

APÊNDICE C

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - CAMPO MOURÃO

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Produto Educacional

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE COLISÕES NUMA
PERSPECTIVA CTS

Mauricio Fusinato

Michel Corci Batista

Gilson Junior Schiavon

Campo Mourão
2018

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MAURICIO FUSINATO

Produto Educacional

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE COLISÕES NUMA
PERSPECTIVA CTS**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Polo 32 MNPEF), campus Campo Mourão, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

Coorientador: Prof. Dr. Gilson Junior Schiavon

Campo Mourão
2018

1. INTRODUÇÃO

O produto educacional desenvolvido é uma sequência didática cujo objetivo é permitir ao professor tornar a aula mais dinâmica, atrativa e de fácil ensino/aprendizagem, pois, por meio desta é possível relacionar a parte teórica com a parte prática numa perspectiva de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), deixando de lado parte do sistema tradicional de ensino.

A sequência didática produzida discute os conceitos de quantidade de movimento e colisões mecânicas aplicando-os em situações reais cotidianas de acidentes de trânsito, buscando sempre promover uma consciência crítica nos educandos.

2. UMA INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS COLISÕES

Para Aristóteles de Estagira o movimento não-natural estava associado à força, e os corpos atingiriam o repouso assim que a força fosse removida. Aristóteles não acreditava na existência do vácuo para ele os corpos sempre se moviam em um meio que oferecia resistência ao movimento.

A velocidade no movimento natural era proporcional à força e inversamente proporcional a resistência do meio, pois o velho estagirita acreditava que quanto mais pesado era um corpo tanto mais depressa era sua queda e, inversamente, quanto mais denso um meio, tanto mais lenta a queda. Esse raciocínio poderia ser sistematizado por :

$$v \propto \frac{F}{R}$$

v : velocidade do objeto; α : proporcional; F: força; R: resistência do meio

Aristóteles enfrentou ainda o seguinte problema: como explicar que o movimento de um projétil se mantém por algum tempo mesmo depois de não haver mais contato com o corpo que o lançou?

Como solução à esse problema Aristóteles imaginou que o meio, de alguma forma, forneceria a força necessária para empurrar o objeto, e esse movimento avante.

Porém, o meio motor, no caso, o ar, também seria um meio resistente, ou seja, a causa do movimento e seu término.

Assim, para Aristóteles estava aí a prova física de que um vácuo era impossível, pois no vazio não há diferenças e, sendo assim, o movimento seria impossível.

Já para Philopponus (século VI dC) o movimento no vácuo era possível, e para ele não era o ar que mantinha o projétil em movimento por algum tempo, e sim, uma força impressa que eventualmente se esgotava.

$$v \propto F - R$$

Essa força impressa se consolidou no século XIV com a teoria do *impetus*, desenvolvida por Jean Buridan, que acreditava ser a força impressa a um projétil, permanente, a menos que atuassem outras forças. Ele definiu essa força impressa como sendo proporcional ao peso (entendido aqui como “corpo grave” – corpo com peso ao invés de “leveza”, no sentido aristotélico) e à velocidade.

Tem-se então uma ideia de constância.

René Descartes (1596 – 1650) realizou alguns estudos sobre o impacto dos corpos, e foi conduzido a um princípio de conservação do movimento.

Descartes escreve, em 1644, em sua obra *Príncipes de Philosophie*:

“É perfeitamente razoável admitir que Deus, que ao criar a matéria deu diferentes movimentos às suas partes, preserve toda a matéria nas mesmas condições em que a criou, portanto preserve nela a mesma quantidade de movimento” (Projeto Física, 1978, p.23).

O desafio seria como definir essa “quantidade de movimento”. Descartes escolheu o produto da massa e da velocidade de um objeto em movimento. Ele chamou isso de “momentum”.

De acordo com Descartes, se dois objetos (com massa m_1 e m_2 e velocidades v_1 e v_2) colidem, a quantidade

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$$

é a mesma antes e depois da colisão, mesmo que as velocidades individuais dos objetos tenham sido alteradas.

Segundo Ponczek (2000), em 1686, Leibniz [1646 – 1716], em sua obra *Discurso de Metafísica* estuda mais profundamente a Física dos choques, reformulando os conceitos cartesianos, e chegando a ideia de que a grandeza que mede o movimento é $m.v^2$.

Seu argumento básico é de que um corpo A de massa quatro vezes menor que a de um corpo B, porém caindo de altura quatro vezes maior, ao colidir com o solo, deve ter uma força igual. Galileu e Torricelli já haviam descoberto que as velocidades finais de um corpo em queda livre eram proporcionais à raiz quadrada da altura, e assim o corpo A, quando tocasse o solo, teria uma velocidade apenas duas vezes maior que a do corpo B, o mesmo acontecendo com sua quantidade de movimento. No entanto, a razão entre as velocidades deveria ser de quatro para um, e assim, Leibniz prova que a grandeza que mede o movimento e, portanto a verdadeira medida da força, é a massa vezes o quadrado da velocidade, isto é, $m.v^2$, e não $m.v$, como acreditava Descartes (PONCZEK, 2000, p. 341).

Segundo Neves, síntese de Descartes para o sistema de mundo encontrará na obra de Newton a mecânica necessária para a explicação dos fenômenos terrestres e celestes.

Veja como Sir Isaac Newton a definição de quantidade de movimento que precedeu os axiomas em seu Principia:

A quantidade de movimento é a medida do mesmo, obtida conjuntamente a partir da velocidade e da quantidade de matéria (NEVES, 1999, p.48).

De acordo com o Projecto Física (1978), se buscarmos a definição de Descartes para a quantidade de movimento, produto da massa pelo módulo da velocidade, $m.V$, e a substituirmos pela definição de Newton, produto da massa pela velocidade, $m.\vec{V}$, ter-se-á que para todas as colisões, o movimento dos corpos que colidem antes e depois da colisão será dado por:

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = m_1 \cdot \vec{v}'_1 + m_2 \cdot \vec{v}'_2$$

Em que m_1 e m_2 são as massas dos dois corpos que colidem frontalmente, v_1 e v_2 suas velocidades antes da colisão, e V_1 e V_2 são suas velocidades após a colisão.

Em linguagem moderna, dizemos que a velocidade é uma grandeza vetorial. Descartes falhou por não conhecer este conceito.

Pode-se então representar a quantidade de movimento (ou momento linear) de uma partícula como o produto de sua massa pela sua velocidade:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

O momento de uma partícula pode ser imaginado como a medida da dificuldade de levar a partícula ao repouso.

A segunda lei de Newton escrita em termos do momento linear é da forma:

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \text{ sendo, } \vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots, \text{ o momento total do sistema.}$$

Como num sistema as forças internas cancelam-se entre si (terceira lei de Newton), esta fica dependente somente das forças externas, que atuam no sistema. Sendo assim, quando não houver forças externas no sistema e/ou quando forem nulas, então o momento linear se conserva,

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = 0 \quad \rightarrow \quad \vec{p} = \text{constante}$$

Esta é a Lei de Conservação de Momento Linear.

O que são colisões?

Um choque ou colisão normalmente acontece num intervalo de tempo muito pequeno. E é durante esse intervalo de tempo que os corpos trocam forças muito intensas, que provocam deformações nos dois corpos. Essas forças recebem o nome de forças impulsivas, que são classificadas como

forças internas em relação ao sistema constituído pelos corpos que realizam o choque.

Mesmo quando existem forças externas agindo durante um choque, os impulsos por elas produzidos são desprezíveis, pois o intervalo de tempo é extremamente pequeno. Podemos, portanto, considerar um choque como sistema isolado de forças externas, apresentando conservação da quantidade de movimento do sistema composto pelos corpos que colidem (CARRON, 2014, p. 221).

Num processo de colisão, raramente as forças externas são nulas, ou estão ausentes, entretanto geralmente elas são muito mais fracas do que as forças de colisão podendo ser desprezadas, ou consideradas ausentes. Isso permite desprezar a variação da quantidade de movimento produzida pelas forças externas, isto é, considerar que, durante o curto intervalo de tempo em que ocorre a colisão, a quantidade de movimento do sistema permanece constante.

$$\vec{p}_{\text{inicial}} = \vec{p}_{\text{final}}$$

Sendo assim, independente de qual tipo de colisão estejamos estudando, a quantidade de movimento (ou momento linear) sempre se conserva.

Durante a colisão entre dois corpos macroscópicos, certa quantidade de energia cinética total dos dois corpos é perdida. Uma parte dessa energia perdida é usada para executar trabalho de deformação dos corpos. Outra parte é transformada em outras modalidades de energia, tais como, energia térmica e energia vibratória, a qual produz o som que ouvimos durante o choque. Em certos casos, porém, essa perda é tão pequena que admitimos que a energia cinética total do sistema se conserva antes e depois da colisão.

Levando em conta a conservação ou não da energia cinética total do sistema, pode-se classificar as colisões em dois tipos:

- **Colisões elásticas:** a energia cinética se conserva e os corpos se separam após o choque.

- **Colisões parcialmente elásticas:** a energia cinética não se conserva e os corpos se separam após o choque.
- **Colisões inelásticas:** após o choque os corpos ficam unidos e a energia cinética total após o choque é menor que antes do choque.

Momento Linear ou Quantidade de Movimento (\vec{p})

Defini-se quantidade de movimento ou momento linear de um corpo, como sendo o produto de sua massa m pela sua velocidade \vec{v} . O momento linear é uma grandeza vetorial que possui a mesma direção e sentido da velocidade, e seu módulo pode ser determinado por:

$$|\vec{p}| = m \cdot |\vec{v}|$$

A unidade do módulo do momento linear no SI é o kg .m/s.

Impulso de uma força constante (\vec{I})

É uma grandeza vetorial que possui a mesma direção e sentido da força, e seu módulo pode ser determinado por:

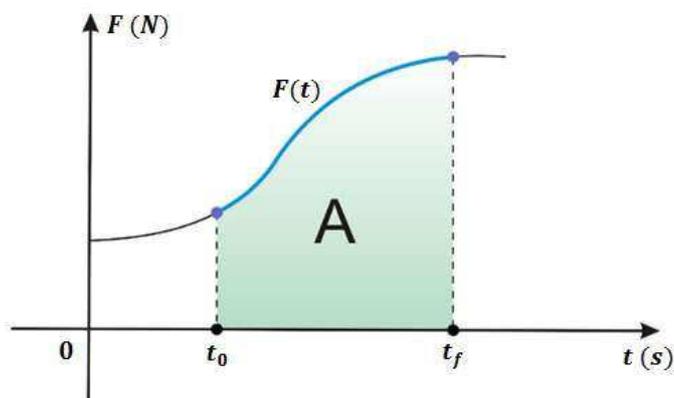
$$|\vec{I}| = |\vec{F}| \cdot \Delta t$$

A unidade de intensidade do impulso no SI é o N.s.

Impulso de uma força variável

Imagine que a força que fazemos sobre um corpo para efetuar um deslocamento não seja mais constante, mas que varie com o tempo. Então sempre que a força variar com tempo podemos calcular o impulso. Essa força variável também pode ser representada por um gráfico, Figura 1.

Figura 1: Representação gráfica da força em função do tempo.



Fonte: Autores (2018).

O módulo do impulso pode ser determinado por:

$$I = \int_{t_0}^{t_f} F(t) dt = \text{Área } (F \times t)$$

Teorema do Impulso

Pelo teorema do impulso, podemos relacionar impulso e momento linear e constatar que elas são de mesma dimensão.

$$\vec{I} = \Delta \vec{p}$$

Sistema mecanicamente isolado

Um sistema é isolado quando a força resultante externa aplicada a ele for nula. Neste caso, como a força é nula, o impulso será nulo e a quantidade de movimento se manterá constante (princípio da conservação da quantidade de movimento).

$$\vec{F}_{R \text{ externa}} = 0 \quad \rightarrow \quad \vec{p} = \text{constante}$$

$$p_{\text{inicial}} = p_{\text{final}}$$

$$\vec{m}_1 \cdot \vec{v}_{1i} + \vec{m}_2 \cdot \vec{v}_{2i} = \vec{m}_1 \cdot \vec{v}_{1f} + \vec{m}_2 \cdot \vec{v}_{2f}$$

Colisões Mecânicas

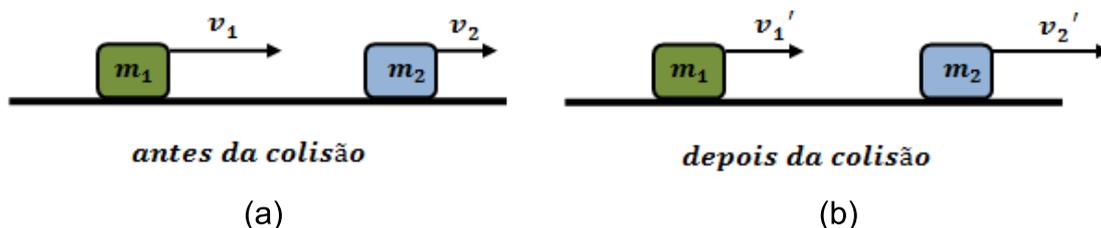
Em Física podemos ter três tipos de colisões, as colisões perfeitamente elásticas, as colisões parcialmente elásticas e as colisões inelásticas. Em uma colisão mecânica podemos verificar duas fases distintas: a de deformação e a de restituição. A primeira tem início no instante em que os corpos entram em contato, passando a se deformar mutuamente, e termina quando um corpo pára em relação ao outro. Nesse instante, tem início a segunda fase, que por sua vez termina quando os corpos se separam. A diferença entre uma colisão e outra está na fase de restituição, pois, a mesma não ocorre em todas as colisões. A partir de agora estudaremos cada tipo de colisão.

Colisões elásticas

Imagine uma colisão frontal simples de dois corpos de massas diferentes. Se a energia cinética do sistema (corpo 1 + corpo 2) se mantiver constante antes e depois da colisão, podemos chamar esta colisão de *colisão elástica*. O Momento Linear desse sistema é sempre conservado em uma colisão, seja a colisão elástica ou não.

Consideremos dois corpos, um de massa m_1 e com velocidade v_1 e outro de massa m_2 com velocidade v_2 , sendo $v_1 > v_2$, movendo-se em linha reta, conforme diagrama apresentado na Figura 2-a. Após um intervalo de tempo os dois corpos irão colidir e esta colisão provocará uma alteração na velocidade dos corpos, passando o corpo 1 a ter velocidade v_1' e o corpo 2, v_2' , conforme diagrama apresentado na figura abaixo 2-b. Consideremos um referencial inercial para as grandezas vetoriais velocidade e momento linear, com o sentido para a direita sendo positivo.

Figura 2: Diagrama representativo da variação das velocidades dos corpos 1 e 2: (a) antes da colisão e (b) depois da colisão.



Fonte: Autores (2018).

Aplicando o princípio da conservação do momento linear para o sistema (corpo 1 + corpo 2) antes da colisão e após a colisão temos:

$$\vec{p}_{\text{inicial}} = \vec{p}_{\text{final}}$$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

Se a colisão for elástica, a energia cinética se conserva, logo:

$$K_{\text{inicial}} = K_{\text{final}}$$

$$\frac{1}{2} m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 \cdot v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2'^2$$

Coeficiente de restituição

Como vimos anteriormente, existem duas fases durante uma colisão: a *deformação* e a *restituição*. Considere os dois corpos 1 e 2 que foram usados de exemplo anteriormente. Observe que antes da colisão existe uma velocidade relativa de aproximação e após temos uma velocidade relativa de afastamento. O coeficiente de restituição é definido como sendo a divisão entre a velocidade de afastamento pela velocidade de aproximação.

$$e = \frac{v_{\text{afastamento}}}{v_{\text{aproximação}}}$$

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

$$v_1 - v_2$$

Para a colisão elástica o coeficiente de restituição é máximo $e = 1$

Colisões parcialmente elásticas

Nas colisões parcialmente elásticas os corpos tem uma velocidade relativa não nula após a colisão, dessa forma o coeficiente de restituição para uma colisão parcialmente elástica admite valores entre 0 e 1.

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

$$0 < e < 1$$

O momento linear é sempre conservado em uma colisão, seja a colisão elástica ou não, assim, aplicando o princípio da conservação do momento linear, temos:

$$\vec{p}_{\text{inicial}} = \vec{p}_{\text{final}}$$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

Colisões inelásticas

Uma colisão inelástica é aquela na qual a energia cinética do sistema (corpo 1 + corpo 2) não é conservada.

Como a energia cinética não é conservada, parte da energia é transformada, em calor ou energia potencial de deformação. Para a colisão elástica o coeficiente de restituição $e = 0$, isso implica que após a colisão os corpos permanecem juntos, ou seja, a velocidade final é igual para os dois corpos que compõem o sistema.

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

$$0 = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

$$0 \cdot (v_1 - v_2) = v_2' - v_1'$$

$$v_1' = v_2'$$

Aplicando o Princípio da conservação do momento linear, o momento linear antes e depois da colisão pode ser escrito como:

$$\vec{p}_{\text{inicial}} = \vec{p}_{\text{final}}$$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

Como $v_1' = v_2' = v'$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v'$$

3. APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nossa proposta se pauta numa metodologia de intervenção que prioriza fundamentalmente dois aspectos: a realização de atividades múltiplas e diversas, tais como discussões, leituras, atividades práticas (experimentais e de simulações), etc, e o desenvolvimento de um trabalho em equipe que crie condições efetivas para a instauração de um clima de parceria entre os alunos e entre estes e o professor responsável (Batista et al. 2018).

Organizarmos esta sequência didática de colisões para inserção no ensino médio, para que seja desenvolvida em quatro módulos. O número de aulas previsto é de onze aulas, mas esse número pode ser alterado caso haja necessidade.

O método didático-pedagógico de condução das atividades propostas nessa sequência didática considera as representações que os alunos trazem do seu cotidiano e estimula a convivência entre os alunos. Entendemos que essas considerações valorizam o processo de desenvolvimento de conteúdos conceituais, de habilidades de pensamento, de valores e de atitudes.

Em nossa proposta denominamos "atividades práticas" as situações de aprendizagem que envolvem a manipulação de materiais e de objetos, tanto para a elaboração de representações como para a construção de experimentos.

As atividades práticas são estratégias importantes para o processo de ensino e aprendizagem, pois estimulam, entre outras habilidades, as capacidades de elaborar e testar hipóteses, observar e comparar dados, analisar e discutir resultados. Esse tipo de atividade ainda permite ao aluno desenvolver algumas capacidades, tais como, se expressar, questionar, tomar decisões e principalmente organizar a troca de conhecimentos.

Consideramos ainda que a leitura e principalmente a compreensão de texto também são habilidades importantes no desenvolvimento da estratégia proposta nessa sequência didática. No entanto entendemos que o ensino se torna mais significativo quando utiliza representações visuais, imagens e vídeos, pois acreditamos que elas podem ampliar a possibilidade de o aluno aprender conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Em nossa proposta procuramos explorar as representações visuais. A estrutura geral de nossa sequência didática sobre colisões está apresentada de maneira detalhada no Quadro 1.

Quadro 1 – Estrutura geral da sequência didática.

DISCIPLINA: Física	SÉRIE: 2ª E.M.	
TEMA: Mecânica	ASSUNTO: Colisões	DURAÇÃO: 11 aulas
<p>PRÉ-REQUISITOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Noções de força; • Leis Newton e suas aplicações; • Energia Mecânica; • Conservação da Energia Mecânica 		
<p>OBJETIVOS: Permitir ao professor tornar uma aula de Física sobre a temática colisões mais dinâmica, atrativa e de fácil ensino e aprendizagem, pois através desta é possível relacionar a parte teórica com a parte prática com as relações Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), deixando de lado parte do sistema tradicional de ensino.</p> <p>Constituem-se ainda como objetivos dessa proposta de ensino :</p> <ul style="list-style-type: none"> • promover a interação entre professor e alunos, bem como a interação entre os próprios alunos e alunas; • motivar os alunos para o estudo das colisões; 		

- promover condições de aprendizagem dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de colisões;
- contribuir para a formação de cidadãos;

CONTEÚDOS

Conceitual	Procedimental	Atitudinal
Interpretar e relacionar os conhecimentos sobre quantidade de movimento e colisões mecânicas.	Observar e identificar os principais tipos de colisões por meio de recursos didáticos que favoreçam o aprendizado dos alunos.	Utilizar dos conceitos físicos discutidos a partir de uma perspectiva CTS para um melhor comportamento no trânsito.

O PAPEL DO PROFESSOR: O papel do professor é fundamental para o sucesso de uma sequência didática bem planejada. Por meio da interação professor-aluno, será possível que o professor reconheça o caminho a ser tomado com relação aos conteúdos em estudo, levando sempre em consideração a liberdade intelectual dos alunos. Sua postura em sala de aula “deve proporcionar a autonomia do aluno, a cooperação entre os grupos, a interação professor-aluno e o debate” (RESQUETTI, 2013, p. 120).

Ainda segundo RESQUETTI (2013) uma sequência didática é uma proposta metodológica determinada por diversas atividades ordenadas e articuladas de uma unidade didática e para que seja válida é preciso observar se são contempladas atividades que permitam: 1) determinar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação aos conteúdos de aprendizagem que estão sendo contemplados; 2) verificar se os conteúdos abordados são significativos e funcionais para os estudantes; 3) que os temas em questão representem um desafio alcançável para os estudantes e que os façam avançar na construção do seu conhecimento, com a ajuda necessária; 4) provocar conflitos cognitivos, de forma a estabelecer relações entre os novos conteúdos e os conhecimentos intuitivos dos estudantes; 5) promovam atitudes favoráveis do aluno, despertando seu interesse e motivação para o estudo dos conteúdos propostos, estimulando a autoestima do estudante, para que ele sinta que em certo grau aprendeu e que seu esforço valeu a pena.

O QUE SE ESPERA: Acredita-se que, por meio da estratégia de sequência didática, é possível haver um avanço na apropriação do conhecimento pelos aprendizes, dando a eles a oportunidade de manifestar suas dúvidas e acertos, concepções e ideias, de uma forma bastante interativa e que permite ainda ao professor

intervenções quando necessárias, criando um ambiente de debates e trocas de experiências construtivo e prazeroso.

RECURSOS DIDÁTICOS

- Texto para discussão em grupo
- Vídeo
- Experimentos
- Imagens
- Projetor multimídia

AVALIAÇÃO: A avaliação das atividades propostas nesta sequência didática será realizada de maneira contínua em cada ação proposta, durante todo o desenvolvimento desta sequência didática.

Entendemos que a complexidade do tema envolve conceitos de Física bastante complexos e nem sempre abordados com a necessária profundidade em aulas de Física no ensino médio. Esses conceitos estão estreitamente ligados aos acidentes de trânsito que ceifam ou interferem em tantas vidas causando prejuízos incalculáveis à nação.

ESTRUTURA MODULAR DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

MÓDULO	TEMA	Nº DE AULAS
<p>Módulo 1 Colisões mecânicas no trânsito e itens de segurança em veículos automotores.</p>	<p>Pré-teste (educação para o trânsito, Física e as colisões no trânsito ...). Cinto de Segurança, Air bag, Controle de Estabilidade e de Tração.</p>	3
<p>Módulo 2 Estudo da quantidade de movimento e colisões de esferas.</p>	<p>Apresentação, em Power Point, do Conceito de quantidade de movimento e tipos de colisões. Realização do experimento colisões de duas esferas de aço.</p>	3
<p>Módulo 3 Conservação da quantidade de movimento.</p>	<p>Apresentação, em Power Point, do princípio da conservação da quantidade de movimento. Experimento Canhão de Borrachinha.</p>	3
<p>Módulo 4 Estudo dos tipos de colisões mecânicas.</p>	<p>Uso de simulador Phet Colorado para análise das características dos tipos de colisões mecânicas. Pós –teste.</p>	3

Fonte: Autores (2018).

4. ENCAMINHAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

MÓDULO 1

No primeiro encontro da sequência, o professor apresenta o projeto aos alunos, deixando bem claro os seus objetivos e expectativas com a aplicação do produto. Em seguida, o professor deve separar a turma em pequenos grupos com 4 ou 5 alunos e conduzir uma aula expositiva dialogada sobre a temática: acidentes no trânsito e dispositivos de segurança de um veículo automotor. Para a melhor compreensão desta etapa o professor poderá utilizar-se de dois vídeos, o primeiro: Média de mortes em acidentes de trânsito⁷, com duração de aproximadamente 3 minutos tem por objetivo promover uma reflexão sobre o assunto. No segundo vídeo, a Renault mostra na prática o funcionamento do freio ABS⁸, este tem aproximadamente 4 minutos e tem por objetivo promover uma discussão sobre um dos dispositivos de segurança de um veículo automotor, buscando estabelecer relações com alguns conhecimentos físicos.

Ao final deste primeiro Módulo deve ser aplicado a atividade 1 para os alunos, esta é composta por um texto que apresenta um panorama sobre os acidentes de trânsito no Brasil e por algumas questões que os alunos deverão discutir nos pequenos grupos e responder.

ATIVIDADE 1

UM PANORAMA SOBRE ACIDENTES DE TRÂNSITO NO BRASIL

Uma pesquisa realizada em 2015 pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, mostra que os acidentes de trânsito no Brasil matam cerca de 45 mil pessoas por ano e deixam mais de 300 mil com lesões graves. Numa estimativa conservadora, observou-se que os acidentes em rodovias custam à sociedade brasileira cerca de R\$ 40 bilhões por ano e deixam mais de 160 mil pessoas com lesões graves. Grande parte dessas mortes ocorrem nas rodovias federais brasileiras. No ano de 2014 foram registrados cerca de 170 mil acidentes com mais de 8 mil mortes e 26 mil feridos graves.

⁷ Fonte: <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2017/12/media-de-mortes-em-acidentes-de-transito-sobe-12-no-fim-do-ano.html> - Acesso em 13.02.2018.

⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=2ag21iPffeQ> - Acesso em 23/04/2018

O Brasil aparece em quinto lugar entre os países recordistas em mortes no trânsito, precedido por Índia, China, EUA e Rússia e seguido por Irã, México, Indonésia, África do Sul e Egito. Juntas, essas dez nações são responsáveis por 62% das mortes por acidente no trânsito.

Em termos de custos, os acidentes nas rodovias federais significaram uma perda superior a R\$ 12 bilhões para a sociedade, sendo que o custo relativo à perda de produção, responde pela maior fatia desse valor, seguido pelos custos dos veículos e hospitalares. Considerando toda a malha rodoviária brasileira, estes custos beiram a R\$40 bilhões por ano.

O quadro se agravou bastante nos últimos anos, pelo aumento vertiginoso da frota de veículos automotores, apesar dos avanços nos procedimentos de fiscalização por parte da Polícia Rodoviária Federal – PRF, que intensificou as operações nos trechos mais críticos de acidentes.

A PRF aponta as “presumíveis” causas de acidentes:

- a) falta de atenção dos motoristas;
- b) A condução em velocidade acima do permitido;
- c) a ingestão de álcool antes de dirigir;
- d) Distância curta entre os veículos;
- e) Não obediência à sinalização;
- f) Ultrapassagens mal realizadas;
- g) Sono.

Quanto ao tipo de acidente de trânsito com maior ocorrência, foi constatada a “colisão na traseira”. Das ocorrências, 65% foram registradas com o “tempo bom”, 55% em plena luz do dia, 70% em pistas simples e 70% na reta. O mais triste e vergonhoso é que mais de 90% dos acidentes tiveram como causa principal a falha humana.

O número de acidentes causados pela imprudência dos motoristas que batem na traseira do veículo adiante é tão grande que a jurisprudência considera quem bate atrás como culpado. A mídia está repleta de depoimentos de motoristas causadores de acidentes que afirmam que os freios de seu veículo não funcionaram a tempo de evitá-los.

Através desses dados, algumas providências poderiam ser tomadas para se tentar diminuir esse quadro. Acreditamos que o caminho correto poderia ser através de uma melhor educação. Nos países onde o índice de educação é elevado, o número de acidentes de trânsito é reduzido.

Para refletir no grupo (Pré-Teste)

1. Dentre as causas de mortes em acidentes de trânsito, quais são as mais frequentes?
2. Qual a responsabilidade de cada um de nós como cidadãos para um trânsito mais seguro?
3. O que você considera imprudência no trânsito? Cite alguns exemplos.
4. O que a Física tem a ver com acidentes de trânsito?
5. Por que numa colisão com uma árvore, os “estragos” num veículo de passeio são maiores que num caminhão?
6. O cinto de segurança e o air bag são dispositivos de segurança obrigatórios, tanto na cidade quanto na estrada. O que eles tem a ver com a Física?
7. Os freios ABS são classificados como mais eficientes que os freios à disco. Por quê?
8. No início da noite desta quarta-feira (18), um grave acidente na PR 317 envolvendo um veículo GM Astra com placas de Campo Mourão, e uma carreta Volvo 340, de transporte especial com placas de Maringá, deixou uma pessoa morta e duas feridas. As vítimas estavam no Astra o motorista do caminhão nada sofreu. O acidente aconteceu três quilômetros da ponte do Rio Ivaí, no sentido Campo Mourão para Maringá e deixou o trânsito lento no local por mais de duas horas.

<http://www.portalovale.com.br/lernoticia.asp?mat=3016>

Dados:

Massa do carro = 800kg

Massa da carreta = 8000kg

Tomando como base as Leis de Newton e a notícia acima apresentada, assinale o que for correto:

- a) No ato da colisão o carro fica mais destruído que a carreta por que a força que a carreta exerce sobre o carro é maior que a força que o carro exerce sobre a carreta;
- b) No ato da colisão a carreta fica mais destruída que o carro por que a força que o carro exerce sobre a carreta é maior que a força que a carreta exerce sobre o carro;
- c) Se momentos antes da colisão os dois móveis mantinham velocidades constantes, podemos afirmar que a inércia do carro era maior que a da carreta;
- d) Mesmo que o carro tenha sofrido um estrago muito maior que a carreta, podemos afirmar que a força exercida pelo carro sobre a carreta foi igual à força exercida pela carreta sobre o carro;

e) A primeira lei de Newton garante que na ausência de forças externas é impossível um corpo estar em movimento.

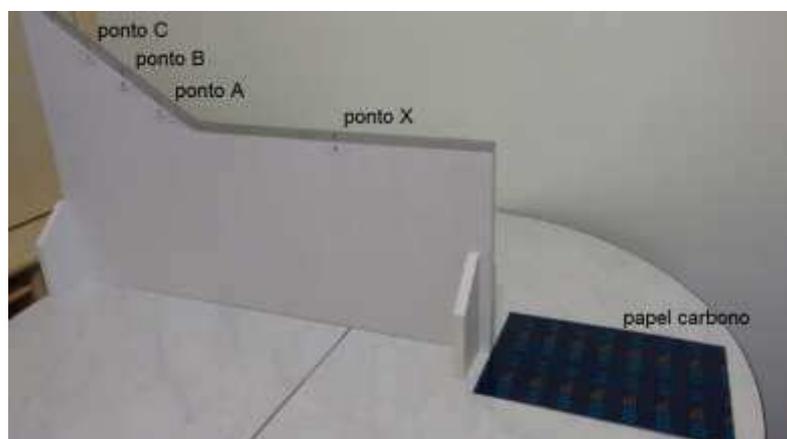
MÓDULO 2

O segundo módulo abordará o assunto quantidade de movimento e, para introduzir o tema o professor deverá conduzir uma atividade experimental, aqui chamada de atividade das bolinhas. Essa atividade foi adaptada de uma atividade proposta para crianças pela professora Anna Maria Pessoa de Carvalho da Faculdade de Educação da USP.

Para a realização da atividade os alunos deverão ser divididos em pequenos grupos com quatro ou cinco integrantes. O experimento deverá proporcionar um momento de interação no grupo, bem como o levantamento de hipóteses pelos alunos.

O experimento consiste em uma base vertical de madeira, com um trilho de alumínio na extremidade superior, como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Imagem do trilho de alumínio sobre base de madeira, com indicação das posições A, B, C e X.



Fonte: Autores (2018).

Na base de madeira deve ser feita quatro marcações, uma no ponto médio da parte horizontal do trilho (ponto X) e outras três espaçadas igualmente na parte inclinada do trilho (pontos A, B e C), como mostrado na figura 3. Para a realização desse experimento também será necessário três esferas metálicas, duas de massas idênticas e uma com massa maior, como mostra a figura 4, sugestão: podem ser esferas de rolamentos de caminhões.

Figura 4: representação das esferas metálicas utilizadas no experimento.



Fonte: Autores (2018).

Também será necessário uma folha de papel carbono, para fazer as marcações das posições das bolinhas.

A atividade deverá ser dividida em duas partes, a primeira parte ajudará o aluno perceber que o alcance que a esfera atinge ao deixar o trilho depende da velocidade com que a esfera deixa o trilho, e essa conseqüentemente depende da posição inicial de onde é deixada cair na parte inclinada do trilho (chamamos de altura), ou seja, a energia potencial gravitacional se transforma em energia cinética (conceitos já estudados pelos alunos).

PARTE 1 – ALCANCE DE UMA ESFERA DE AÇO VARIA CONFORME A ALTURA DE ABANDONO E A GRAVIDADE LOCAL

O objetivo dessa atividade é verificar experimentalmente que a velocidade com que a esfera deixa o trilho na parte horizontal depende da altura que ela é solta em relação a essa horizontal.

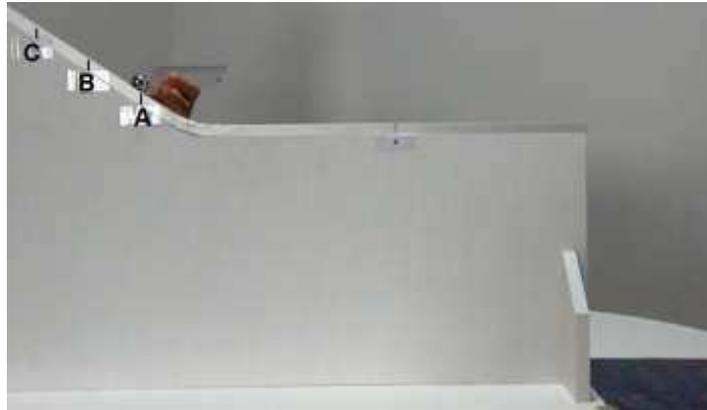
MATERIAL

- base para o experimento das bolinhas;
- duas esferas metálicas de mesma massa;
- uma esfera metálica de massa maior;
- uma folha de sulfite;
- uma folha de papel carbono;
- fita adesiva.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL DA PRIMEIRA PARTE

Escolha uma esfera, inicialmente a de massa menor, utilize o aparato experimental construído, fixe o papel carbono sobre uma folha de sulfite, como mostra a figura 3.

Figura 5 – Soltura da esfera 1 da posição A.



Fonte: Autores (2018)

1. Solte a esfera da parte inclinada do trilho de alumínio, do ponto A, conforme a figura 5 e, em seguida, do ponto B e por fim do ponto C. Registre com seu grupo os alcances obtidos nas três situações. Discuta com seu grupo em qual das situações o alcance atingido pela esfera foi maior, e justifiquem essa resposta.

Após a realização da atividade o professor solicita que cada grupo apresente para os outros grupos o que respondeu e em seguida encaminha uma discussão teórica sobre o que acontece, procurando relembrar o fenômeno estudado da conservação da energia mecânica, no qual a energia potencial inicial da esfera é convertida em energia cinética na parte horizontal do trilho, considerando este como o nosso referencial, assim podemos dizer que a velocidade da esfera ao deixar o trilho depende da altura do ponto A, B e C.

$$E_{MA} = E_{MX}$$

$$E_{pA} + E_{cA} = E_{pX} + E_{cX}$$

$$m \cdot g \cdot h_A + \frac{m \cdot v_A^2}{2} = m \cdot g \cdot h_X + \frac{m \cdot v_X^2}{2}$$

$$m \cdot g \cdot h_A = \frac{m \cdot v_X^2}{2}$$

$$v_x^2 = 2 \cdot g \cdot h_A$$

$$v_x = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_A}$$

Após essa discussão o professor pede que os grupos determinem a velocidade com que a esfera deixa o trilho na parte horizontal quando solta das posições A, B e C e anote esses valores no Quadro 1.

Quadro 1 – Velocidade da esfera ao deixar o trilho conforme a altura de abandono .

Posição	Altura (m)	Velocidade (m/s)
A		
B		
C		

Fonte: Autores (2018).

Com esses conceitos bem estabelecidos o professor encaminha a segunda parte do experimento, agora visando discutir o conceito de quantidade de movimento.

PARTE 2 - CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO NA COLISÃO ENTRE DUAS ESFERAS DE AÇO

O objetivo dessa atividade é verificar experimentalmente quais são as grandezas que determinam a quantidade de movimento de um corpo.

MATERIAL

- base para o experimento das bolinhas;
- duas esferas metálicas de mesma massa;
- uma esfera metálica de massa maior;
- uma folha de sulfite;
- uma folha de papel carbono;
- fita adesiva;
- uma régua.

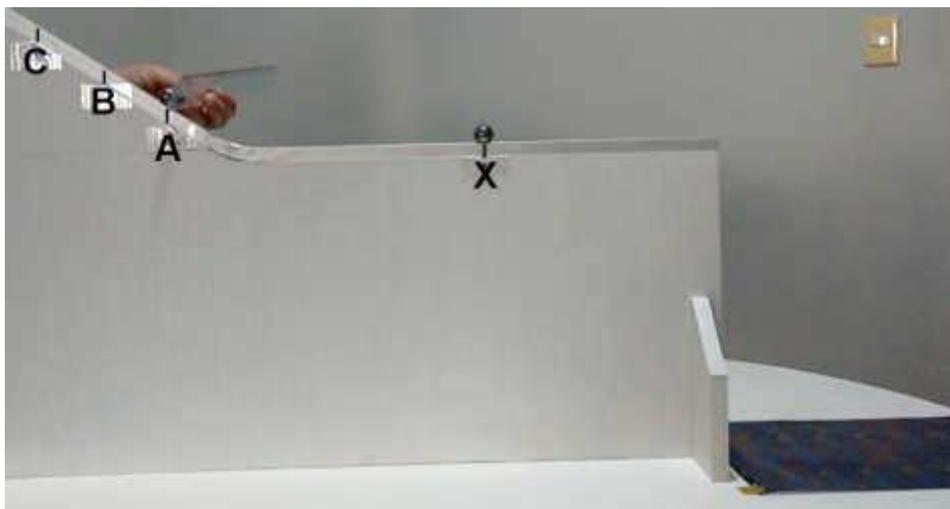
PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL DA SEGUNDA PARTE

Sabemos que quando um corpo (A) que está em movimento com uma determinada velocidade colide com um corpo parado (B), imediatamente após a colisão o corpo que estava parado (B) entra em movimento. Isso acontece porque durante a colisão o corpo A transfere "algo" para o corpo B, esse "algo" chamaremos aqui de quantidade de movimento.

1. UTILIZANDO AS ESFERAS DE MESMA MASSA.

Monte o aparato experimental de acordo com a figura 6.

Figura 6 – Soltura da esfera 1, da posição A, antes de colidir com a esfera 2, na posição X.



Fonte: Autores (2018).

- Coloque uma **esfera (2)** na **posição X**, ponto médio da parte horizontal do trilho, conforme a figura 6;
- Coloque a outra **esfera (1)** na **posição A** (4 cm de altura em relação a horizontal), apoiando-a com uma régua. Solte essa esfera da posição indicada para que se movimente em direção à esfera 2. Registre o alcance obtido utilizando a marca na folha de sulfite.

- Repita o procedimento colocando a **esfera (1)** na **posição B** (8 cm de altura em relação a horizontal), apoiando-a com uma régua. Solte essa esfera da posição indicada para que se movimente em direção à esfera 8. Registre o alcance obtido utilizando a marca na folha de sulfite.

- Repita o procedimento colocando a **esfera (1)** na **posição C** (12 cm de altura em relação a horizontal), apoiando-a com uma régua. Solte essa esfera da posição indicada para que se movimente em direção à esfera 9. Registre o alcance obtido utilizando a marca na folha de sulfite.

Registre no Quadro 2 os alcances obtidos:

Quadro 2 – Alcance médio da esfera 2 após sofrer impacto da esfera 1, ambas com a mesma massa.

Ponto de saída da esfera 1	Alcance médio da esfera 2 (cm)	Alcance médio da esfera 2 (m)
A (4 cm)		
B (8 cm)		
C (12 cm)		

Fonte: Autores (2018).

Vamos discutir no grupo

1. Qual a relação entre o ponto de partida da bolinha 1 (posições A, B e C) e a velocidade com que ela colide com a bolinha 2?

2. A esfera 2 está inicialmente em repouso em todas as situações, quando ela é atingida pela esfera 1 entra em movimento, isso acontece porque a esfera 1 ao colidir transfere algo para ela (quantidade de movimento). Em qual das três situações estudadas a esfera 1 transmitiu maior quantidade de movimento? Justifique.

2. UTILIZANDO AS ESFERAS DE MASSAS DIFERENTES

- Coloque uma **esfera 2** (de massa menor - m) na **posição X**, ponto médio da parte horizontal do trilho, conforme a figura 7;
- Coloque a **esfera 1** (de massa maior - M) na **posição A** (4 cm de altura em relação a horizontal), apoiando-a com uma régua. Solte essa esfera da posição indicada para que se movimente em direção à esfera 2, conforme figura 7.

Figura 7 – Posições das esferas 1 – maior massa e 2 – menor massa, antes da colisão.



Fonte: Autores (2018).

Registre o alcance obtido utilizando a marca na folha de sulfite.

- Coloque uma **esfera 2** (de massa maior - M) na **posição X**, ponto médio da parte horizontal do trilho, conforme a figura 8;
- Coloque a **esfera 1** (de massa menor - m) na **posição A** (4 cm de altura em relação a horizontal), apoiando-a com uma régua. Solte essa esfera da posição indicada para que se movimente em direção à esfera 2, conforme figura 8.

Figura 8 – Posições das esferas 1 – menor massa e 2 – maior massa, antes da colisão.



Fonte: Autores (2018).

Registre o alcance obtido utilizando a marca na folha de sulfite.

Registre no Quadro 3 o alcance obtido:

Quadro 3: Alcance médio da esfera 2 após ser atingida pela esfera 1.

	Ponto de saída da bolinha 1 A (4 cm)
Alcance médio da esfera 2, quando atingida pela esfera 1 de menor massa (m)	
Alcance médio da esfera 2, quando atingida pela	

esfera 1 de maior massa (M)	
-----------------------------	--

Fonte: Autores (2018).

Vamos discutir no grupo

3. A esfera 2 está inicialmente em repouso, quando ela é atingida pela esfera 1 entra em movimento, isso acontece porque a esfera 1 ao colidir transfere algo para ela (quantidade de movimento). Em qual das duas situações apresentadas na tabela 3 (esfera 1 com massa m e esfera 1 com massa M) a esfera 1 transmitiu maior quantidade de movimento? Justifique.

4. Se a esfera de maior massa M for colocada no ponto médio da parte horizontal do trilho e a esfera de menor massa m , for abandonada do repouso de uma altura h_1 (ponto A), na parte inclinada do trilho, o que acontecerá com a esfera de massa M ?

5. E, se a esfera de massa m for abandonada do repouso, agora de uma altura h_2 , maior que h_1 , ou seja, do ponto B, o que acontecerá com a esfera de massa M ? Por quê?

6. Agora, se a esfera de massa m estiver no ponto x e a esfera de massa M for abandonada do repouso da mesma altura h_1 (ponto A). O que acontece com a esfera de massa m ? Por quê?

7. Por fim, se a esfera de massa **M** for abandonada do repouso da mesma altura **h_2** (ponto B). O que acontecerá com a esfera de massa **m**?

8. Qual a importância de se respeitar o limite de velocidade no trânsito?

9. Fale sobre a relação entre quantidade de movimento e acidentes de trânsito.

10. O *air-bag*, equipamento utilizado em veículos para aumentar a segurança dos seus ocupantes em uma colisão, é constituído por um saco de material plástico que se infla rapidamente quando ocorre uma desaceleração violenta do veículo, interpondo-se entre o motorista, ou o passageiro, e a estrutura do veículo. Consideremos, por exemplo, as colisões frontais de dois veículos iguais, a uma mesma velocidade, contra um mesmo obstáculo rígido, um com *air-bag* e outro sem *air-bag*, e com motoristas de mesma massa. Os dois motoristas sofrerão, durante a colisão, a mesma variação de velocidade e a mesma variação da quantidade de movimento. Entretanto, a colisão do motorista contra o *air-bag* tem uma duração maior do que a colisão do motorista diretamente contra a estrutura do veículo. De forma simples, o *air-bag* aumenta o tempo de colisão do motorista do veículo, isto é, o intervalo de tempo transcorrido desde o instante imediatamente antes da colisão até a sua completa imobilização. Em consequência, a força média exercida sobre o motorista no veículo com *air-bag* é muito menor, durante a colisão.

Considerando o texto acima, assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.

- (01) A colisão do motorista contra o *air-bag* tem uma duração maior do que a colisão do motorista diretamente contra a estrutura do veículo.
- (02) A variação da quantidade de movimento do motorista do veículo é a mesma, em uma colisão, com ou sem a proteção do *air-bag*.
- (04) O impulso exercido pela estrutura do veículo sobre o motorista é igual à variação da quantidade de movimento do motorista.
- (08) O impulso exercido sobre o motorista é o mesmo, em uma colisão, com *air-bag* ou sem *air-bag*.
- (16) A variação da quantidade de movimento do motorista é igual à variação da quantidade de movimento do veículo.
- (32) A grande vantagem do *air-bag* é aumentar o tempo de colisão e, assim, diminuir a força média atuante sobre o motorista.

Gabarito: 01;02;04;08;32.

MÓDULO 3

O terceiro módulo abordará o assunto conservação da quantidade de movimento.

"O Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento diz que "todo sistema sempre conserva constante a sua quantidade de movimento linear", esta podendo ser inicialmente nula ou não".

Para discutir o tema o professor deverá conduzir uma atividade experimental, aqui chamada de atividade do canhãozinho. Essa atividade foi extraída e adaptada do Projeto Experimentos de Física com Materiais do dia-a-dia - UNESP/Bauru Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/>.

Para a realização da atividade os alunos deverão ser divididos em pequenos grupos com quatro ou cinco integrantes. O experimento deverá proporcionar um momento de interação no grupo, bem como o levantamento de hipóteses pelos alunos.

EXPERIMENTO

MATERIAL

- Uma base de madeira(leve) ou uma capa dura de caderno de 10 x 15 cm
- Três parafusos ou pregos pequenos.
- Um elástico de dinheiro
- Linha de costura
- Fósforos
- Projétil - Pode ser qualquer coisa passível de ser atirada pela borracha: um apontador de lápis, uma borracha de apagar lápis, dessas que têm uma capa plástica de proteção (só a borracha ofereceria muito atrito), etc....
- 10 Lápis - Pode ser lápis preto ou lápis colorido, cilíndricos.

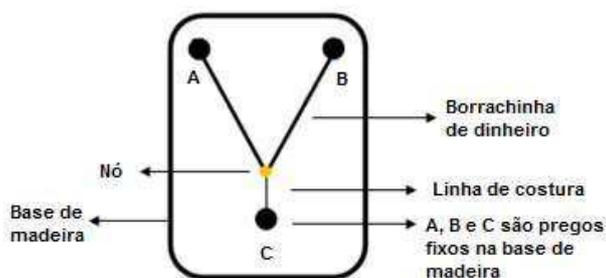
OBJETIVO

Verificar experimentalmente o princípio da conservação da quantidade de movimento, por meio da compensação de movimentos.

PROCEDIMENTO

O experimento consiste em construir um canhãozinho utilizando uma borrachinha de dinheiro. Esta deve ser disposta sobre a base de madeira formando um V, como se fosse uma atiradeira que está prestes a impulsionar o projétil (veja as figuras 9.a e 9.b), para isso utilizamos três pregos pequenos (ou parafusos) formando um triângulo.

Figura 9.a – Esquema do “canhão de borrachinha”.



Fonte: Autores (2018).

Figura 9.b – Imagem do “canhão de borrachinha”.

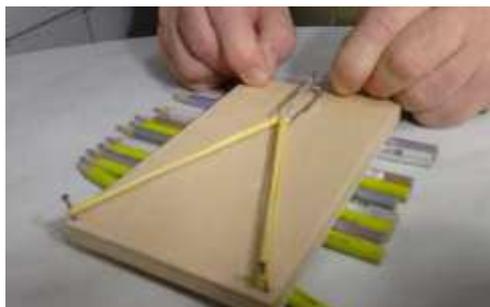


Fonte: Autores (2018).

A linha de costura deve ser amarrada no centro da borrachinha de dinheiro e no prego fixo na posição C, de forma a esticar a borrachinha, formando um V. No momento certo a linha deve ser queimada com palito de fósforo para disparar o “tiro” com a menor interferência possível.

A sugestão de como prender a borrachinha ao terceiro prego (ponto C) e a vista lateral do canhãozinho de borracha são apresentados nas figuras 10.a e 10.b, respectivamente.

Figura 10.a – Prendendo a borrachinha pela linha ao terceiro prego;



Fonte: Autores (2018).

Figura 10.b – Vista lateral do canhãozinho de borracha.



Fonte: Autores (2018).

Depois de armado o sistema, dispara-se o "tiro" simplesmente queimando a linha de costura que mantém a borrachinha esticada. O que se observa é que enquanto o projétil é lançado num sentido, o resto do sistema se move noutro sentido, ou seja, recua.

A ideia é a de explorar a compensação de quantidades de movimentos bastante visível que ocorre neste experimento. O projétil, mais leve, se desloca com velocidade maior; o resto do sistema, mais pesado, se desloca noutro sentido com velocidade menor.

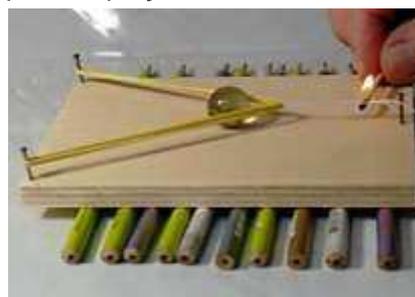
Com o experimento montado, coloque o projétil no centro do V formado pela borrachinha de dinheiro, como mostra a figura 13. Agora com o fósforo queime a linha, figura 11, e registre o que aconteceu.

Figura 11 – Posição do projétil til antes de ser arremessado.



Fonte: Autores (2018).

Figura 11 – Queimando a linha para o projétil ser arremessado.



Fonte: Autores (2018).

OBSERVAÇÃO IMPORTANTE: o peso do canhão é importante para se observar um bom recuo. Portanto, escolha bem a madeira que vai servir de base para o canhão.

Vamos discutir no grupo

1. Quando a linha queima o que acontece com o projétil?

2. Quando a linha queima o que acontece com a base de madeira? Justifique o fenômeno observado.

Vamos aplicar

3. Um corpo de massa igual a 8Kg desloca-se sem atritos, sobre uma superfície plana e horizontal, com velocidade escalar constante e igual a 15m/s. Qual é o módulo da quantidade de movimento do corpo?

4. Numa experiência uma força F constante desloca o corpo ao longo de uma reta durante t segundos. Com apenas esses dois dados, o único resultado experimental a ser avaliado é a:

- a) variação da energia cinética.
- b) aceleração
- c) variação da quantidade de movimento.
- d) velocidade final.
- e) potencia fornecida por F .

5. Sobre a grandeza física quantidade de movimento, analise as afirmativas abaixo:

- I) A quantidade de movimento de um corpo é uma grandeza vetorial.
- II) Vetor quantidade de movimento e vetor velocidade tem sempre a mesma direção e o mesmo sentido.
- III) A unidade da quantidade de movimento no sistema internacional é Kg.m/s.

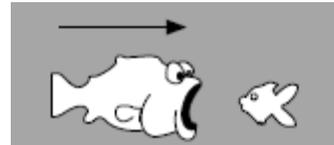
Responda de acordo com o código:

- a) Apenas a afirmativa I é correta.
- b) Apenas a afirmativa II é correta.
- c) Apenas as afirmativas II e III são corretas.
- d) Apenas as afirmativas I e II são corretas.

e) Todas as afirmativas são corretas.

6. Um garoto de massa $m_1 = 60 \text{ Kg}$ sobre *skate*, mas em repouso, empurra seu amigo de massa $m_2 = 45 \text{ Kg}$, que também está em repouso e sobre *skate*. Sabendo que o amigo adquire uma velocidade $v = 10 \text{ m/s}$, qual a velocidade de recuo do garoto?

7. Um peixe de 4 kg , nadando com velocidade de $1,0 \text{ m/s}$, no sentido indicado pela figura, engole um peixe de 1 kg , que estava em repouso, e continua nadando no mesmo sentido. A velocidade, em m/s , do peixe maior, imediatamente após a ingestão, é igual a:



MÓDULO 4

Neste módulo o professor deverá resgatar os três tipos de colisões estudadas, bem como suas características, conforme descritas no Quadro 4 .

Quadro 4: Diferentes tipos de colisões e suas características básicas.

ELÁSTICA	PARCIALMENTE ELÁSTICA	INELÁSTICA
Energia Cinética Se conserva;	Energia Cinética * Não se conserva;	Energia Cinética * Não se conserva; * Máxima perda de energia cinética;
Quantidade de Movimento Se conserva;	Quantidade de Movimento Se conserva;	Quantidade de Movimento Se conserva;
Coefficiente de Restituição $e = 1$	Coefficiente de Restituição $0 < e < 1$	Coefficiente de Restituição $e = 0$

Fonte: Autores (2018).

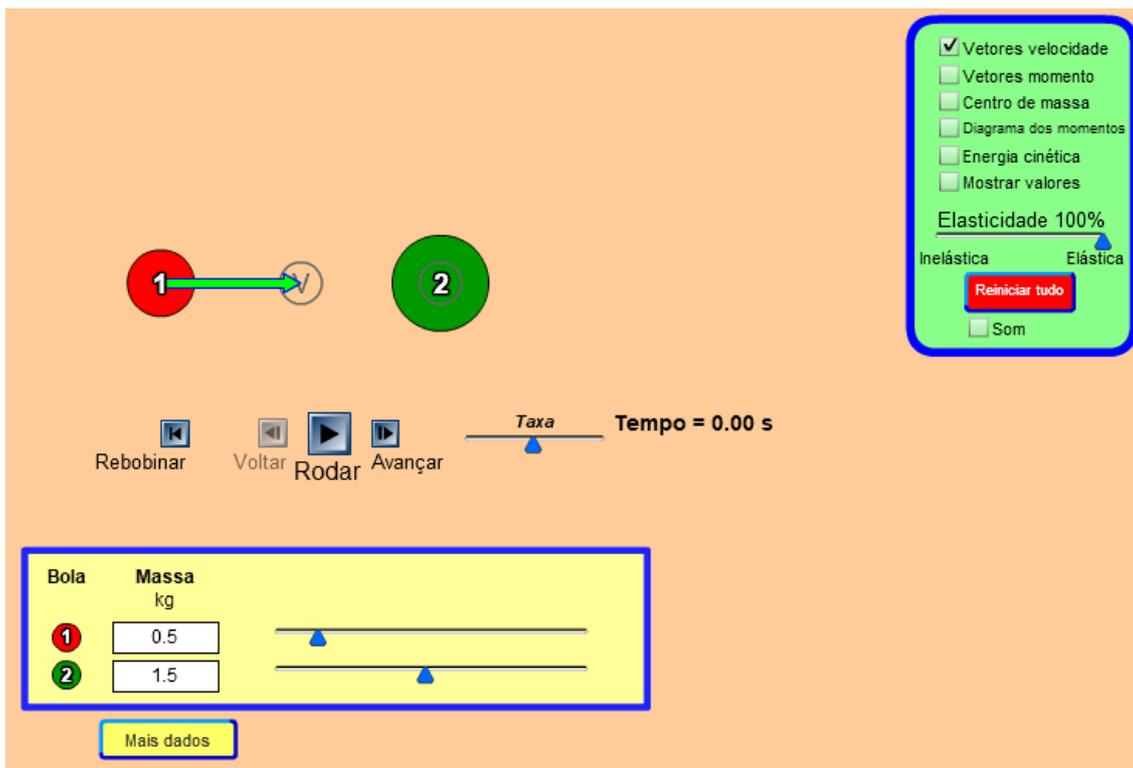
Agora o professor deverá conduzir uma atividade experimental em um ambiente virtual, ou seja, os alunos terão contato com um simulador, conhecido como Laboratório de colisões, do PHET - Colorado. Caso a instituição não tenha disponível um laboratório de informática o professor pode adaptar e, utilizar um único computador com o auxílio de um projetor, e conduzir uma atividade experimental demonstrativa investigativa.

ROTEIRO DE ATIVIDADE

Acesse o site: https://phet.colorado.edu/sims/collision-lab/collision-lab_pt_BR.html

Clique na simulação. Você verá a tela apresentada na Figura 12:

Figura 12: Tela inicial do “Laboratório de Colisões”, Phet Colorado.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/collision-lab/collision-lab_pt_BR.html.

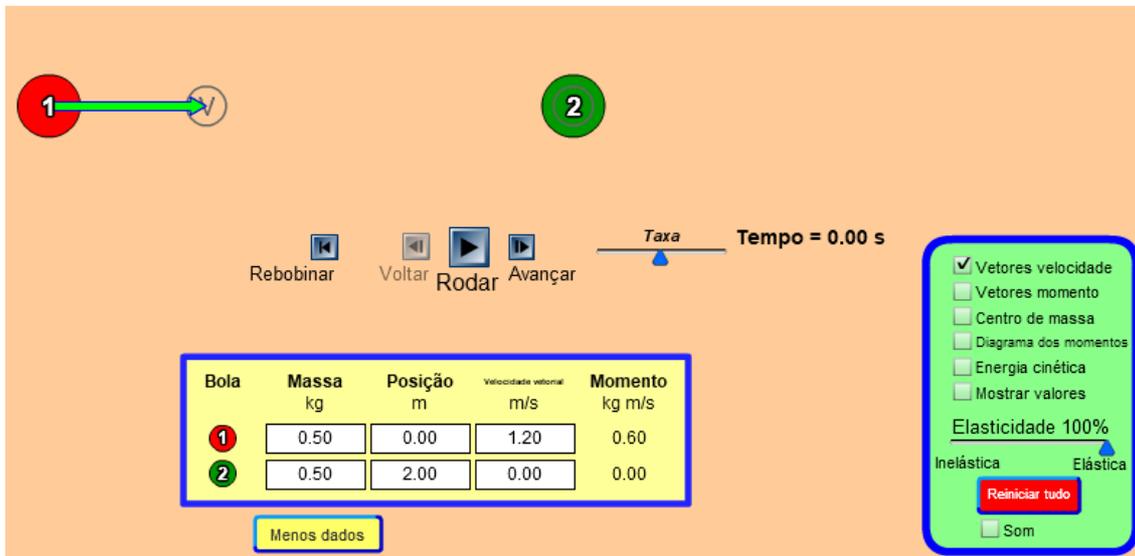
ATIVIDADE 1: Colisões elásticas (ou com elasticidade de 100%)

PROCEDIMENTO

- Na tela inicial regule as massas para 0.5kg;
- Clique no botão mais dados, localizado abaixo do valor das massas;
- Ajuste a posição da esfera 1 (bola 1) para a posição 0.00;
- Ajuste a posição da esfera 2 (bola 2) para a posição 2.00;
- Ajuste a velocidade da esfera 1 (bola 1) para 1,2 m/s, e mantenha a esfera 2 em repouso (velocidade zero), esses são respectivamente os valores iniciais das velocidades, registre esses valores no Quadro 5;
- O quadro verde ao lado do experimento você consegue movê-lo, clicando na margem azul e arrastando.
- Com o cursor regule a elasticidade para 100% no quadro verde.

Observe na figura 13 os valores das massas, posições iniciais, velocidades iniciais e momentos lineares das esferas 1 e 2, antes da colisão. E a regulagem da elasticidade (100 %).

Figura 13: Tela para simulação de uma colisão perfeitamente elástica entre duas esferas de massas iguais, nas condições iniciais sugeridas.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/collision-lab/collision-lab_pt_BR.html.

- Clique no botão rodar. Espere a colisão acontecer e em seguida clique em pausar;
- Registre no Quadro 5 os valores das velocidades após a colisão da esfera 1 e da esfera 2.

Quadro 5: Valores das velocidades inicial e final – colisão perfeitamente elástica entre duas esferas de massas iguais.

Esfera	Velocidade inicial (v)	Velocidade final (v')
1	1.2 m/s	
2	0 m/s	

Fonte: Autores (2018).

Discuta em grupo

1. O que aconteceu com os valores das velocidades?

2. Calcule a quantidade de movimento do sistema antes da colisão, ou seja a quantidade de movimento inicial.

$$p_{inicial} = p_1 + p_2$$
$$p_{inicial} = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$$

3. Calcule a quantidade de movimento do sistema após da colisão, ou seja, a quantidade de movimento final.

$$p_{final} = p_1 + p_2$$
$$p_{final} = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

4. Compare os valores obtidos nas questões 2 e 3.

5. Calcule o coeficiente de restituição (e) dessa colisão:

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

6. Com o coeficiente de restituição calculado classifique a colisão em:

- a) perfeitamente elástica;
- b) parcialmente elástica;
- c) inelástica.

ATIVIDADE 2: Colisões inelásticas (ou com elasticidade de 0%)

- Na tela inicial regule as massas para 0.5kg;
- Clique no botão mais dados, localizado abaixo do valor das massas;
- Ajuste a posição da esfera 1 (bola 1) para a posição 0.00;
- Ajuste a posição da esfera 2 (bola 2) para a posição 2.00;
- Ajuste a velocidade da esfera 1 (bola 1) para 1.2m/s, e mantenha a esfera 2 em repouso (velocidade zero), esses são respectivamente os valores iniciais das velocidades, registre esses valores na tabela 5;
- O quadro verde ao lado do experimento você consegue movê-lo, clicando na margem azul e arrastando;
- Com o cursor regule a elasticidade para 0% no quadro verde;
- Clique no botão rodar. Espere a colisão acontecer e em seguida clique em pausar;
- Registre no Quadro 6 os valores das velocidades após a colisão da esfera 1 e da esfera 2.
-

Quadro 6: Valores das velocidades inicial e final – colisão inelástica entre duas esferas de massas iguais.

Esfera	Velocidade inicial (v)	Velocidade final (v')
1	1.2 m/s	
2	0 m/s	

Fonte: Autores (2018).

Discuta em grupo

1. O que aconteceu com os valores das velocidades?

2. Calcule a quantidade de movimento do sistema antes da colisão, ou seja, a quantidade de movimento inicial.

$$p_{inicial} = p_1 + p_2$$
$$p_{inicial} = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$$

3. Calcule a quantidade de movimento do sistema após da colisão, ou seja, a quantidade de movimento final.

$$p_{final} = p_1 + p_2$$
$$p_{final} = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

4. Compare os valores obtidos nas questões 2 e 3.

5. Calcule o coeficiente de restituição (e) dessa colisão:

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

6. Com o coeficiente de restituição calculado classifique a colisão em:

- a) perfeitamente elástica;
- b) parcialmente elástica;
- c) inelástica.

ATIVIDADE 3: Colisões parcialmente elásticas (ou com elasticidade de 50%).

- Na tela inicial regule as massas para 0.5kg;
- Clique no botão mais dados, localizado abaixo do valor das massas;
- Ajuste a posição da esfera 1 (bola 1) para a posição 0.00;
- Ajuste a posição da esfera 2 (bola 2) para a posição 2.00;
- Ajuste a velocidade da esfera 1 (bola 1) para 1.2m/s, e mantenha a esfera 2 em repouso (velocidade zero), esses são respectivamente os valores iniciais das velocidades, registre esses valores na tabela 5;

- O quadro verde ao lado do experimento você consegue movê-lo, clicando na margem azul e arrastando;
- Com o cursor regule a elasticidade para 50% no quadro verde;
- Clique no botão rodar. Espere a colisão acontecer e em seguida clique em pausar;
- Registre no Quadro 7 os valores das velocidades após a colisão da esfera 1 e da esfera 2.

Quadro 7: Valores das velocidades inicial e final – colisão parcialmente elástica (50 %) entre duas esferas de massas iguais.

Esfera	Velocidade inicial (v)	Velocidade final (v')
1	1.2 m/s	
2	0 m/s	

Fonte: Autores (2018).

Discuta em grupo

1. O que aconteceu com os valores das velocidades?

2. Calcule a quantidade de movimento do sistema antes da colisão, ou seja, a quantidade de movimento inicial.

$$p_{inicial} = p_1 + p_2$$

$$p_{inicial} = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$$

3. Calcule a quantidade de movimento do sistema após da colisão, ou seja a quantidade de movimento final.

$$p_{final} = p_1 + p_2$$
$$p_{final} = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

4. Compare os valores obtidos nas questões 2 e 3.

5. Calcule o coeficiente de restituição (e) dessa colisão:

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

6. Com o coeficiente de restituição calculado classifique a colisão em:

- a) perfeitamente elástica;
- b) parcialmente elástica;
- c) inelástica.

ATIVIDADE 4: Colisões parcialmente elásticas (ou com elasticidade de 50%) com massas diferentes.

- Na tela inicial regule as massas, $m_1 = 1.0\text{kg}$ e $m_2 = 0.5\text{kg}$;
- Clique no botão mais dados, localizado abaixo do valor das massas;
- Ajuste a posição da esfera 1 (bola 1) para a posição 0.00;
- Ajuste a posição da esfera 2 (bola 2) para a posição 2.00;
- Ajuste a velocidade da esfera 1 (bola 1) para 1.2m/s, e mantenha a esfera 2 em repouso (velocidade zero), esses são respectivamente os valores iniciais das velocidades, registre esses valores na tabela 5;
- O quadro verde ao lado do experimento você consegue movê-lo, clicando na margem azul e arrastando;
- Com o cursor regule a elasticidade para 50% no quadro verde;
- Clique no botão rodar. Espere a colisão acontecer e em seguida clique em pausar;
- Registre no Quadro 8 os valores das velocidades após a colisão da esfera 1 e da esfera 2.

Quadro 8: Valores das velocidades inicial e final – colisão parcialmente elástica (50 %) entre duas esferas de massas diferentes.

Esfera	Velocidade inicial (v)	Velocidade final (v')
1	1.2 m/s	
2	0 m/s	

Fonte: Autores (2018).

Discuta em grupo

1. O que aconteceu com os valores das velocidades?

2. Calcule a quantidade de movimento do sistema antes da colisão, ou seja a quantidade de movimento inicial.

$$p_{inicial} = p_1 + p_2$$
$$p_{inicial} = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$$

3. Calcule a quantidade de movimento do sistema após da colisão, ou seja a quantidade de movimento final.

$$p_{final} = p_1 + p_2$$
$$p_{final} = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'$$

4. Compare os valores obtidos nas questões 2 e 3.

5. Calcule o coeficiente de restituição (e) dessa colisão:

6. Com o coeficiente de restituição calculado classifique a colisão em:

a) perfeitamente elástica;

b) parcialmente elástica;

c) inelástica.

CONSIDERAÇÕES

Nosso trabalho objetivou desenvolver e implementar uma sequência didática sobre o conteúdo conceitual colisões, numa perspectiva CTS, para isso partimos da temática colisões no trânsito, identificando conceitos físicos presentes em colisões reais do cotidiano. Para a elaboração da mesma utilizamos os pressupostos teóricos de Zabala (1998) e buscamos diferentes recursos de ensino para compor a mesma, nos alicerçando numa pluralidade metodológica.

Não podemos garantir que os alunos participantes aprenderam o conteúdo de Física trabalhado, colisões, visto que tal investigação não era foco desse trabalho, apesar de termos evidenciado indícios de aprendizagem dos conceitos de momento linear e colisões. No entanto, podemos dizer que a sequência didática implemetada apresenta um grande potencial pedagógico, visto que proporcionou aos alunos um ambiente de aprendizagem diferente do tradicional, favorecendo o desenvolvimento dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais como evidenciados nos resultados.

REFERÊNCIAS

BATISTA, M.C., CONEGLIAN, D. R., ROCHA, D.R., Interdisciplinaridade no ambiente escolar: uma possibilidade para formação integral no Ensino Fundamental. **Revista Pontes**, Paranaíba, v. 1, nº 1, 2018 p. 107-122.

NEVES, M. C. D. Memórias do invisível: uma reflexão sobre a história do ensino de Física e a ética da ciência. Maringá: LCV/ Liv. Bom livro, 1999.

PONCZEK, R.L. A polêmica entre Leibniz e os cartesianos: mv ou mv^2 ? Caderno Catarinense de Ensino de Física, vol. 3, 2000, p. 336-347.

RESQUETTI, S. O. Uma sequência didática para o ensino da radioatividade no nível médio, com enfoque na história e filosofia da ciência e no movimento CTS. **Tese de**

Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Centro de Ciências Exatas. Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2013.

ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.