

## Módulo 3: Fluidos

1

### Fluidos

- ¿Qué es un fluido?
- En Física, un fluido es una sustancia que se deforma continuamente (fluye) bajo la aplicación de una tensión tangencial, por muy pequeña que sea.
- Es decir, cuando hablemos de fluidos estaremos hablando de gases y de líquidos

2

## Densidad

- Se llama densidad  $\rho$  al cociente entre la masa y el volumen que ocupa
  - $\rho = m/V$
  - Sus unidades son por lo tanto  $\text{kg}/\text{m}^3$ .
- O se pueden usar el litro:  $1 \text{ l} = 10^{-3} \text{ m}^3$
- Por ejemplo, la densidad del agua es  $1 \text{ kg}/\text{l}$  a la presión de  $1 \text{ atm}$  y la temperatura de  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ .

3

## Densidad específica

- El cociente de la densidad de una sustancia y la del agua se llama densidad específica de la sustancia
- Por ejemplo, la densidad del aluminio es  $2.7$ , lo que significa que un volumen de aluminio tiene  $2.7$  veces más masa que el mismo volumen de agua

4

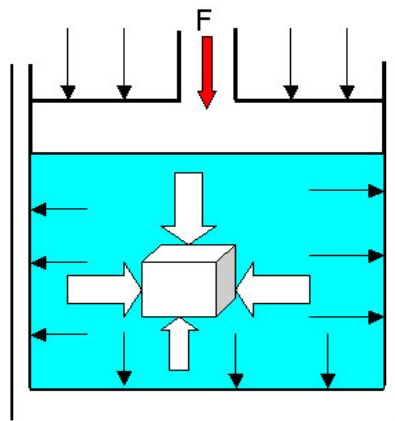
## Densidad y condiciones estándar

- Se suele dar la densidad a una temperatura, pues la densidad de la mayoría de las sustancias varía con esta.
- Aunque en el caso de los líquidos y los sólidos varían tan poco que suelen tomarse como constantes a P y T.
- No así en el caso de gases, por lo que se suele dar la densidad a una P y una T dada.
- Normalmente se dan en condiciones estándar

5

## Presión en un fluido

- Cuando se sumerge un cuerpo en un fluido como el agua, el fluido ejerce una fuerza perpendicular a la superficie del cuerpo en cada punto de la superficie



6

## Presión en un fluido

- Cuando se sumerge un cuerpo en un fluido como el agua, el fluido ejerce una fuerza perpendicular a la superficie del cuerpo en cada punto de la superficie
- Es debida al choque de las moléculas del fluido con las paredes del cuerpo (y también del recipiente)
- Esta fuerza por unidad de área se llama Presión

$$P=F/A$$

- La unidad de medida es el Pascal

$$1 \text{ Pa}=1 \text{ N/m}^2$$

- Otra unidad muy utilizada es la atmósfera

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}=101.325 \text{ kPa}$$

7

## Presión y profundidad

- Cuando hacemos submarinismo, notamos que la presión aumenta con la profundidad
- En el caso de un líquido como el agua, cuya densidad es prácticamente constante en todo su volumen, la presión aumenta linealmente con la profundidad
- Vamos a demostrarlo



8

## Presión y profundidad

- La presión en la parte inferior de la columna debe ser mayor que en la parte superior, puesto que debe soportar el peso de la columna de altura  $\Delta h$ .
- El peso de esta columna es:  
 $w=mg=(\rho \cdot V)g=\rho(A \cdot \Delta h)g$



9

## Presión y profundidad

- Si  $P_0$  es la presión en la parte superior y  $P$  en la parte inferior, la fuerza neta hacia arriba ejercida por esta diferencia de presiones es

$$PA - P_0A$$

- Igualando esta fuerza hacia arriba con el peso de la columna se tiene:

$$PA - P_0A = \rho A \Delta h g$$

- Y por lo tanto, dividiendo por  $A$

$$\mathbf{P = P_0 + \rho \Delta h g}$$



10

## Presión y profundidad

- Es decir, la diferencia de presiones es proporcional a la profundidad

$$\mathbf{P - P_0 = \rho \Delta h g = cte. \Delta h}$$

- Es decir, la presión sólo depende de la profundidad, no de la forma del recipiente.



11

## Ejemplo

- Sabiendo que la presión en la superficie de un lago es de 1 atm, a qué profundidad la presión es el doble?
- $P_0 = 1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kPa}$
- $P = 2 \text{ atm} = 202.65 \text{ kPa}$
- $\rho = 1 \text{ kg/l} = 1000 \text{ kg/m}^3$
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2 = \text{m/s}^2 (\text{kg/kg}) = \text{N/kg}$
- $\Delta h = \Delta P / \rho \cdot g = 10.3 \text{ m}$

12

## Principio de Pascal

- *Lo descubrió Blaise Pascal en el siglo XVII*
- En su honor se nombró la unidad del SI de presión, el Pa ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ )



13

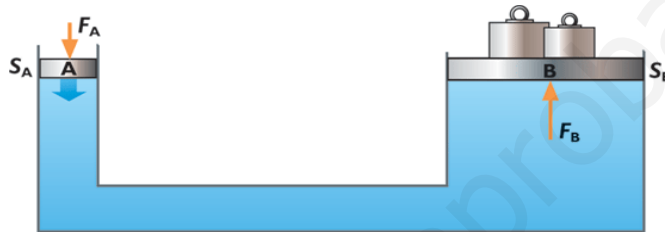
## Principio de Pascal

- Ya hemos visto que la presión de todos los líquidos aumenta linealmente con la profundidad en cualquier recipiente.
- Y que además la presión es la misma en todos los puntos que están a una misma profundidad
- *Un cambio de presión aplicado a un líquido encerrado dentro de un recipiente se transmite por igual a todos los puntos del fluido y a las propias paredes del recipiente*
- Este es el llamado **Principio de Pascal**

14

## Principio de Pascal

- Tenemos un émbolo de superficie A, sobre el que aplicamos una fuerza de 100 N.
- En otro émbolo de superficie  $B=50A$  tenemos un par de pesas que juntas pesan 450 kg
- ¿Podrá levantarlas el émbolo B?
- Vamos a verlo...



15

## Principio de Pascal

- Para levantar los pesos necesito al menos 4500 N
- $P_A = 100/A$
- $P_B = F/B = F/50A$
- $P_A = P_B$ , luego  $100/A = F/50A$
- $F = 5000$  N, suficiente para levantarlas (es mayor que su peso)

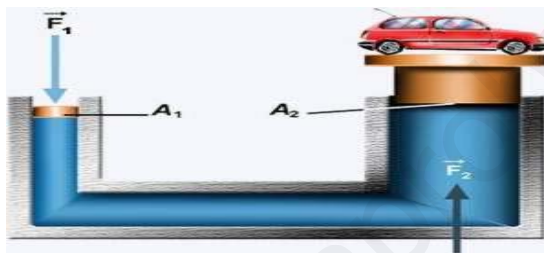


16



## Principio de Pascal

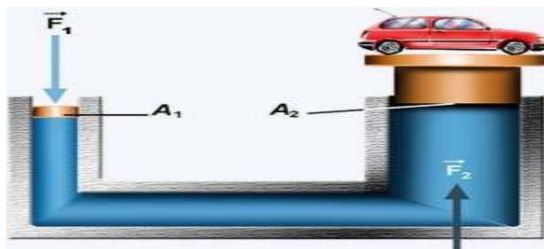
- Es decir, ¡podemos multiplicar fuerzas usando este aparato!
- Y así tenemos la prensa hidráulica



17

## Ejemplo

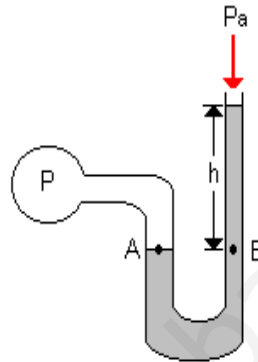
- El émbolo grande de un elevador hidráulico tiene un radio de 20 cm. ¿Qué fuerza debe aplicarse al émbolo pequeño de radio 2 cm para elevar un coche de masa 1500 kg?
- Solución: 147 N



18

## Presión manométrica

- Para medir presiones se utiliza el hecho de que la diferencia de presiones es proporcional a la profundidad (ya lo vimos)
- Se utilizan para ello el manómetro
- Por ejemplo, este manómetro de tubo abierto



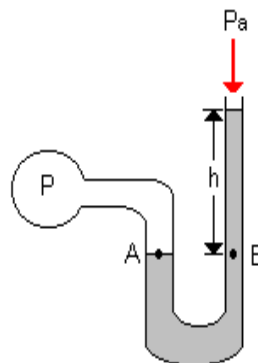
19

## Presión manométrica

- La parte abierta se encuentra a presión atmosférica
- El otro extremo cerrado se encuentra cerrado a la presión  $P$  que se desea medir
- Sabemos que

$$P - P_{\text{atm}} = \rho g \Delta h$$

- En donde  $\rho$  es la densidad del líquido en el tubo, y a  $P - P_{\text{atm}}$  se le llama **presión manométrica**



20

## Presión manométrica

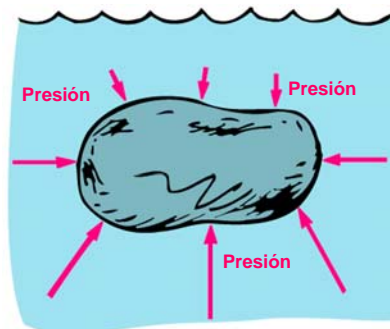
- En la práctica la presión se mide en milímetros de mercurio (mmHg)
- Y se tiene que  
 $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 101325 \text{ Pa}$

21

## Empuje

Cuando un objeto está sumergido, el fluido ejerce una presión en todos los puntos del objeto

Y perpendicular a la superficie de ese objeto



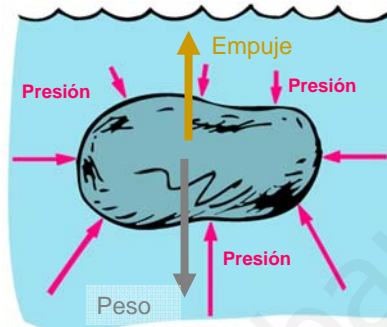
22

## Empuje

Como la presión depende de la profundidad, sobre un cuerpo sumergido actúa mayor presión sobre la superficie de abajo que sobre la de arriba.

El efecto neto es tener una fuerza que va hacia arriba llamada *empuje*.

En cambio las fuerzas en horizontal se anulan entre sí



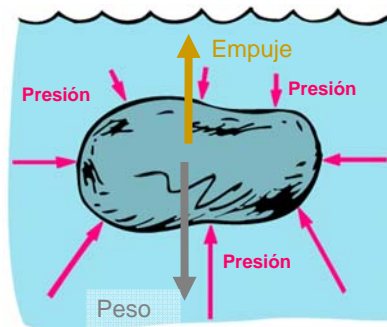
Si el peso es mayor que el empuje entonces el objeto se hunde; en caso contrario flotará.

23

## Empuje

Por eso cuesta menos levantar una piedra muy pesada pero que esté sumergida que cuando está en la superficie

El agua “nos ayuda” a levantarla



24

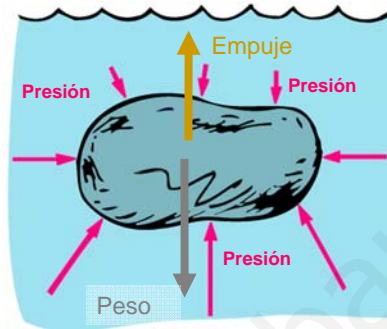
## Peso aparente y empuje

A este peso más pequeño se le llama **peso aparente**

Siempre es menor que en la superficie, y es debido al empuje

Se cumple entonces que:

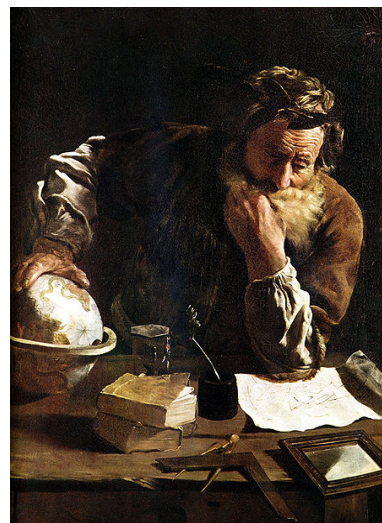
$$W_{\text{aparente}} = W_{\text{superficie}} - F_{\text{Empuje}}$$



25

## Principio de Arquímedes

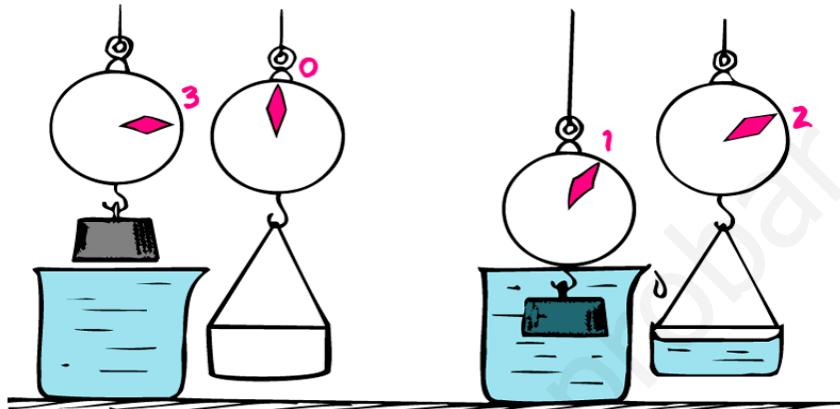
- Toda cuerpo parcial o totalmente sumergido en un fluido experimenta una fuerza ascendente (fuerza de empuje) igual al peso del fluido desplazado



26

## Principio de Arquímedes

- Toda cuerpo parcial o totalmente sumergido en un fluido experimenta una fuerza ascendente igual al peso del fluido desplazado



27

## Principio de Arquímedes



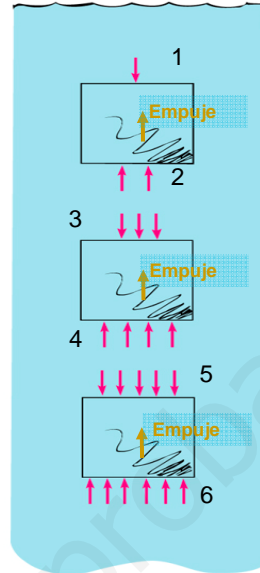
28

## Empuje y profundidad

Para un cuerpo que está totalmente sumergido la fuerza de empuje no depende de la profundidad, aunque la presión sí dependa de ella.

Y este empuje es igual al peso del fluido desplazado

No al peso del cuerpo sumergido, que es su peso aparente!

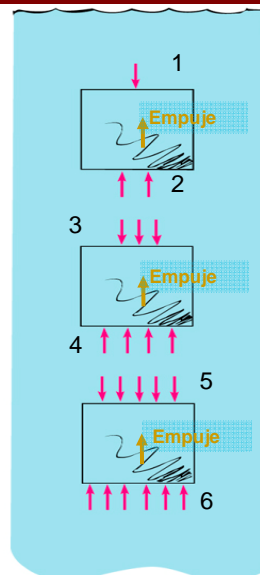


29

## Empuje y profundidad

Y ojo, depende del volumen, pero no de su peso!

También se puede decir que depende de su densidad



30

### *Ejemplo*

- Un recipiente de volumen 1 litro lleno totalmente con plomo tiene 11.3 kg de masa. Si se sumerge en agua, ¿cuál es la fuerza de empuje que actúa sobre él?
- Solución: 1 l de agua = 1 kg = 9.8 N
- Es decir, no depende del peso del plomo. 1 litro de cualquier cosa que se sumerja desplazará 1 litro de agua

31

### *Ejemplo*

- Se arroja una piedra grande a un lago profundo. A medida que va hacia el fondo, ¿aumenta o disminuye la fuerza de empuje?

32



## Ejemplo

La fuerza de empuje depende solo del volumen de fluido desplazado, no del volumen de fluido en el cual el objeto está inmerso.



El pato de goma flota igual en un recipiente con poca agua que en uno lleno

33

## Densidad y flotabilidad

Según el principio de Arquímedes, un objeto sólido flotará si su densidad es menor que la densidad del fluido.



Bola de billar ( $4.0 \text{ g/cm}^3$ )  
flotando en una taza de  
mercurio ( $13.6 \text{ g/cm}^3$ )

34

## Cuestiones sencillas

¿Por qué comen piedras los cocodrilos?



35

## Barcos

La densidad de la madera es de unos  $0.5$  a  $0.8$   $\text{g/cm}^3$  por lo que no resulta sorprendente que los barcos de madera floten.

La densidad del hierro es de  $7.9$   $\text{g/cm}^3$ . ¿Cómo es que entonces los buques de guerra pueden flotar?



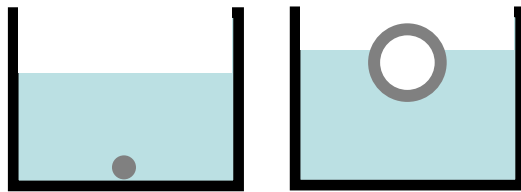
36

## Densidad y Flotabilidad (II)

Cuando un objeto no es completamente sólido entonces flota si la densidad promedio (masa total)/(volumen total), es menor que la densidad del fluido

Bola de hierro sólida  
Volumen: 100 cc  
Masa: 790 g  
Densidad: 7.9 g/cc

Bola de hierro, 90% hueca  
Volumen: 1000 cc  
Masa: 790 g  
Densidad: 0.79 g/cc

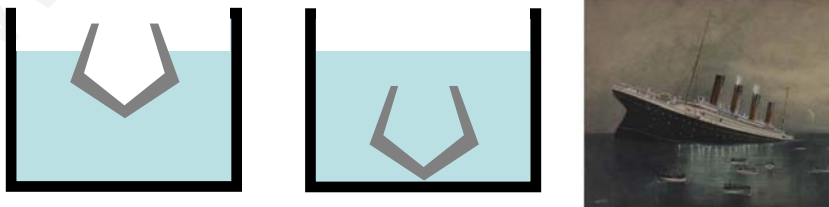


37

## Barcos de hierro y flotabilidad

Los barcos de hierro flotan porque son huecos por dentro.

Si el agua inundase el interior, el barco se hundiría



38

## Flotabilidad y densidad del fluido

Cuanto mayor sea la densidad del fluido, mayor será la fuerza de empuje sobre los objetos que floten o se sumerjan en él.



Flotar en el mar muerto es fácil porque es muy denso debido a su alta concentración de sal.

Por la misma razón es más fácil flotar en el mar que en un lago

39

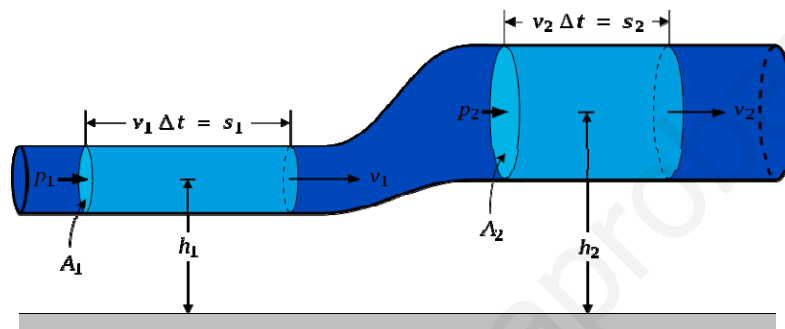
## Fluidos en movimiento

- Hasta ahora hemos descrito la presión sólo cuando se aplica a fluidos estacionarios.
- Pero si el fluido está en movimiento la cosa cambia...

40

## Ecuación de continuidad

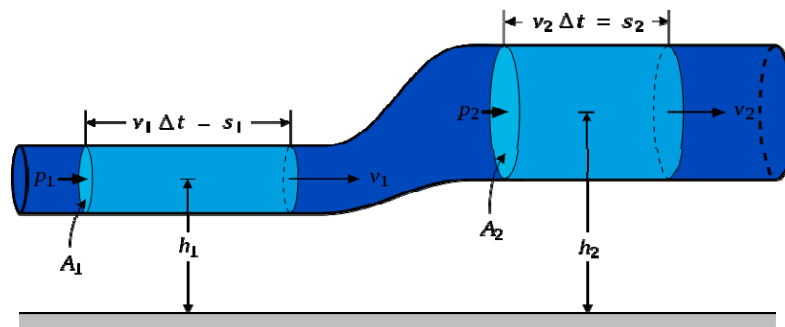
- En un fluido incompresible, la densidad debe ser constante en todo el fluido
- A la izquierda tenemos el volumen del fluido que fluye hacia derecha del tubo en un cierto intervalo de tiempo  $\Delta t$ .



41

## Ecuación de continuidad

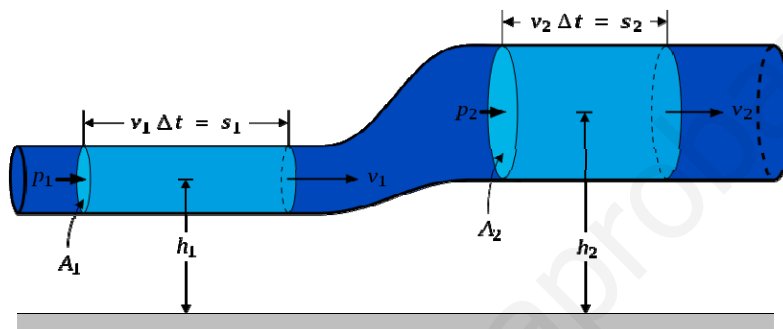
- A la izquierda tenemos el volumen del fluido que fluye hacia derecha del tubo en un cierto intervalo de  $\Delta t$ .
- Si la velocidad del fluido en el punto 1 es  $v_1$  y el área de la sección transversal es  $A_1$ , el volumen que entra por el tubo en un tiempo  $\Delta t$  es:  $\Delta V = A \cdot s_1 = A_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t$



42

## Ecuación de continuidad

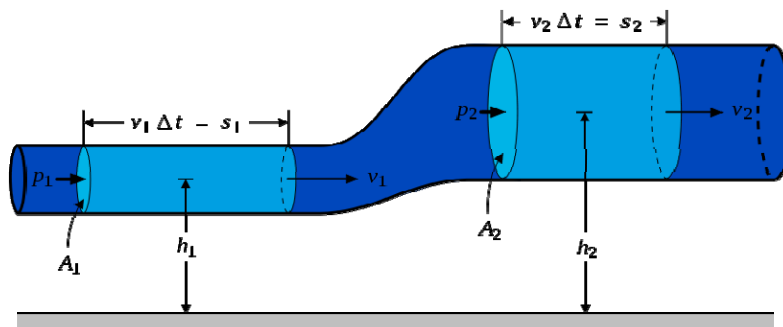
- El volumen que sale por el punto 2 es:  $\Delta V = A_2 \cdot v_2 \cdot \Delta t$
- Como estos volúmenes tienen que ser iguales se tiene que:  $A_2 \cdot v_2 \cdot \Delta t = A_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t$
- Y por lo tanto:  $A_2 \cdot v_2 = A_1 \cdot v_1$



43

## Ecuación de continuidad

- A la magnitud  $A \cdot v$  se le denomina caudal  $I_v$ .
- Sus dimensiones son  $[\text{volumen}]/[\text{tiempo}] = \text{m}^3/\text{s}$
- Se tiene entonces que en un fluido incompresible, el caudal es el mismo en todos los puntos del fluido

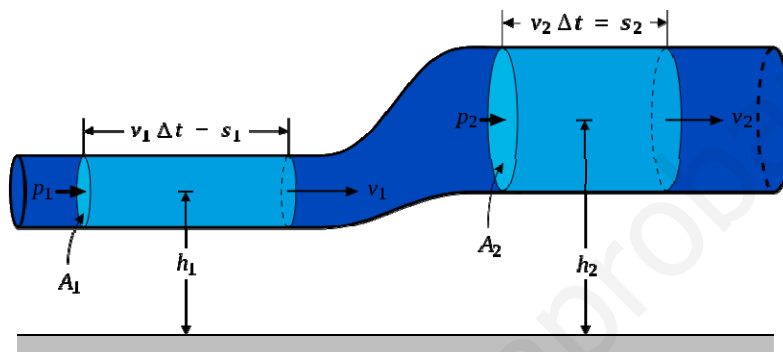


44

## Ecuación de continuidad

### □ Ecuación de continuidad

$$I_v = A_1 \cdot v_1 = \text{constante}$$



45

## Ejemplo

- La sangre circula desde una porción de arteria gruesa de 0.3 cm de radio, en donde su velocidad es 10 cm/s, a otra región en donde el radio se ha reducido a 0.2 cm, debido a un engrosamiento de las paredes (arteriosclerosis) ¿Cuál es la velocidad de la sangre en la zona más estrecha?
- Solución: 22.5 cm/s

46

## Principio de Bernouilli

- Imaginemos un flujo continuo de un fluido por un tubo: el volumen que pasa por cualquier parte del tubo, se ensanche o se haga más estrecho, es el mismo
- Cuando el flujo es continuo, un fluido aumenta su velocidad cuando pasa de una parte ancha a otra más estrecha en un tubo.
- En el siglo XVIII Daniel Bernouilli estudió el flujo de los fluidos en tubos



47

## Principio de Bernouilli

- En el caso del , al pasar a una arteria de área menor, el fluido debe ir más rápido para que pase el mismo caudal en el mismo  $\Delta t$
- Dicho de otro modo, si el área **A** disminuye, la velocidad **v** debe aumentar para que el caudal **I** sea constante
- Su descubrimiento se llama hoy **principio de Bernouilli**
- Donde aumenta la velocidad de un fluido, su presión interna disminuye

48



## Principio de Bernoulli

- En un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido.
- Y esta energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes:
  - Cinética: es la energía debida a la velocidad que posee el fluido.
  - Potencial gravitacional: es la energía debido a la altitud que un fluido posee.
  - Trabajo de flujo: es el trabajo efectuado por un fluido debido a la presión que posee →  $\mathbf{W}=F\cdot\Delta s=F\cdot L=(p\cdot A)\cdot L=\mathbf{p}\cdot\mathbf{V}$

49

## Principio de Bernoulli

- Y este principio es una consecuencia del principio de conservación de la energía
- En un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido.
- Se formula usando la siguiente ecuación, conocida como "Ecuación de Bernoulli"

$$\mathbf{1/2\cdot m\cdot v^2+m\cdot g\cdot h+p\cdot V=constante}$$

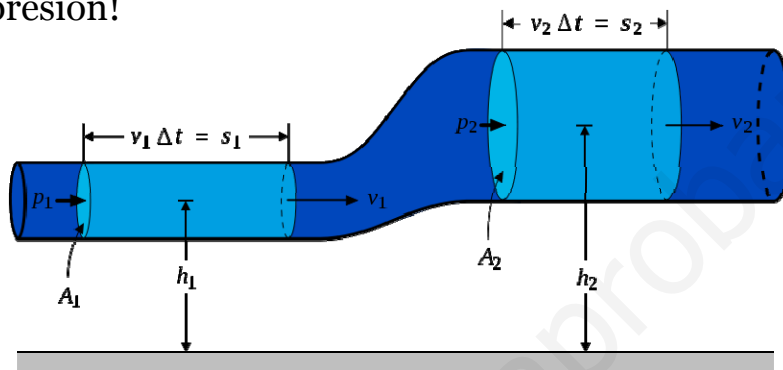
50

## Principio de Bernouilli

- Como la densidad  $\rho = m/V$ , dividiendo por  $V$  y sustituyendo tenemos:

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot h + p = \text{constante}$$

- ¡Notar que todos los sumandos tienen unidades de presión!



51