardies concordasse que a mancha formada pela luz refratada pelo prisma deveria ser redonda. [6]

No artigo de 1672, Newton explorou algumas possibilidades, mas em todas essas alterações do primeiro experimento, a mancha continuava alongada. No Opticks de Newton (publicado em 1704) é muito mais evidente que ele não interpretou seu primeiro experimento de 1672 como evidência da composição da luz solar. Newton apresentou ainda 6 experimentos após acompanhados por muitas variações e comentários, antes de concluir a prova de sua proposição. Eliminando as explicações alternativas Newton apresentou outro experimento, o Experimentum Crucis[5].

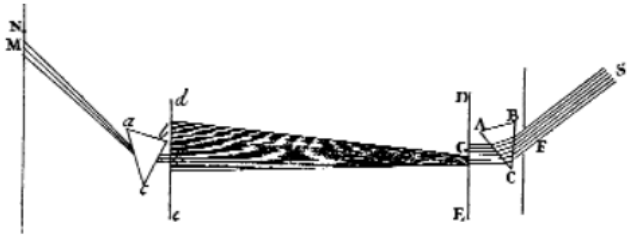
No Experimentum Crucis, a luz atravessava dois prismas, o primeiro produzia um

espectro colorido e o segundo era usado para estudar o desvio de cada cor. Mostrando que cada cor do espectro não era separada pelo segundo prisma e que cada cor era desviada em um ângulo diferente, sabemos hoje que a cada cor está associado um índice de refração diferente (para cada material transparente). [6]

Em 1672, Newton havia chegado à conclusão de que cada cor espectral tem propriedades fixas e imutáveis e cada cor tem uma refrangibilidade específica. [6]

No experimento (figura 3),um feixe de luz solar atravessa um primeiro prisma e tem um feixe do espectro selecionado na presença de anteparo atingindo um segundo prisma que não alterava a cor do feixe secundário, observando também que cores diferentes sofriam deflexões diferentes no segundo prisma, a luz vermelha sofria o menor desvio e a violeta o maior. A relação entre cor e refrangibilidade estabelecida por Newton não causou grande controvérsia porém a composição da luz branca levou a uma controvérsia entre Newton e Hooke, Huygens e Pardies. Quando Newton publicou seus estudos sobre luz e cores, a obra Micrographia (publicada em 1665) de Hooke era um trabalho influente. Hooke defendia que a luz branca era um tipo simples de vibração não periódica e a luz colorida era uma modificação adquirida da luz branca ao ser refratada obliquamente. [6]

Figura 3: Esquema de Optiks mostrando uma das variantes do Experimentum Crucis.
Fonte: SILVA; MARTINS, 2003.



Newton definiu que as através de experimentos a luz composta pode ser decomposta em duas ou mais componentes por um prisma, enquanto que a luz primária não, definindo assim que a luz branca não é simples. O Experimentum Crucis mostra que realmente há cores puras, selecionando um dos feixes de luz, sua cor não se altera no segundo prisma, onde a mistura de feixes puros gera uma cor composta. Podemos observar isso por meio do disco de Newton, pintado com as mesmas cores do espectro da luz branca, quando é gerado sob uma aceleração angular crítica e em iluminação intensa, as cores vão se somando até possuírem matiz acinzentado, e o disco apresenta-se branco. [7]

2.2 Telefone de Lata

Os primeiros telefones foram feitos com o princípio da mecânica, utilizando transmissão do som por tubos ou outros meios físicos. Dentre os primeiros experimentos realizados estão presente os do físico Robert Hooke (1635-1703). Nesses experimentos, realizados entre 1664 e 1665, ele sugeriu que a transmissão do som poderia ser efetuada utilizando-se de um fio esticado. [8]

Esse fato ocorre porque as ondas sonoras são ondas mecânicas longitudinais, ou seja, as oscilações acontecem na direção de propagação da onda, diferentemente das transversais que as oscilações são perpendiculares à direção da propagação. [9]

As ondas mecânicas podem se propagar através de qualquer meio material, podendo ele ser, sólido, líquido ou gasoso. Porém, somente as ondas longitudinais conseguem se propagar no meio fluídico. Os fluidos não suportam forças de cisalhamento e isso faz com que as partículas do meio oscilem sempre na mesma direção em que a onda se move. Entretanto. as ondas sonoras se propagam melhor e mais rapidamente nos materiais sólidos do que nos fluídicos, como no ar, por exemplo. [10]

As características físicas das ondas sonoras são: amplitude, frequência, comprimento de onda e velocidade. A amplitude da onda sonora corresponde a diferença entre as pressões máximas e mínimas no interior da onda. A frequência representa o número de ondas que passam em um determinado ponto em um segundo e é medida em Hertz. A faixa de frequência das ondas sonoras normalmente audíveis para o ouvido humano está entre 20 Hz e 20.000 Hz [3]. O comprimento de onda (λ) representa a distância entre dois picos de ondas sucessivos. A velocidade da onda sonora depende da frequência e do comprimento da onda. E pode ser expressa de acordo com a equação 1. [10]

$$v = \lambda \times f \qquad (1)$$

Onde v é a velocidade da onda sonora, λ é o comprimento de onda e f é a frequência. A velocidade também depende do meio de propagação, da temperatura do meio e da pressão. Por exemplo, a velocidade de propagação da onda sonora em ar seco, a 20ºC, é de 343 m/s, já a 0ºC, é de 331 m/s. A velocidade é maior em materiais mais densos e sólidos, tais como alumínio, aço e granito que possuem respectivamente os valores de 6420 m/s, 5941 m/s e 6000 m/s. [10]

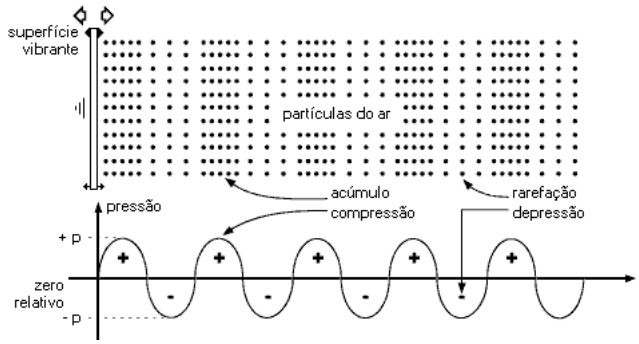
Tendo em vista todas as características da onda sonora pode-se compreender como se estabelece o mecanismo do Telefone de lata. Ele funciona da seguinte maneira: Quando uma onda sonora unidimensional é gerada na lata de alumínio contendo ar, a onda comprime e expande alternadamente o ar próximo. Essa perturbação faz vibrar a lata e vibra o fio do barbante esticado. Assim o som viaja ao longo do fio como uma onda sonora. À medida que a onda passa por um ponto qualquer, as moléculas de ar locais se movem, para frente e para trás em torno de seu ponto de equilíbrio, paralelamente à direção de propagação da onda. Quando a onda sonora chega à outra extremidade do fio, ela faz vibrar a lata receptora e que por conseguinte faz vibrar o ar dentro da lata. Essa vibração do ar chega até os ossos do receptor dos ouvidos que são responsáveis pela captação do som. O som, portanto é enviado para o cérebro para ser interpretado e assim definitivamente ouvido. [10]

Quando ocorre a vibração do ar, há variações na massa específica de ar de um ponto para outro e de um instante de tempo para outro. As regiões de massa específica mais elevada são chamadas de compressões e as regiões de massa específica menor são conhecidas como de rarefações. Isto é, as regiões de compressões possuem maior concentração de moléculas de ar do que as rarefeitas. Enquanto há a propagação das ondas sonoras pelo sistema do telefone de lata, as compressões e rarefações se movem ao longo desse sistema (figura 4). [10]

Essa variação da massa específica de ar pode ser expressa em função da posição e do tempo $p(x,t)$. As ondas sonoras podem ser expressas também como variação de pressão ao longo do sistema. Nas regiões com maior massa de ar específica, também terão maior pressão (figura 4). [10]

Figura 4: Esquema da onda sonora, mostrando as regiões de rarefação e compressão, assim como as regiões de alta e baixa pressão das ondas.

Fonte: TERAHATA, T. Disponível em: <www.territoriodamusica.com/preproducao/?c=64> Acessado em 14/06/2017.



2.3 Submarino

O brinquedo “submarino na garrafa” também conhecido como Ludião, tem como fundamentos físicos, o Princípio de Arquímedes, o Princípio de Pascal.

O nome do brinquedo é dito submarino por possuir os mesmos princípios do meio de transporte aquático, que teve origem no sino de mergulho e no Princípio de Arquimedes. Leonardo Da Vinci desenhou um projeto de submarino no século XV. E William Bourne partindo do Princípio de Arquimedes concluiu que seria possível manter uma embarcação submersa, sendo apenas necessário que o seu peso fosse aumentado com a admissão de água. O primeiro submarino navegável foi criado pelo holandês Cornelis Drebbel em 1620. [11]

O Princípio de Pascal diz que a pressão aplicada a um fluido se transmite integralmente a todos os seus pontos bem como às paredes do recipiente que o contém, no caso do brinquedo a pressão será aplicada na garrafa PET. [12]

A relação entre a força aplicada na superfície (área da garrafa) pode ser expressa pela equação 2:

$$P = \frac{F_{entrada}}{A_{entrada}} = \frac{F_{saída}}{F_{saída}} \qquad (2)$$

P= pressão; *F*= força; *A*= área.

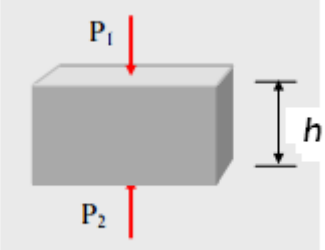
Para o funcionamento do brinquedo é necessário que a quantidade de massinha tenha uma densidade similar com a da água cuja densidade é de 1 g/cm^3, fluido escolhido para construção da engenhoca. Pelo Princípio de Arquimedes sabe-se que quando a densidade de um objeto for maior que a do fluido, a intensidade da força empuxo será menor que o da força peso e ele afundará (figura 5). Quando a densidade do fluido for maior que a do objeto, o empuxo sobre ela terá intensidade maior que o peso e o objeto subirá. [13]

A pressão sofrida por um objeto é expressa por: (equação 3)

$$P2 = P1 + \rho gh \qquad (3)$$

Figura 5: Cubo imerso em um fluido.

Fonte: ZILIO; BAGNATO, 2017.



ρgh=pressão manométrica, onde ρé a densidade do objeto, g é a aceleração da gravidade e h é comprimento do fluido deslocado.

E o empuxo por meio da equação 4:

$$E = P$$

$E \rightarrow$ empuxo $\quad P \rightarrow$ peso

como

$$P = m \cdot g$$

$m \rightarrow$ massa $\quad g \rightarrow$ aceleração da gravidade

então

$$E = m \cdot g$$

utilizando o conceito de densidade

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow m = d \cdot V$$

onde V é volume

$$E = d \cdot V \cdot g \qquad (4)$$

Logo,

$$\rho_{material} > \rho_{fluido} \; o\ objeto\ afunda$$

$$\rho_{fluido} > \rho_{material} \; o\ objeto\ boia$$

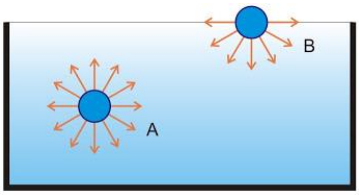
Quando pressionada a garrafa a água entra no interior da tampinha fazendo com que sua massa aumente e ela afunde, sua densidade também aumenta pois a massa de modelar absorve água. Quando solta a garrafa, o “submarino” volta à superfície. [14]

2.4 Tensão Superficial

Tensão Superficial é um fenômeno físico que ocorre em todos os líquidos. Esse fenômeno é caracterizado pelo comportamento da superfície de um dado líquido, que se apresenta similar a uma película. Essa tensão superficial é resultante das forças de coesão entre as moléculas semelhantes, que no interior do líquido são atraídas em todas as direções pelas moléculas próximas, enquanto as moléculas da superfície sofrem atrações apenas laterais e internas, criando um desbalanço de forças de atração. [15]

A figura 6 representa um recipiente com água e duas moléculas destacadas que auxiliam a compreensão desse fenômeno.

Figura 6: Esquema ilustrando o comportamento das moléculas de um líquido quando imersas (A) e quando em contato com a superfície (B).
Fonte: ARAÚJO, F. Disponível em <http://fisicacomentada.blogspot.com.br/2013/01/tensao-superficial.html> Acessado em 21/05/2017.



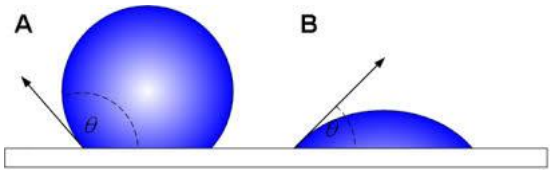
A molécula A se encontra submersa no interior do líquido e sofre atração das demais moléculas a sua volta, representadas no interior do círculo vermelho. Uma vez que a molécula A está rodeada de outras moléculas em todos os lados, a força de atração que ela sofre por cada uma delas é anulada pela atração realizada pela molécula do lado oposto. [16]

Ao considerar a molécula B, que se encontra na superfície, e também sofre atração por todas as moléculas a sua volta, é possível notar que como ela não possui nenhuma molécula de água além da superfície para anular a força das moléculas que estão sob ela, acaba resultando uma força que a puxa para o interior, o que acontece também com todas as moléculas que se encontram na extremidade. A pressão com que as moléculas superficiais comprimem as subjacentes, devido às forças de coesão, é denominada pressão de coesão. Dessa forma, cada molécula superficial possui energia potencial igual ao trabalho que a força de coesão realiza quando a molécula é levada da superfície para o interior do líquido, e igual também ao trabalho necessário para levar uma molécula do interior para a superfície livre. [16]

Como resultado desse processo, a tendência das moléculas do líquido é se compactarem em direção ao centro de massa, pois existe sempre uma resultante em todas as moléculas que aponta para o centro, de forma que criem a superfície externa de menor área possível, uma vez que todo sistema mecânico tende a adotar o estado de menor energia potencial. Por isso uma gota de um líquido no ar tende a ter forma esférica, pois é a forma geométrica com menor superfície por unidade de volume. Esse mecanismo também pode ser utilizado para compreender a forma arredondada (esférica) das gotas de água. Pode ser exemplificado esse processo conforme a figura 7 que mostra o ângulo em relação a força de interação entre as moléculas e a superfície. [16]

Figura 7: Ângulo de interação entre a molécula e a superfície do material.

Fonte: Disponível em: <http://m.blog.naver.com/unnomiya/110165767770> Acessado em: 14/06/2017.



A tensão superficial da água é resultado das forças intermoleculares causadas pela atração dos hidrogênios de algumas moléculas de água com os oxigênios de moléculas de água vizinhas (figura 8). Como o oxigênio fica mais eletronegativo ele acaba se aproximando dos oxigênios das moléculas vizinhas formam as ligações de hidrogênio. Essa tipo de ligação se caracteriza por ser bem fraca. Porém, como existem milhares de moléculas exercendo essa força, a ligação passa a ser forte na superfície, podendo suportar pequenos animais e ainda se caracterizando como uma superfície elástica (contrátil) (figura 9). [17]

Figura 8: Esquema representando as ligações intermoleculares da água.

Fonte: ISRAEL. 2016. Disponível em: <http://h2otimol.com/agua-magnetizada-seus-beneficios/ligacao-de-hidrogenio/> Acessado em: 14/06/2017.

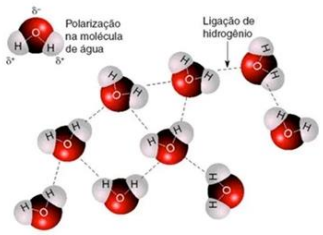
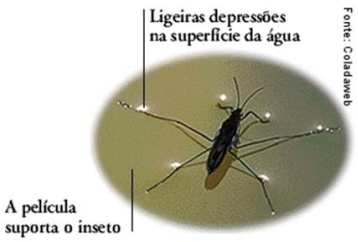


Figura 9: Inseto sendo sustentado na água pela tensão superficial.

Fonte: Disponível em: <http://www.quimica.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1434&evento=3> 2017.



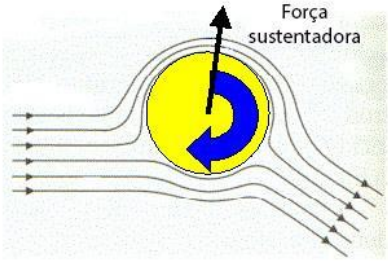
2.5 Gira copo

A equação de Bernoulli, ela implica que, se um fluido estiver escoando em um estado de fluxo contínuo, então a pressão depende da velocidade do fluido. Quanto mais rápido o fluido estiver se movimentando, tanto menor será a pressão à mesma altura no fluido.[18]

Portanto em um cilindro que gira de acordo com a Figura 10, por causa da viscosidade as partículas de ar aderem ao copo, então elas movem junto com o cilindro alterando a velocidade do ar ao seu redor, criando assim uma diferença de pressão, onde a parte de cima tem maior velocidade, consequentemente menor pressão. Essa diferença de pressão cria uma força de sustentação conhecida como efeito Magnus. [19]

Figura 10: Força de sustentação agindo no copo.

Fonte: BERTULANI, 1999.



Um dos meios de perceber o efeito Magnus é pelo brinquedo comumente chamado giro copo ou flycup. E dependendo do modo que o brinquedo é jogado pode criar uma força para diferentes direções. Um dos métodos para demonstrar que há uma força agindo nesse brinquedo seria cronometrando-o em duas quedas diferentes. Uma das quedas seria abandonando o objeto e outro jogando perpendicularmente. [20]

Pois se abandonar o brinquedo em uma determinada altura, a força peso e a resistência do ar atuam no objeto e não existiria velocidade inicial e demoraria um certo tempo para

encostar no chão. E se jogasse o brinquedo perpendicularmente, na mesma altura que o lançamento anterior não existiria velocidade vertical, apenas horizontal e demoraria um outro tempo. [20]

E pela segunda lei de Newton sabe que a aceleração de um corpo possui a mesma direção e sentido da força resultante que atua sobre ele e o seu valor é igual a força resultante dividido pela massa. E também sabe que o espaço é a segunda derivada da aceleração, portanto os lançamentos para a mesma altura o que demorar mais para atingir o chão tem aceleração menor.[20]

Mas para facilitar para pode desconsiderar a resistência do objeto se a velocidade horizontal for baixa e se sua aerodinâmica for alta. Então nesse caso pode considerar que só a força peso está atuando nesse objeto, portanto a altura que abandonará o objeto não pode ser alta. E se não existisse o efeito Magnus no objeto arremessado também só existirá a força peso. Portanto a aceleração do objeto seria igual a gravidade. [20]

Se substituir as variáveis na equação 6, temos que o espaço inicial dos ambos os lançamentos são iguais, pois partiu da mesma altura, o espaço final é o chão, a velocidade inicial é zero, a aceleração, se ignorar o efeito Magnus, é a gravidade para ambas. Então todas as incógnitas são fixas, menos os tempos e se todas as variáveis são iguais os tempos também seriam iguais, mas caso os tempos sejam diferentes, então alguma outra variável não é igual e nesse caso é a aceleração que não é a mesma. [20]

Equação 6: Equação do espaço com aceleração constante.

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2$$

3 Materiais e Métodos

3.1 Disco de Newton

Materiais:

- CD
- Papel
- Lápis de cor

- Bolinha de gude
- Tesoura
- Cola quente
- Cola-branca

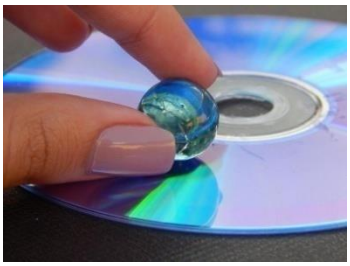
Métodos:

Marque no papel a forma de um CD, divida-o em 7 seções que sejam coloridas com vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta, conforme a figura11, recorte e cole com cola branca sobre o CD:

Figura 11: Disco com as cores do espectro.

Com a cola quente cole a bolinha de gude no centro do CD (figura12).

Figura 12: CD e bolinha de gude.



Impulsione o CD de forma que o dispositivo (figura 13)rotacione em torno de seu eixo com velocidade considerável, em movimento a retina não será capaz de individualizar as cores constituintes da cor branca.

Figura 13: Disco de Newton.

3.2 Telefone de Lata

Materiais

- Duas latas de alumínio
- Barbante
- Tesoura
- Caneta
- Cola quente

Métodos

Corte o barbante do tamanho que desejar para se comunicar. Marque o centro das latas de alumínio com uma caneta e faça um furo no local marcado utilizando a tesoura (figura 14).

Figura 14: Marcação do centro da lata de alumínio, onde será furada para inserir o barbante.

Passe a extremidade do barbante pelo furo da lata e faça um nó, de modo que o barbante não saía quando esticado (figura 15).

Figura 15: Esquerda. Vista externa da lata de alumínio com o barbante. Direita. Vista interna da lata de alumínio com o nó do barbante dentro da lata.

Passe a cola quente na bordas da lata de alumínio, para que ninguém se corte ao utilizar o telefone de lata como na imagem direita dafigura 15. A cola quente pode ser substituída por fita isolante, caso desejar.

Assim, tem-se o telefone de lata, como na figura 16.

Figura 16: Telefone de lata de alumínio com barbante.

3.3 Submarino

Materiais

- Garrafa PET transparente de 500ml
- Tampinha de caneta tipo “BIC”
- Massa de modelar
- 500ml de água

Métodos

Para construção do “submarino na garrafa” o ludião foi preenchida a garrafa PET com

a água e inserida a massinha nas extremidades da tampa da caneta, o brinquedo só funciona se a densidade tampinha mais massinha for similar a da água, ou seja foi necessário realizar alguns testes para se saber a quantidade de massinha exata a ser colocada em cada uma das pontas. Por fim adicionou-se o conjunto (tampinha mais massinha) na garrafa que foi vedada com sua tampa. (figura 17)

Figura 17: imagem ilustrativa da construção do brinquedo.

3.4 Tensão Superficial

Materiais

- 1 moeda de cinco centavos
- 1 conta gotas ou uma embalagem vazia de reparador de pontas
- água

Métodos

Coloque a moeda sobre uma superfície lisa e plana. Com o auxílio do conta gotas, ou semelhante, coloque sobre a moeda gotas de água. (figura 18)

Figura 18: Gotas sendo depositadas na superfície da moeda.

É interessante pingar as gotas de água e ir analisando o que acontece, por exemplo o formato da gota e seu comportamento.

3.5 Gira copo

Materiais

- 2 copos de 80ml
- 2 copos de 150ml
- 2 copos de 600ml
- Fita adesiva
- 5 elásticos
- Cronômetro

Métodos

Amarrou-se um elástico no outro a formar uma corrente de acordo com a figura 19.

Figura 19: Corrente de elástico.

Colocou-se os copos de modo com que os fundos se encostassem e a boca do copo estivesse em direções opostas, e passou fita adesiva em volta do copo como mostra na figura 20.

Figura 20: Giro copo.

Medição do tempo:

a- Enrolou-se a corrente de elástico no copo dando voltas e soltando em seguida, cronometrando o momento da solta até encostar no chão. Esse processo foi repetido três vezes.

b- Cronometrou-se o objeto em queda livre. Esse processo foi repetido três vezes.

4 Resultados

4.1 Disco de Newton

O disco de Newton, na forma de peão, rotaciona de maneira que a cor branca pode ser observada. A soma das cores do espectro no disco será relativa à velocidade em que for girado e a luminosidade do ambiente em que está exposto, aumentando a quantidade de setores do disco em movimento a matiz se apresenta cada vez menos acinzentada.

4.2 Telefone de Lata

Com o telefone de lata é possível ouvir outra pessoa quando o fio do barbante está bem esticado evidenciando a propagação do som por um meio sólido, que nesse caso, é o barbante. Quando se utiliza o telefone com o fio frouxo o resultado não é obtido, ou seja, não há a propagação do som.

4.3 Submarino

Para funcionar de maneira correta o ludião deve possuir densidade similar a da água a tabela 1 fornece dados sobre a quantidade de massa de modelar necessária para a construção do brinquedo.

Tabela 1: Quantidade de massinha para construção do ludião.

Massa total	Desempenho	Extremidade inferior	Extremidade superior
1,91	**funcionamento normal**	**1,57**	**0,56**
1,50		**0,99**	**0,51**
1,10	**flutua**	**0,33**	**0,81**
0,40		**0,26**	**0,12**
0,10		**0,63**	**0,40**
3,13	**afunda**	**1,46**	**1,51**
3,16		**1,56**	**1,51**

Caso a densidade for maior que a da água o objeto afunda e se menor ele apenas bóia.

4.4 Tensão superficial

As gotas de água quando colocadas de maneira correta na superfície da moeda criam juntas uma “bolha” que é causada pela força de coesão e interação das moléculas, material da moeda e ar. Em média é possível depositar cerca de cinquenta gotas de água.

4.5 Gira copo

Na tabela 1 apresenta os valores medidos, com o cronômetro, para os dois modos de lançamento do objeto para 3 tipos diferentes de copos.

Tabela 1: Tempos dos lançamentos

Copo(ml)	Queda livre(s)	Lançado(s)
80	0,52±0,02	1,8±0,3
150	0,62±0,02	2,1±0,1
600	0,53±0,04	1,6±0,2

5 Discussão geral

Todos os experimentos realizados são de baixa dificuldade de execução e baixo custo podendo ser executados por qualquer pessoa que tiver interesse.

O jogo de tabuleiro pode ser utilizado auxiliando na compreensão dos diversos conceitos físicos. Com os desafios propostos é possível colocar em prática os conceitos e verificar se estão de acordo com a teoria.

5.1 Discussão específico de cada engenhoca

5.1.1 Disco de Newton: O disco de Newton foi construído com materiais de relativo baixo custo e de fácil aquisição, porém para colocar o dispositivo em movimento a bolinha de gude não oferece tanto apoio para iniciar o movimento de rotação, podendo ser substituído ou complementado com outro material que ofereça apoio para dar impulso ao movimento.

5.1.2 Telefone de lata: O telefone pode ser construído com latas de alumínio e também com copos plásticos. Ao utilizar a lata como telefone deve-se ter o cuidado para manuseá-la de forma adequada para evitar cortes na mão e na orelha. O barbante utilizado também pode ser substituído por outros tipos de fio, o importante é que o mesmo esteja sempre bem esticado quando for utilizado. O comprimento do fio a ser utilizado pode variar de acordo com a demanda. O maior telefone de lata confeccionado até agora foi com 200 m, para saber detalhes dessa experiência pode-se visitar a página seguinte: <https://motherboard.vice.com/en_us/article/these-adults-made-the-longest-tin-can-phone>. Nessa página há o vídeo de confecção do telefone e detalhes da construção.

5.1.3 Submarino na garrafa (ludião): No brinquedo é possível observar uma dificuldade, que consiste na quantidade adequada de massa de modelar a ser fixada em cada uma das pontas da tampa da caneta tipo”BIC”.

Por meio de testes, verificou-se por meio de uma balança a massa em gramas da massa de modelar e o seu desempenho em água. Notou-se que valores inferiores a 1,00 a 1,45 o conjunto tampa+massinha flutua, entre 1,55 à 2,50 possui um funcionamento normal e valores superiores a estes afundam em água. Essa explicação é dada pela densidade do conjunto massinha+tampase similares à da água possui um funcionamento normal, quando superiores afundam e inferiores flutuam.

5.1.4 Tensão superficial: No experimento foi notória a formação de uma “bolha” d’água na superfície da moeda, sendo possível depositar mais de cinquenta gotas por conta do formato esférico da junção das bolhas, o que aumenta o volume e área de contato das gotas.

5.1.5 Giro copo: No experimento foi possível notar a diferença entre os tempos nos dois lançamentos, mostrando que realmente existe uma força contrária a força peso nos dois copos menores e no copo de 600ml foi difícil notar o efeito magnus. Contudo tem que ter cuidado ao lançar, pois tem que ser paralelo ao chão, caso contrário adiciona uma velocidade no eixo perpendicular ao solo.

Não pode usar muita força ao lançar o brinquedo, pois os brinquedos feitos de plásticos são frágeis, além de não poder enrolar várias vezes, pois causaria uma força maior e quebraria o brinquedo ou o lançamento horizontal não ocorreria como o esperado. Além disso tem que ter cuidado na escolha do material do copo.

6. Referências bibliográficas

[1] BORIN, Júlia. **Jogos e resolução de problemas: uma estratégia para as aulas de matemática.** São Paulo: IME-USP, 2002.

[2] SELBACH, Simone. **Matemática e didática.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

[3] D'AMBROSIO, Beatriz S. **Como ensinar matemática hoje?** Temas e Debates. SBEM. Ano II. N2. Brasília. 1989, p. 15-19. Disponível em: <http://educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/MATEMATICA/Artigo_Beatriz.pdf> Acessado em 23/05/2017.

[4] DALLABONA, Sandra Regina e MENDES, Sueli Maria Schmitt. **O Lúdico na Educação infantil: Jogar, brincar, uma forma de educar**. ICPG – Instituto Catarinense de Pós-Graduação, p.2. Disponível em:http://www.posuniasselvi.com.br/artigos/rev04-16.pdf. Acessado em 23/05/2017.

[5] SILVA, Cibelle. C.; MARTINS, Roberto de Andrade .**A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula.** Ciência e Educação (UNESP), Bauru, v. 9, n.1, p. 53-65, 2003.

[6]SILVA, C. C, & MARTINS, R. A. A **"Nova teoria sobre luz e cores" de Isaac Newton: uma tradução comentada.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v.18, p. 313- 27, 1996. NEWTON.

[7]FILHO, ElsoDrigo; RUGGIERO, José Roberto. **O disco de Newton: Pião colorido.** 2008. Unesp - Projeto Pró-Ciência/FAPESP. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/17985/disco_de_newton.pdf>. Acessado em 22/03/2017.

[8] Robert T.B. **SoundsofOur Times: TwoHundredYearsofAcoustics**. New York: Springers-Verlag, 1999.

[9] HALLIDAY, RESNICK, WALKER; **Fundamentos da Física: gravitação, ondas e termodinâmica**. Vol. 2, 8ª Edição, LTC, 2009.

[10] RESNICK, HALLIDAY, KRANE; Física 2. Vol. 2, 5ª Edição, LTC, 2007.

[11] **A origem das coisas**. Disponível em: <http://origemdascoisas.com/a-origem-do-

submarino/> Acessado em 25/05/2017.

[12]**Princípio de Pascal**. Disponível em: <http://efisica.if.usp.br/mecanica/basico/hidrostatica/pascal/> Acessado em 25/05/2017.

[13] ZILIO, S. C. e BAGNATO, V. S. **Mecânica dos fluídos**. Disponível em: <http://www.fotonica.ifsc.usp.br/ebook/book3/Capitulo12.pdf> Acessado em 25/05/2017.

[14] **Submarino da garrafa**. Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mec36.html> Acessado em 25/05/2017.

[15] HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER , J., **Fundamentos de física**. 4 ª edição, vol. 2. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

[16] HEWITT, P. **Conceptual physics**. 8ª. Edição. Reading (MA): Addison-Wesley, 1998.

[17] MENDONÇA, Cristina G. de. **TENSÃO SUPERFICIAL ESTÁTICA DE SOLUÇÕES AQUOSAS COM ÓLEOS MINERAIS E VEGETAIS UTILIZADOS NA AGRICULTURA**. Disponível em:<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/5896/S0100-69162007000200003.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acessado em 13/04/2017.

[18] BERTULANI, Carlos. **Viscosidade, turbulência e tensão superficial**. 1999. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/hidrodinamica/viscosidade.html>. Acesso em: 30 ago. 1999.

[19] HIBBELER, Russell Charles. **Mecânica dos fluidos**. -São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016. Tradução Daniel Vieira.

[20] YOUNG, H.D. & FREEDMAN, R.A. **Física I : Mecânica**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008.