

# Submarino na garrafa

---

## Objetivo

O objetivo deste experimento é a demonstração do princípio de funcionamento de um submarino, ilustrando o Princípio de Arquimedes.

## Contexto

Todos os objetos nas proximidades da Terra sofrem a ação da força gravitacional, também denominada força peso ou simplesmente peso. O peso é a intensidade com que o objeto é atraído para o centro da Terra, ou seja, cuja direção segue de cima para baixo. Por outro lado, de acordo com o Princípio de Arquimedes (287a.C.-212a.C.) "todo objeto sólido mergulhado em um meio fluido (líquido ou gasoso) sofre um empuxo (uma força) cuja direção segue de baixo para cima e a intensidade é igual ao peso do fluido deslocado pelo objeto". Este princípio permite entender por que os objetos sobem, descem ou permanecem em equilíbrio ao serem imersos em um fluido.

Após a manipulação matemática do princípio, conclui-se que a relação entre as densidades do objeto e do fluido é que vai determinar o resultado final. A densidade é expressa como o quociente entre a massa e o volume do objeto. Um objeto mais denso que o fluido, afunda; um objeto menos denso sobe e de mesma densidade fica em equilíbrio (parado: nem sobe nem desce).

Quando o objeto é imerso num fluido, a intensidade da força empuxo vai aumentando à medida que o objeto submerge. A partir do instante que o objeto fica completamente submerso, a intensidade do empuxo não aumenta mais. Isto se deve ao fato de que o volume do fluido deslocado já será máximo, correspondendo ao volume do próprio objeto.

Na superfície da Terra há empuxo sobre qualquer coisa, inclusive os humanos. Isto acontece devido à atmosfera ser um meio fluido (gases). Já no espaço intergaláctico, não há empuxo sobre nada, pois não há fluido para que tal força possa existir.

Um exemplo é o cubo de gelo, que flutua quando é mergulhado na água, mas afunda se substituirmos a água por álcool. Isto se deve à densidade do gelo ser menor que a densidade da água, porém maior que a do álcool. Um pedaço de ferro afunda na água e flutua no mercúrio. Isso ocorre devido à densidade do ferro ser menor que a densidade do mercúrio, porém maior que a da água. Outro exemplo é um balão (cheio de gás hélio, menos denso que o ar) que sobe no ar. Isto se deve ao fato de a densidade do balão ser menor que a do ar (o fluido neste caso). Se o balão estiver cheio de água, sua densidade será maior que a do ar e ele não subirá.

## Idéia do Experimento

A idéia do experimento é fazer algo parecido com um submarino, mas de modo a podermos observar facilmente o Princípio de Arquimedes. Trata-se de um arranjo onde pode-se observar os efeitos das forças que atuam em um objeto imerso na água.

No experimento utilizamos uma caneta preparada de acordo com as instruções de montagem e uma garrafa de dois litros de refrigerante vazia. O experimento consiste em mergulharmos a caneta na garrafa cheia de água e sem nenhuma bolha. Quando mergulhamos a caneta na garrafa, a parte superior da caneta deverá ficar no mesmo nível que a superfície da água na garrafa. Isto se deve ao empuxo exercido pela água da garrafa, que age no sentido vertical de baixo para cima, ser maior que o peso, que puxa para baixo. Após o fechamento, ao apertarmos a garrafa, a caneta irá afundar e desapertando ela retornará para cima. A explicação para este fato está relacionado à densidade da caneta. Ou seja, quando a densidade da caneta for maior que a da água, a intensidade da força empuxo será menor que o da força peso e a caneta afundará. Se a densidade da água for maior que a da caneta, o empuxo sobre a caneta terá intensidade maior que o peso e a caneta subirá.

O que se pode observar é que, quando apertamos a garrafa estamos fornecendo uma quantidade de pressão a todos os pontos da água no seu interior. Com esse aumento de pressão, a água da garrafa penetrará na caneta através do furinho e fará com que a massa da caneta aumente. Com esse aumento de massa, a caneta terá uma densidade maior que a da água e afundará. Ao descomprimirmos a garrafa, a pressão volta ao normal, então sai água da caneta e a densidade da caneta fica menor que a da água. Novamente, fazendo com que ela suba. Este experimento só é possível devido à caneta não estar completamente cheia, ou seja, restando um pouco de ar no seu interior. Como a caneta e a garrafa são transparentes, é possível observar a variação da quantidade de água no interior da caneta, e o conseqüente movimento dela para baixo ou para cima.

O submarino funciona do mesmo modo: bombas de água enchem e esvaziam tanques em seu interior usando a água que o circunda e o ar que preenchia os tanques são acomodados em tanques de ar comprimido.

## Tabela do Material

<b>Item</b>	<b>Observações</b>
<b>uma garrafa de 2 litros de refrigerante do tipo PET transparente com tampa</b>	<b>No experimento, utilizamos uma garrafa de 2 litros de Coca-Cola vazia.</b>

<b>um tubo de caneta do tipo Bic</b>	<b>A caneta representará o submarino.</b>
<b>água</b>	<b>Um pouco mais de 2 litros.</b>
<b>duas tampinhas de tubo de caneta</b>	<b>Utiliza-se as tampinhas para fechar as duas extremidades da caneta.</b>

### Montagem

- Retire a tampa e o refil da caneta.
- Corte transversalmente a caneta na extremidade da ponta, de forma a deixá-la igual à outra extremidade.
- Coloque água no tubo de caneta, que deverá estar com uma das extremidades tampadas, deixando, aproximadamente, 5 ou 6 centímetros de ar. Para saber se esta quantidade de ar é o suficiente para que a caneta flutue, teste antes em um copo com água.
- Tampe a outra extremidade com a outra tampinha.
- Coloque o tubo de caneta dentro da garrafa, a qual deverá estar completamente cheia de água e sem bolhas de ar.
- Observe que inicialmente a parte superior da caneta deverá ficar na mesma linha que a superfície da água da garrafa, ou seja, flutuando.
- Tampe a garrafa.

### Comentários

- A garrafa não precisa necessariamente estar sem nenhuma bolha de ar. É preciso calibrar bem a quantidade de água utilizada no interior da caneta, pois o sucesso do experimento depende disto.

---

### Esquema Geral de Montagem

