

# **F-609 Tópicos de ensino da física**

Conservação de momento em superfície  
sem atrito

Nome: Rodrigo Corrêa Cipriano

RA:064252

Orientador: Mauro Carvalho – DFA  
Coordenador: Prof. José J. Lunazzi

## **Projeto:**

### **Descrição**

Será demonstrada nesse experimento, a conservação de momento linear de corpos (ou partículas) em uma superfície sem atrito.

Para isto utilizaremos uma superfície onde simularemos a falta de atrito, colocaremos sobre ela discos de massas variadas (menores e mais leves, maiores e mais pesadas), e daremos uma velocidade inicial para ambas e faremos com que elas se encontrem e transfiram seu momento uma para a outra.

Com os resultados encontrados, vamos tentar demonstrar que o centro de massa sempre ficará sobre uma linha reta, independente do tamanho dos discos ou peso.

A figura 1 mostra como será o projeto.



### **Importância do trabalho**

Este experimento permite que notemos a transferência de momento entre os corpos em duas dimensões, permitindo uma maior facilidade de visualização desse fenômeno o que gera uma maior facilidade na sua compreensão. Por isso ele pode ser utilizado com muita eficiência no ensino médio, onde os alunos estão começando a conhecer a física e suas leis.

O material que será utilizado é de fácil acesso, portanto o experimento se torna barato permitindo ser desenvolvido nas escolas.

## **Originalidade:**

O experimento foi iniciado por outro aluno orientado pelo professor Mauro, porém como não foi terminado ele transferiu para mim a responsabilidade de terminá-lo.

Já está construída a superfície que simula a não existência do atrito.

Esse tipo de aparato experimental não é muito difundido (não encontramos nada similar na Internet), mas é muito interessante pois permite vários tipos de experiências com uma boa precisão.

## **Referência:**

Livro para consulta:

Halliday, Resnick, Walker, Fundamentos de Física, v.1, 7<sup>a</sup> ed., Livros Técnicos e Científicos Editora.

Um bom site onde encontrei algumas demonstrações:

<http://www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/index.html>

## **Lista de Materiais:**

- 1- Utilizaremos um motor e mangueira de aspirador em pó.
- 2- Madeira e uma placa de metal para construir a superfície.
- 3- Discos de pesos e tamanhos variados.
- 4- Câmera para filmagem do experimento e para demonstração de alguns fenômenos.
- 5- Uma haste para fixar a câmera durante a filmagem.
- 6- Programa para edição da filmagem.

Meu orientador, o Prof. Mauro, concorda com os termos aqui estabelecidos para o projeto e declara que poderá dispor de todos os elementos.

Sigilo: NÃO SOLICITA

## Resultados atingidos

Como o experimento trata-se de uma continuação de um projeto já iniciado foi necessária a realização de melhorias sobre o que já havia sido feito.

Em um primeiro momento pintamos a mesa para uma melhor visualização dos discos e conseqüentemente do choque. Após essa melhoria filmamos alguns choques para trabalhar com o software que quebra os filmes em fotos. A utilização desse método é necessária, pois o choque é muito rápido e não teríamos como ficar tirando fotos.

Com a gravação filmamos um choque elástico e inelástico, tanto para estudarmos a conservação de momento linear, quanto para a conservação de momento angular.

Na imagem abaixo temos a demonstração da conservação do momento linear.

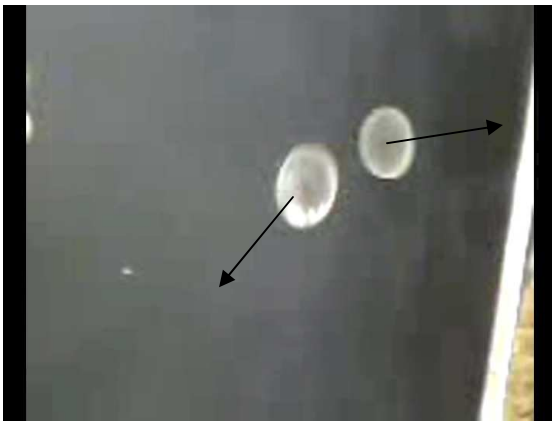
Momentos antes do choque:



No momento do choque:



Após o choque temos:



Momento linear para choque inelástico:

Antes do choque temos o disco de trás movendo-se e o da frente parado.

A photograph showing two circular, light-colored objects on a dark surface. A white arrow points from the right object towards the left object, indicating its direction of motion. The objects are slightly blurred, suggesting motion.



Após o choque os dois discos passam a moverem-se com a mesma velocidade.



## **Resultados a serem atingidos**

Como as imagens gravadas foram de baixa qualidade, repetiremos o experimento com uma câmera melhor para realizar novas fotos.

Vamos também realizar um estudo do momento angular para o caso do choque entre os discos.

## **Dificuldades encontradas**

Na utilização do software alguns problemas foram encontrados, primeiro para converter o vídeo gravado para o formato utilizado pelo programa e depois para quebrá-los em fotos. Essa dificuldade aconteceu, pois trabalhamos com software grátis para permitir que qualquer pessoa realizar o mesmo feito.

## **Descrição do trabalho**

- **Nível básico (Resumo)**

Nesse experimento podemos notar alguns detalhes da conservação de momento linear e angular para sistemas praticamente isolados.

Apesar da mesa sem atrito, não ser totalmente sem atrito, podemos notar que sem atrito o momento se conserva, ou seja, as leis da conservação de momento linear para um sistema isolado é válida.

Para a conservação de momento angular usamos um choque inelástico por ser mais fácil a visualização da manutenção do momento angular.

- **Nível ensino médio**

### **Momento Linear**

Temos que a massa de um corpo imóvel é igual a um corpo se movendo, mas quando temos dois corpos em movimento notamos que o corpo mais pesado demora mais para parar. Isto ocorre devido ao momento linear que é a relação entre a massa e velocidade

$$P = mv$$

Ou seja, no caso de uma massa maior temos uma maior quantidade de movimento o que gera uma maior dificuldade para o de maior massa parar.

O momento linear em um sistema isolado permanece constante, sendo assim quando ocorrem colisões a soma dos momentos lineares é igual antes e depois da colisão, isso é representado pela formula:

$$\Sigma P_{inicial} = \Sigma P_{final} = 0$$

Para o nosso caso temos que o momento linear do disco antes do choque deve ser igual a depois do choque

Inicial                      Final

$$P_{disco1} + P_{disco2} = P_{disco1} + P_{disco2}$$

Isto se lembrando que estamos falando de um sistema isolado.

### **Nível Graduação em física**

Na situação onde temos o disco girando em torno de um eixo, temos um momento angular acoplado ao momento linear. Esse conceito é um pouco mais complexo que o momento linear, portanto é mais visto na graduação.

O momento angular é definido como sendo o produto entre o momento linear por um vetor posição. O momento angular possui a mesma direção da velocidade angular.

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

Esse produto gera um vetor perpendicular ao plano gerado por r e p, ou seja, ele possui o mesmo sentido que a velocidade angular.

Um fato importante é notar que o momento angular é totalmente dependente do ponto que escolhemos como referencial. Isso permite dizer que se o referencial for sua



posição e a função for continua então temos que o momento é zero.

Outras situações onde temos momento angular igual zero:

1- a massa da partícula é 0

2- a velocidade da partícula é 0

3- a velocidade da partícula é perpendicular à sua posição (em relação ao ponto de referência)

Note que da primeira equação obtemos:

$$\vec{L} = m\vec{r} \times \vec{v} \rightarrow L = mrv\text{sen}\theta$$

Ou podemos escrevê-la como:

$$L = mr^2 \frac{d\theta}{dt} \text{sen}\theta = mr^2 \omega \text{sen}\theta$$

Onde  $v = rw$

Temos que  $mr^2$  é o momento de inércia de um aro, ou seja.

$$\vec{L} = I \cdot \vec{\omega}$$

O momento de inércia pode ser entendido como sendo a dificuldade em fazer o sistema girar. Na tabela abaixo temos alguns momentos de inércia:

| Corpo                              | Momento de inércia $I_c$ |
|------------------------------------|--------------------------|
| Varinha delgada de comprimento $L$ | $\frac{1}{12} mL^2$      |
| Disco e cilindro de raio $R$       | $\frac{1}{2} mR^2$       |
| Esfera de raio $R$                 | $\frac{2}{5} mR^2$       |
| Aro de raio $R$                    | $mR^2$                   |

Para alguns casos temos que uma força é aplicada no disco fazendo-o girar em torno de certo raio. O produto da resultante dessas forças pelo raio gera o que conhecemos como torque, ou seja:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F},$$

Onde novamente  $r$  é o vetor posição e  $F$  a força.

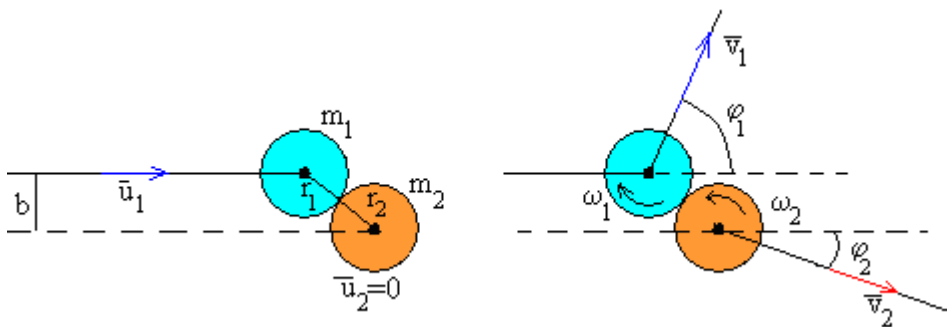
Esse torque gera uma variação no momento angular  $L$ :

$$\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

Onde  $L$  é o momento angular.

Se nenhuma outra força externa for aplicada a esse sistema, então temos que o momento angular é constante. Com isso temos que após as colisões o momento angular é conservado.

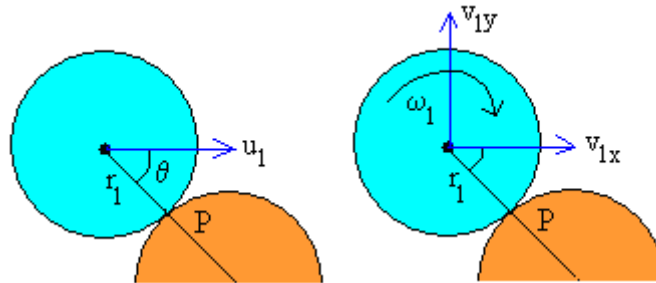
Para o nosso experimento trabalharemos com a seguinte situação:



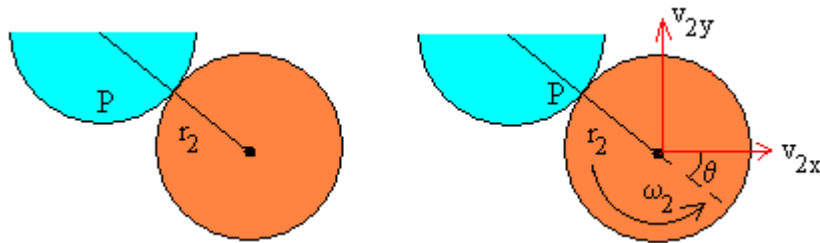
Nessa situação temos que o momento angular antes do choque é zero e após o choque uma velocidade angular surge entre os discos em relação ao centro de massa, conseqüentemente um momento angular também aparece. Nesse caso temos que o momento angular final dever ser igual à zero. Portanto temos que a velocidade de um disco anula a do outro. Esse caso ocorre também para o momento inelástico onde o sistema passa a girar em torno do centro de

massa, o momento angular final também deve ser zero, pois não temos momento angular antes do choque.

Ou seja, para esse caso temos:



$$-m_1 r_1 u_1 \sin \theta = I_1 \omega_1 - m_1 r_1 (v_{1x} \sin \theta + v_{1y} \cos \theta)$$



$$0 = I_2 \omega_2 + m_2 r_2 (v_{2x} \sin \theta + v_{2y} \cos \theta)$$

## Referencias bibliográficas

<http://www.e-escola.pt/topico.asp?id=102&ordem=1>

Uma ótima referencia sobre o momento angular, com animações para demonstrar tal fato.

<http://www.e-escola.pt/topico.asp?id=30&ordem=1>

Uma ótima referencia para a conservação de momento, com exemplos simples e com imagens legais para alunos do ensino médio

<http://www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/solido/teoria/teoria.htm>

Pagina com uma explicação mais aprofundada do momento angular, com demonstrações vetoriais.

## **Sobre o programa para conversão do vídeo:**

O programa utilizado é o **VirtualDub**, ele é um programa gratuito. Como vamos utilizar o programa durante mais de 6 meses tivemos que trabalhar com um programa gratuito ou então comprar um. Como esse software é gratuito e não apresenta grandes problemas, podemos trabalhar facilmente com ele. Foi difícil achar o tal software. O trabalho nele é meio complicado, pois não possui uma interface de fácil entendimento para o usuário e apresenta uma linguagem mais técnica. Com alguns dias fuçando conseguimos quebrar o vídeo em imagens como o planejado.

## **Opinião do Orientador Mauro Carvalho sobre o Projeto:**

Palavras do professor Mauro

‘Ainda temos coisas a fazer com aquele aspirador. ’

Perguntei ao Mauro se ele estava gostando do projeto e ele disse que sim, acredita que falta muita coisa a ser feito sobre o motor e também sobre variação dos discos, mas estava gostando. Ele acha que o motor é muito barulhento e precisamos melhorar isso.

## **Horário da apresentação:**

**O melhor horário pra eu apresentar, seria na quinta feira no segundo horário**