

## Tarea 6: *Metabolismo humano* (corolario de *Propiedades de los materiales*)

Entrega: Miércoles 2 de junio, 11:30 horas

### Lectura:

Apuntes de S. Mahajan (<http://www.inference.phy.cam.ac.uk/sanjoy/mit/>), Caps. 5, 6 y 14.  
Note que **no** todo esto fue discutido en clases, pero **sí** será considerado materia pasada.

### Instrucciones de uso:

- En lo posible, use su cabeza como única herramienta de trabajo y fuente de datos. En particular, no use calculadora, y recurra a fuentes bibliográficas sólo cuando sea estrictamente necesario (o cuando ya haya resuelto el problema). Identifique cualquier fuente bibliográfica que use (sea impresa o electrónica).
- Es aceptable, incluso recomendable, que discuta los problemas con otras personas (sus compañera/os u otras), pero debe escribir su propia solución, no copiarla.
- Escriba a mano (no Word ni LaTeX ni similar), pero con la mejor letra posible, y explique sus razonamientos. Si hace un problema de varias maneras (exitosas o no), entréguelas todas, pero explicita sus conclusiones.

### Preguntas a contestar:

1. **Potencia cardíaca:** Cada latido del corazón hace trabajo, moviendo la sangre a través del cuerpo y eventualmente disipando la energía inyectada. Queremos estimar cuánta potencia es.
  - a. Averigüe cuánto varía la presión sanguínea entre el máximo y el mínimo de un ciclo, compárela con la presión atmosférica para tener una noción de su magnitud, y analice si es razonable que los músculos del cuerpo resistan estas variaciones.
  - b. Haga un modelo muy sencillo del corazón y estime la potencia que disipa. Compare con el metabolismo basal total de  $\sim 90$  W.
2. **Comida:** En base a las energías típicas de reacciones químicas, analice la cantidad de energía (en kcal y en unidades mecánicas) contenida en 1 g de azúcar, proteínas o grasas. Estime la masa total de estas sustancias que debemos ingerir para mantener nuestro metabolismo basal. (cuánto peso comer)
3. **Respiración:** Haga un modelo mecánico simple de la respiración, para estimar cuánto oxígeno respiramos [g/s]. Compare con lo requerido para “quemar” toda la comida estimada en el problema anterior. (AL RESPIRAR GASTO)
4. **Ejercicio:** Considere alguna forma de ejercicio (subir escaleras, trotar, nadar, andar en bicicleta, subir montañas, caminar), estime la potencia invertida en él, y compare con el

metabolismo basal. Considerando todo el ejercicio realizado por una persona promedio, ¿constituye un incremento importante sobre el metabolismo basal?

5. **Pérdida de calor:** Estime el calor perdido por unidad de tiempo por una persona, vía: (a) radiación (considere a la persona desnuda y vestida), (b) conducción y convección (ídem – fue visto parcialmente en clases), (c) orina. Compare con el metabolismo basal.
6. **Proponga y realice** una estimación relacionada con biología, llegando a un resultado, aunque no sea muy cercano a la realidad. **Comente** si le satisface o no, y eventualmente cómo se podría mejorar.

P1	615
P2	610
P3	610
P4	715
P5	515
P6	710

610

TAREA 6. N: GUSTAVO NAORO AGUILAR

"O. DE MAGNITUD". F: JUNIO 2, 2010.

- ① LA PRESIÓN MÁXIMA DE UN CICLO CARDÍACO:  $\sim 15 \text{ kPa}$  ✓ Atmós: -0.5  
 - MÍNIMA - :  $\sim 9 \text{ kPa}$  ✓

WEBO SABEMOS QUE A NIVEL DEL MAR LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA  $\sim 100 \text{ kPa}$  ✓

ES DECIR LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA ES ALREDEDOR DE 10 VECES DE LA SANGUÍNEA.

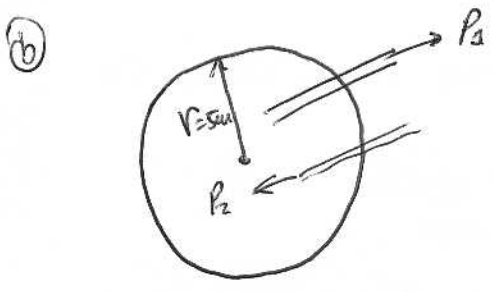
2,5/3

→ ¿PORQUÉ NO NOS COMPRIMAMOS? (ES ANÁLOGO A LO PEDIDO).

$P_{max}$  y  $P_{min}$   
 Sen <<  
 que  
 E.M.T.P.B

RESOLTA QUE EL SEN HUMANO SE COMPONE MAYORITARIAMENTE DE LÍQUIDO, LO CUAL NO SE PUEDE COMPRIMIR CON PRESIONES NORMALES A LA QUE SE EXPOENEN LAS PERSONAS. SIN EMBARGO NUESTROS PULMONES ESTÁN LLENOS DE GASES LO CUAL SERÍA UN PROBLEMA CUANDO NOS EXPOENEMOS A DIFERENCIAS 'CONSIDERABLES' DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA COMPARADO CON NIVELES NORMALES EN LA CUAL VIVEN LAS PERSONAS

de pero porque



LA PRESIÓN VA DEL ORDEN DE  $\sim 100 \text{ kPa}$  WEBO, ESTIMAMOS EL VOLUMEN DE SANGRE QUE BOMBEA.

(RADIO DEL CERRAZÓN)  $\sim 5 \text{ cm} \sim 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow V \sim 10^{-4} \text{ m}^3$ .

POR OTRO LADO TRABAJO  $\sim P_{presión} \cdot V \sim 10 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \sim 1 \text{ J}$

o LA POTENCIA EN CICLO SERIA:  $1 \text{ W}$ .

LO CUAL ES BASTANTE MÁS CHICO QUE EL METABOLISMO BASAL.

✓ 3/3.

2

Si 1 molécula de AZÚCAR TIENE UNA ENERGÍA TOTAL DE ENLACE

$$\sim \frac{2 \text{ eV}}{\text{molécula}}$$

de donde sale? Al profe le do:

$$4,6 \frac{\text{eV}}{\text{molécula}} \approx 115 \frac{\text{Kcal}}{\text{mol}}$$

¿CUÁNTA ENERGÍA TENGO EN 1 mol DE AZÚCAR?

$$E' \sim \frac{2 \text{ eV}}{\text{molécula}} \cdot 6 \cdot 10^{23} \frac{\text{molécula}}{\text{mol}} \sim 12 \cdot 10^{23} \frac{\text{eV}}{\text{mol}}$$

SABEMOS QUE DE LA BIOLÓGICA SÓLO UN 8% DE LOS AZÚCARES ES EL APORTE PARA EL ORGANISMO.

=> PRESCRIBIMOS

$$E' \sim 10^{23} \frac{\text{eV}}{\text{mol}}$$

¿EN 1g DE AZÚCAR, CUÁNTOS MOLES TENGO?

$$n \sim \frac{1g \cdot 1 \text{ mol}}{400g} \sim 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

=> ¿CUAL ES LA ENERGÍA QUE ME APORTA 1g DE AZÚCAR?

$$E_a \sim \frac{10^{23} \text{ eV}}{\text{mol}} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \sim 2 \cdot 10^{20} \text{ eV}$$

$$\text{LUEGO; } E_a \sim 2 \cdot 10^{20} \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} \sim 30 \text{ J}$$

Sea

$$3,5 \frac{\text{Kcal}}{\text{g}}$$

$$\text{energía } E_T \sim 7 \cdot 10^{-3} \text{ Kcal}$$

$$\text{La potencia; } P \sim \frac{30 \text{ J}}{9 \cdot 10^4 \text{ s}} \sim 3 \cdot 10^{-1} \cdot 10 \cdot 10^{-4} \text{ W} \sim 3 \cdot 10^{-4} \text{ W}$$

$$\therefore 3 \cdot 10^{-4} \cdot N \sim 90 \text{ W} \Rightarrow N \sim 30 \cdot 10^{14} \sim 3 \cdot 10^3$$

Así necesito

$$M_T = 3 \text{ kg DE AZÚCAR ... mm?$$

PARA LAS PROTEINAS, SABEMOS QUE  $5 \text{ kcal} \times 92$  ES LO QUE  
APORTA AL ORGANISMO.

$\sigma \Rightarrow E \sim 2 \cdot 10^4 \text{ J}$  ; ES LO QUE ME APORTA  $1 \text{ g}$  DE PROTEINA.

$$\Rightarrow P \sim \frac{2 \cdot 10^4 \text{ J}}{9 \cdot 10^4 \text{ s}} \sim 2 \cdot 10^{-1} \text{ W}.$$

LUEGO LA CANTIDAD DE MASA.

SERIA:

$$N = 2 \cdot 10^{-1} \text{ W} \sim 90 \text{ W}$$

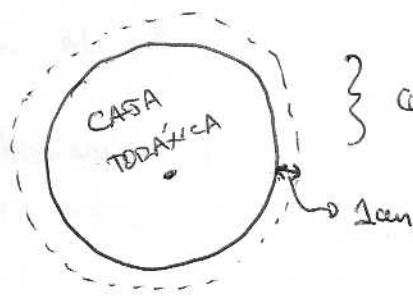
$$\Rightarrow N \sim 450 \text{ g.} \quad \checkmark \text{ OK.}$$

ESTE RESULTADO ES MÁS RAZONABLE PENSANDO QUE UNA PERSONA  
PROMEDIO CONSUME  $100 \text{ g}$  DE PROTEINAS, PERO TENEMOS QUE  
NO TODA LA ENERGIA SE LO ADICIONAMOS A PROTEINAS. LAS  
GRASAS TAMBIÉN NOS CONTRIBUYE.

$1 \text{ g} \rightarrow 9 \text{ kcal.}$  // IGUAL QUE ANTES, OBTENEMOS  
GRASA

$\Rightarrow$  NECESITAMOS  $22 \text{ g}$  DE GRASA

+ 0 - ... (60)



CANDO RESPIRAMOS NOS "INFLAMOS" 1cm

$$\Rightarrow \Delta V \sim 1 \text{ cm}^3 \text{ DE GAS}$$

Es muy poco, el menos 500cc. piénsalo yo.

Si el  $\sim 20\%$  ES OXIGENO. Y LA DENSIDAD DEL  $O_2$  ES

$$\sim 1,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

LA MASA DE OXIGENO QUE RESPIRAMOS AL INSPIRAR (PROCESO QUE DURA  $\sim 1\text{s}$ ).

$$\Rightarrow M_{\text{O}_2} \sim \frac{\rho \cdot V}{\cancel{\text{g}}} \sim 1,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ cm}^3}{5} \cdot \frac{1}{\cancel{\text{s}}} \sim 2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

tenés bien la idea  $\rightarrow \dot{m} \sim \frac{20}{100} \times \frac{1 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \sim 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \sim 0,1 \frac{\text{g}}{\text{s}}$

Si lo que GASTAMOS EN RESPIRAR ES  $\sim \frac{10^{-2} \text{ kcal}}{8 \cdot 5}$

$$\Rightarrow P_{\text{R}} \sim \frac{10^{-7} \text{ kcal}}{8 \cdot 5} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{g}}{\text{s}} \sim 2 \cdot 10^{-14} \frac{\text{kcal}}{\text{s}} \sim 10^{-7} \text{ W}$$

} PARA }  $2 \cdot 10^4 \text{ g}$  en 1 s

$\Rightarrow$  PARA QUEMAR TODA LA COMIDA

$$10^{-7} \cdot \text{N} \sim 2 \cdot 10^4 \Rightarrow \text{N} \sim 2 \cdot 10^{11}$$

Lo que se DEMANDA EN QUEMAR LA COMIDA (PROTEINAS) SERIA DE  $\sim 2 \cdot 10^{11} \text{ s}$ ; ¡mucho! :??

Lo ideal era demostrar (o asumir por último) que necesitas + o - la misma cantidad ~~de~~ de grs. de  $O_2$  al día para quemar la misma cantidad de carbohidratos, y comparar con el ej. anterior.

~~610~~ 610

4) Si AL CAMINAR GASTAMOS  $250 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$  } WIKIPEDIA.

Podríamos pensar que si trotamos, el gasto va a ser el doble, porque aproximadamente es lo que gastamos al ir 2 veces más rápido (como al troteo).

$$\Rightarrow \text{Trotar} \sim \frac{500 \text{ kcal}}{\text{hr}} \sim \frac{2000 \cdot 10^6 \text{ J}}{\text{hr}} \sim \frac{2000 \cdot 10^6 \text{ J}}{4 \cdot 10^3 \text{ s}}$$

$$1 \text{ kcal} \sim 4 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$\sim 5 \cdot 10^2 \text{ W.}$$

ESTO ES LO QUE GASTOS EN EJERCICIO AL TROTAR 1 HORA.

\(\Rightarrow\) ESTO GASTO ES MUCHO MAYOR QUE EL METABOLISMO BASAL.

OK

Ahora bien consideremos que la persona camina 2hr diaria y trotea 1 hora diaria, además para incluir todos los gastos, ya sea por pensar, respirar, comer, etc... lo incluiremos como la mitad de lo que gasta al caminar (al oto).

$$\circ \circ \quad E \sim 5 \cdot 10^2 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} + 250 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} + 125 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \sim 900 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

$$\Rightarrow E \sim 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} \Rightarrow P \sim 10^3 \text{ W.}$$

CON ESTO QUIERE DECIR QUE DEBEMOS CONSUMIR UNA MAYOR CANTIDAD DE NUTRIENTES, PROTEINAS, GRASAS, ETC. PARA SUPLENIR ESTE GASTO ENERGETICO. POR ENDE EL METABOLISMO BASAL SE DEJA INTUADO POR ESTO, EL CONSECUENCIA SI CONSTITUYE UN INCREMENTO IMPORTANTE.

Quizás es mucho ejercicio por día en promedio, pero OK

5)   
 ② Para radiación usamos

$$F = \sigma T^4 ; \sigma = 5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} \text{ es } \sigma (T_P^4 - T_A^4) \cdot A$$

LA T° DE UNA PERSONA RESUADA ~ 30°C = 303K <sup>AMB.</sup>   
  $\uparrow$

$$\Rightarrow F = 5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} \cdot (303)^4 \text{K}^4 \sim 5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 8 \cdot 10^9 \sim 4 \cdot 10^2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

ESTIMAMOS EL AREA ~ 2m \* 0,3m ~ 0,6m<sup>2</sup>   
 ("PERSONA" ALTA)

$$\Rightarrow P_{\text{RADIACIÓN}} \sim 240 \text{ W} \parallel \text{CURSAS SOBRESTIMA EL AREA DE UNA PERSONA.}$$

Parece si PESTO UNA ACTIVA DE 1,80m y UN ANCHO MENOR

EL AREA MENOR ~ 0,1m<sup>2</sup> LO CUAL NOS REDUCE

A QUE LA RADIACIÓN ES  $P_{\text{RAD}} \sim 40 \text{ W}$ .

Sob ~~radiación~~  $\sigma T^4$  de  $F_P$  la pot. es  $F_P - F_{\text{AMB}}$    
 CON ROPA LA PERSONA IRADIA MENOS CALOR, YA QUE LA ROPA AISLA DE Cierta MANERA NUESTRO CALOR. POR LO TANTO DE

SER UN VALOR ~  $P_{\text{RAD}}$ ; (5 VECES MENOR AL OTO). Ok pero se podría hacer ~~5~~ con un modelo simple. ~~0,5/2~~

⑤ Por convención suponiendo que esta PANTALON o SENTADA LA PERSONA:

$$\text{es } = r^{1,4 \text{ m}^2} \sim 10 \text{ K} \Rightarrow P_c \sim \dot{Q} \sim \frac{k A \Delta T}{s} \sim 0,02 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \cdot 10 \text{ K} \times 1,2 \text{ m}^2$$

$$P \sim A K \Delta T \sim 100 \text{ W}, \Delta T \sim 10 \text{ K}$$

$$\delta \sim \sqrt{\frac{\nu \ell}{v}} \sim 2 \text{ mm} \quad \delta \sim \frac{10^{-2} \text{ m}}{\sqrt{10 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}}}$$

$$\frac{0,02 \text{ W}}{\text{mK}}$$

~ 20W ← CUADRO.

el prof. le da ~ 100W ~~tamb~~

por si acaso...

1/2

↓ Y con ropa?



© LA URINA TOTAL QUE DESECHAMOS POR 1 DIA.

$$\sim 250 \text{ cc} \sim 250 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad \text{--- LOL}$$

• P<sub>0</sub> SI EL RADIO DE "CHORRITO" ES  $\sim 10^{-2} \text{ m}$ .

$$\text{ENCONTRAMOS } A \sim 250 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{USANDO } F = \sigma T^4 \sim 5 \cdot 10^{-8} \cdot (300)^4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

FINALMENTE

$$P_0 \sim 5 \cdot 10^{-8} \cdot 80 \cdot 10^9 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ W} \sim 10 \text{ W}$$

⇒ SI SUMAMOS TODAS ESTAS CANTIDADES VEMOS QUE NOS ADEICAMOS AL METABOLISMO BASAL

Ve la pzo, no hay que calcular cuánto

radió el "chorrito", si no cuánto se

pierde por ~~la~~ ingerir ~~la~~ cierta cantidad

de líquido ~~para~~  $T_0$  y desecharlo  $T_f > T_0$ .

→ perdemos calor por ~~la~~ orientar ojos y botarlo, como un termoe con filtraciones.

1/2.

6) ¿CUÁNTOS LATIDOS REALIZA UNA PERSONA EN LA VIDA?  
\* ESTIMAR LA VIDA DE OTROS SERES VIVOS.

$$\overline{\text{EDAD}} \sim 70 \text{ AÑOS} \times \frac{12 \text{ MESES}}{\text{AÑO}} \times \frac{30 \text{ DÍAS}}{\text{MES}} \times \frac{24 \text{ Hr}}{\text{DÍA}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{Hr}} \sim 10^7 \text{ min.}$$

⇒ COMO LA PERSONA EN REPOSO TIENE 70 LATIDOS / min.

⇒  $7 \cdot 10^8$  LATIDOS EN TODA SU VIDA.

UEGO NOTAMOS QUE LA CANTIDAD DE LATIDOS ESCALA CON LA EDAD DEL SER VIVO.

• POR ESTE RAZONAMIENTO VENOS QUE  $L \sim T/\alpha$ , SIENDO T EL VALOR EN MIN Y  $\alpha$  EL FACTOR DE PROPORCIONALIDAD. LO CUAL SI CONOCEMOS, LA COMPARTIMENTACIÓN DEL MISMO CARIÓTIPO CON EL SER HUMANO.

$$\Rightarrow \text{PERRO} \sim \frac{10^7 \text{ min}}{4} \sim 15 \text{ AÑOS.}$$

$$\text{GATO} \sim \frac{10^7 \text{ min}}{10} \sim 8 \text{ AÑOS.}$$

era muy ~~esperable~~ esperable de todas maneras...

770