

# Princípio de Bernoulli

## Um pouco de história

Daniel Bernoulli (1700-1782) nasceu em Groningen, Holanda, mas a sua família mudou-se para a Suíça quando ele tinha cinco anos. Era filho de Jean Bernoulli e sobrinho de Jacques Bernoulli, dois investigadores que deram importantes contributos em matemática.

Embora se tenha formado em medicina (apenas com 21 anos), Daniel Bernoulli foi convidado a trabalhar na Academia de Ciências de São Petersburgo, como professor de matemática. Foi aí que começou a colaborar com Euler.

Em 1728, usou os seus conhecimentos matemáticos para investigar a questão das leis dos gases. Partiu do princípio de que os gases continham partículas de tamanho muito pequeno se comparadas às distâncias que as separavam. Ao aplicar as leis da probabilidade aos átomos invisíveis, ele forneceu uma prova secundária para a lei de Boyle: *a pressão de um gás é inversamente proporcional ao seu volume*.



Figura 1 – Daniel Bernoulli

Em 1738, publicou o livro “Hydrodynamica”. Neste destaca-se o trabalho que fez em hidrodinâmica, onde considera como propriedades mais importantes de um fluido a pressão, a densidade e a velocidade, e apresentou a sua relação fundamental agora conhecida como “O Princípio de Bernoulli”: *à medida que a velocidade de um fluido em movimento aumenta, a pressão no interior do fluido diminui*.

O pai de Daniel Bernoulli mostrou alguns “ciúmes” do filho, mas este respeitava-o ao ponto de assinar alguns dos seus artigos científicos simplesmente como “o filho de Jean Bernoulli”! Pai e filho foram premiados em conjunto, pela Academia das Ciências Francesa, pelo seu trabalho comum sobre órbitas planetárias.

## Material do kit

- 25 Funis
- 28 Bolas de pingue-pongue
- 50 Palhinhas flexíveis
- Rolo de linha
- 100 Cartões
- 50 Palitos
- Fita adesiva



Figura 2 – Material do Kit.

## Material da Atividade 1

- Palhinha flexível
- Funil
- Bola de pingue-pongue
- Fita adesiva

## Montagem

Introduzir a haste do funil na extremidade curta da palhinha e usar a fita adesiva para os fixar e não permitir a saída do ar.



Figura 3 – Montagem experimental 1.

## Exploração

1. Perguntar aos participantes o que vai acontecer se colocarem a mão sobre o funil e soprarem pela extremidade livre da palhinha. Certamente irão responder que vão sentir o ar expirado (o ar da respiração) a sair pela outra parte do funil.
2. Pedir para preverem o que aconteceria se colocassem uma bola de pingue-pongue na extremidade aberta do funil. Permitir alguma discussão... A bola iria ser soprada para fora do funil ou não? (Observação: *A resposta errada comum é que a bola é soprada para fora do funil!!*)
3. Após a previsão, e mantendo a extremidade livre da palhinha paralela ao chão e o funil perpendicular ao chão, solicitar a um participante para tentar soprar a bola para fora da extremidade aberta do funil. Os participantes são surpreendidos ao constatar que não conseguem soprar a bola para fora do funil! Quando sopram com mais intensidade, descobrem que a bola de pingue-pongue na realidade aproxima-se mais do funil, em vez de sair deste como a maioria (ou todos!) terá previsto.

## O que aconteceu?

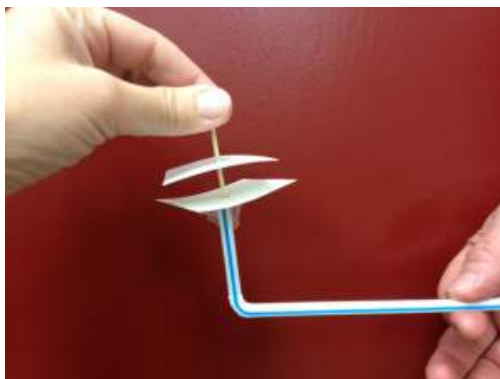
Por causa do Princípio de Bernoulli (*um aumento na velocidade de um fluido em movimento é acompanhado por uma diminuição da pressão do fluido*) não é possível soprar a bola de pingue-pongue para fora do funil. O fluxo de ar em torno da bola (ou outro objeto curvo) colocada na corrente de ar vai aumentar a sua velocidade. Quando a velocidade do ar aumenta, a sua pressão diminui. A baixa pressão de ar criada em torno da bola permite que a alta pressão a partir de cima da bola a empurrem de novo para dentro do funil.

## Material da Atividade 2

- Palhinha flexível
- Fita adesiva
- Cartão perfurado
- Cartão sem furos
- Palito

## Montagem

Usar fita adesiva e prender o cartão perfurado na extremidade mais curta da palhinha, de modo que o furo fique alinhado com a sua abertura. Ter cuidado para não obstruir o furo no cartão. Empurrar o palito através do outro cartão de modo que fique no centro deste. Inserir o palito na extremidade mais curta da palhinha de modo a que os dois cartões fiquem paralelos um ao outro.



**Figura 4** – Montagem experimental 2.

## Exploração

1. Perguntar aos participantes o que aconteceria se soprassem pela extremidade livre da palhinha. Certamente alguns podem responder que os cartões voariam separadamente, mas por causa do palito o segundo iria voar em linha reta. Outros participantes podem considerar a hipótese de que os cartões permaneceriam juntos.
2. Pedir, agora, a um participante para tentar separar o cartão com o palito do cartão ligado à palhinha, através do sopro na extremidade livre desta. Os participantes são surpreendidos ao descobrir que, por causa do Princípio de Bernoulli, é impossível fazer isso. Os cartões permanecem juntos!
3. Para tornar a experiência ainda mais impressionante, pedir para rodar a palhinha de modo que a sua abertura aponte para o chão, manter o segundo cartão na mesma posição e soprar novamente. Os participantes continuam surpreendidos, pois o cartão com o palito permanece no local e não cai! Permitir alguma discussão... Alguns participantes (com base na explicação da atividade anterior) poderão ser capazes de explicar que o cartão permaneceu no lugar, desafiando a gravidade, porque a pressão de ar diminuída entre os cartões permitiu que a pressão de ar mais elevada no exterior (na sala) mantivesse os cartões juntos.

## O que aconteceu?

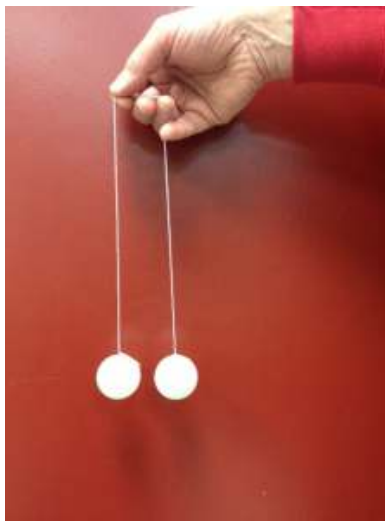
O ar que flui entre os dois cartões move-se rapidamente e, portanto, tem uma pressão mais baixa do que o ar à sua volta. A força do ar à volta dos cartões (maior pressão) mantém os cartões juntos.

## Material da Atividade 3

- 2 Bolas de pingue-pongue
- Linha (cerca de 30 cm)
- Fita adesiva
- Palhinha

## Montagem

Usar uma linha com cerca 30 cm e prender uma bola de pingue-pongue em cada extremidade.



**Figura 5** – Montagem experimental 3.

## Exploração

1. Pedir a um participante para segurar as bolas de pingue-pongue de modo que fiquem penduradas à mesma altura, e separadas em cerca de 2 cm.
2. Perguntar aos participantes o que aconteceria se soprassem com a palhinha, justamente entre as bolas. Permitir alguma discussão... É muito provável que conceito já esteja esclarecido e que a maioria preveja (por causa do Princípio de Bernoulli) que as bolas se movem juntas.
3. Pedir a outro participante que teste a previsão e sopre com a palhinha entre as bolas. Como possivelmente previram, em vez de se moverem separadamente, por causa do Princípio de Bernoulli, as bolas movem-se juntas!

## O que aconteceu?

Tal como nos cartões, à medida que aumenta a velocidade do ar que flui entre as bolas de pingue-pongue, cria-se uma área de baixa pressão, e a força do ar do lado de fora das bolas “obriga-as” a permanecer juntas.