Curso Física 1 para Bio-Geociencias (FI252) 2024

Clase de consultas generales en forma virtual: jueves de 20:00 a 21:30 por Zoom (enlace del teórico virtual)

ATENCIÓN: Se recuerda que en el Salón de Actos no se pueden ingerir alimentos ni beber bebidas o tomar mate….

Curso Física 1 para Bio-Geociencias (FI252) 2024

La clase pasada hablamos de:

- Características del curso.
- La Ciencia y el método científico.
- La Física y sus características.
- Modelos en física.
- Magnitudes fundamentales de la física.
- Mediciones y errores asociados.
- Notación científica.
- Cifras significativas (ejemplos).
- Estimaciones y cálculos aproximados (ejemplo).

¿Alguna pregunta o aclaración?

Ejemplo: Ejercicio 1.8

Estime cuántos átomos hay en su cuerpo. *(Sugerencia: Con base en sus conocimientos de biología y química, ¿cuáles son los tipos de átomos más comunes en su cuerpo? ¿Qué masa tiene cada tipo? Encuentre la masa atómica de los elementos para el cálculo.*

Camino largo…
Busco la composición atómica del cuerpo humano… en Wikipedia "Composición del cuerpo humano" https://es.wikipedia.org/wiki/Composici%C3%B3n_del_cuerpo_humano
Ahí obtengo el % en masa y atómico de los distintos elementos.

Uso la composición de elementos en % de masa del cuerpo humano y masa atómica de cada elemento en u (unidad de masa atómica), 1 u = $1{,}661 \times 10^{-27}$ kg y supongo una masa d ela persona de 70 kg
El número de átomos de c/u de los elementos lo podemos calcular:

$$N^{\circ}\ \acute{a}tomos\ elemento\ X = \frac{masa\ persona \times \%\ masa\ del\ elemento}{masa\ at\acute{o}mica\ en\ u\ de\ el.X \times 1{,}661 \times 10^{-27}\ kg/u}$$

$$N^{\circ}\ \acute{a}tomos\ O = \frac{70{,}0 \times 0{,}65}{15{,}999 \times 1{,}661 \times 10^{-27}\ kg/u} = 1{,}712 \times 10^{+27}$$

Esto lo hago para c/u de los principales elementos y luego sumo la cantidad de átomos de c/u de estos elementos.

Ejemplo: Ejercicio 1.8

Elemento	u	% masa	6.47546E+27
O	15.999	65	1.71218E+27
C	12.011	18.5	6.49114E+26
H	1.00784	9.5	3.97247E+27
N	14.0057	3.2	9.62883E+25
Ca	40.078	1.5	1.5773E+25
P	30.9738	1	1.36061E+25
K	39.098	0.4	4.31155E+24
S	32.065	0.3	3.94292E+24
Na	22.9898	0.2	3.66626E+24
Cl	35.453	0.2	2.37742E+24
Mg	24.305	0.1	1.73393E+24

$6{,}5\times10^{27}$ átomos
$\sim10^{28}$ átomos

Serían: ***6×10^{27} átomos*** $\sim$**10^{28} átomos para una persona de 70 kg**

Ejemplo: Ejercicio 1.8

Veamos algo más fácil, como lo haría Fermi…

Puedo suponer que el ser humano está compuesto por 100% de agua (H_2O).

La masa de una molécula de agua vale:

18 g/mol = 18×10^{-3} kg/($6{,}022\times10^{23}$ moléculas/mol) = $2{,}99\times10^{-23}$ kg

Por tanto si la masa de la persona es de 70 kg, entonces el número de átomos será:

$$\frac{70\ kg}{2{,}99\times10^{-23}\ kg/molécula}\times\frac{3\ átomos}{molécula}=7{,}02\times10^{27}\,átomos$$

Serían: ***7×10^{27} átomos*** **$\sim10^{28}$ átomos**

Obtengo el mismo orden de magnitud: 10^{28} !!!

En forma similar podemos estimar que el número de átomos de la Tierra es de 10^{50}

Leyes de Escala

¿Son posibles estas criaturas de este tamaño?

Leyes de escalas

Parece que una hormiga es increíblemente fuerte respecto a su tamaño: puede cargar el peso de varias hormigas.
Sin embargo, un elefante no podría cargar a otro elefante.
Si hiciéramos una hormiga del tamaño de un elefante, ¿sería una súper-hormiga?

Veremos que no es posible la existencia de una hormiga de tal tamaño…

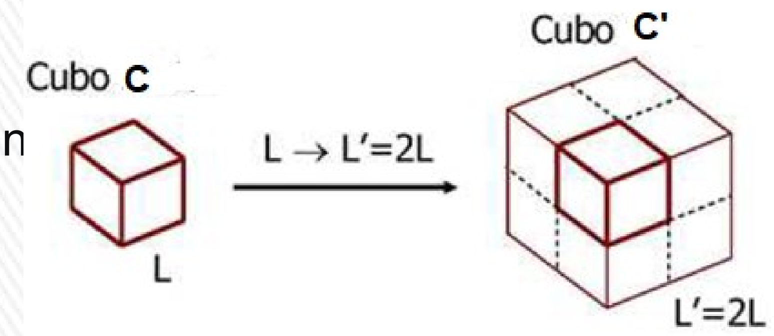
Galileo (1638, “Dos nuevas ciencias”) cuando una forma crece en tamaño, su volumen crece más rápido que su superficie.

"Cuando un objeto crece sin cambiar de forma, de modo que una longitud característica del mismo (por ejemplo, su altura) se multiplica por un factor, su superficie se multiplica por el cuadrado de ese factor, en tanto que su volumen se multiplica por el cubo de su factor.”

Ley cuadrática-cúbica…

Leyes de escalas

Cómo varían con el tamaño de un objeto las magnitudes longitud, área y volumen.



Dos cubos: C con arista L y C' con arista L'= 2L.
El segundo cubo, es mayor que el primer cubo, con un factor de escala k, con $k = 2$.

El **factor de escala (k)** es la razón de longitudes correspondientes en dos figuras semejantes (también se le llama **razón de semejanza**).

Dos cuerpos son semejantes cuando la razón entre las dimensiones lineales que lo caracterizan es la misma, cualesquiera que sean éstas

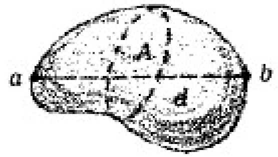
Si comparamos **áreas**, una cara de C' tiene 4 veces el área de una cara de C: la razón entre estas áreas es $k^2 = 2^2 = 4$. Es decir: $S' = 2^2 S = 4S$
Volumen, volumen de C' es 8 veces volumen de C, razón de volúmenes es: $k^3 = 2^3 = 8$. Es decir: $V' = 2^3 V = 8V$

$\mathbf{S = 6 L^2}$
$\mathbf{V = L^3}$ por lo tanto: $L = V^{1/3}$
Entonces: $S = 6 L^2 = 6 (V^{1/3})^2 = 6 V^{2/3}$

$\mathbf{S = 6V^{2/3}}$
es una relación que se cumple para cualquier cubo.
Relación cúbica-cuadrática para los cubos.

Este resultado, obvio para un cubo, es también cierto para cualquier par de figuras o cuerpos semejantes, prescindiendo de la forma.

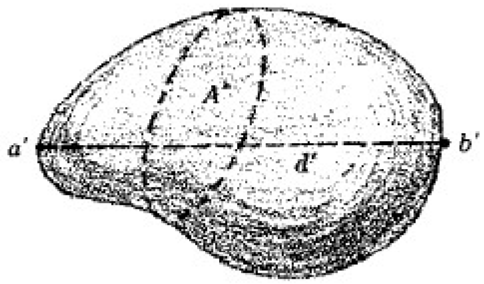
Leyes de escalas



Dos figuras cualesquiera semejantes de distinto tamaño, su factor de escala *k*, es el cociente de longitudes correspondientes de las figuras

$$k = \frac{d'}{d}$$

Como son semejantes, el factor de escala *k* es el mismo para dos longitudes cualesquiera.
La razón entre las áreas transversales *A* y *A'* vale: $\frac{A'}{A} = k^2$



La razón entre los volúmenes *V* y *V'* vale: $\frac{V'}{V} = k^3$

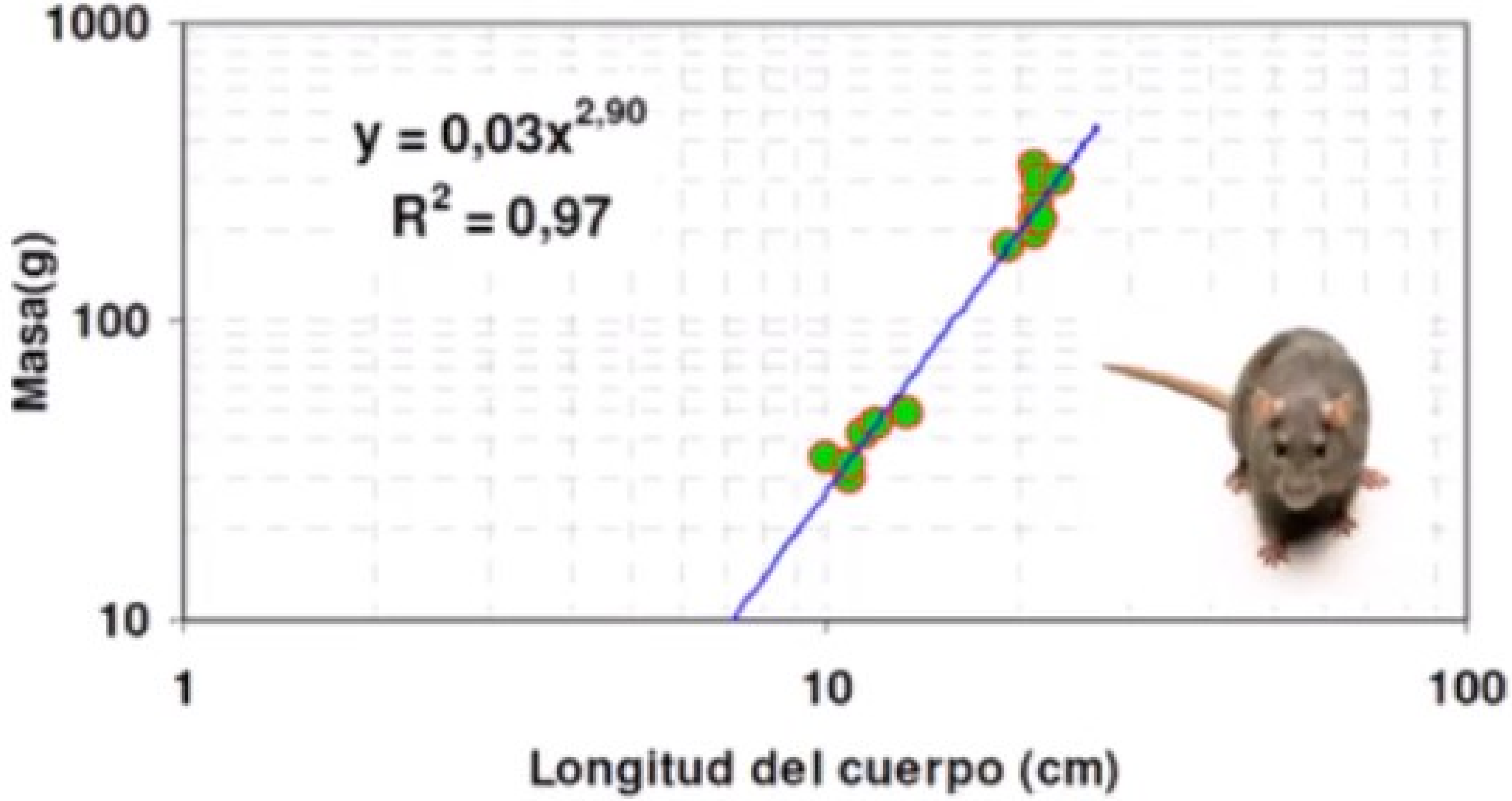
La importancia de estas relaciones se debe a que ciertas propiedades físicas dependen del volumen y otras dependen del área.

Ejemplo: el peso de un animal depende de su volumen.
Si W y W' son los pesos de dos animales de la misma forma, se puede escribir:

W= aV y *W'= aV'*
donde *a* es una constante de proporcionalidad igual para c/u.
Se cumple:

$$\frac{W'}{W} = \frac{aV'}{aV} = \frac{V'}{V} = k^3$$

Hay ratones que guardan una relación casi cúbica entre la masa y la longitud del cuerpo.



La importancia de estas relaciones se debe a que ciertas propiedades físicas dependen del volumen y otras dependen del área.
La masa y el peso son proporcionales al volumen.
Mientras que la fuerza de cualquier organismo depende del área de la sección transversal, es decir de la superficie.

EJEMPLO: Ejercicio 10

Una mujer de 1,55 m de altura pesa 50 kg. ¿Cuánto pesaría una mujer de 1,70 m y forma semejante?

Datos: L= 1,55 m; W= 50 kg; L'= 1,70 m

Modelamos a las mujeres como semejantes, entonces su factor de escala *k* vale:

$$k = \frac{L'}{L} = \frac{1{,}70}{1{,}55} = 1{,}09677$$

Por lo visto, el peso varía en función de k^3:

$$W' = k^3 W = (1{,}09677)^3 (50) = 65{,}966$$

Expresando el resultado con dos cifras significativas: **W'= 66 kg**

Leyes de escalas

Si aumento el tamaño (dimensiones lineales) de un cuerpo en un cierto factor, conservando su forma, su superficie (área) aumentará como el cuadrado de ese factor y su volumen como el cubo.
Este fenómeno se suele expresar con la notación: $S \propto l^2$ $V \propto l^3$

A partir de estas relaciones podemos escribir la siguiente relación entre dos cuerpos 1 y 2:

$$\frac{S_2}{S_1} = \left(\frac{l_2}{l_1}\right)^2 = \left(\left(\frac{l_2}{l_1}\right)^3\right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Si tomamos S_1 *y* V_1 *como valores iniciales para un cuerpo cualquiera, resulta* que cuando extrapolamos a tamaños distintos, la relación entre la nueva superficie *S y el nuevo volumen V es:* $S = KV^{\frac{2}{3}}$ **Ley cuadrática-cúbica**

para el cubo vimos que K=6

K constante que depende de los valores iniciales, es decir, de la forma del cuerpo.

Para esferas: superficie S = 4π*R*^{2} *y volumen V*= 4π*R*^{3}*/3, (R es el radio),*
R = (3V/4π)$^{1/3}$ *entonces relación entre superficie y* volumen es:

$$S = 4\pi R^2 = 4\pi\left(\left(\frac{3V}{4\pi}\right)^{\frac{1}{3}}\right)^2 = 3^{\frac{2}{3}}(4\pi)^{\frac{1}{3}}V^{\frac{2}{3}} \cong 4{,}84 \times V^{\frac{2}{3}} = 4{,}84 \times V^{0{,}667}$$

La esfera es el cuerpo con menor superficie para un volumen dado. Para un cuerpo con cualquier otra forma, el coeficiente *K* será siempre más grande que 4,84.

Leyes de escalas

Este tipo de relaciones se les llama **leyes de escala isométricas.**

Es útil visualizar las relaciones del tipo $y = kx^a$ *en gráficos en los que se representen* en abscisas y ordenadas los logaritmos (decimales o neperianos) de los parámetros en lugar de los parámetros mismos. Usando las propiedades de los logaritmos: $\log(y) = \log(k) + a.\log(x)$

Para el caso que estamos considerando, tendríamos: $\log S = \log K + \frac{2}{3}\log V$

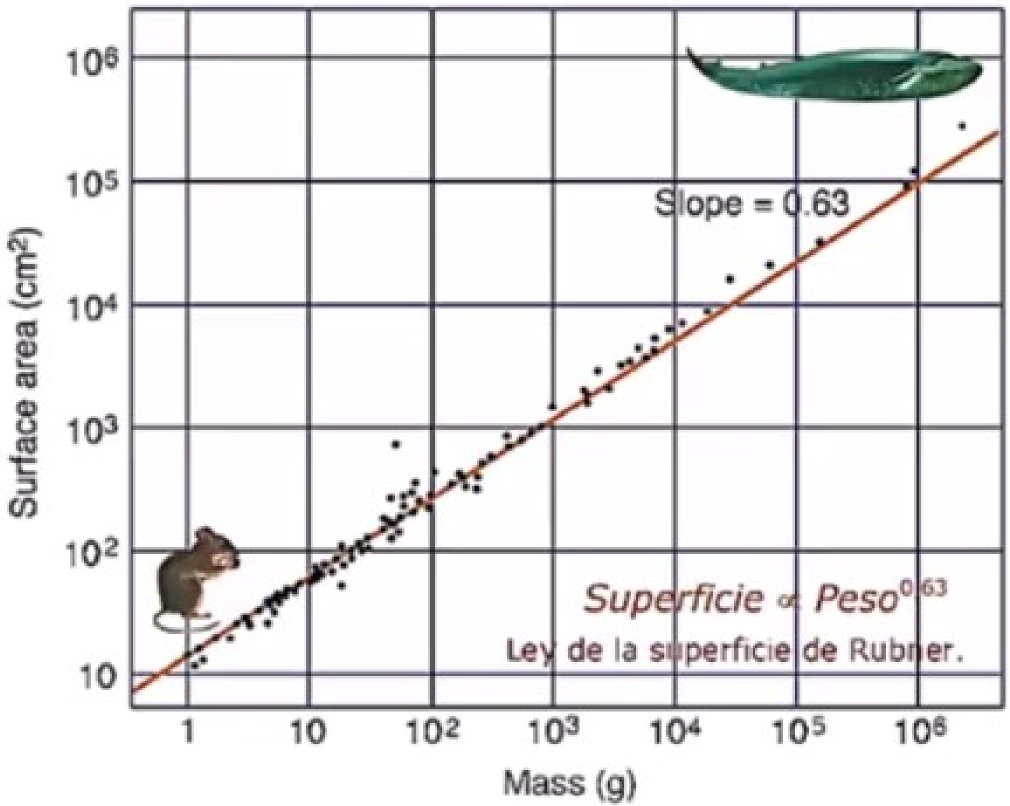
que implica que obtenemos una recta de pendiente igual a 2/3.

Si consideramos cuerpos de seres vivos, con una densidad constante en todos ellos,aproximadamente la del agua, entonces la recta que relaciona superficie corporal y masa tiene la misma pendiente.

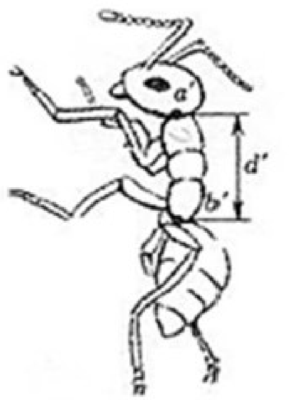
Superficie corporal en función de la masa para vertebrados. Hemmingsen (1960)

Leyes de escalas

Relación entre
el área
superficial
y la masa de
mamíferos

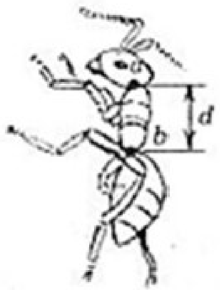


Leyes de escalas-Fuerza relativa



Las relaciones o leyes de escala, son las expresiones de los **cambios funcionales y estructurales que tienen lugar como consecuencia de los cambios de tamaño (cambios de escala) en los organismos.**

Dos hormigas semejantes (de forma y composición idénticas). La hormiga gigante tiene un factor de escala $k = d'/d$ con respecto a la hormiga normal.
Por tanto la hormiga gigante pesa k^3 veces lo que la hormiga normal.



Se ha comprobado que la fuerza de cualquier organismo depende solamente del área de la sección transversal de sus músculos.

Por ejemplo el levantador de pesas: la longitud de sus brazos es normal, lo que es extraordinariamente grande es la sección transversal de sus brazos.

Se llama **fuerza relativa de un animal** al peso que puede levantar (o soportar) por la acción de sus músculos dividido por su propio peso.
El peso máximo que se puede sostener contra la gravedad terrestre depende de la fuerza muscular y ésta de la sección total de los músculos que intervienen en dicha acción, mientras que el propio peso del animal es proporcional a su volumen.

Sea $F_{máx}$ el peso máximo que puede levantar o la fuerza máxima que puede realizar la hormiga y W su propio peso, entonces la **fuerza relativa f** vale:

$$f = \frac{F_{máx}}{W}$$

Leyes de escalas-Fuerza relativa

Sean W' y $F'_{máx}$ el peso y la fuerza máxima que puede realizar la hormiga gigante. Como el volumen y la superficie son proporcionales, se cumple:

$W' = k^3 W$ y $F'_{máx} = k^2 F_{máx}$ por lo tanto:

$$f' = \frac{F'_{máx}}{W'} = \frac{k^2 F_{máx}}{k^3 W} = \frac{F_{máx}}{kW} = \frac{1}{k} f$$

$$\boxed{f' = \frac{1}{k} f}$$

Entonces, la fuerza relativa de la hormiga gigante es menor que la de la hormiga normal y se reduce en un factor *1/k*.

Comúnmente se dice que una hormiga es enormemente fuerte, pues puede levantar de 10 a 50 veces su peso, es decir su fuerza relativa varía entre 10 y 50.
La de un hombre sería de 0,50 (suponiendo que puede levantar la mitad de su peso).
Comparar las fuerzas relativas es erróneo, la fuerza relativa de la hormiga es tan grande, justamente por su pequeño tamaño.
Para evaluar la fuerza real de la hormiga se tiene que tener en cuenta la diferencia de tamaños.
Una hormiga normal tiene una longitud de 1,2 cm, mientras que un hombre tiene una longitud de 1,8 m. Una hormiga gigante, del tamaño de un hombre tendría un factor de escala de:

$$k = \frac{180\ cm}{1{,}2\ cm} = 150$$

Leyes de escalas-Fuerza relativa

Por tanto la fuerza relativa de una hormiga gigante (suponiendo f = 30) de:

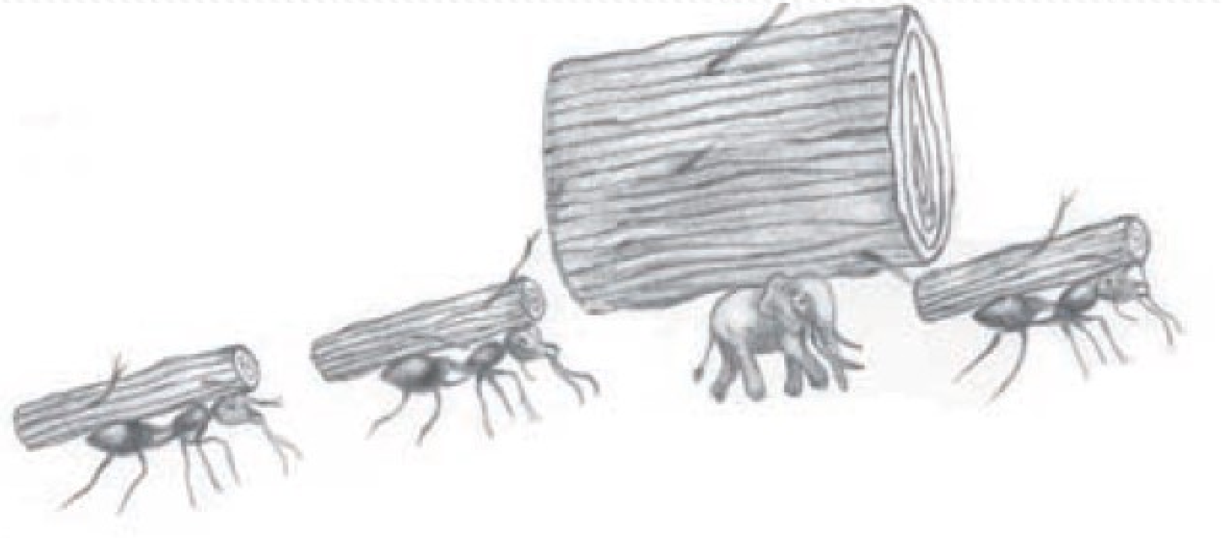
$$f' = \frac{1}{k} f = \frac{1}{150} \times 30 = \frac{1}{5} = 0{,}20$$

Menor que la del hombre!!!

O dicho de otra forma, un hombre del tamaño de una hormiga normal tendría una fuerza relativa de:

$$f' = \frac{1}{k} f = \frac{1}{\frac{1}{150}} \times 0{,}50 = 150 \times 0{,}50 = 75$$

Por lo tanto, una hormiga es intrínsacamente más débil que un hombre o un elefante. De hecho, **una hormiga gigante del tamaño humano no sería una criatura biológicamente viable: ya que sólo podría levantar un porcentaje pequeño de su peso, incluso no podría levantar ni siquiera sus patas!**



Fuerza relativa de dos animales con el mismo tamaño (el de una hormiga) pero con formas distintas (de elefante y de hormiga).

Leyes de escalas -Fuerza relativa

Lo dicho acerca de la fuerza de los músculos se aplica también a los huesos y cualquier otro material estructural.
Para un animal de forma dada, la resistencia de sus huesos con respecto a su propio peso depende de su tamaño, y cuanto mayor sea el animal, más pequeña es su fuerza relativa. La forma de los animales grandes es muy diferente a la de animales pequeños.

Mosca, perro y elefante represen-tados como si tuvie-ran el mismo tamaño. Notar la diferencia en el grosor relativo de las extremidades.

El ancho de las patas del elefante es mucho mayor que las del perro, y éste que el de la mosca.
Un animal del tamaño de un elefante no puede tener la forma de un perro porque el cociente resistencia de los huesos y el peso del cuerpo sería muy pequeño.
Los huesos y músculos de los animaless grandes deben ser desproporcionadamente más anchos que huesos y músculos de animales pequeños.

EJEMPLO: ejercicio 10 continuación

Una mujer de 1,55 m de altura pesa 50 kg. ¿Cuánto pesaría una mujer de 1,70 m y forma semejante?

Datos: L= 1,55 m; W= 50 kg; L'= 1,70 m

Modelamos a las mujeres como semejantes, entonces su factor de escala *k* vale:

$$k = \frac{L'}{L} = \frac{1{,}70}{1{,}55} = 1{,}09677$$

Por lo visto, el peso varía en función de k^3: $W' = k^3 W = (1{,}09677)^3 (50) = 65{,}966$

Expresando el resultado con dos cifras significativas: **W'= 66 kg**

Supongamos que la mujer de 1,55 m y 50 kg, puede levantar una masa de hasta 25 kg. ¿Cuánto podrá levantar una mujer semejante de 1,70 m?

La fuerza relativa de la mujer de 1,55 m vale: $f = \frac{F_{máx}}{W} = \frac{25}{50} = 0{,}50$

Mientras que la fuerza relativa de la mujer de 1,70 m vale: $f' = \frac{f}{k} = \frac{0{,}50}{1{,}09677} = 0{,}4559$

Por tanto podrá levantar una masa de hasta:

$$F'_{máx} = f'.W' = 0{,}4549 \times 65{,}966 = 30{,}0\ kg$$

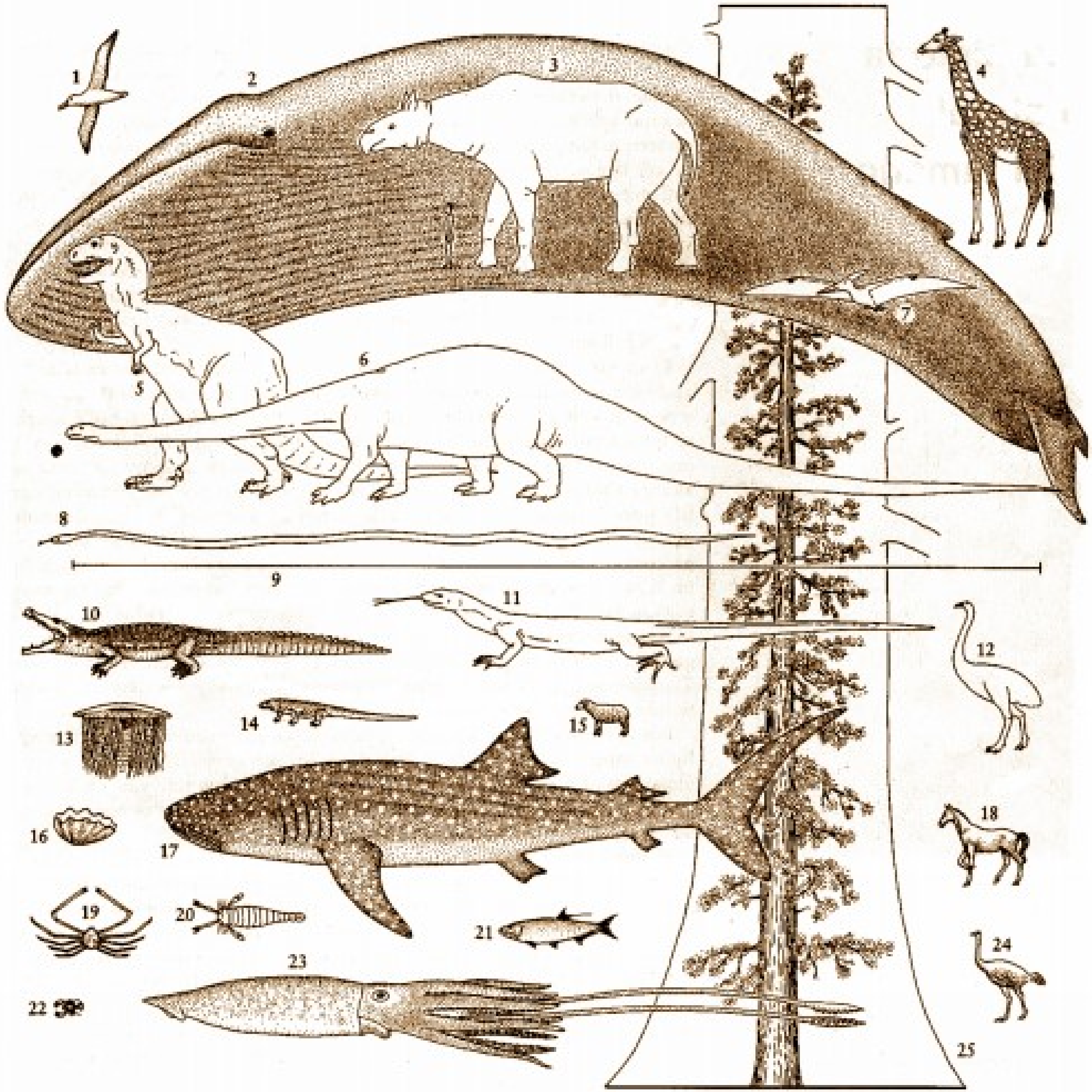
Podrá levantar hasta una masa de 30 kg

Leyes de escalas -Fuerza relativa

El efecto de escala interviene en otras propiedades fisiológicas.
Las **velocidades a la que se extrae el oxígeno del aire, a la que los alimentos se digieren y absorben en el intestino, a la que se pierde calor en la superficie del cuerpo, son proporcionales a las áreas de los pulmones, intestinos y la piel respectivamente, por tanto a k^2**.
La **velocidades a la que se debe suministrar oxígeno o alimento , o a la que se produce calor es proporcional a la masa (por tanto al volumen) del animal, por tanto a k^3**.
Esto repercute en la rapidez carrera, altura en saltos, potencia desarrollada.

Estas consideraciones muestran que para cada tipo de animal hay un tamaño óptimo. No obstante, aunque Galileo demostró lo contrario hace más de trescientos años, todavía creemos que si una hormiga fuera tan grande como un hombre tendría una fuerza enorme o que podrían existir animales de tamaños descomunales como Godzilla o King Kong.
De hecho, el mayor animal que ha existido es la ballena azul (con un peso de hasta 170 toneladas) y su tamaño es posible porque es un animal acuático.
El mayor dinosaurio que existió fue un saurópodo el Argentinosaurio con un peso estimado entre 65 y 90 toneladas.
La figura siguiente muestra distintos animales representados a la misma escala.

Organismos de mayor tamaño (todos a la misma escala)

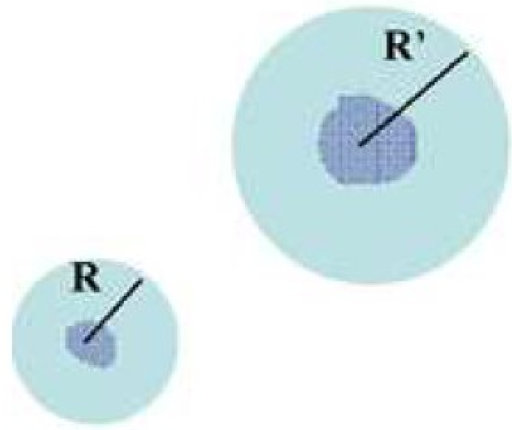


1. La mayor ave voladora (albatros);
2. El mayor animal conocido (ballena azul);
3. El mayor mamífero terrestre extinto (Baluchitnerium), junto a una figura humana como punto de comparación;
4. El animal terrestre vivo más alto (jirafa)
5 . Tyrannosaurus;
6. Diplodocus;
7. Uno de los mayores reptiles voladores (Pteranodon);
8. La mayor serpiente extinta;
9. Longitud de la mayor tenia encontrada en el hombre;
10. El reptil vivo más largo (cocodrilo de África occidental);
11. El mayor lagarto extinto;
12. La mayor ave extinta (Aepyomis);
13. La mayor medusa (Cyanea);
14. El mayor lagarto vivo (dragón Komodo);
15. Oveja;
16. El mayor molusco bivalvo (Tridacna);
17. El mayor pez (tiburón ballena);
18. Caballo; 19. El mayor crustáceo (cangrejo araña del Japón);
20. El mayor escorpión marino (Euriptérido);
21. Sábalo real;
22. La mayor langosta;
23. El mayor molusco (calamar gigante, Architeuthis);
24. Avestruz;
25. Los primeros 32 m del mayor organismo conocido (secoya gigante), superpuestos a un alerce de 30 m

Leyes de escalas –División celular

Vamos a modelar a las células como esféricas.
Factor de escala de célula más vieja (y más grande de radio R’) con respecto a la célula más joven (y menor de radio R) vale: $k = R'/R$

Volumen de célula vieja (V') es k^3 veces el volumen de célula más joven (V), por lo que tiene k^3 veces el material metabólico del de la más joven, por lo que requiere k^3 veces más oxígeno (y otras sustancias), que la más joven. Pero todo el oxígeno consumido por la célula debe pasar a través de la pared de la misma, la cantidad de oxígeno por unidad de tiempo requerida será proporcional al área de la pared celular, por tanto la célula más vieja puede obtener a lo sumo k^2 veces el oxígeno que obtiene la más joven por unidad de tiempo.



El **cociente entre la cantidad máxima de oxígeno que se puede obtener y el oxígeno necesario se llama** **factor de viabilidad (f_V)**.
Para que la célula sobreviva $f_V > 1$.
De las relaciones anteriores se deduce que:

$$f_{V\ célula\ vieja} = \frac{1}{k} f_{V\ célula\ joven}$$

Una célula joven tiene un f_V mayor que 1. Cuando la célula crece, su f_V disminuye y se acerca a 1, para evitar la asfixia, la célula debe detener su crecimiento o dividirse. Por medio de la división, la célula grande con un f_V pequeño es reemplazada por dos células más pequeñas, c/u con un f_V mayor.

Ejercicio 1.18- 1er. Parcial 2023

18- Primer parcial 2023- A- Considere dos animales de idéntica forma, es decir que son semejantes, pero uno de ellos es cuatro veces más alto que el otro (un ejemplo aproximado podría ser un gato de unos 25 cm de altura en la cruz y un tigre con una altura de 1,0 m en la cruz). ¿El más grande cuántas veces más masa tiene que el más pequeño?

a) 4 veces   b) 16 veces   c) 64 veces   d) 40 veces   e) 72 veces

Factor de escala *k*: $k = h'/h$ = 100 cm / 25 cm = 4,0

La masa es proporcional al volumen y la relación entre volúmenes varía con k^3.

$m'/m = k^3 = 4{,}0^3 = 64$

Ejercicio 1.18- 1er. Parcial 2023

B- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones respecto a la fuerza relativa (es decir cuánta fuerza tienen en comparación con su masa corporal) de los dos animales anteriores es **la correcta**?

$\boxed{\text{a) El más chico tiene más fuerza relativa que el más grande.}}$

b) Ambos tienen la misma fuerza relativa porque sus formas son iguales.

c) La fuerza relativa del más grande es 4 veces mayor que la del más chico.

d) La fuerza relativa del más chico es 8 veces menor que la del más grande.

e) El más chico tiene una fuerza relativa 72 veces menor que el más grande.

Repaso matemático: potencias

Todo **producto de factores iguales** se puede escribir en forma de **potencia**.
El factor que se repite se llama **base** y el número de veces que se repite se llama **exponente**: **$7\times7\times7\times7 = 7^4$** **$a\times a\times a = a^3$**

Exponente negativo: $7^{-4} = \frac{1}{7^4} = \frac{1}{7\times7\times7\times7}$ $a^{-3} = \frac{1}{a^3} = \frac{1}{a\times a\times a}$

Producto de potencias de igual base: $2^3\times2^4\times2=2^{3+4+1}=2^8$ $a^x \times a^y = a^{x+y}$

Cociente de potencias de igual base: $\frac{5^5}{5^2} = 5^{5-2} = 5^3$ $\frac{a^x}{a^y} = a^{x-y}$

Producto de potencias de igual exponente: $3^3\times2^3\times5^3 = (3\times2\times5)^3 = 30^3$ $a^x \times b^x = (a\times b)^x$

Cociente de potencias de igual exponente: $\frac{6^3}{3^3} = \left(\frac{6}{3}\right)^3 = 2^3$ $\frac{a^x}{b^x} = \left(\frac{a}{b}\right)^x$

Potencia de una potencia: $(5^3)^2 = 5^{3\times2} = 5^6$ $(a^x)^y = a^{xy}$

Exponente fraccionario: $\sqrt{8} = 8^{\frac{1}{2}}$ $\sqrt[3]{8} = 8^{\frac{1}{3}}$

$$\sqrt[n]{x} = x^{\frac{1}{n}} \qquad \sqrt[n]{x^m} = \left(\sqrt[n]{x}\right)^m = x^{\frac{m}{n}}$$