

## Centrípeta versus centrífuga

A resultante das forças que provocam em um corpo uma trajetória circular é chamada de força centrípeta. A palavra centrípeta quer dizer tender para o centro ou na direção do centro. Quando uma criança gira um barbante com uma lata na extremidade e o barbante se rompe, a lata não poderá mais seguir a trajetória circular, pois o agente causador da força centrípeta foi extinto. Era o barbante que transmitia a força necessária para colocar a lata em movimento circular. As forças gravitacionais e elétricas também são causadoras de movimento circular, logo podemos concluir que a força centrípeta não é um novo tipo de força, e sim, uma outra forma de nomear a resultante das forças que atua sobre o corpo e que possui direção radial.

Quando um automóvel faz uma curva, o atrito entre os pneus e o asfalto provoca a força centrípeta necessária para o carro realizar a trajetória da curva. Se a força não for suficiente, o carro permanecerá em movimento retilíneo ou não conseguirá realizar a curva adequada. Pilotos de avião acrobáticos também sentem a força centrípeta quando fazem manobras conhecidas como loops. Como a aceleração centrípeta é diretamente proporcional a velocidade de rotação, os aviões estão sujeitos a aceleração de cerca de  $49 \text{ m/s}^2$  o que equivale a 5 vezes a aceleração da gravidade da Terra, também chamada de  $g$ .

Os astronautas quando decolam em seus foguetes estão sujeitos a altas acelerações. Por isso, devem ser treinados para suportar acelerações das quais não estão habituados. Na decolagem de um foguete espacial o piloto pode estar sujeito a acelerações que podem variar de  $3g$  a  $4g$ , enquanto que na reentrada, se houver algum problema, pode chegar até  $10g$ .

Quando estamos em pé na superfície da terra, experimentamos uma aceleração da gravidade com valor em média de  $9,8 \text{ m/s}^2$ , também chamada por  $1g$  (uma gravidade), no sentido longitudinal, isto é, da cabeça para os pés. Por outro lado, quando estamos deitados a direção da aceleração que sentimos é transversal, isto é, no sentido da caixa torácica para as costas. É nessa direção que os astronautas são submetidos a acelerações quando estão em suas espaçonaves. Imaginemos uma pessoa submetido a  $1g$  em cima de uma balança, ela iria ler no display, por exemplo,  $70 \text{ kg}$ . Se a mesma pessoa estiver em uma demonstração aérea na qual é submetida a  $5g$ , ela iria ler na mesma balança  $350 \text{ kg}$ .

Uma série de consequências fisiológicas acontecem no corpo da pessoa submetida a um aumento repentino de peso, por isso os astronautas são treinados em aparelhos chamados de centrífugas. Esses aparelhos possuem uma cabine ligada a um eixo de alguns metros na qual o astronauta é posto em rotação. A aceleração aumenta até o desejado enquanto o astronauta treina técnicas de respiração e concentração durante o teste.

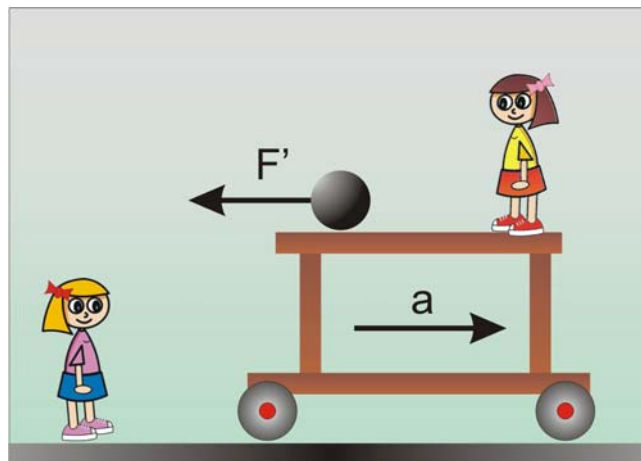
Até agora descrevemos um pouco da força que produz o movimento circular e suas consequências, entretanto quando estamos experimentando um movimento circular, temos a sen-

sação de agir outra força dirigida no sentido oposto ao do centro, essa força é chamada de centrífuga.

Suponha que nós somos passageiros em um carro que dá uma parada repentina. Nós somos lançados em direção ao painel do carro. Mas não há nenhuma força nos empurrando para frente. Segundo a lei da inércia somos jogados para frente por que tendemos a manter nosso movimento que, no caso, era para frente. Da mesma forma, quando o carro faz uma curva para esquerda, tendemos a ser jogados para direita. Esse fenômeno não é causado pela ação de uma força em direção contrária ao centro da curva (centrífuga) e sim pela tendência do nosso corpo manter o movimento retilíneo que o carro estava executando antes de entrar na curva.

É interessante notar que o “aparecimento” da força centrífuga só se dar em referenciais não inerciais. Mas quando um referencial é inercial ou não-inercial?

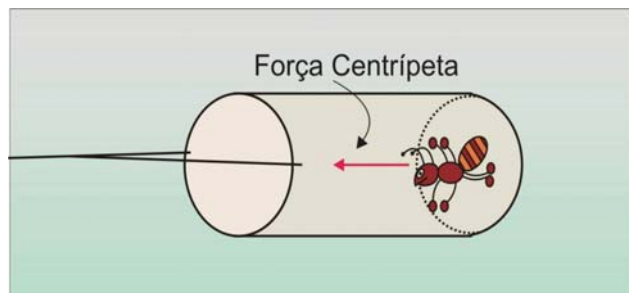
Observe a figura abaixo:



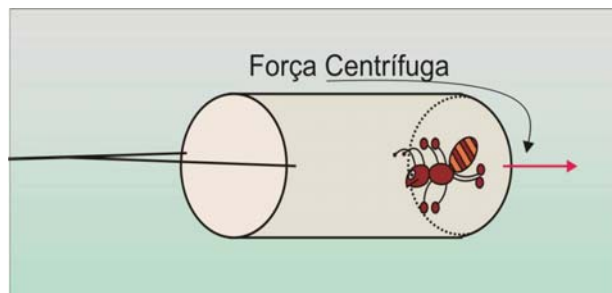
Alice está parada fora do carrinho, enquanto Beatriz está sobre o carrinho, presa a ele. Quando o carrinho se movimentar com aceleração  $a$ , por exemplo, para direita, se desconsiderarmos o atrito, Alice vai ver a bola em repouso e o carrinho movimentando-se para direita. Enquanto Beatriz verá a bola se afastar dela com aceleração  $-a$ , apesar de não saber o que causa esse fenômeno, ela terá a impressão de uma força agindo sobre a bola, fazendo ela se movimentar. Então chamamos de referencial inercial ao referencial ligado a observadora Alice, pois este referencial não está acelerado, e de referencial não-inercial ao referencial ligado a observadora Beatriz, pois este possui uma aceleração.

Essa breve discussão sobre referenciais não-inerciais será útil para entendermos melhor o comportamento da “força centrífuga”.

Agora considere a situação de uma formiga dentro da lata que a menina estava girando como mostra as figuras abaixo:



Referencial da criança que gira a lata.



Referencial da formiga dentro da lata.

Para a criança (referencial inercial) a única força que está atuando sobre a formiga (desconsiderando a gravidade) é a força centrípeta causada pela tração do cordão, no entanto será difícil convencer a formiga, pois para ela (referencial não inercial) existe uma força que a empurra contra o fundo da lata. No entanto, o efeito da força centrífuga não é causado por uma força real como a gravidade ou a eletromagnética, e sim originada pela inércia, a tendência dos corpos permanecerem em movimento.

Por isso os físicos chamam esse tipo de força de “inerciais” ou “virtuais”, pois só aparecem em sistemas de referenciais não-inerciais.

Algumas máquinas de lavar roupas possuem um sistema para secagem conhecida por centrífuga, são chamadas assim devido à forma como elas trabalham. A máquina possui um tambor com pás na parte inferior que fazem as roupas girar. Ao girar, as roupas são empurradas por inércia contra as paredes perfuradas do tambor. É lógico que os furos são muito pequenos para as roupas passarem, mas, são grandes o suficiente para a água que encharcava as roupas passarem pelos furos, deixando as roupas menos molhadas.

O princípio é o mesmo para as centrífugas de separação dos componentes do sangue. O sangue é composto por plasma, parte líquida e outros elementos sólidos como hemáceas e glóbulos brancos. O sangue é depositado em um tubo de ensaio que é acoplado a uma centrífuga. Quando a centrífuga gira a altas velocidades, a parte sólida se deposita no fundo do tubo de ensaio, assim a parte líquida que é o plasma pode ser separado dos outros componentes do sangue.

Percebemos então que os fenômenos físicos estão presentes no nosso cotidiano e o seu estudo permite a utilização de conceitos como à conservação do momentum angular, força centrífuga e “força” centrípeta para o desenvolvimento de tecnologias que facilitam e ajudam a humanidade a viver melhor.

## Referências

Hewitt, Paul G. Conceptual Physics. 8 ed. Addison Wesley, 1997.

Netto. Luiz Ferraz. Feira de ciências: Sistema Inercial de Coordenadas. Disponível em <<http://www.feiradeciencias.com.br/sala19/texto36.asp>> Acesso em: 22 de agosto de 2006.

Pontes, Marcos. Marcos Pontes o primeiro astronauta brasileiro: Altos giros. Disponível em:<<http://www.marcospontes.net/literatura/artigos/2006/20060106%20altos%20giros.htm>> Acesso em: 23 agosto de 2006.

Tipler, Paul. Física para cientistas e engenheiros. V1 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara 1994.