

El embrollo de Bernoulli

¿De qué vamos a hablar?

- ▶ Ecuación de Bernoulli:

$$p + \rho gh + \frac{1}{2}\rho v^2 = cte$$

- ▶ Abusos de la ecuación de Bernoulli
- ▶ ¿Cómo afecta la mala instrucción a los estudiantes?
- ▶ Propuesta didáctica para enfrentar concepciones alternativas

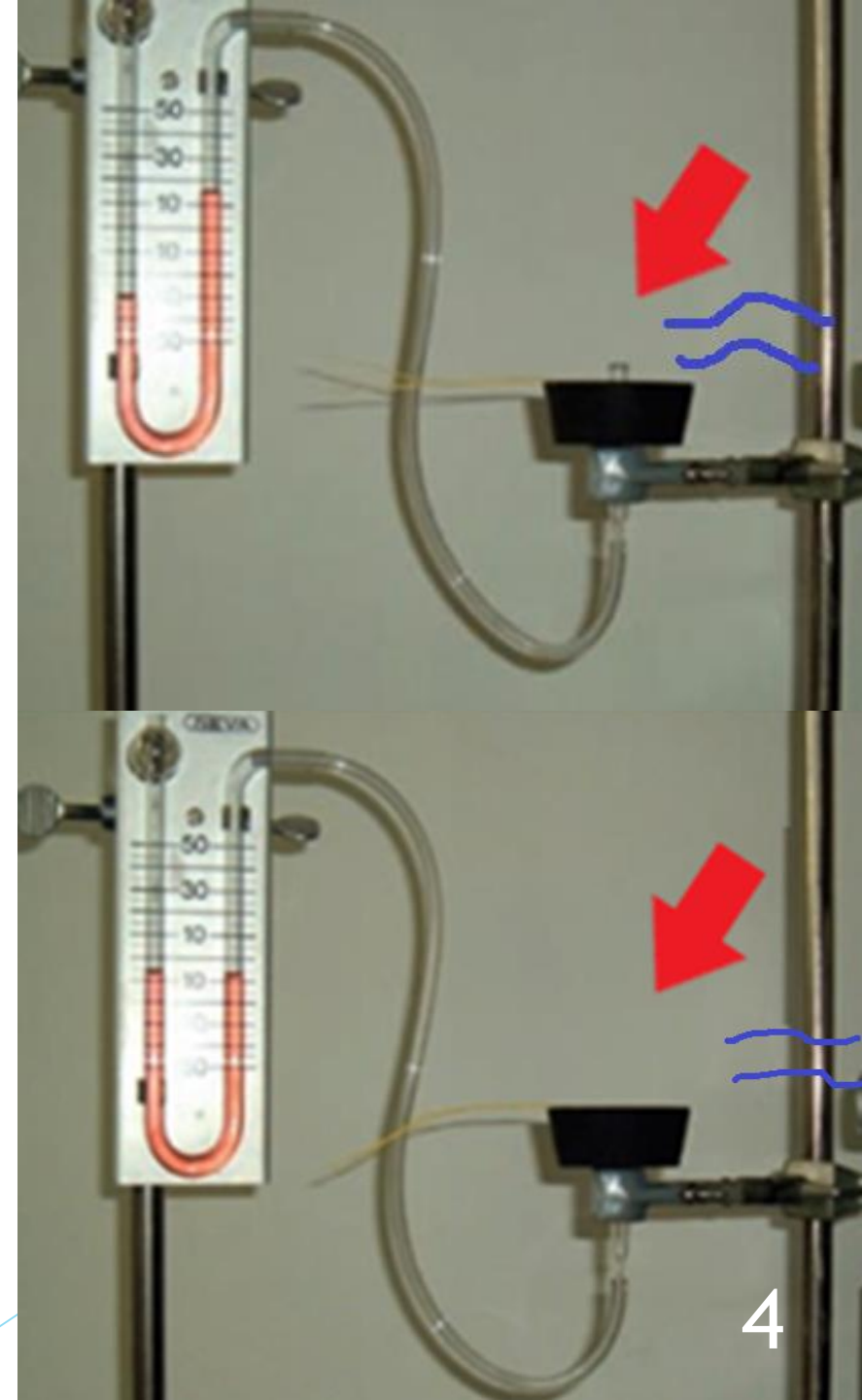


SPACELAB/STANFORD



¿Es realmente Bernoulli?

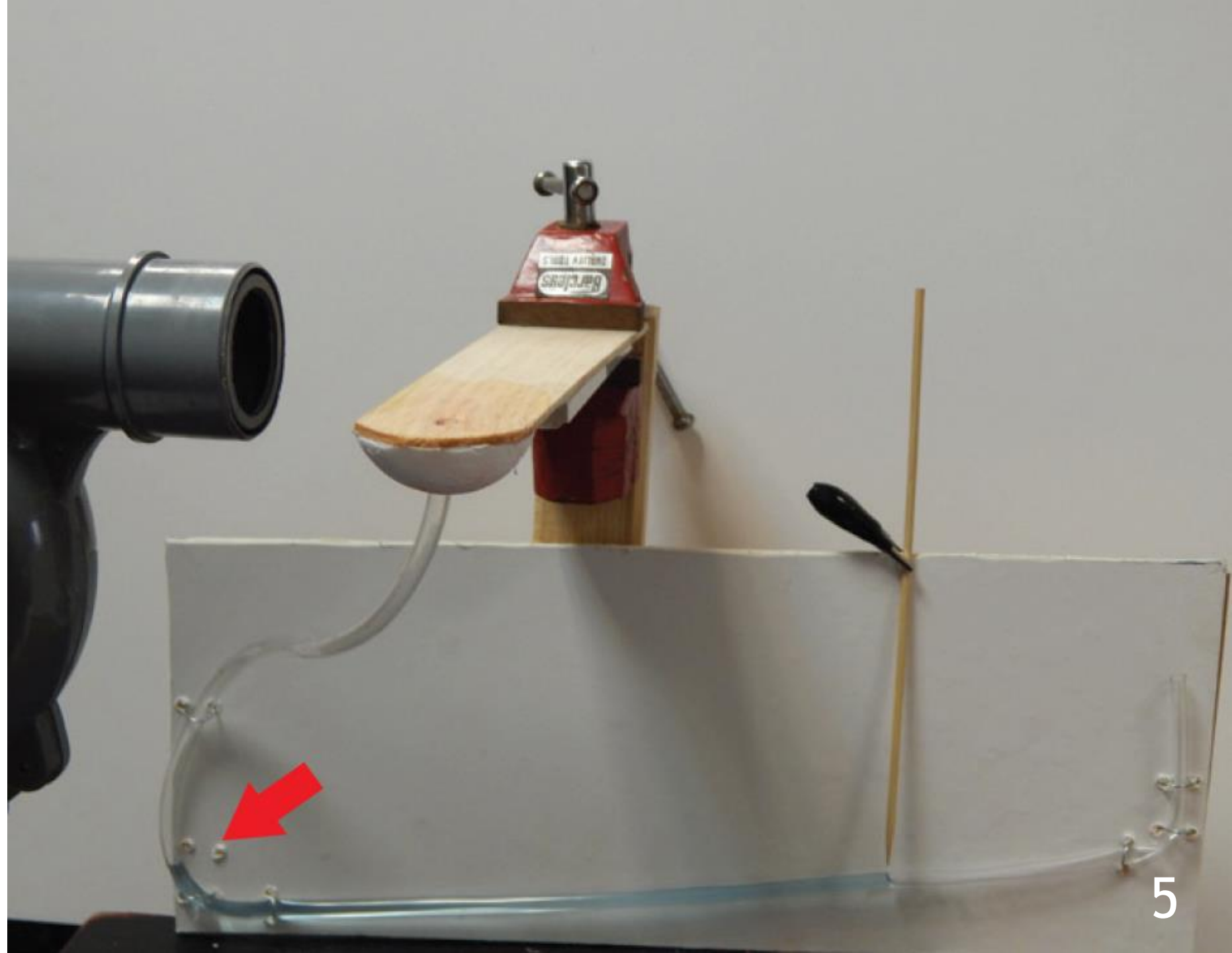
- ▶ La presión cambia al aumentar la velocidad
- ▶ ¿Es por la velocidad?



Otro experimento

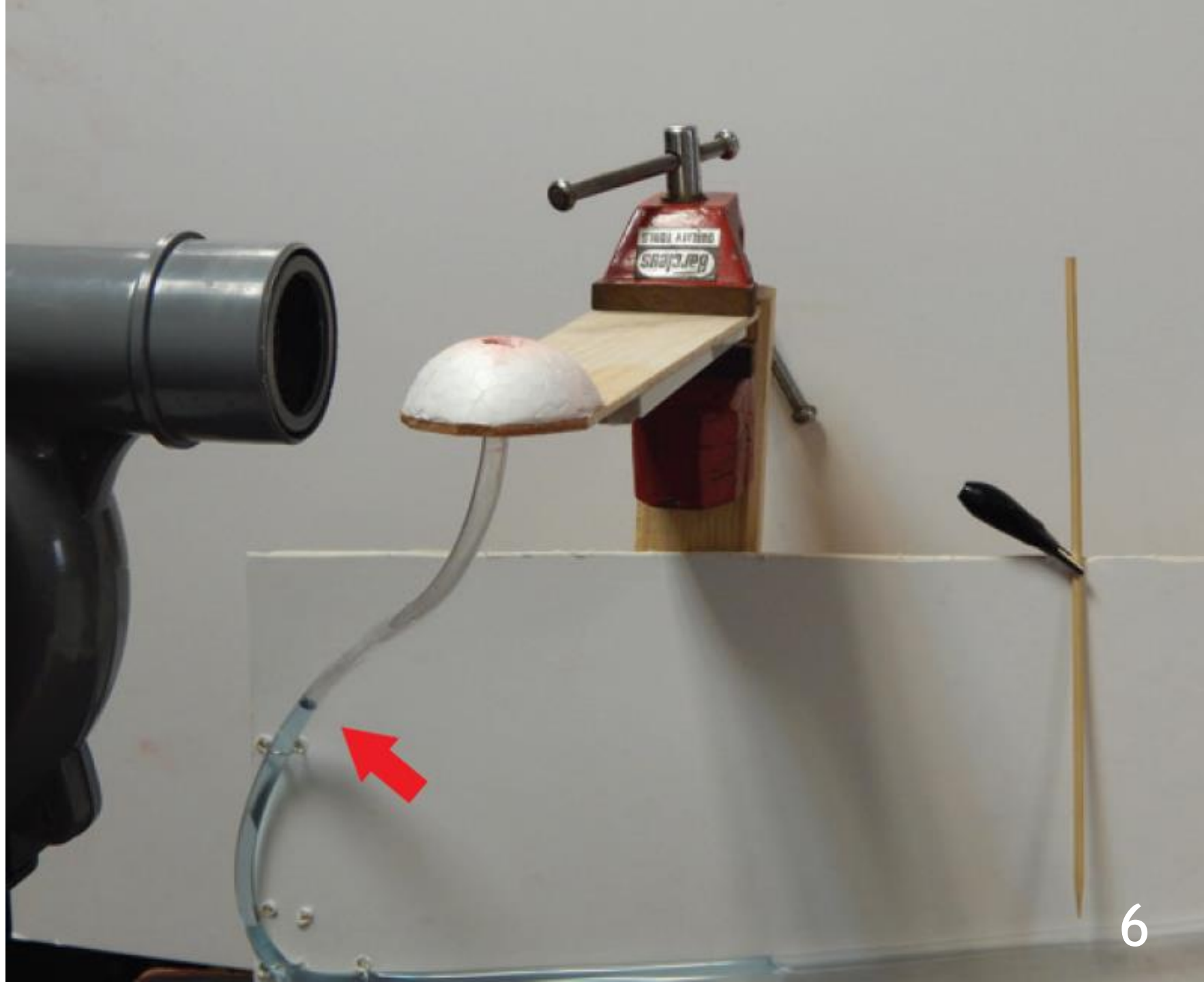
- ▶ La presión no varía

Koumaras, P., & Primerakis, G (2018). Flawed Applications of Bernoulli's Principle. *The Physics Teacher*, 56(4), 235-238



Otro experimento

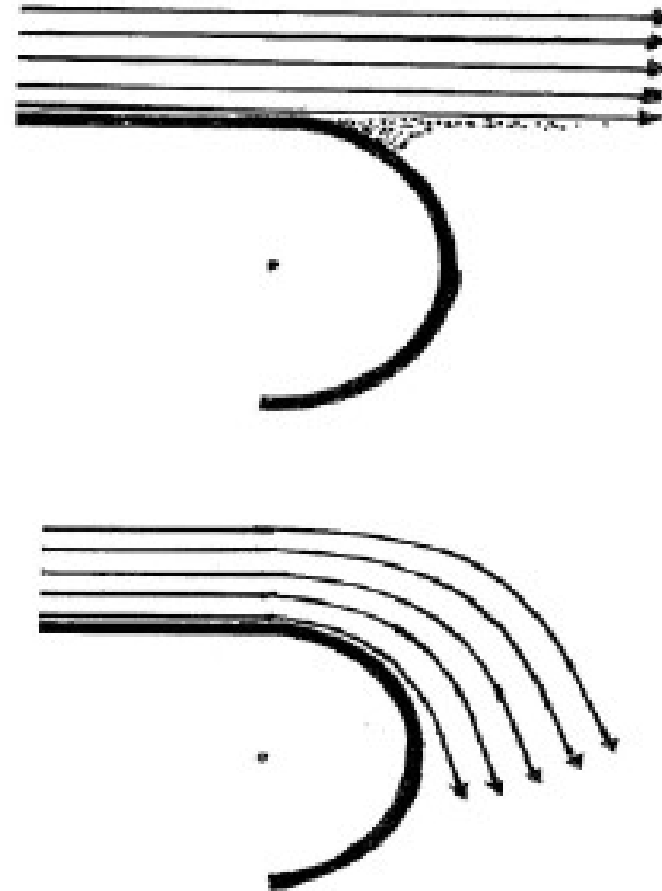
- ▶ La presión varía al desviarse el aire



Koumaras, P., & Primerakis, G (2018). Flawed Applications of Bernoulli's Principle. *The Physics Teacher*, 56(4), 235-238

Efecto Coanda

- ▶ Desvío del aire por rozamiento
- ▶ Fuerza centrípeta sobre aire
- ▶ Tercera ley de Newton



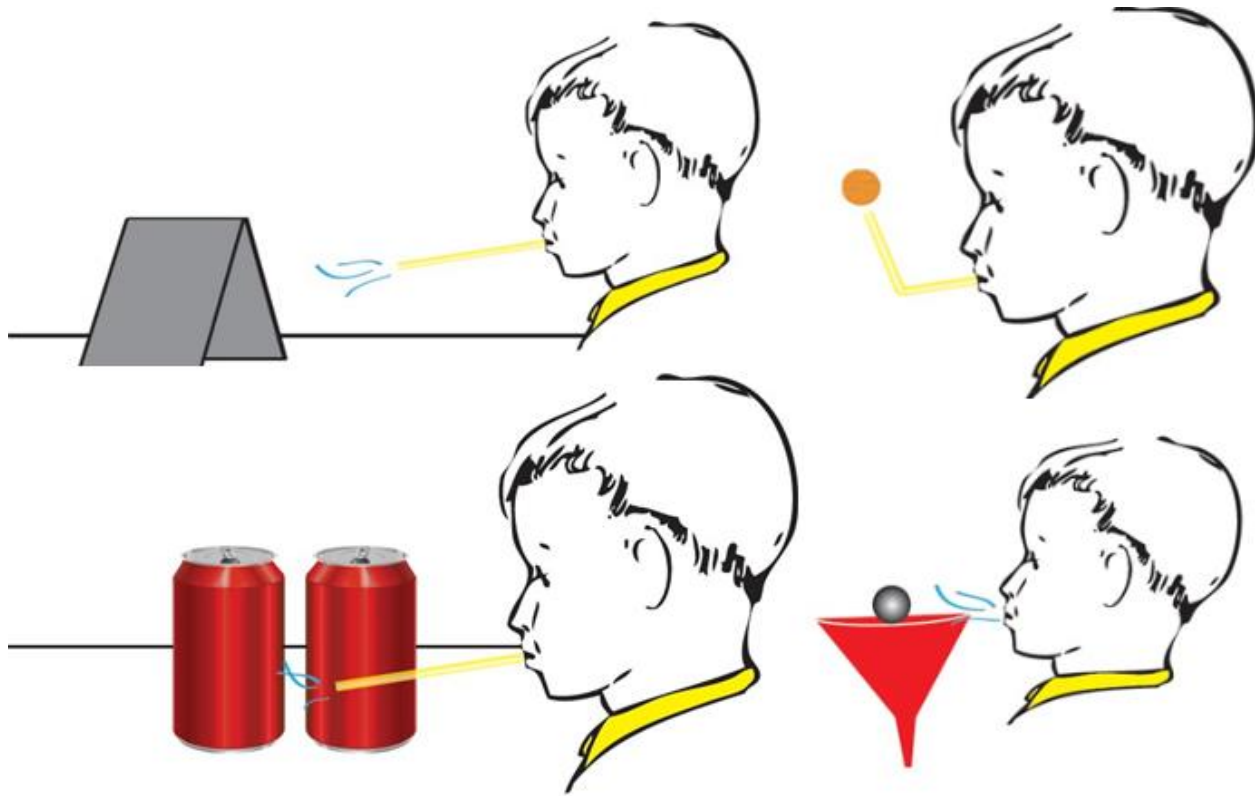
Klaus Weltner and Martin Ingelman-Sundberg. *Misinterpretations of bernoulli's law*. Department of Physics, University Frankfurt, 2011.

Stop Abusing Bernoulli!



**How
Airplanes
Really Fly**

Libro de la NASA

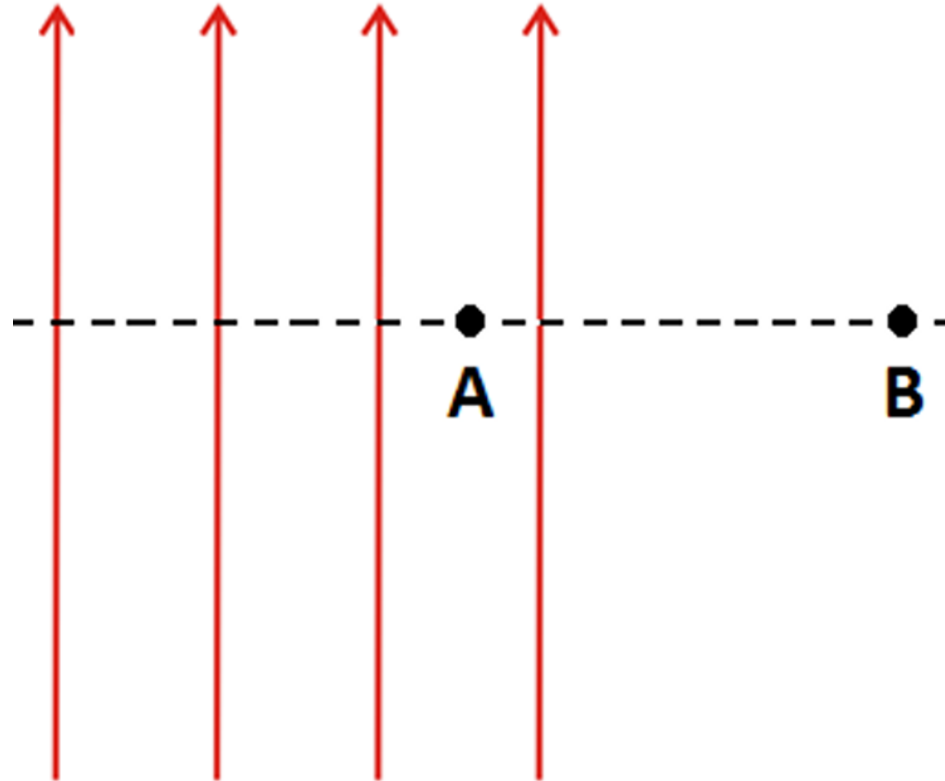


¿Flujo estacionario, incompresible, no viscoso e irrotacional?

¿Misma línea de corriente?

Más abusos...

- ▶ Velocidad uniforme
- ▶ B exterior al fluido
- ▶ $P_A = P_B$
- ▶ Fácil con Newton



Resumiendo

- ▶ En algunas situaciones, suponer que mayor velocidad implica menor presión “funciona”.
- ▶ ¿Cómo explican efecto contrario en una pelota? ¿Vuelo cabeza debajo de aviones?
- ▶ En estos fenómenos hay que tener en cuenta arrastre o efecto Coanda.

Impacto del uso indebido

- ▶ 4 preguntas MO en Física 2 de FING, por EVA y opcional.
- ▶ Respondieron 57 de 150 aprox.
- ▶ Test pasó revisiones de especialistas y se instrumentó previamente

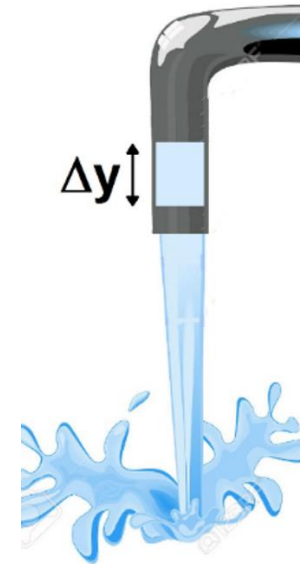
Pregunta 1

Considera un elemento de fluido por dentro de la cañería vertical de altura Δy , tal como indica la figura. De las siguientes fuerzas en la dirección vertical:

1. Una fuerza vertical hacia abajo ejercida por el líquido que se encuentra por encima del elemento Δy .
2. Una fuerza vertical hacia abajo ejercida por el líquido que se encuentra por debajo del elemento Δy .
3. Una fuerza vertical hacia arriba ejercida por el líquido que se encuentra por debajo del elemento Δy .
4. La fuerza peso.

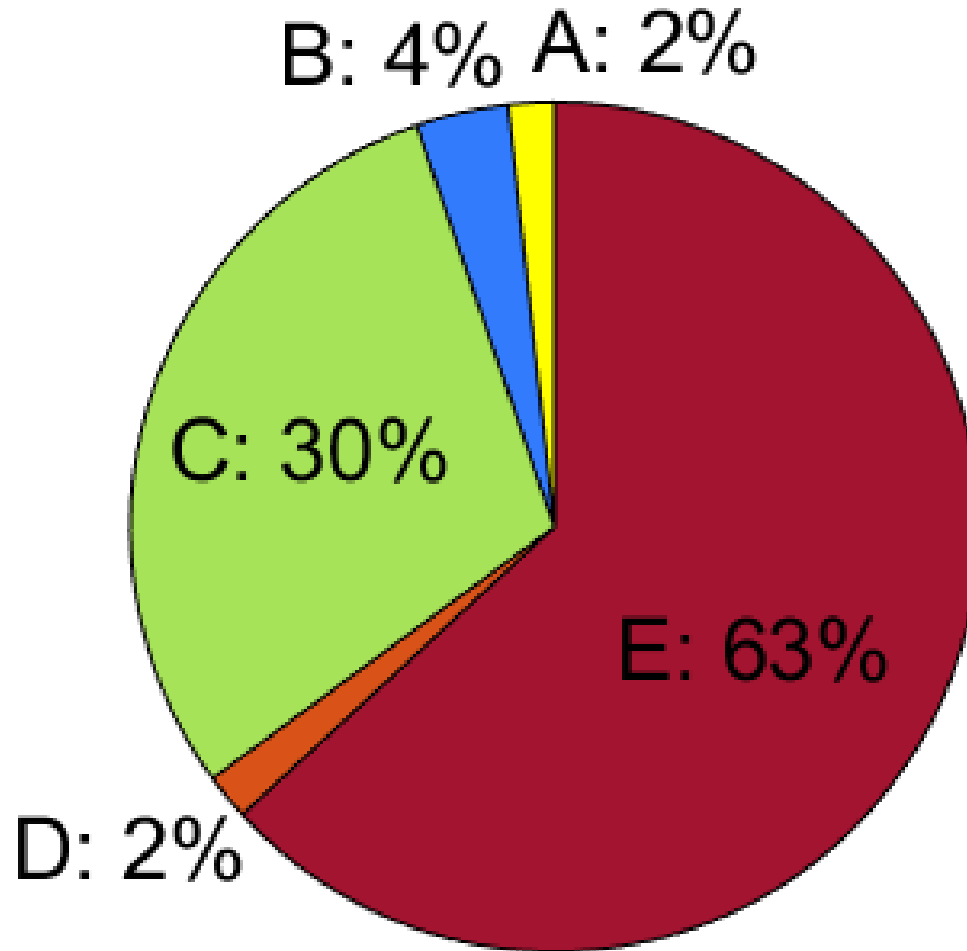
¿Cuál o cuáles de dichas fuerzas actúan sobre el elemento del fluido?

- ▶ Sólo la 1.
- ▶ Sólo la 4.
- ▶ 1 y 4.
- ▶ 1, 2 y 4.
- ▶ 1, 3 y 4.



Pregunta 1

- ▶ E correcta
- ▶ A y D distractores
- ▶ B fluido en caída libre, partículas no interactúan
- ▶ C Presión se debe al peso del fluido de arriba



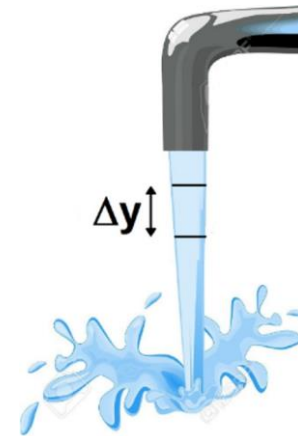
Pregunta 2

Considera un elemento de fluido por fuera de la cañería vertical de altura Δy , tal como indica la figura. De las siguientes fuerzas en la dirección vertical:

1. Una fuerza vertical hacia abajo ejercida por el líquido que se encuentra por encima del elemento Δy .
2. Una fuerza vertical hacia abajo ejercida por el líquido que se encuentra por debajo del elemento Δy .
3. Una fuerza vertical hacia arriba ejercida por el líquido que se encuentra por debajo del elemento Δy .
4. La fuerza peso.

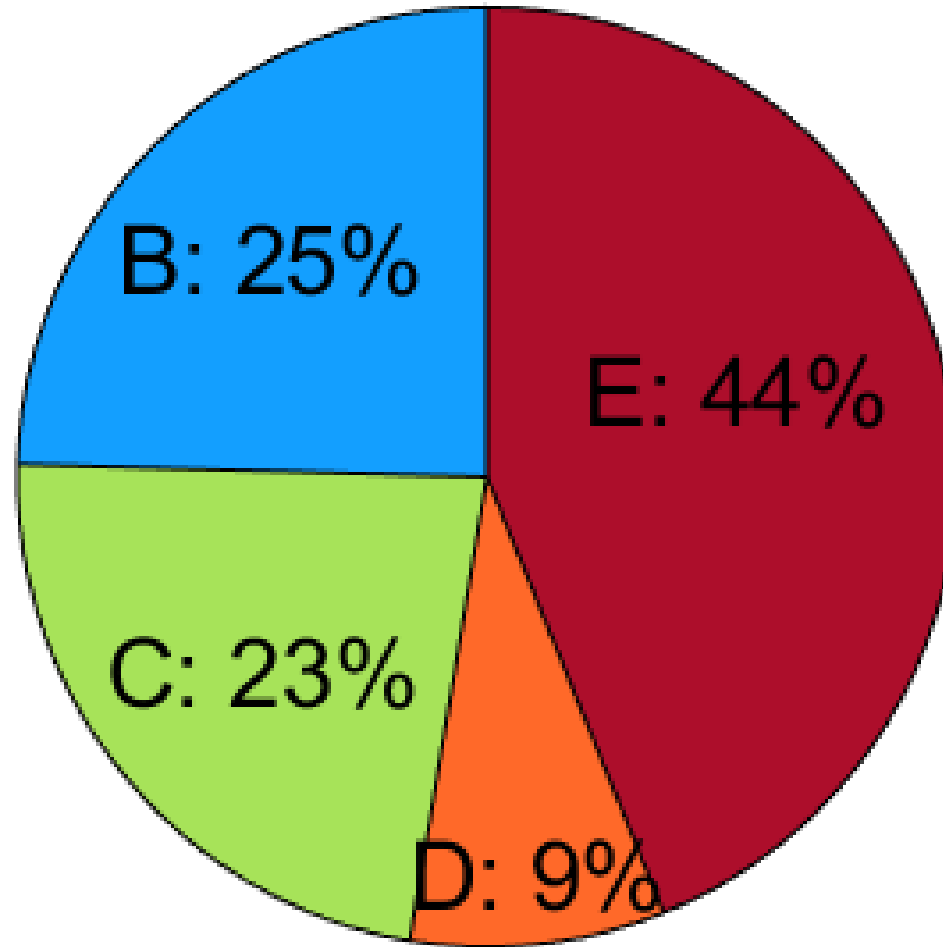
¿Cuál o cuáles de dichas fuerzas actúan sobre el elemento del fluido?

- ▶ Sólo la 1.
- ▶ Sólo la 4.
- ▶ 1 y 4.
- ▶ 1, 2 y 4.
- ▶ 1, 3 y 4.



Pregunta 2

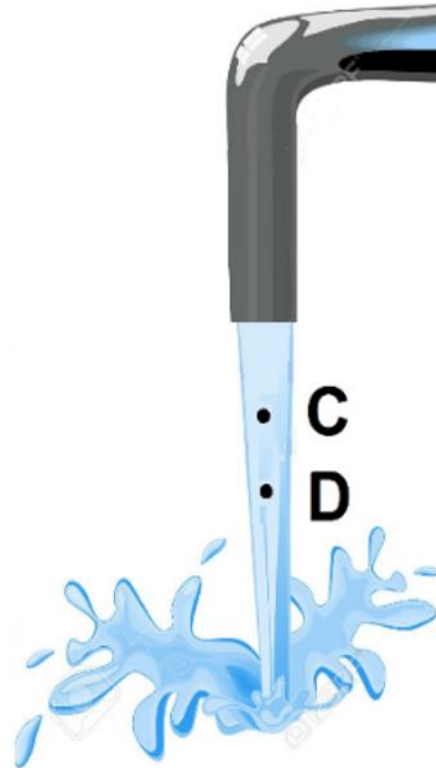
- ▶ B correcta
- ▶ A y D distractores
- ▶ C Presión se debe al peso del fluido de arriba
- ▶ E Interacciones entre el fluido no dependen de si está en caída libre o no



Pregunta 3

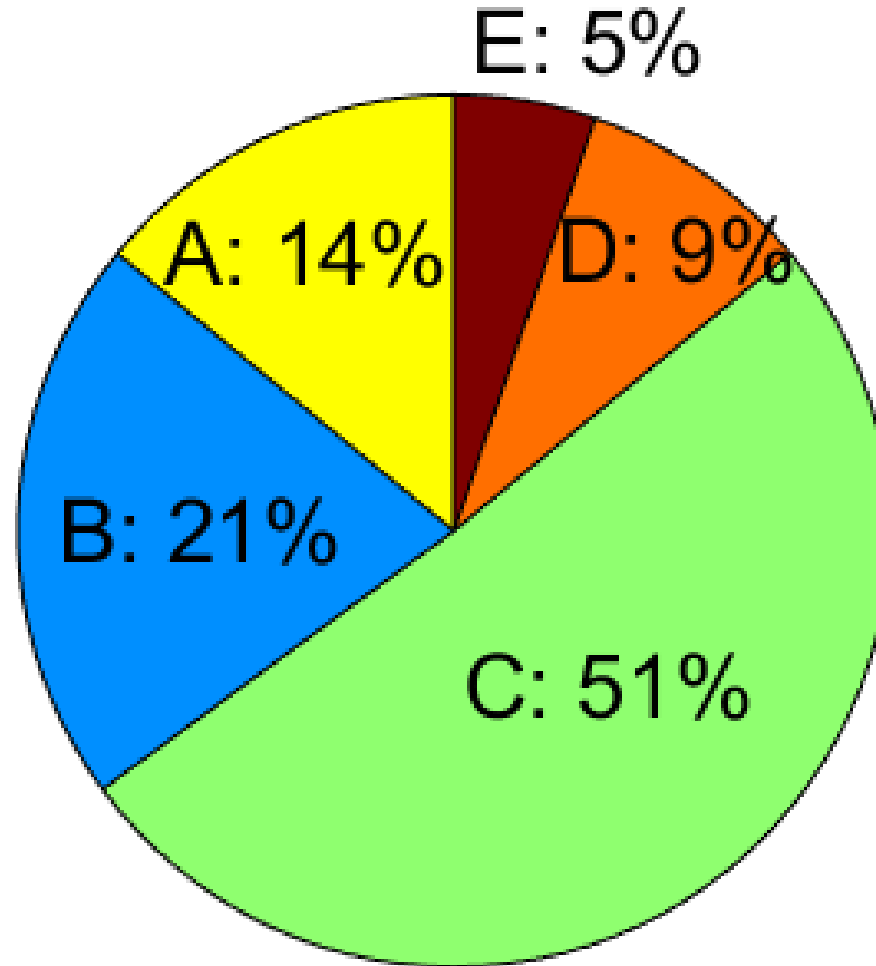
Considera el chorro de agua después de haber salido de la cañería y dos puntos C y D marcados en el mismo, tal como indica la figura. Sea P_{ATM} la presión atmosférica. Si comparamos las presiones en los puntos C y D con la atmosférica, concluimos que:

- ▶ $P_C > P_D > P_{ATM}$
- ▶ $P_D > P_C > P_{ATM}$
- ▶ $P_C = P_D = P_{ATM}$
- ▶ $P_{ATM} > P_C > P_D$
- ▶ $P_{ATM} > P_D > P_C$



Pregunta 3

- ▶ C correcta
- ▶ E distractor
- ▶ A y D mayor velocidad menor presión
- ▶ B Presión se debe al peso del fluido de arriba o mayor velocidad mayor presión



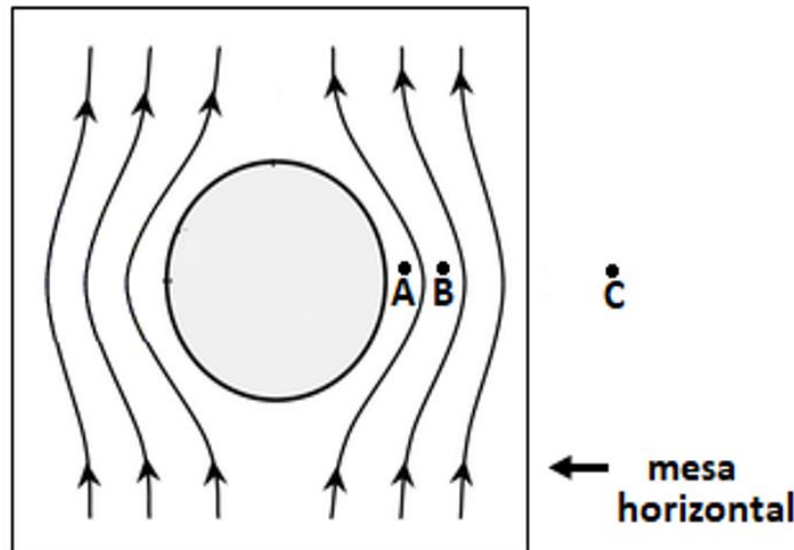
Pregunta 4

Al pasar un fluido a gran velocidad alrededor de un cilindro apoyado sobre una mesa horizontal, las líneas de corriente se deforman, adquiriendo la forma indicada en la figura.

Los puntos A, B y C se ubican a igual altura. El punto C está alejado de las líneas de corriente, encontrándose a la presión atmosférica P_{ATM} . En los puntos A y B las líneas de corriente realizan arcos de circunferencia con aproximadamente la misma velocidad.

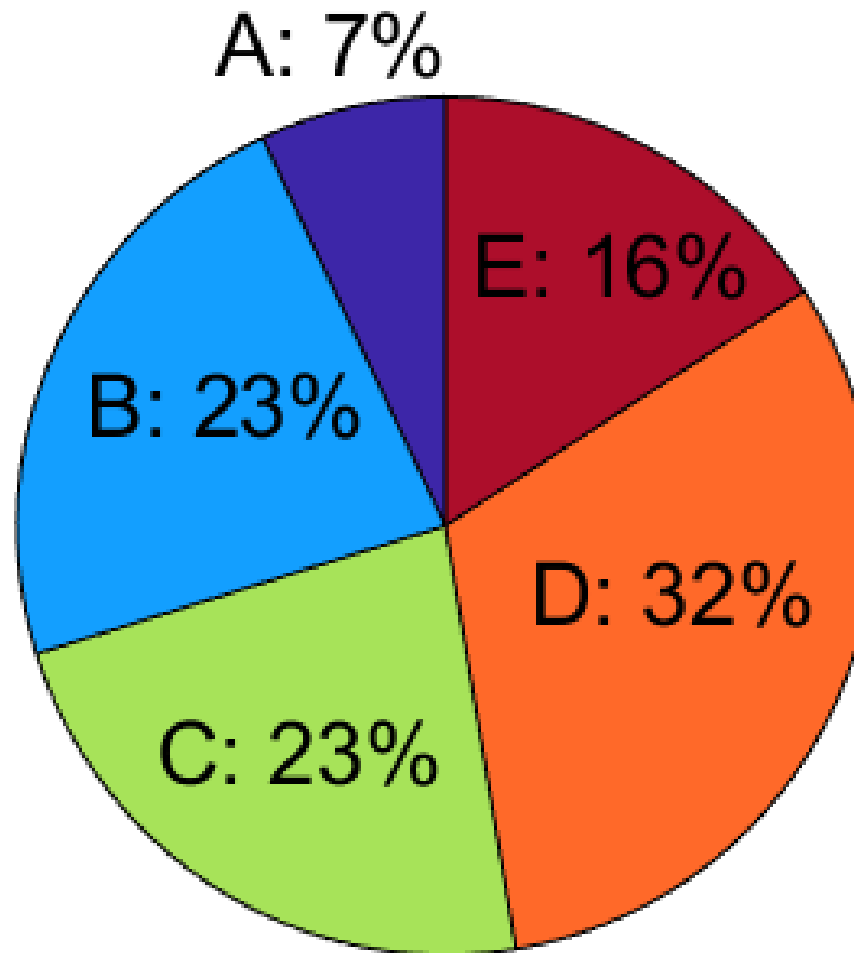
Si comparamos las presiones P en los puntos A y B con la presión en C ($P_C = P_{ATM}$), concluimos que:

- ▶ $P_A = P_B = P_C$
- ▶ $P_A > P_B > P_C$
- ▶ $P_A = P_B > P_C$
- ▶ $P_C > P_B = P_A$
- ▶ $P_C > P_B > P_A$



Pregunta 4

- ▶ E correcta
- ▶ B distractor
- ▶ A igual altura igual presión
- ▶ C mayor velocidad mayor presión
- ▶ D mayor velocidad menor presión



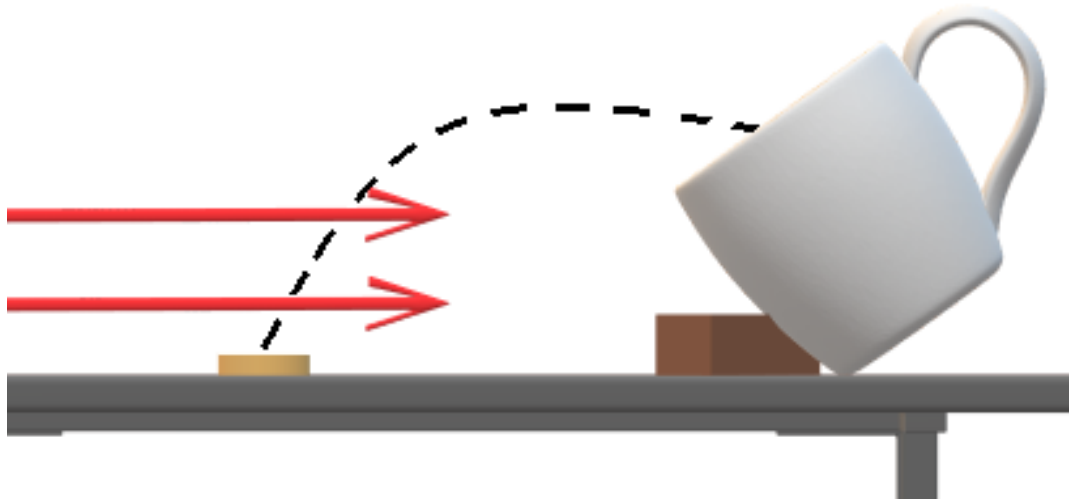
Discusión

- ▶ Muchos estudiantes no han elaborado un modelo sobre cómo interactúa un elemento de fluido con su entorno.
- ▶ Mayor velocidad siempre implica menor presión.
- ▶ Se podría enfocar cursos introductorios a hacer análisis dinámicos de fuerzas sobre elementos de fluidos.

Experimento de la moneda

- ▶ Para enfrentar mayor velocidad menor presión.
- ▶ Sencillo y barato.
- ▶ Para usar en cursos introductorios.

Experimento de Ehrlich

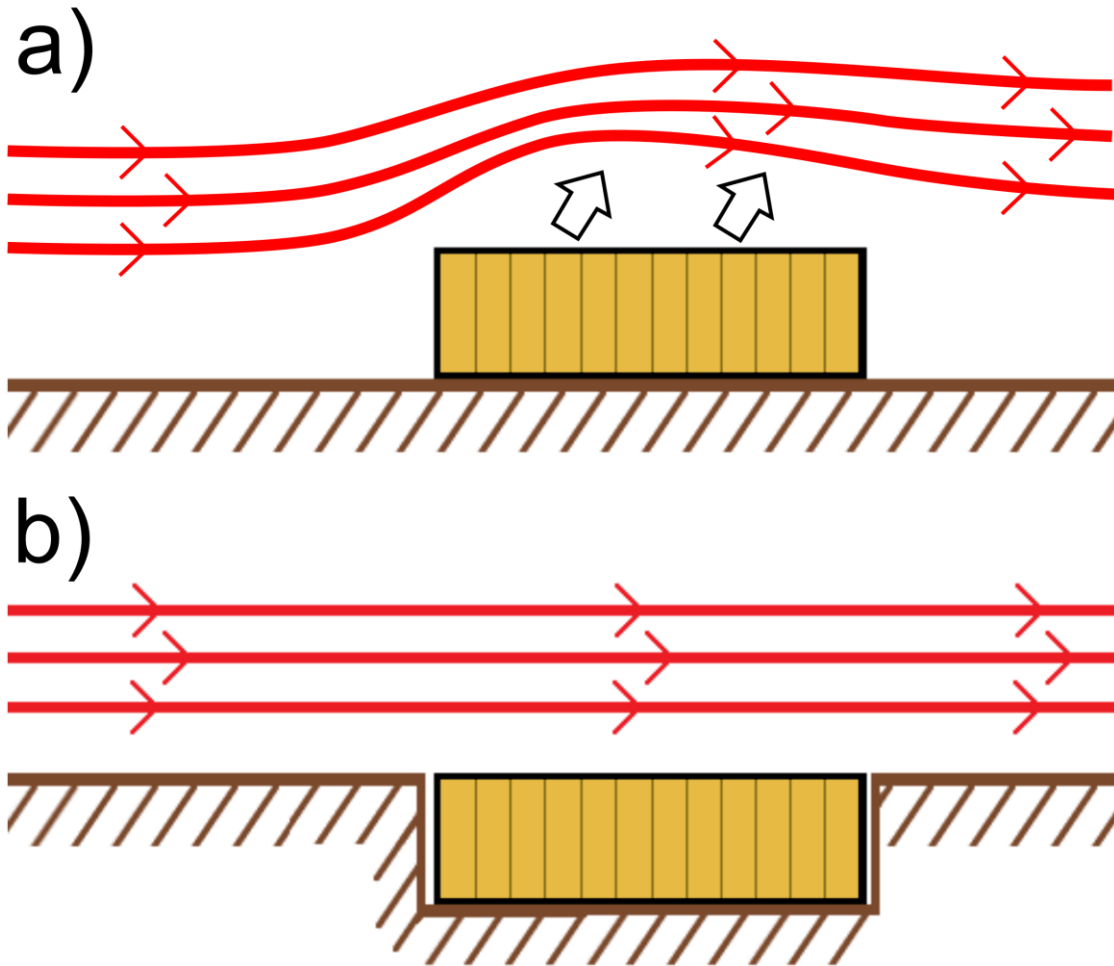


▶ Aire a mayor velocidad



Por Bernoulli disminuye presión

Adaptación del experimento

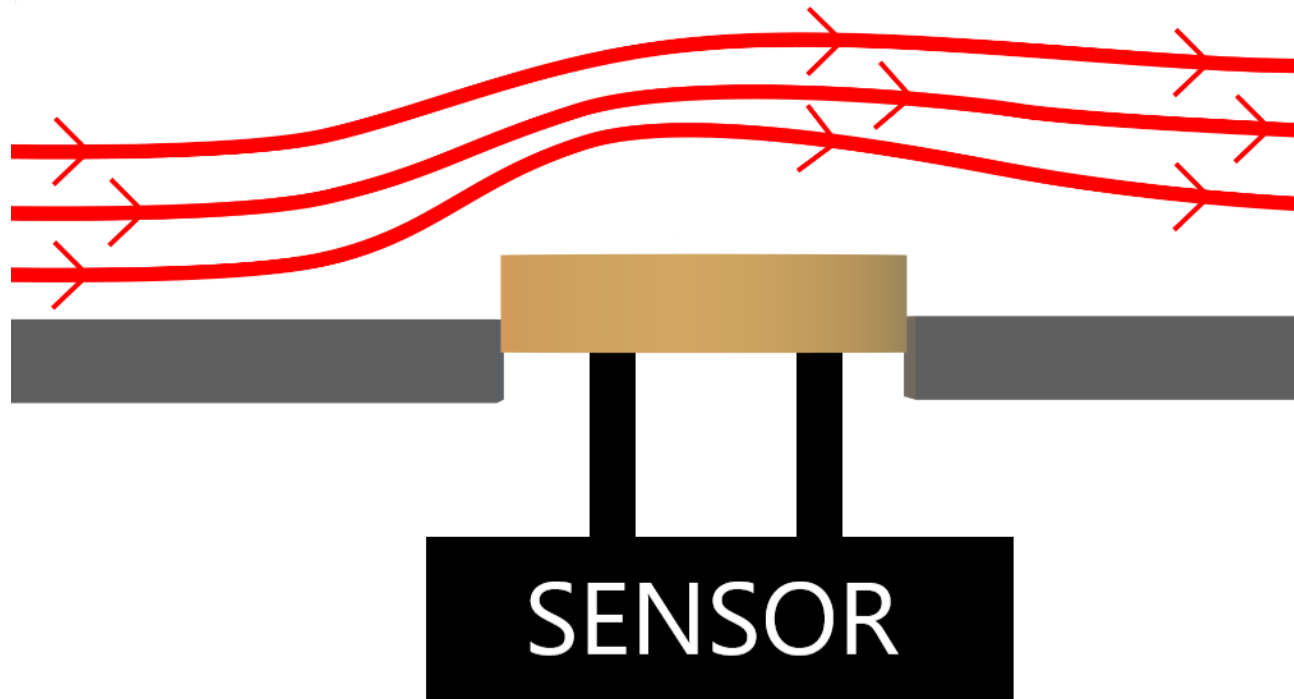


- ▶ Moneda no salta en b)
- ▶ Mayor velocidad no implica menor presión





Perspectivas a futuro



- ▶ Modelar fuerza sobre moneda y medirla
- ▶ Comparar con predicción de Ehrlich