Física Aplicada a Farmacia

Fernando Herranz
fherranz@pdi.ucm.es

Tutorías L,X,V 17.30
(avisad antes !)

Parte 2ª. ESTADOS DE AGREGACIÓN DE LA MATERIA

TEMA 3. Estado líquido

Propiedades de los líquidos: Densidad, presión y viscosidad de un fluido. Estática de Fluidos: Principio de Pascal y Principio de Arquímedes. Dinámica de Fluidos: ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.

Un **fluido** es un conjunto de moléculas que se ordenan aleatoriamente y se mantienen juntas a partir de fuerzas cohesivas débiles y fuerzas que ejercen las paredes de un contenedor. Tanto líquidos como gases son fluidos.

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

Primero, se considera la mecánica de un fluido en reposo, es decir, *estática de fluidos*, y después se estudian los fluidos en movimiento, *dinámica de fluidos*.

Densidad

Se llama densidad ρ al cociente entre la masa y el volumen que ocupa

$$\rho=m/V$$

Sus unidades son por lo tanto kg/m3. O se pueden usar el litro: 1 l=10^{-3} m^3

Por ejemplo, la densidad del agua es 1 kg/l a la presión de 1 atm y la temperatura de 4 °C.

El cociente de la densidad de una sustancia y la del agua se llama densidad específica de la sustancia

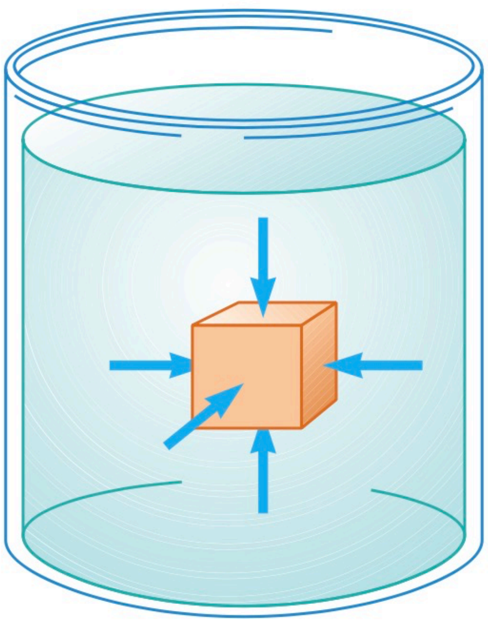
Por ejemplo, la densidad del aluminio es 2.7, lo que significa que un volumen de aluminio tiene 2.7 veces más masa que el mismo volumen de agua

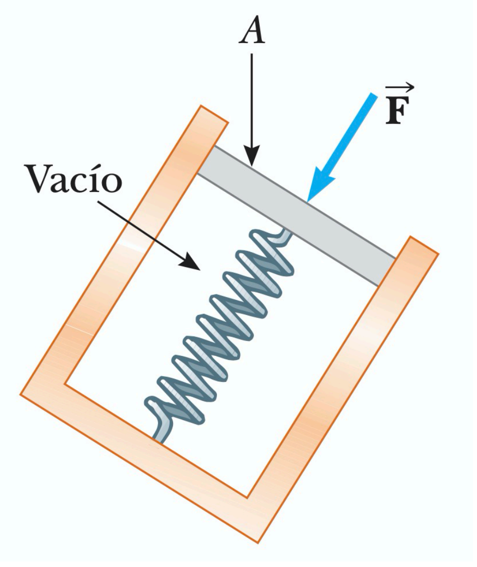
Se suele dar la densidad a una temperatura, pues la densidad de la mayoría de las sustancias varía con esta.

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.

Presión

Los fluidos no soportan esfuerzos cortantes o de tensión; debido a eso, el único esfuerzo que se puede ejercer sobre un objeto sumergido en un fluido estático es el que tiende a comprimir el objeto desde todos los lados. En otras palabras, la fuerza que ejerce el fluido estático sobre un objeto siempre es perpendicular a las superficies del objeto.





$$P \equiv \frac{F}{A}$$

Si la presión varía sobre un área, la fuerza infinitesimal dF sobre un elemento de super- ficie infinitesimal de área dA es

$$dF = P\, dA$$

Las unidades de presión son newtons por metro cuadrado (Nm2) en el sistema SI. Otro nombre para la unidad del SI de presión es **pascal** (Pa):

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ Nm}^2$$

El colchón de una cama de agua mide 2.00 m de largo por 2.00 m de ancho y 30.0 cm de profundidad.

A) Encuentre el peso del agua en el colchón.

B) Encuentre la presión que ejerce el agua sobre el suelo cuando la cama de agua descansa en su posición normal. Suponga que toda la superficie inferior de la cama tiene contacto con el suelo.

Hallar el volumen del agua que llena el colchón:

$$V = (2.00\ \text{m})(2.00\ \text{m})(0.300\ \text{m}) = 1.20\ \text{m}^3$$

Use la ecuación 1.1 y la densidad del agua pura (consulte la tabla 14.1) para encontrar la masa de la cama de agua:

$$M = \rho V = (1\,000\ \text{kg/m}^3)(1.20\ \text{m}^3) = 1.20 \times 10^3\ \text{kg}$$

Encuentre el peso de la cama:

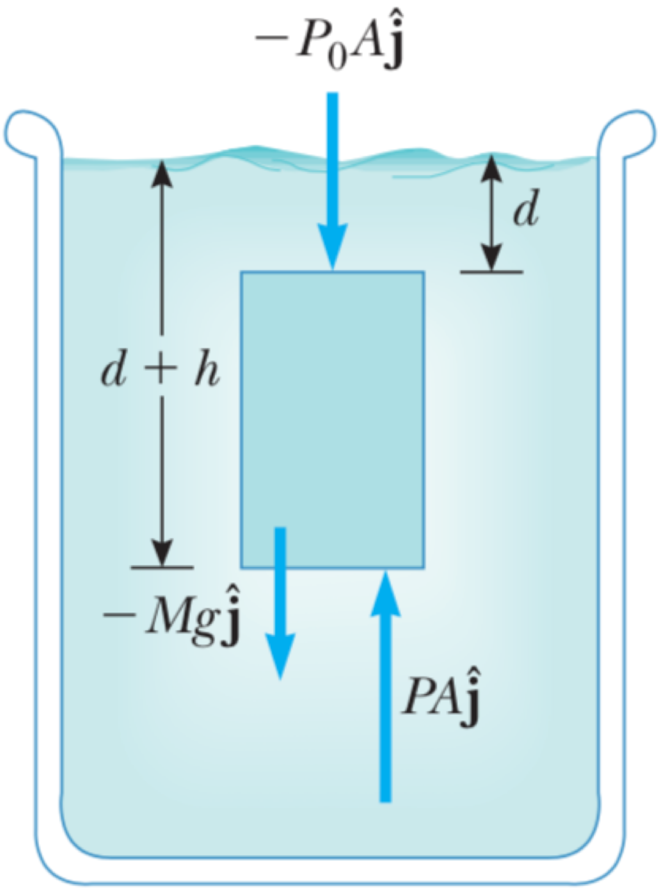
$$Mg = (1.20 \times 10^3\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) = \boxed{1.18 \times 10^4\ \text{N}}$$

Cuando la cama de agua está en su posición normal, el área en contacto con el suelo es 4.00 m^2. Use la ecuación 14.1 para encontrar la presión:

$$P = \frac{1.18 \times 10^4 \text{ N}}{4.00 \text{ m}^2} = \boxed{2.94 \times 10^3 \text{ Pa}}$$

¿Qué pasaría si? ¿Y si la cama de agua se sustituye con una cama regular que se sostiene en sus cuatro patas? Cada pata tiene una sección transversal circular de 2.00 cm de radio. ¿Qué presión ejerce esta cama sobre el suelo?

Variación de la presión con la profundidad



$$\sum \vec{\mathbf{F}} = PA\hat{\mathbf{j}} - P_0A\hat{\mathbf{j}} - Mg\hat{\mathbf{j}} = 0$$

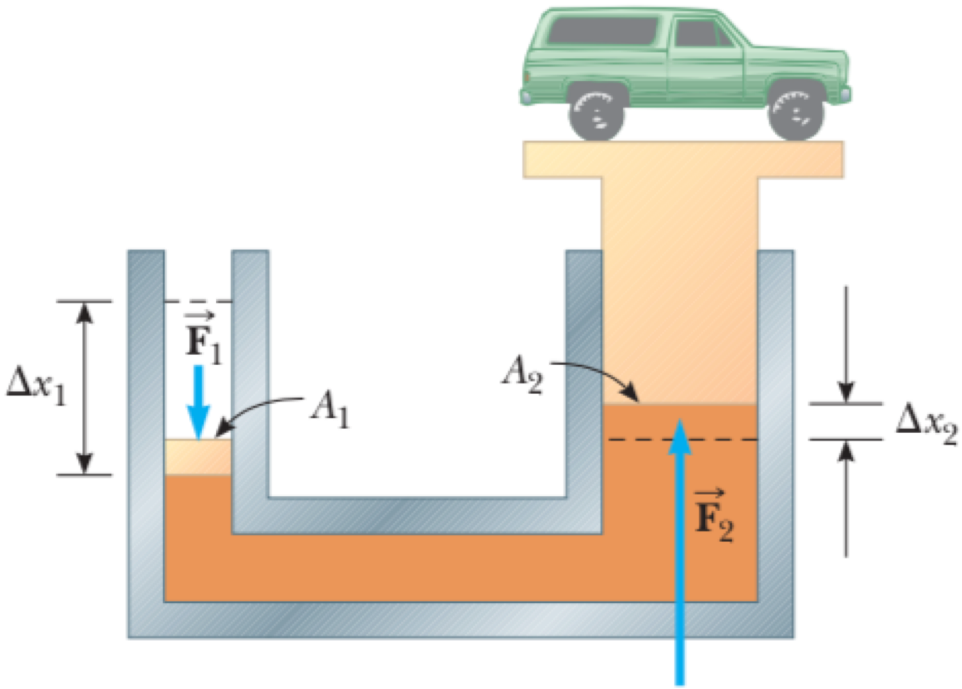
$$PA - P_0A - \rho Ahg = 0$$

$$\boxed{P = P_0 + \rho gh}$$

Es decir: **la presión *P* a una profundidad *h* bajo un punto en el líquido donde la presión es *P*0 es mayor por una cantidad *gh*.**

Ya que la presión en un fluido depende de la profundidad y del valor de P_0, cualquier aumento en presión en la superficie debe transmitirse a todo otro punto en el fluido. Este concepto lo reconoció por primera vez el científico francés Blaise Pascal (1623–1662) y se llama **ley de Pascal: un cambio en la presión aplicada a un fluido se transmite sin disminución a todos los puntos del fluido y a las paredes del contenedor**.

*La **presión** ejercida sobre un **fluido** poco compresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido.*



$$P_1 = P_2$$

$$F_1/A_1 = F_2/A_2$$

$$\mathbf{F_2 = F_1(A_2/A_1)}$$

$$\text{Volumen}_1 = \text{Volumen}_2$$

$$A_1\Delta x_1 = A_2\Delta x_2$$

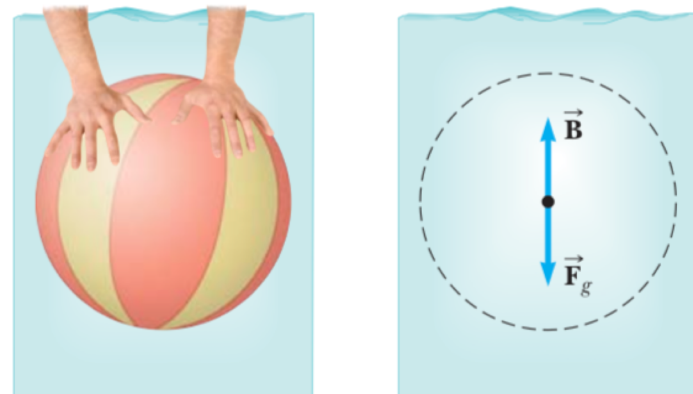
$$\Delta x_1/\Delta x_2 = A_2/A_1$$

$$\Delta x_1/\Delta x_2 = A_2/A_1 = F_2/F_1$$

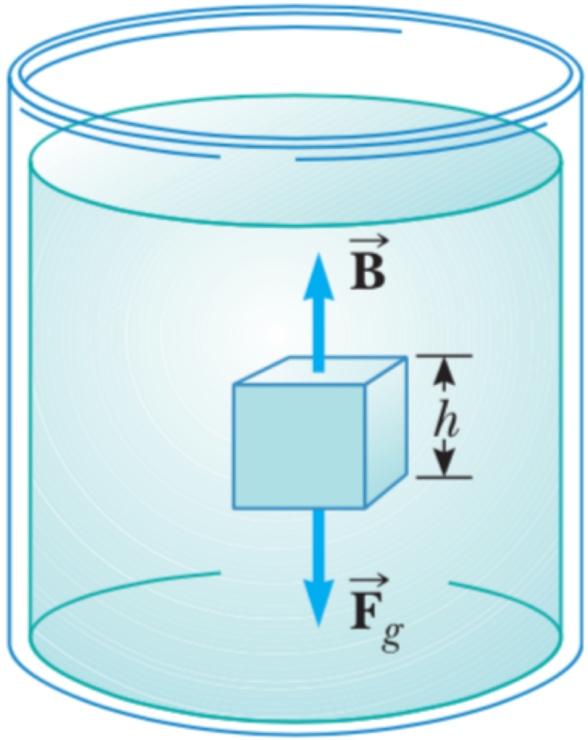
$$\mathbf{F_1\,\Delta x_1 = F_2\,\Delta x_2}$$

Fuerzas de flotación y principio de Arquímedes

La fuerza hacia arriba que un fluido ejerce sobre cualquier objeto sumergido se llama **fuerza de flotación (boyante)**



La fuerza neta aplicada por el fluido que rodea la pe- lota es la misma, sin importar si se aplica a una pelota de playa o a una porción de agua. En consecuencia, **la magnitud de la fuerza de flotación sobre un objeto siempre es igual al peso del fluido desplazado por el objeto**. Este enunciado se conoce como **principio de Arquímedes**.



$$B = (P_{\text{fondo}} - P_{\text{sup}})A = (\rho_{\text{fluido}} g h)A$$

$$\boxed{B = \rho_{\text{fluido}} g V}$$

donde $V = Ah$ es el volumen del fluido desplazado por el cubo. Ya que el producto $\rho_{\text{fluido}} V$ es igual a la masa de fluido desplazado por el objeto,

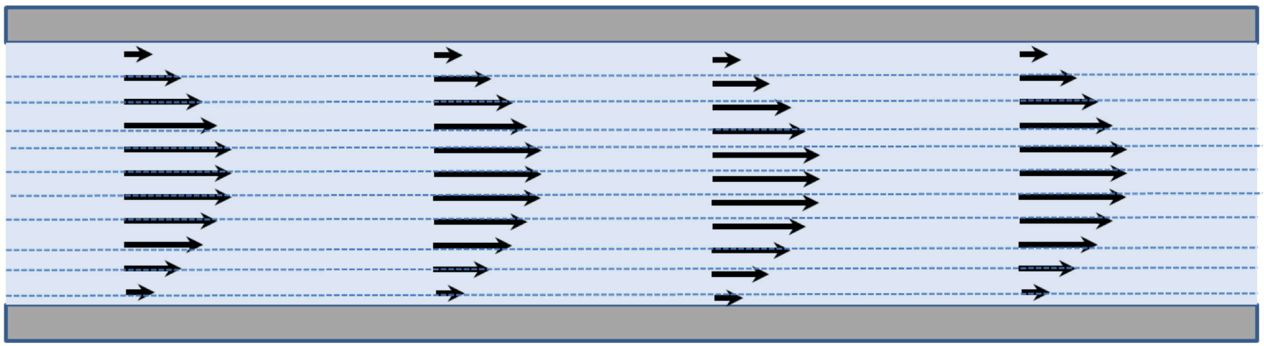
$$B = Mg$$

Viernes 13 de diciembre – 2º parcial
Aula T
16.30-17.30

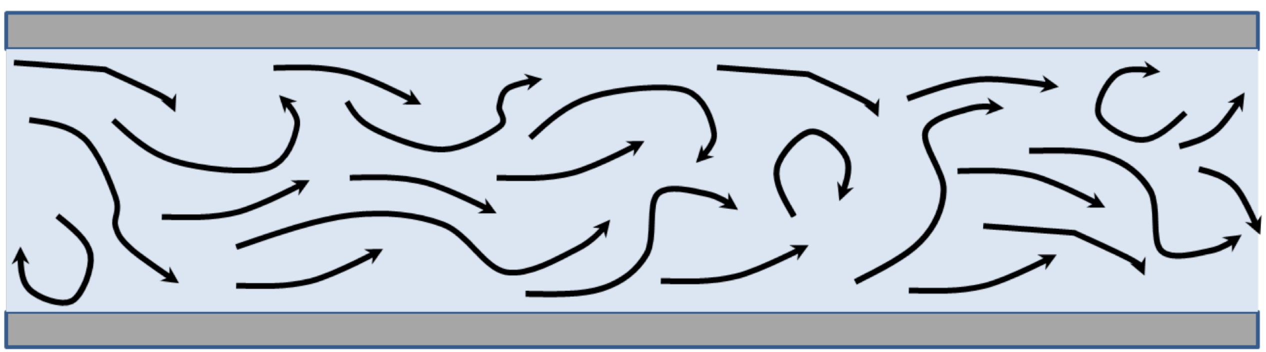
Dinámica de fluidos

fluido es **estable**, o **laminar**, si cada partícula del fluido sigue una trayectoria uniforme de tal modo que las trayectorias de diferentes partículas nunca se cruzan unas con otras.

Sobre cierta rapidez crítica, el flujo de fluido se vuelve **turbulento**. El flujo turbulento es flujo irregular que se caracteriza por pequeñas regiones con forma de remolino



Laminar



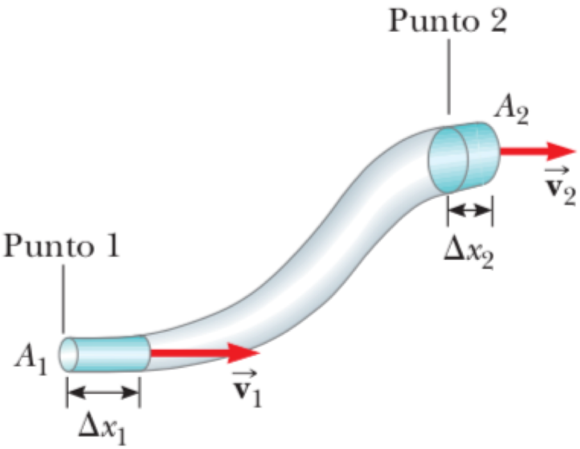
Turbulento

El término **viscosidad** se usa comúnmente en la descripción del flujo de fluido para caracterizar el grado de fricción interna en el fluido. Esta fricción interna, o *fuerza viscosa*, se asocia con la resistencia que tienen dos capas adyacentes de fluido para moverse una en relación con la otra.

Ya que el movimiento de los fluidos reales es muy complejo y no se entiende por completo se usa un modelo de flujo de fluido ideal, con las siguientes cuatro suposiciones:

- El fluido no es viscoso. En un fluido no viscoso, se desprecia la fricción interna. Un objeto que se mueve a través del fluido experimenta fuerza no viscosa.
- El flujo es estable. En flujo estable (laminar), todas las partículas que pasan a través de un punto tienen la misma velocidad.
- El fluido es incompresible. La densidad de un fluido incompresible es constante.

- El flujo es irrotacional. Enf lujo irrotacional el fluido no tiene cantidad de movimiento angular en torno a punto alguno. Si una pequeña rueda de paletas colocada en alguna parte en el fluido no gira en torno al centro de masa de la rueda, el flujo es irrotacional.



En un intervalo de tiempo Δt, un elemento corto del fluido en el extremo inferior de la tubería se mueve una distancia $\Delta x_1 = v_1 \Delta t$.
Si A_1 es el área de sección transversal en esta región, la masa de fluido contenida en la región sombreada izquierda es $m_1 = \rho A_1 \Delta x_1 = A_1 v_1 \Delta t$.
De igual modo, el fluido que se mueve a través del extremo superior de la tubería en el intervalo de tiempo t tiene una masa $m_2 = \rho A_2 \Delta x_2 = A_2 v_2 \Delta t$. .

Sin embargo, ya que el fluido es incompresible y el flujo es estable, la masa de fluido que cruza A_1 en un intervalo de tiempo Δt debe ser igual a la masa que cruza A_2 en el mismo intervalo de tiempo.
Esto es, $m_1 = m_2$ o $\rho A_1 v_1 = \rho A_2 v_2$, lo que significa

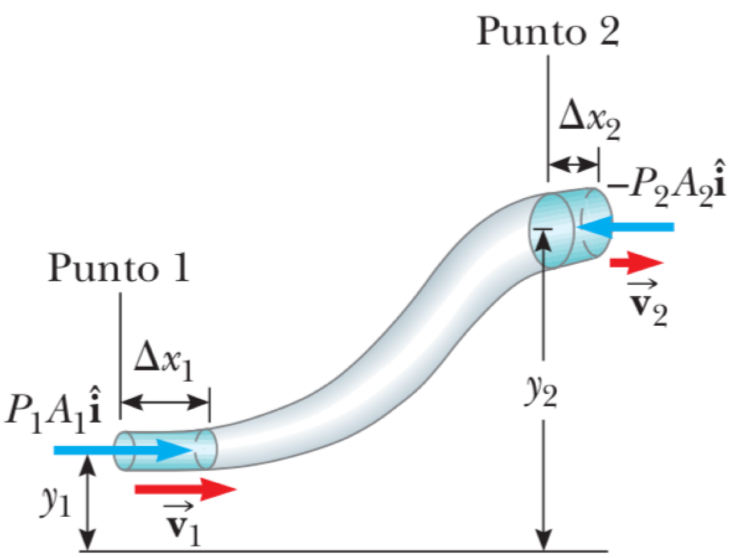
$$\mathbf{A_1 v_1 = A_2 v_2 = constante}$$

Esta expresión se llama **ecuación de continuidad para fluidos**

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = \text{constante}$$

El producto Av se llama flujo volumétrico o relación de flujo

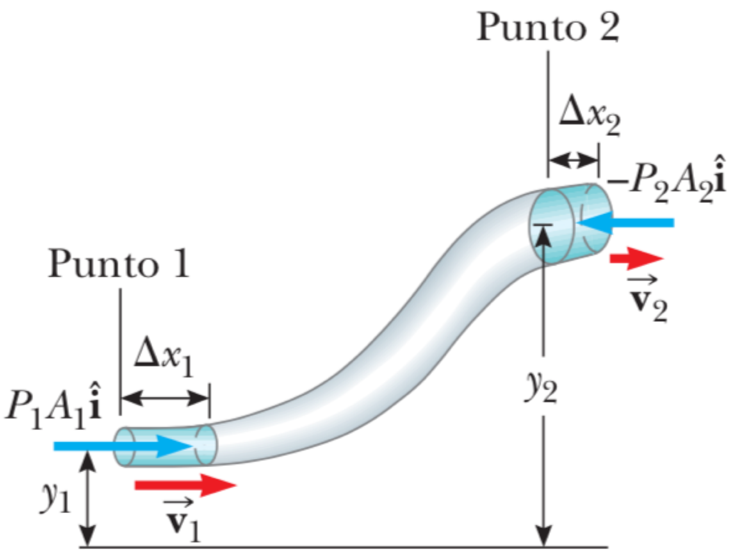
Ecuación de Bernoulli



Ahora considere las fuerzas que se ejercen sobre este segmento por el fluido a la izquierda y a la derecha del segmento. La fuerza que ejerce el fluido sobre el extremo izquierdo tiene una magnitud P_1A_1. El trabajo invertido por esta fuerza sobre el segmento en un intervalo de tiempo Δt es $W_1 = F_1\,\Delta x_1 = P_1A_1\,\Delta x_1 = P_1V$, donde V es el volumen de la porción 1. De forma similar, el trabajo invertido por el fluido a la derecha del segmento en el mismo intervalo de tiempo Δt es $W_2 = -P_2A_2\,\Delta x_2 = -P_2V$. (El volumen de la porción 1 es igual al volumen de la porción 2 porque el fluido es incompresible.) Este trabajo es negativo porque la fuerza sobre el segmento de fluido es a la izquierda y el desplazamiento es a la derecha. Por lo tanto, el trabajo neto invertido en el segmento por dichas fuerzas en el mismo intervalo Δt es

$$W = (P_1 - P_2)V$$

Ecuación de Bernoulli



Parte de este trabajo va a cambiar la energía cinética del segmento de fluido, y parte va a cambiar la energía potencial gravitacional del sistema segmento–Tierra. Ya que se supone flujo en líneas de corriente, la energía cinética $K_{\text{no somb}}$ de la porción no sombreada del segmento en la figura 14.18 no cambia durante el intervalo de tiempo. En consecuencia, el cambio en la energía cinética del segmento de fluido es

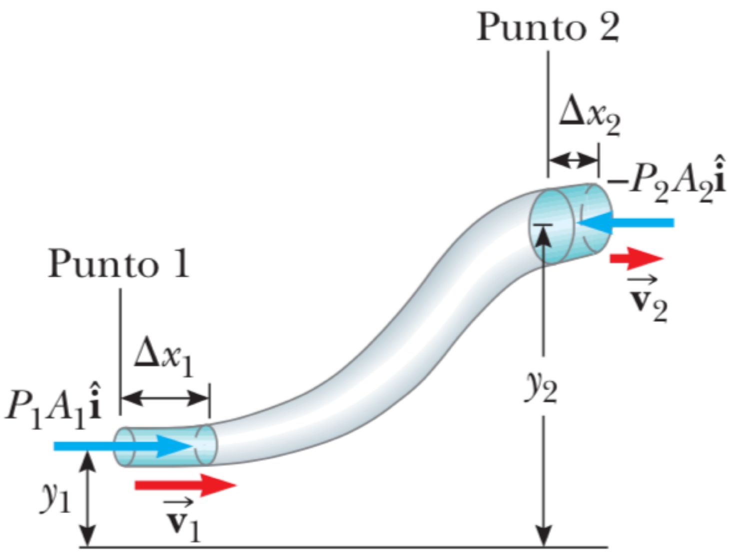
$$\Delta K = \left(\tfrac{1}{2}mv_2^{\ 2} + K_{\text{no somb}}\right) - \left(\tfrac{1}{2}mv_1^{\ 2} + K_{\text{no somb}}\right) = \tfrac{1}{2}mv_2^{\ 2} - \tfrac{1}{2}mv_1^{\ 2}$$

donde m es la masa de las porciones 1 y 2. (Ya que los volúmenes de ambas porciones son iguales, también tienen la misma masa.)

Al considerar la energía potencial gravitacional del sistema segmento–Tierra, una vez más no hay cambio durante el intervalo de tiempo para la energía potencial gravitacional $U_{\text{no somb}}$ asociada con la porción no sombreada del fluido. En consecuencia, el cambio en energía potencial gravitacional es

$$\Delta U = (mgy_2 + U_{\text{no somb}}) - (mgy_1 + U_{\text{no somb}}) = mgy_2 - mgy_1$$

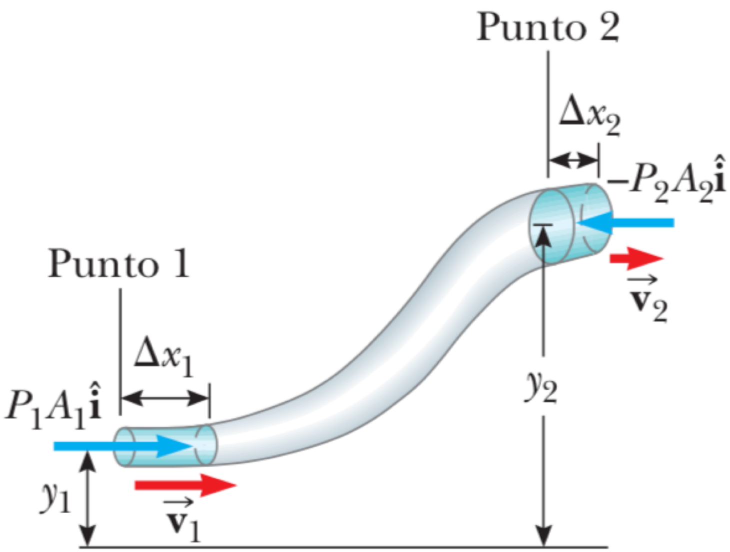
Ecuación de Bernoulli



el trabajo total invertido en el sistema por el fluido afuera del segmento es igual al cambio en energía mecánica del sistema: $W = \Delta K + \Delta U$. Al sustituir para cada uno de estos términos se obtiene

$$(P_1 - P_2)V = \tfrac{1}{2}mv_2^2 - \tfrac{1}{2}mv_1^2 + mgy_2 - mgy_1$$

Ecuación de Bernoulli



Si divide cada término entre la porción de volumen V y recuerda que $\rho = m/V$, esta expresión se reduce a

$$P_1 - P_2 = \tfrac{1}{2}\rho v_2^{\,2} - \tfrac{1}{2}\rho v_1^{\,2} + \rho g y_2 - \rho g y_1$$

Al reordenar términos se obtiene

$$P_1 + \tfrac{1}{2}\rho v_1^{\,2} + \rho g y_1 = P_2 + \tfrac{1}{2}\rho v_2^{\,2} + \rho g y_2$$

que es la **ecuación de Bernoulli** como se aplica a un fluido ideal. Esta ecuación con frecuencia se expresa como

$$\boxed{P + \tfrac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y = \text{constante}}$$

Resumen

DEFINICIONES

La **presión** P en un fluido es la fuerza por unidad de área que ejerce el fluido sobre una superficie:

$$P \equiv \frac{F}{A} \tag{14.1}$$

En el sistema SI, la presión tiene unidades de newtons por metro cuadrado (N/m^2) y $1\ N/m^2 = 1$ **pascal** (Pa).

CONCEPTOS Y PRINCIPIOS

La presión en un fluido en reposo varía con la profundidad h en el fluido de acuerdo con la expresión

$$P = P_0 + \rho g h \tag{14.4}$$

donde P_0 es la presión en $h = 0$ y ρ es la densidad del fluido, que se supone uniforme.

La **ley de Pascal** afirma que, cuando se aplica presión a un fluido encerrado, la presión se transmite sin disminución a cualquier punto en el fluido y a todos los puntos en las paredes del contenedor.

Cuando un objeto está parcial o completamente sumergido en un fluido, el fluido ejerce sobre el objeto una fuerza hacia arriba llamada **fuerza de flotación (boyante)**. De acuerdo con el **principio de Arquímedes**, la magnitud de la fuerza de flotación es igual al peso del fluido desplazado por el objeto:

$$B = \rho_{\text{fluido}} g V \tag{14.5}$$

La relación de flujo (flujo volumétrico) a través de una tubería que varía en el área de sección transversal es constante; esto es equivalente a afirmar que el producto del área transversal A y la rapidez v en cualquier punto es una constante. Este resultado se expresa en la **ecuación de continuidad para fluidos**:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = \text{constante} \tag{14.7}$$

La suma de la presión, energía cinética por unidad de volumen y energía potencial gravitacional por unidad de volumen, tiene el mismo valor en todos los puntos a lo largo de una línea de corriente para un fluido ideal. Este resultado se resume en la **ecuación de Bernoulli**:

$$P + \tfrac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y = \text{constante} \tag{14.9}$$