

¡Eureka!

Se dice que Arquímedes al descubrir este fenómeno cuando se bañaba en una bañera con agua exclamó la célebre expresión «¡Eureka!», que en griego significa «¡Lo he encontrado! », pues había dado con un medio para poder calcular la masa de un cuerpo de forma irregular, y con ello el peso y la densidad, mediante su sumersión.





Conceptos iniciales





Siempre que un objeto flota o está sumergido por completo en un fluido, está sujeto a una fuerza de flotación.



Usted también necesita aprender acerca de la estabilidad de los cuerpos que flotan o están sumergidos, para asegurarse de que permanecerán en la orientación apropiada.



La flotabilidad es la tendencia que tiene un fluido a ejercer una fuerza que da apoyo a un cuerpo que está sobre él.



La estabilidad se refiere a la capacidad que tiene un cuerpo de regresar a su posición original después de inclinarse con respecto de un eje horizontal.



En la vida cotidiana





¿En dónde ha visto objetos que flotan en el agua u otros fluidos? Como ejemplo tenemos cualquier tipo de embarcación, una boya y usted mismo en una piscina o en un lago.



¿En dónde ha observado objetos sumergidos por completo en un fluido? Un submarino, trastos en un lavadero y un buceador son ejemplo de ello.

Piense al menos otras cinco situaciones en que haya observado o sentido la tendencia que tiene un fluido de dar apoyo a algo. De ser posible discuta con sus compañeros al respecto.



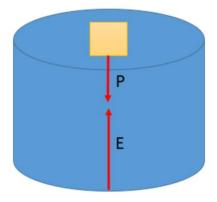




Casos principio de Arquímedes



l) Si la magnitud del peso del cuerpo es menor a la magnitud de empuje. La magnitud del peso del cuerpo es menor a la magnitud del empuje que recibe. Flota debido a que desaloja la menor cantidad del líquido que su volumen.

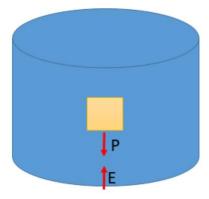




Casos principio de Arquímedes



2) Si la magnitud del peso es igual a la magnitud de empuje La magnitud del peso del cuerpo es igual a la magnitud del empuje que recibe, esto hará que el cuerpo permanezca en equilibrio, o lo que hace alusión a tener el cuerpo sumergido dentro del líquido.

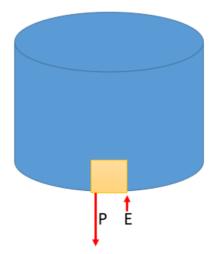




Casos principio de Arquímedes



3) Si la magnitud del peso del cuerpo es mayor que la magnitud del empuje La magnitud del peso del cuerpo es mayor a la magnitud del empuje, y lógicamente al estar completamente sumergido el cuerpo desalojará un volumen del líquido igual a su volumen (cuerpo se hunde)













$$F_B = \gamma \cdot V$$

Donde:

 $\gamma = \rho \cdot g$

 ρ = densidad

g = gravedad



Donde:

 F_B = Fuerza de flotación (o empuje, E)

 γ = Peso específico del fluido

V = Volumen desplazado del fluido



Ideas importantes



Nota 1

Nota 2

Nota 3

El análisis de problemas que tienen que ver con la flotabilidad requiere que se aplique la ecuación de equilibrio estático en la dirección vertical: $\sum F = 0$

Cuando un cuerpo flota libremente desplaza el volumen suficiente de fluido para balancear su propio peso

Para que un cuerpo flote en cualquier fluido, su densidad **promedio debe ser** menor a la del fluido

Supone que el objeto permanece en reposo en el fluido



Pasos generales



- Determinar el objetivo para la solución del problema. ¿Va a encontrarse una fuerza, peso, volumen o peso específico?
- 2. Dibujar un diagrama de cuerpo libre del objeto en el fluido. Mostrar todas las fuerzas que actúen sobre el cuerpo libre en dirección vertical, inclusive el peso del cuerpo, la fuerza de flotación y todas las fuerzas externas. Si no se conoce la dirección de alguna fuerza, hay que suponer la dirección más probable e indicarla sobre el cuerpo libre.
- 3. Escribir la ecuación de equilibrio estático en la dirección vertical = 0, con el supuesto de que la dirección positiva es hacia arriba.
- 4. Resolver para lo que se quiere: fuerza, peso, volumen o peso específico.







Ejercicios



Ejemplo 1: Planteamiento

¿Qué fuerza de flotación actúa sobre un globo esférico de 30 cm de diámetro lleno de helio que flota en el aire, si la densidad del aire es: $\rho_{aire}=1.29\,\frac{kg}{m^3}$ *Desprecie el peso del globo







Ejemplo 1: Razonamiento



Se tiene que el helio es "más ligero", es decir, menos denso que el aire. Ya que el globo desplaza aire, actúa sobre él una fuerza de flotación Fb igual al peso del volumen de aire que desplaza el globo. Para obtener dicho peso primero se calcula el volumen del globo, posteriormente se utiliza la densidad del aire para calcular la masa y el peso de ese volumen de aire. Se debe asumir que el globo es una esfera.

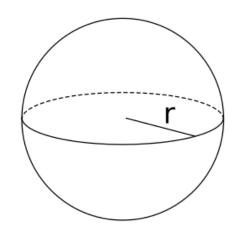




Recordar

$$Volumen = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

siendo r el radio de la esfera









$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (0.30)^3 = 0.11 \, m^3$$

Datos

$$\rho_{aire} = 1.29 \frac{Kg}{m^3}$$
 $r = 30 \ cm = 0.30 \ m$
 $F_b = ?$

Entonces el peso del aire desplazado por el volumen del globo, que es la magnitud de la fuerza de flotación hacia arriba es:

$$F_b = m_{aire} \cdot g = (\rho_{aire} \cdot V)g = (1.29 \frac{Kg}{m^3})(0.11 m^3)(9.8 \frac{m}{s^2})$$



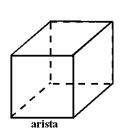
$$F_b = 1.4 N$$

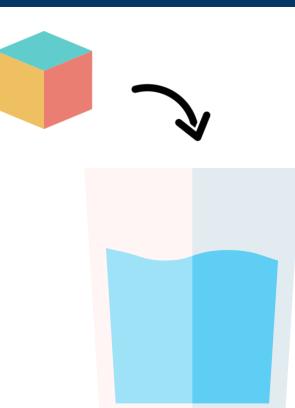


Ejemplo 2: Planteamiento



Se pesa un cubo de 10 cm de arista en el aire dando como resultado 19 N y a continuación se pesa sumergido en agua dando un valor de 17 N. Determine el peso aparente, el empuje y la densidad.









El peso aparente es el peso del objeto sumergido en un fluido, o lo que es lo mismo, la resultante del peso real y el empuje. Por lo tanto, **el peso aparente es 17N**, y el empuje se calcula de la siguiente manera:



$$P_{aparente} = P - E$$

Sustituyendo, peso aparente de 17 N y peso en el aire de 19 N se puede obtener el empuje (cabe destacar que es lo mismo que Fb) 17 = 19 - E

$$E = 2 N$$







Para calcular la densidad, se necesita la masa y el volumen. La masa se obtiene del peso fuera del fluido, y el volumen, calculándolo a partir de las dimensiones del cubo:



Se tiene que $P=m\cdot g$, por lo tanto se puede despejar la masa:

$$19 = m \cdot 9.8$$

$$m = 1.94 \ kg$$





Para calcular la densidad también se requiere el volumen del cubo, el cual se calcula según la siguiente fórmula:



 $V=a^3$, donde "a" es la arista del cubo. Por lo tanto el volumen del cubo será:

$$V = (0.1 m)^3$$

$$V = 0.001 m^3$$





Finalmente la densidad se puede calcular mediante la siguiente fórmula:



$$\rho = \frac{m}{V}$$

Por lo tanto la densidad del cubo es:

$$\rho = \frac{1.94 \ kg}{0.001 m^3}$$

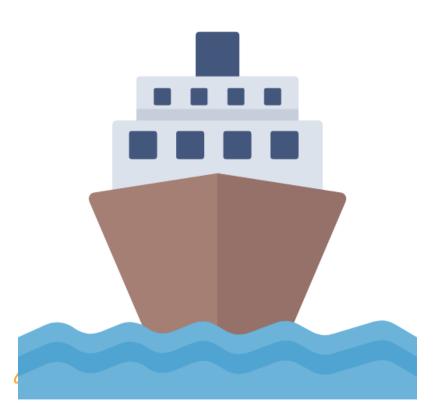
$$\rho = 1938.76 \, \frac{kg}{m^3} \qquad \longleftarrow$$





Ejemplo 3: Planteamiento





Calcule el volumen que se encuentra sumergido en un barco de 10000 toneladas si la densidad del agua del mar es $1030 \ \frac{kg}{m^3}$



Ya que el barco está flotando, se encuentra en equilibrio (es decir, se tiene la situación de P = E).

*Nota: la masa se debe pasar de toneladas a kg, 10000 toneladas = $(10 \cdot 10^6)$ kg

Se tiene que:

$$P = m_{objeto} \cdot g$$

$$E = \rho_{fluido} \cdot V_{fluido} \cdot g$$

Por lo tanto:

$$m_{objeto} \cdot g = \rho_{fluido} \cdot V_{fluido} \cdot g$$

 $(10 \cdot 10^6) \cdot 9.8 = 1030 \cdot V_{fluido} \cdot 9.8$



$$V_{fluido} = 9708,7 m^3$$



Ejemplo 4: Planteamiento



Una bola de acero de 5 cm de radio se sumerge en agua. Calcule el empuje que sufre y la fuerza resultante $\rho_{plomo}=7.9\,\frac{g}{cm^3}\,$ ¿La esfera se hunde?









Para calcular el empuje resultante, recuerda que Empuje = "peso del volumen de agua desalojada".

Por lo tanto, se necesita saber la masa del agua desalojada, para lo que se requiere primeramente calcular el volumen de la bola y saber la densidad del agua 1000 g/L o 1 kg/L



Se calcula el volumen de la esfera según la siguiente fórmula:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 0.05^3 = 5.23 \cdot 10^{-4} m^3 = 0.524 L$$



A continuación, calcular la masa de agua conociendo que la densidad del agua es 1 kg/L y el volumen 0.524 L

La fórmula de densidad es la siguiente:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Sustituyendo:

$$1 = \frac{m}{0.525}$$
 por lo tanto $m = 0.524 \text{ kg}$





Una vez conocida la masa, se calcula el empuje Según la siguiente fórmula:

$$E = m \cdot g$$

$$E = 0.524 \cdot 9.8 = 5.14 N$$





A continuación se calcula la fuerza resultante. Aquí actúan dos fuerzas: el empuje del agua hacia arriba y el peso de la bola hacia abajo. Hay que calcular la masa de la esfera empleando la densidad del acero para posteriormente obtener el peso:

$$\uparrow$$

$$ho_{plomo} = 7.90 \; rac{g}{cm^3} \; , \; m_{esfera} = \rho \cdot V = 7.90 \; \cdot 5.23 \cdot 10^{-4} = 4.13 \; kg$$











Se tiene que $m_{esfera} = 4.132 \ kg$ por lo tanto el peso de la esfera se puede dar según la siguiente expresión:

$$P = m \cdot g = 4.132 \cdot 9.8 = 40.49 N$$

La fuerza resultante está dada por:

$$F = P - E$$

$$F = 40.49 - 5.14 = 35.35 N$$



Como P > E, la bola **se hunde** (lo cual es lógico, teniendo en cuenta que es de plomo).

Ejemplo 5: Planteamiento





Un iceberg tiene una densidad de $920 \, \frac{kg}{m^3}$ y flota en la superficie del agua de mar, cuya densidad es de $1030 \, \frac{kg}{m^3}$ ¿Qué fracción del iceberg se encuentra sobre la superficie del mar?

Nota: la fracción del iceberg queda en términos del volumen del iceberg





Un objeto flotante experimenta un empuje igual a su peso, ya que está en equilibrio en la superficie:

$$P = E$$



$$m_{objeto} \cdot g = \rho_{fluido} \cdot V_{fluido\ desplazado} \cdot g$$

$$(\rho_{objeto} \cdot V_{objeto}) \cdot g = \rho_{fluido} \cdot V_{fluido\ desplazado} \cdot g$$



La gravedad se puede cancelar ya que está en ambos lados de la expresión, simplificando se obtiene:

$$\frac{\rho_{objeto}}{\rho_{fluido}} \cdot V_{objeto} = V_{fluido \ desplazado}$$



$$\frac{920}{1030} \cdot V_{objeto} = V_{fluido\ desplazado} \rightarrow \mathbf{0.89} \cdot V_{objeto} = V_{fluido\ desplazado}$$



Ejercicio extra 🤙





Resuelva el siguiente ejercicio y compare sus respuestas.

Al sumergir una piedra de 2.5 Kg en agua, comprobamos que tiene un peso aparente de 20 N. Sabiendo que la gravedad es 9.8 m/s2 y la densidad del agua 1000 kg/m3, calcular:

- a) El empuje que sufre dicha piedra (R/E = 4.5 N)
- **b)** El volumen de la piedra (R/ $V = 4.59 \cdot 10^{-4} m^3$)
- c) La densidad de la piedra (R/ $\rho_{piedra} = 5446.62 \frac{kg}{m^3}$)





Referencias bibliográficas





- (1) Kane, J.; Sternheim, M.; Franconi, C.; Magrini, A. *Fisica Biomedica*; Edizioni medico scientifiche internazionali: Roma, 2008.
- (2) Mott, R. *Mecánica De Fluidos*; 6th ed.; Pearson Educación: Naucalpan de Juárez, 2006.
- (3) Tipler, P. *Física Preuniversitaria*; Reverté: Barcelona, 2006.
- (4) Wilson, J.; Buffa, A.; Lou, B. *Física*; 6th ed.; Pearson Educación: Distrito Federal, 2011.

TCU-565

Apoyo y promoción de las ciencias en la educación costarricense







Vicerrectoría de Acción Social