

Construção de três dispositivos com material de baixo custo para o estudo do movimento circular através da transferência de movimento

Construção dos dispositivos

Transferência de movimento através de eixo

Imagine duas pessoas sobre as extremidades de dois discos de tamanhos diferentes ($r_1 \neq r_2$) ligados por um mesmo eixo como mostra a Fig. 1. Se o eixo estiver girando, qual é a relação entre o número de voltas das duas pessoas, ou seja, quando a pessoa do disco menor completa uma volta, a pessoa do disco maior completa menos de uma volta, mais ou também completa uma volta? Como é a relação das velocidades lineares (distância pelo tempo) e angulares (ângulo pelo período) entre as duas pessoas?

O dispositivo que propomos para o fenômeno da transferência de movimento através de um mesmo eixo permite, de forma clara, que se perceba que o número de voltas dos dois discos é igual, ou seja, os períodos e as frequências dos discos são iguais uma vez que estão ligados por um mesmo eixo e, sendo assim, as velocidades angulares são iguais (completam 360° em um mesmo período de tempo) e as velocidades lineares são diferentes (apesar de ambas levarem o mesmo tempo para comple-

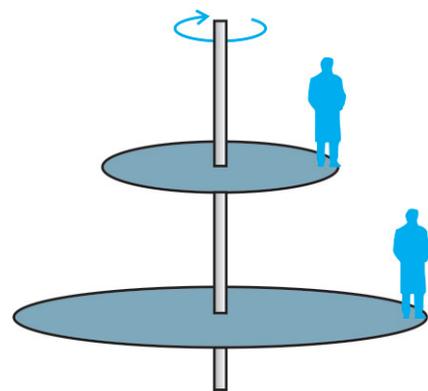


Figura 1 - Duas pessoas girando sobre dois discos ligados por um mesmo eixo.

tar uma volta, a pessoa do disco maior percorre uma distância maior que a do disco menor).

Materiais

- um pedaço de papelão suficiente para cortar dois discos de diferentes raios (é interessante que um raio seja o dobro do outro);
- 1 palito de churrasco
- 2 latinhas de refrigerantes
- 1 canudinho
- fita adesiva (semelhante à fita durex)

Procedimentos - construção

Primeiramente, corte dois discos de papelão de diferentes raios. No nosso exemplo, utilizamos raios de 5 e 10 cm, pois essa relação de dobro se conserva na obtenção de outras grandezas e também permite o contraste entre o tamanho dos discos. Após cortar os discos, localize o centro dos mesmos e faça um furo em cada um, de modo que seja possível inserir o palito de churrasco no centro desses discos. Este palito deve ficar perpendicular aos discos, pois ele serve como eixo para o instrumento.

Como o palito é um eixo, os discos devem girar junto com ele, sendo que não devem patinar (deslizar, escorregar). O patinamento costuma ocorrer com discos de grandes raios, no nosso caso isto ocorre com o disco de 10 cm, portanto, utilize o fundo das latinhas de refrigerante para impedir o patinamento, colocando um de cada lado do disco, como mostrado na Fig. 2.

Concluída a montagem eixo-discos, reparta o canudinho em duas partes e as cole com fita adesiva nos discos, como se fossem os raios de cada um dos discos. Estes canudos devem estar alinhados e ultrapassar as bordas dos discos, de modo que possam ser vistos quando o sistema estiver funcionando, ou seja, girando. Para isso, é interessante que as cores do disco e do canudo sejam diferentes, para haver um contraste maior e uma melhor visualização.

.....
Ana Paula Sebastiany¹,
Ivan Francisco Diehl²,
João Batista Siqueira Harres³ e
Michelle Camara Pizzato⁴

^{1,2,3}Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, RS, Brasil

¹E-mail: anapaulas@universo.univates.br

²E-mail: ivanfranciscodiehl@yahoo.com.br

³E-mail: jbharres@yahoo.com.br

⁴Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

E-mail: mipizzato@hotmail.com

Neste trabalho propomos a construção de três dispositivos para favorecer a compreensão dos fenômenos/conceitos envolvidos nos processos de transferência de movimento por eixos, correias e rodas dentadas. Muitos dos materiais experimentais propostos para construção nos livros didáticos direcionados ao Ensino de Física costumam ser pouco funcionais, de difícil construção caseira e, ainda, de difícil entendimento devido sua abstração. Para superar essas deficiências, propomos a utilização de materiais alternativos, facilmente encontrados no comércio, e de baixo custo. São apresentados detalhadamente os projetos de construção destes equipamentos e, além destes, alguns questionamentos para reflexão e discussão, visando uma melhor compreensão dos fenômenos envolvidos. Com esses três dispositivos podem ser observados conceitos tais como velocidade linear, velocidade angular e frequência de rotação dos discos. Essas observações podem ser realizadas comparando o que acontece nos discos de um mesmo dispositivo e, também, entre dispositivos diferentes. Ao professor caberá o papel de buscar a melhor maneira de utilizar estes materiais dentro do contexto de suas aulas, além de poder discutir com outros docentes visando à troca de experiências e, assim, perceber outras formas de aplicação.

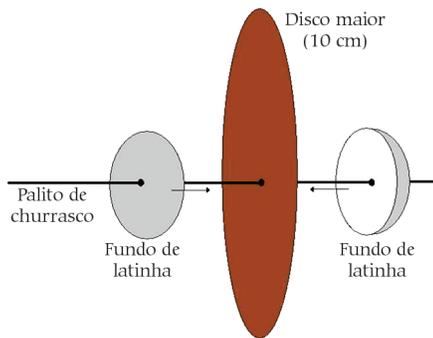


Figura 2 - Esquema da montagem do disco maior com os fundos de latinha.

A Fig. 3 mostra a montagem completa do sistema. Para observar esse dispositivo funcionando, gire as extremidades do palito de churrasco, assim como mostrado na foto do Anexo 1.

Transferência de movimento por engrenagens

Assim como no filme *Tempos Modernos*, Charles Chaplin está concertando as engrenagens (em movimento) de uma máquina, mas desta vez com a ajuda de seu irmão caçula, como mostrado na Fig. 4. Considere que estas engrenagens têm tamanhos diferentes ($r_1 \neq r_2$), quando o irmão caçula de Charles completa uma volta, chegando na posição de origem como na figura, Charles também terá completado? As velocidades lineares de Charles e seu irmão são iguais? E as angulares? O movimento dos dois tem sentidos iguais ou diferentes?

Diferentemente do dispositivo anterior, nos dispositivos de rodas dentadas com raios diferentes, as frequências das rodas não são iguais. Quanto às velocidades de ambas rodas, as lineares são iguais e as angulares são diferentes. Isso pode ser percebido claramente quando a relação entre

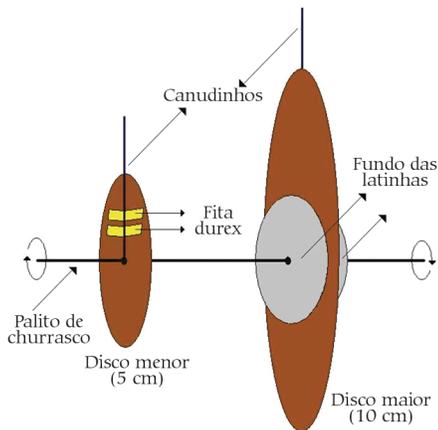


Figura 3 - Esquema do instrumento de polias completo.

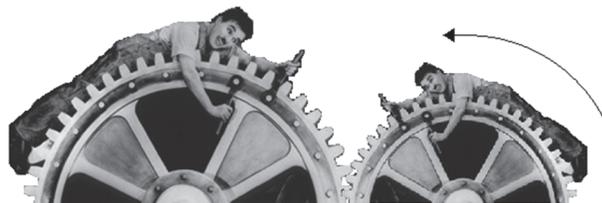


Figura 4 - Charles Chaplin e seu irmão caçula sobre duas engrenagens, de raios diferentes, em movimento. Figura adaptada do filme *Tempos Modernos* de Charles Chaplin.

uma roda e outra for de dobro ($r_1 = 2r_2$) - como na construção do dispositivo abaixo que propomos - pois quando a roda menor completa uma volta, a roda maior completa apenas meia; quando a menor completa duas, a maior completa uma; e assim por diante. Além das frequências, períodos e velocidades angulares de rodas dentadas com diferentes tamanhos serem diferentes, o sentido do movimento dessas rodas também é diferente, pois como a transferência do movimento é realizada através dos dentes das engrenagens, enquanto uma tiver sentido horário a outra terá sentido anti-horário.

Materiais

- papelão suficiente para recortar as polias (não pode ser de um material muito flexível)
- palitos de picolé, suficiente para contornar as margens das polias
- 1 tubo de caneta (pode ser no estilo das canetas BIC)
- 1 caixa de papelão (com comprimento suficiente para comportar as duas polias)
- arame (6 cm)

Procedimentos - construção

Em um pedaço de papelão recorte dois discos com raios diferentes, os quais serão as engrenagens. No nosso exemplo, fizemos a engrenagem maior (Engrenagem a - "Ea") com raio de 10 cm e a engrenagem menor (Engrenagem b - "Eb") com raio de 5 cm. Esta diferença de tamanho utilizada (relação de dobro entre elas) é interessante, pois se conserva em vários aspectos

na relação entre as engrenagens.

Com este mesmo papelão, corte mais dois discos com 4 cm de raio e outros dois menores com 2 cm de raio. Estes discos servem como arruela para permitir um giro mais estável de cada engrenagem, além de não permitir que estas encostem na caixa (no caso da arruela que fica atrás de cada engrenagem).

Como os palitos de picolé servem como dentes da nossa engrenagem, é preciso dividi-los em pedaços menores. Os tamanhos utilizados não devem ser muito pequenos, pois dificulta a colagem nos discos. Sugerimos as medidas de 6 cm para a "Ea" e 4 cm para a "Eb".

Para fixar os palitos nos discos, faça pequenos cortes no sentido das extremidades ao centro. A distância entre os palitos da "Ea" deve ser igual a distância entre os palitos da "Eb", pois, os dentes de uma engrenagem ocupam o espaço dos dentes da outra, fazendo com que o movimento seja transferido. Com os tamanhos de discos sugeridos, realize marcações de 20° entre os dentes da "Ea" e 40° entre os da "Eb", as quais podem ser feitas com o auxílio de um transferidor.

Os dentes das duas engrenagens devem ter o mesmo comprimento para que a transferência de movimento ocorra bem. Desta forma, faça marcações de 2 cm em relação a uma das pontas de cada palito. O tamanho do resto do palito (ou seja, 4 cm para o maior e 2 cm para o menor) será introduzido nos discos, o que implica em cortes deste comprimento nos

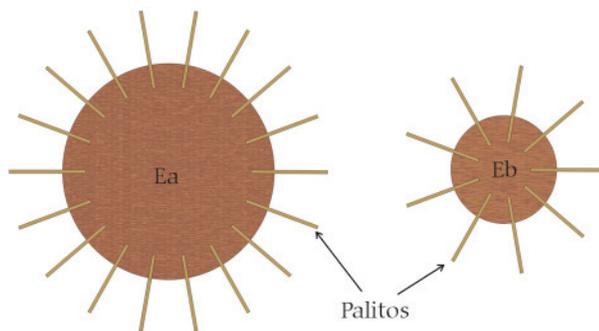


Figura 5 - Esquema da montagem dos discos das engrenagens com seus respectivos dentes.

respectivos discos. Feito os cortes, cada palito é introduzido assim como mostrado na Fig. 5. A cola a ser utilizada pode ser à base de água (escolar).

Uma vez concluída a montagem dos discos, é necessário introduzi-los em eixos diferentes, apoiados em uma caixa. Para isso faça um furo no centro de cada disco, seja nos discos de engrenagens ou de arruelas. Faça, também, dois furos na caixa (a qual serve como base para as engrenagens), estes furos devem estar à distância de 18 cm (todos os furos citados devem formar um orifício com diâmetro igual – ou um pouco menor – ao tubo de caneta). Reparta o tubo de caneta e o pedaço de arame ao meio. Atravesse os dois arames nos tubos à distância de 1 cm de um dos lados de cada tubo, que pode ser feito esquentando o arame. Introduza os tubos nos orifícios da caixa de modo que o lado com 1 cm dos tubos e o arame fiquem no lado de dentro da caixa (os arames servem para não permitir que estes tubos saiam), assim como é mostrado na Fig. 6.

Introduza os discos na sequência arruela-engrenagem-arruela no restante de cada tubo (que estão no lado de fora da caixa), de modo que estes tubos sirvam como eixo para as engrenagens.

A Fig. 7 mostra o esquema de montagem eixo-engrenagem e a Fig. 8 o esquema da montagem completa. Para observar esse dispositivo funcionando, basta girar uma das engrenagens (Anexo 2).

Transferência de movimento por correia

Geralmente o sistema “polias-correia” das bicicletas tem a “polia ligada aos pedais” maior que a “polia ligada à roda”. Se a polia ligada aos pedais for menor que a aquela ligada à roda, como mostrado na Fig. 9, o que acontece com um ciclista que tenta andar com esta bicicleta? Utilizando ainda esta figura, como é a relação entre o número de voltas das duas polias? E a relação entre as velocidades lineares e

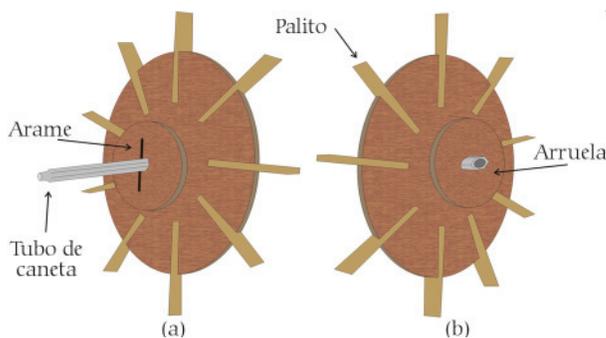


Figura 6 - Esquema da montagem arruela-engrenagem-arruela, sendo que (a) mostra a parte de trás e (b) a parte frontal.

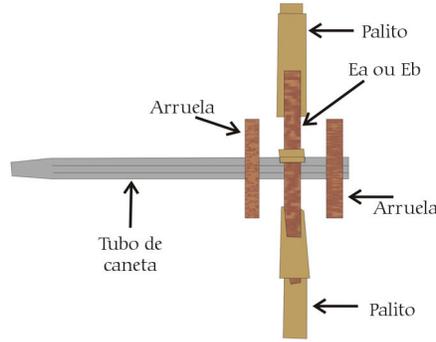


Figura 7 - Esquema da montagem eixo-engrenagem.

angulares das duas polias? Quanto ao sentido do movimento, são contrários como no caso das engrenagens ou ambas têm o mesmo sentido?

É muito difícil ou, no mínimo, muito mais desgastante para o ciclista andar com esta bicicleta, já que para a polia ligada à roda dar uma volta, a polia dos pedais precisa dar muitas voltas, desta forma, o ciclista pedala muito, porém se desloca pouco. Além do número de voltas entre uma polia e outra ser diferente (portanto, a frequência e o período também), as velocidades angulares também são diferentes, pois quando a menor completa uma volta (360°) a maior ainda não completou. Já as velocidades lineares das duas polias são iguais, já que a velocidade destas depende da velocidade da correia, pois estão ligadas a ela. Pelo mesmo motivo, o sentido do movimento das polias também é igual, ou seja, o sentido do movimento da correia.

Materiais

- 2 tampas plásticas da Nestlé (Nescau ou leite em pó)
- 2 copos descartáveis (é interessante usar um copo de 500 mL, pois seu fundo tem raio de 2,5 cm, que é metade do raio das tampas plásticas)
- 2 réguas de plástico (30 cm x 2,5 cm) não muito flexíveis

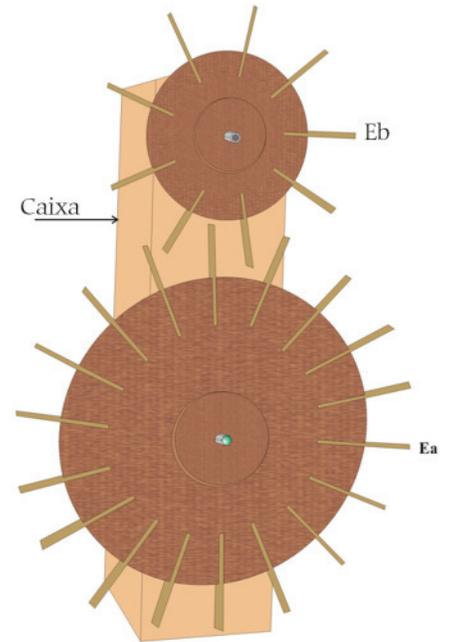


Figura 8 - Esquema do instrumento de engrenagens completo.

- 1 tampinha de caneta (estilo BIC)
- 1 caixa de papelão que servirá de base para o instrumento
- 2 pregos de tamanho suficiente para atravessar as tampinhas e a régua
- cola (qualquer uma que cole plástico)
- barbante (crochê) ou linha (tricô) que não seja muito fino

Procedimentos - construção Polia maior

Pegue duas tampas plásticas e cole uma na outra, de modo que as partes de cima de cada uma fiquem juntas, formando um trilho entre as duas tampas. Este trilho será muito importante para que o barbante não escape quando a polia girar.

Corte uma das réguas ao meio e dois pedaços de mais ou menos 5 cm da outra. Marque o centro da polia e introduza um prego (quente - para facilitar) na seguinte sequência: em um dos pedaços de régua

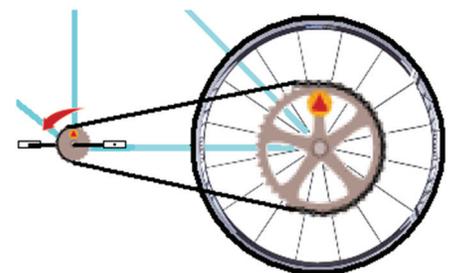


Figura 9 - Duas polias ligadas por uma correia como num sistema “polias-correia” de uma bicicleta, porém com a “polia ligada aos pedais” menor que a “polia ligada à roda”.

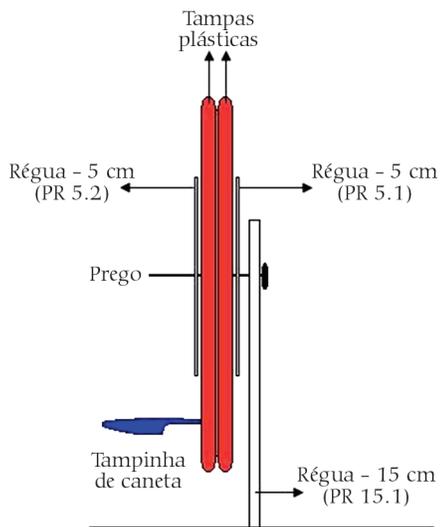


Figura 10 - Esquema da montagem da polia maior.

com 15 cm (PR 15.1) (pelo menos a 1 cm da parte superior desta régua para que não ocorra rachaduras), no pedaço da régua com 5 cm (PR 5.1), no centro da polia e no outro pedaço com 5 cm (PR 5.2). Estes dois PRs 5 servem para manter a polia alinhada enquanto gira.

Assim como mostra a Fig. 10, mantenha uma distância entre o PR 15.1 e PR 5.1, para que tanto a polia quanto o PR 15.1 fiquem verticalmente alinhados. Entre os PRs 5 e a polia também mantenha uma distância, de modo que a polia possa girar livremente, porém de forma reta, ou seja, sem oscilar muito. Para poder colocar o dispositivo em movimento, faça um furo, a uma distância de aproximadamente 1 cm da extremidade da polia e introduza a tampinha de caneta no lado contrário à PR 15.1, de modo que esta tampinha sirva como manivela.

Polia menor

Corte o fundo dos copos de modo que

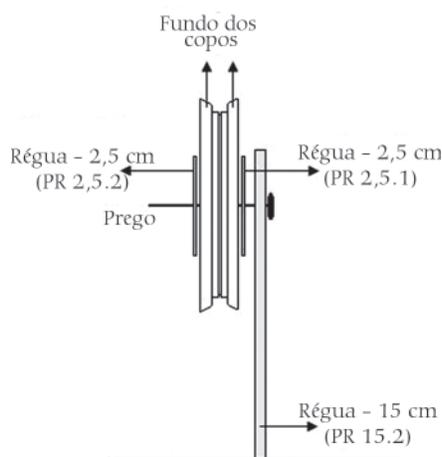


Figura 11 - Esquema da montagem da polia menor.

fiquem, cada um, com 1 cm de largura. Cole os fundos um ao outro da mesma maneira que é feito com as tampas da polia maior. Marque o centro desta polia e forme um eixo introduzindo o prego da mesma forma como feito anteriormente. Agora, porém, use esta polia, o outro pedaço de régua com 15 cm (PR 15.2) e dois pedaços de réguas com 2,5 cm de comprimento (corte apenas 1 cm da régua, pois a largura da régua tem 2,5 cm) cada um (PR 2,5.1 e PR 2,5.2). Assim como é mostrado na Fig. 11.

Sistema completo

Após a construção dos dois sistemas de polias, introduza os eixos na parte superior da caixa (fixando-os com fita adesiva). O centro dessas polias devem estar suficientemente separados (no nosso caso utilizamos 12 cm), de modo que os dois possam girar sem estarem em contato, e a uma mesma distância com relação à base, sendo que a polia maior não pode estar em contato com esta.

Por fim, passe o barbante em torno

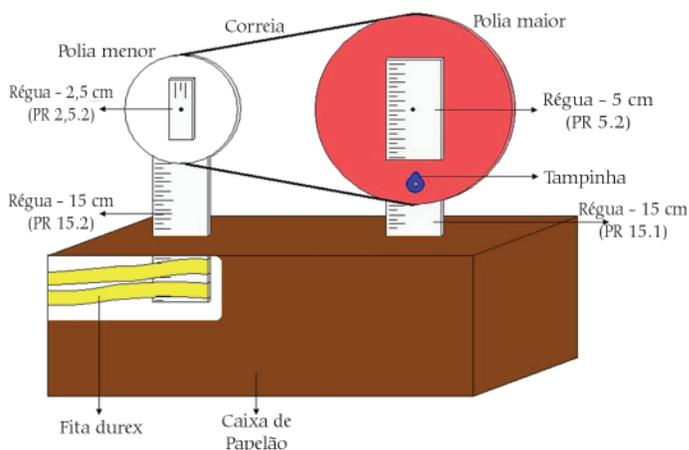
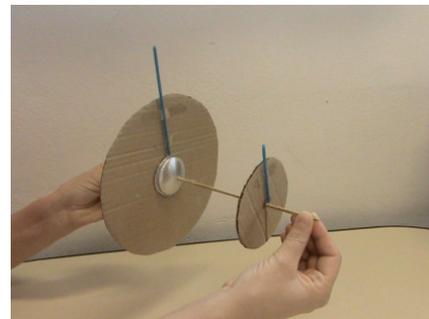


Figura 12 - Esquema do instrumento de correia completo.

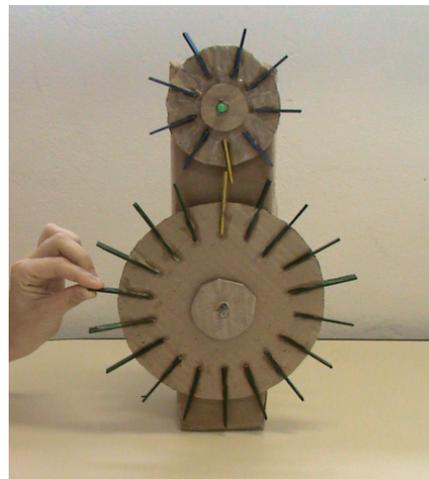
das polias (de forma semelhante as correias de bicicletas) e una as suas pontas (com nó, fita ou cola) de modo que não tenha folga, porém não muito esticado a ponto de não ser possível girá-las.

A Fig. 12 mostra a montagem completa do sistema. Para fazer esse dispositivo funcionar, basta girar a manivela (tampinha da caneta) como mostrado na foto do Anexo 3.

Anexo 1



Anexo 2



Anexo 3

