

Tarea 5: *Propiedades de los materiales*

Entrega: Miércoles 19 de mayo, 11:30 horas

Lectura:

Apuntes de Sanjoy Mahajan (<http://www.inference.phy.cam.ac.uk/sanjoy/mit/>), Cap. 5 y 6. Note que no todo el Cap. 6 será 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. **Sol y lluvia:** Sabiendo la potencia recibida del Sol (0.14 W/cm^2), estime la cantidad de agua que se evapora del mar, por unidad de tiempo y de área. Compare con lo que llueve en promedio en un lugar como Santiago (estímelo si no sabe el número). Estime el tiempo en que se evaporarían completamente los océanos si no lloviera.
- ✓ 2. **Planetas rocosos:** Estime la presión en el centro de un planeta rocoso como la Tierra, como función de su radio. ¿Para qué tamaño de planeta empezaría a fallar seriamente la aproximación de densidad uniforme, aunque la composición química fuera uniforme?
3. **Física nuclear:** La interacción nuclear fuerte puede modelarse como un proceso de intercambio de “mesones π ” o “piones” (ciertas partículas cuya masa es $mc^2 \sim 100 \text{ MeV}$) entre nucleones (protones o neutrones). Al emitir o absorber un pión, se viola conservación de energía, por lo tanto se habla de “piones virtuales” que existen sólo durante un tiempo corto, compatible con el principio de incerteza.
 - ✓ a. Usando este “modelo” (o análisis dimensional), estime el alcance de la interacción.
 - ✓ b. Estime la energía cinética de un nucleón confinado en este radio y compare con la energía de interacción electrostática (Coulomb). ¿Cuál es la relevancia de esta comparación?
 - c. Compare la masa de 4 protones + 2 electrones con la masa de un núcleo de helio (o agregue 2 electrones más y compare con el átomo de helio), y obtenga la energía obtenida de la fusión del hidrógeno. Compare con los valores obtenidos

en b, y estime cuánto hidrógeno se necesita para los requerimientos energéticos anuales de la humanidad.

- d. Estime el tiempo de vida del Sol dada su masa y su luminosidad. Aproximadamente el 75% de la masa es hidrógeno, y un 10% de esto eventualmente se fusionará para formar helio.

4. **Difusión de fotones:** La sección eficaz (área efectiva) de un electrón para dispersar fotones de baja energía ($\ll m_e c^2$) depende sólo de su masa, su carga y la velocidad de la luz (es un proceso clásico, no cuántico).

- a. Use análisis dimensional para estimar su valor, y verifique la condición de aplicabilidad ($\ll m_e c^2$) para el caso de fotones de luz visible.
b. Si éste fuera el principal mecanismo de dispersión (scattering) de fotones en el Sol, estime cuánto demoraría la energía generada en el centro de éste en salir a la superficie. (En la parte externa es por convección, que es mucho más rápida, pero en la parte interna es por difusión de fotones.)

- ✓ 5. **Invente un problema original** relacionado con propiedades de los materiales y **resuélvalo**, llegando a un resultado, aunque no sea muy cercano a la realidad. **Comente** si le satisface o no, y eventualmente cómo se podría mejorar.

¿Cuál es módulo de elasticidad del tejido humano?
es más comparan con los brazos de Superman

Sr

①

FIA 1502-1
SEMESTRE 2010-1

TAREA 5

NOMBRE: NAYTO AGUILAR M.
FECHA: Mayo 19, 2010.

PROF:
- A. REISENEGGER
AYUD:
- GUSTAVO MORALES

PROBLEMA 1

POTENCIA RECIBIDA DEL SOL: $0,14 \frac{W}{cm^2}$

(13)

P1	70
P2	615
P3	618
P4	410
P5	700

- PARA ESTIMAR LA CANTIDAD DE AGUA QUE SE EVAPORA DEL MAR USAREMOS EL 'CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN' (DEL AGUA - ASUMO QUE ES PARECIDO QUE AGUA COMSAL).

$$C_L \sim 40.65 \frac{KJ}{mol} \quad (\text{DATO DE LA CLASE})$$

AHORA POR ANÁLISIS DIMENSIONAL QUEREMOS; $[C_V] = \frac{mol}{T \cdot L^2}$ (VALOR PEDIADO)

$$[C_L] = \frac{E}{mol}; \quad [P_r] = \frac{E}{T \cdot L^2}$$

$$\Rightarrow \left[\frac{C_V \cdot C_L}{P} \right] = \frac{mol}{T \cdot L^2} \cdot \frac{E}{mol} \cdot \frac{T \cdot L^2}{E} = 1$$

$$C_V = \frac{P}{C_L} \sim \frac{0,14 \frac{J}{cm^2}}{40650 \frac{J}{mol}} \sim 3 \cdot 10^{-6} \frac{mol}{cm^2}$$

AHORA SI SI LLOVEA EN TOTAL DEL AÑO ~ 30 DÍAS Y CAÍDA ~ 30 cm (AL TANTEO).

$$\Rightarrow \text{SU PROMEDIO ANUAL SERÍA: } \frac{30 \cdot 30}{12} \sim 75 \frac{cm}{año} = X$$

ESTE ÚLTIMO VALOR PODEMOS REESCRIBIRLO, DE TAL FORMA DE VISUALIZARLO EN CANTIDADES DE MASA Y DENSIDAD. (CON EL FIN DE RELACIONARLO CON C_V).

$$X = \frac{75 \text{ cm}^3}{\text{Año} \cdot \text{cm}^2} = \frac{75 \text{ g}}{\text{Año} \cdot \text{cm}^2}$$

Alora,

$$\rho = 8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

¿ CUANTOS MOLES EQUIVALE ESTA MASA ?

$$\leftarrow 1 \text{ molécula de } \text{H}_2\text{O} \sim \frac{18 \text{ g}}{\text{mol}}$$

$$\Rightarrow X = \frac{75 \frac{\text{g}}{\text{Año} \cdot \text{cm}^2}}{18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \sim \frac{4 \text{ mol}}{\text{Año} \cdot \text{cm}^2}$$

$$1 \text{ Año} \sim 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \sim 31536000 \text{ s.}$$

$$X = \frac{1,2 \cdot 10^7 \text{ mol}}{\text{s} \cdot \text{cm}^2}$$

ES DECIR $\sigma = \frac{C_V}{X} = \frac{3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{s} \cdot \text{cm}^2}}{1,2 \cdot 10^7 \frac{\text{mol}}{\text{s} \cdot \text{cm}^2}} \sim 2,5 \cdot 10^{-13} \sim 25 \text{ VECES}$
 lo que se EVAPORA

Y METEN DICHO LO QUE LLUEVE EN SANTIAGO ES LA 25 PARTE DE LO QUE SE EVAPORA.

• MASA TOTAL DE AGUA EN LA TIERRA:

$$M_{\text{AG}} \sim M_T \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} \rightarrow \text{FRACCIÓN DE LA TIERRA QUE CONTIENE AGUA.}$$

$$\sim 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 7 \cdot 10^{-4} \sim 42 \cdot 10^{20} \text{ kg} = 42 \cdot 10^{23} \text{ g.}$$

Y TAMBIÉN ; $M(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18 \text{ g}}{\text{mol}}$

$$C_{\text{H}_2\text{O}} \sim \frac{42 \cdot 10^{23} \text{ g}}{18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \sim 2,3 \cdot 10^{23} \text{ mol}$$

USANDO C_V , PARA ENCONTRAR EL TIEMPO.

$\frac{23}{11}$

Y LA SUPERFICIE (ESTE PUEDE POR
TENEMOS INTUICIÓN, NO SE
SI ESTA CORRECTO) → O MÁI
BEN POR
AD.

$$t = \frac{C_{\text{mas}}}{C_V \cdot A_0} \sim \frac{2.3 \cdot 10^{23} \text{ mol}}{3 \cdot 10^6 \frac{\text{mol}}{\text{s} \cdot \text{cm}^2} \cdot 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^2} \sim \frac{2.3 \cdot 10^{23}}{15} \cdot 10^{-24} \text{ s} \sim 15 \cdot 10^9 \text{ s}$$

5 MILES $t \sim 475 \text{ AÑOS.}$

LO CUAL NO SABRÍA SI ES
CORRECTO, PERO SUPONGO QUE
ESTE VALOR GRANDE SE EXPLICA
PORQUE "NO LLEVA" ~~NO~~ LLEVA OTRO TIPO
CONSECUENCIAS, COMO QUE SE CALIENTE MÁS
LA TIERRA.

III

(70)

bien.

P. $Q = S \cdot R_0^2$ ✓

S. $G = 6.6 \cdot 10^{-11}$

¿CUANTOS LA PRESIÓN QUE TIENE UNIDADES DE $\frac{N}{m^2}$.

• LAS VARIABLES Y CONSTANTES (RELEVANTES) DEL PROBLEMA SON:

• R_0 : PON (DATO) DEL PROBLEMA; RADIO

• ρ : DENSIDAD

• G : GRAVITACIÓN UNIVERSAL (PORQUE HABLAMOS DE OBJETOS MASIVOS).

$$\Rightarrow [P] = \frac{\frac{kg \cdot m}{s^2}}{m^2} = \frac{M}{L T^2}$$

$$[G] = \frac{L^3}{M T^2}; \quad [R_0] = L; \quad [\rho] = \frac{M}{L^3}$$

$$\begin{array}{l} 4 \text{ VAR} \\ - 3 \text{ DIM} \\ \hline 1 \text{ Grupo ADM.} \end{array} \Rightarrow \left[\frac{M}{L T^2} \right] = [G^\alpha R_0^\beta \rho^\gamma]$$

$$= [M^{\alpha+\beta} L^{3\alpha+\beta-\gamma} T^{-2\alpha}]$$

$$\therefore -\alpha + \gamma = 1$$

$$3\alpha + \beta - \gamma = -1$$

$$-2\alpha = -2 \quad \Rightarrow \quad \alpha = 1 \quad \beta = 2$$

$$\gamma = 2$$

$$\Rightarrow P = G \cdot \rho^2 \cdot R_0^2 \quad \checkmark$$

si $G = 6.6 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$ y $\rho \approx 3 \frac{g}{cm^3} \sim 3 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}$; DENSIDAD DE UNA BOLA DE BROMURO.

[FUENTE: // EARTHSCI.EDU.AU.]

QUEDA:

$$P = 6.6 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2} \cdot 9 \cdot 10^6 \frac{kg^2}{m^6} \cdot R_0^2$$

$$P = 60 \cdot 10^{-5} \frac{kg}{s^2 \cdot m^3} R_0^2; \quad \text{PRESIÓN EN FUNCIÓN DEL RADIO.}$$

Por otra parte, podemos calcular el esfuerzo para romper los materiales:

$\sigma \sim M \cdot X \rightarrow$ no quiere que se rompa.

Donde E : es el "índice de deformación de ruptura".

M : módulo de elasticidad.

Luego M debe ser un valor menor que el acero y algo mayor que el vidrio, considerando también que no es uniforme (al 'oto'); $M \sim 35 \text{ GPa}$.

$$\sigma \approx 35 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 10^{-3} \sim 35 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Luego la presión 'crítica' es σ más bien el 'radio crítico' sería cuando $P \sim \sigma$; es decir:

$$(60 \cdot 10^3) R_0^2 \sim 35 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$$R_0^2 \sim 0,5 \cdot 10^{11} \frac{\text{N} \cdot \frac{\text{cm}^3}{\text{kg}}}{\text{m}^2} \quad 5 \cdot 10^{10} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\Rightarrow R_0 \sim 2,2 \cdot 10^5 \text{ m}$$

$R_0 \sim 220 \text{ km}$; - RADIO AL CUAL LA APROXIMACIÓN DEBEZARÍA A FALLAR.

~~OK~~ - (6,5)

USANDO ANÁLISIS DIMENSIONAL:

$[r] = L$; ALCANCE DE INTERACCIÓN

$[h] = \text{J} \cdot \text{s} = \frac{ML^2}{T^2}$ $[M_\pi] = M$

$[c] = \frac{L}{T}$ 4 VARIABLES
- 3 DIM
1 Grupo.

$\Rightarrow r \sim \frac{h}{M_\pi \cdot c}$

we go $M_\pi c^2 \sim 140 \text{ MeV} \sim 140^8 \text{ eV} \sim 1,6 \cdot 10^{11} \text{ J}$

y $M_\pi c \sim \frac{1,6 \cdot 10^{11} \text{ J}}{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}} \sim 0,53 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J} \cdot \text{s}}{m}$

so como $h \sim 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

$\Rightarrow r \sim \frac{1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{0,53 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J} \cdot \text{s}}{m}} \sim 2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
ALCANCE DE INTERACCIÓN.

⑤ Sabemos que ~~...~~ ~~...~~ ~~...~~ $K = \frac{p^2}{2m_p}$

USANDO EL PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE: $\Delta r \Delta p \leq h$

"P" $p = \frac{h}{r}$

$\Rightarrow K \sim \frac{h^2}{r^2 \cdot 2m_p} \sim \frac{h^2 \cdot c^2}{r^2 \cdot 2m_p c^2}$
"masa"
MASA DEL PROTON

$$\therefore K \approx \frac{1,1 \cdot 10^{-68} \cdot 9 \cdot 10^{16}}{4 \cdot 10^{-30} \cdot 2 \cdot 938 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{19}} \text{ J}$$

$$\approx 8 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-9} \text{ J} \sim 8 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

$$\text{J como } 1 \text{ eV} \rightarrow 1,6 \cdot 10^{19} \text{ J}$$

$$\times \rightarrow 8 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

$$K \approx 5 \cdot 10^7 \text{ eV} \sim 50 \text{ MeV}$$

Por otra parte tenemos que:

$$E = \frac{k q_1 q_2}{r}$$

$$\Rightarrow E_c \sim \frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot 2,56 \cdot 10^{-38} \text{ C}^2}{2 \cdot 10^{-14} \text{ m}}$$

$$\sim 11 \cdot 10^{-14} \text{ J} \sim 10^{-13} \text{ J}$$

$$E_c \sim 0,6 \cdot 10^6 \text{ eV} \sim 0,6 \text{ MeV}$$

Lo cual si lo comparamos con la energía cinética es ~ 100 veces mayor. Esto implica que la fuerza nuclear fuerte tiene una mayor 'importancia' que la coulombiana en este campo de estudio.

3/3

©

$$m_p \sim 938,27 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

$$m_e \sim 0,51 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

$$m_{He} \sim 3725,96 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

DATOS WIKIPEDIA.

$$4m_p \sim 3757,08 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

$$2m_e \sim 1,02 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

$$3758,1 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

VÉAMOS AQUÍ CLARAMENTE QUE HAY UNA DIFERENCIA DE ENERGÍA A LO QUE CORRESPONDE A LA ENERGÍA LIBERADA POR FUSIÓN DEL HIDRÓGENO.

$$\Delta E_f \sim (3758,1 - 3725,96) \text{ MeV} \sim 32,14 \text{ MeV}$$

req. energético?

1,3/1,5

①

[NO ES MUCHO DE ESTA AREA]; SUPONGO QUE LA ENERGÍA TOTAL LIBERADA POR FUSIÓN SE RELACIONA CON EL TIEMPO DE VIDA DEL SOL.

⇒ LÓGICA:

M_{\odot} ; MASA DEL SOL.

$$\Rightarrow \frac{3}{4} M_{\odot} = M_H; \text{ MASA DE HIDRÓGENO.}$$

$$\frac{M_H}{10} = M_F; \text{ MASA ÚTIL PARA 'FUSIONAR'}$$

$$\Rightarrow \frac{M_F}{M_{\text{H.H.}}} = C_m; \text{ NÚMERO DE MOLECULAS O MEJOR DICHO ÁTOMOS DE HIDRÓGENO.}$$

$M_{\text{H.H.}}$ → MASA 1 ÁTOMO DE HIDRÓGENO

Si PARA LA FUSIÓN NECESITO 4 ÁTOMOS:

$$\frac{C_m}{4} = C_m'$$

$$\Rightarrow C_m' \cdot \Delta E_F \sim E_T; \text{ ENERGÍA TOTAL LIBERADA POR FUSIÓN}$$

$$\tau = \frac{E_T}{L_{\odot}}; \text{ TIEMPO DE VIDA.}$$

L_{\odot} → LUMINOSIDAD.

Colo cando VALORES:

$$M_F \sim \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}}{4} \sim 1,5 \cdot 10^{29} \text{ kg};$$

$$C_m \sim \frac{1,5 \cdot 10^{29} \text{ kg}}{1,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} \sim 10^{56} \text{ ÁTOMOS DE HIDRÓGENO.}$$

$$C_{\text{mi}}' \approx \frac{10^{56}}{4} \sim 2,5 \cdot 10^{55} \text{ RE POSIÇÕES.}$$

$$E_T \sim 2,5 \cdot 10^{55} \cdot \underbrace{40 \cdot 10^{-13}}_{\Delta E} \sim 10^{44}$$

$$\tau \approx \frac{10^{44} \text{ J}}{\underbrace{3,8 \cdot 10^{26} \frac{\text{J}}{\text{s}}}_{\text{LUMINOSIDADE}}} \sim 0,25 \cdot 10^{18} \sim 2,5 \cdot 10^{17} \text{ s.}$$

$$\sim 10^{10} \text{ ANOS.}$$

OK. 1,5/1,5

1

e

POR ANÁLISIS DIMENSIONAL, TENGAMOS LAS SIGUIENTES VARIABLES Y CONSTANTES RELEVANTES:

$$[\sigma] = L^2 ; \text{SECCIÓN EFECTIVA}$$

$$[C] = \frac{L}{T}$$

$$[m_e] = M$$

$$[k] = \frac{Nm^2}{C^2} = \frac{kgm^3}{C^2s^2} = \frac{ML^3}{T^2C^2} ; \text{CONSTANTE DE COULOMB.}$$

$$[q] = C$$

5 VARIABLES

-4 DIMENSIONES

1 GRUPO ADIMENSIONAL

$$[\sigma] = [k^\alpha C^\beta q^\gamma m_e^\delta]$$

$$= [M^{\alpha+\beta} L^{3\alpha+\beta} T^{-2\alpha-\beta} C^{-2\alpha+\gamma}]$$

$$\alpha + \beta = 0$$

$$3\alpha + \beta = 2$$

$$-2\alpha - \beta = 0$$

$$-2\alpha + \gamma = 0$$

$$\alpha = 2 \Leftrightarrow \beta = -2$$

$$\gamma = 4 \Leftrightarrow \delta = -4$$

=>

$$\sigma = \frac{k^2 \cdot q^4}{C^4 \cdot m_e^2} = \frac{(9 \cdot 10^9)^2 \cdot (1.6 \cdot 10^{-19})^4}{(3 \cdot 10^8)^4 \cdot (9.1 \cdot 10^{-31})^2} \sim 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-24} m^2$$

$$\sim 5 \cdot 10^{-26} m^2$$

PARA LA LUZ VISIBLE TENEMOS QUE LA LONGITUD DE ONDA VISIBLE ES:

$$\lambda \approx 550 \text{ nm} \sim 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ m.}$$

DEBIDO LA ENERGÍA CORRESPONDIENTE A ESTE FOTÓN:

$$E \sim \frac{hc}{\lambda} \sim \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5,5 \cdot 10^{-7}} \sim 4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{o } E \sim \frac{4 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ eV} \sim 2 \text{ eV}$$

LO CUAL COMO ES LA PREGUNTA 3 VAMOS MeV^2
VAMOS QUE: $E \ll \text{MeV}^2$. 3/3

b) 0/3

5) ¿CUAL ES EL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL TENDÓN HUMANO?
(MÚSCULO)
COMPARAR CON EL DE SUPERMAN.

- PERSONAS QUE EN CONDICIONES "ÓPTIMAS" UNA PERSONA COMÚN Y CORRIENTE PUEDE AGUANTAR SU PROPIO PESO.

POR LO TANTO SI UNA PERSONA PESA 1000 N , LA TENSIÓN MÁXIMA QUE RESISTEN SUS MÚSCULOS SIN "DETERIORARSE" O SUFRIR ALGÚN TIPO DE LESIÓN. SERÁ DE 1000 N (SOSTENIDA POR SUS BRAZOS).

\Rightarrow CADA BRAZO SOPORTA QUE APORTA CON 500 N .

SI EL DIÁMETRO ES DE $\sim 7\text{ cm} \sim 0,07\text{ m}$.

LA PRESIÓN EJERCIDA SERÁ:

$$P \approx \frac{500\text{ N}}{49 \cdot 10^{-4}\text{ m}^2} \sim 10 \cdot 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \sim 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\Rightarrow M \cdot E \sim 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$M \sim 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \sim 0,1\text{ GPa}$$

POR OTRA PARTE, ^{VISTO} HEMOS VISTO QUE EN PELÍCULAS, SUPERMAN LEVANTA COMO MÁXIMO ~~(ALGO)~~ \perp TREN O ALGO SIMILAR. (POR LO MENOS NO HE VISTO ALGO MÁS PESADO).

\Rightarrow EL PESO DEL TREN $\sim 5 \times$ PESO DE AUTO $\times 10$
 $1\text{ ton} \sim 1000\text{ kg}$

$$\therefore P_T \sim 5 \cdot 10^4\text{ kg}$$

SUPONER QUE ~~SO~~ SU BRAZO ES ALGO SIMILAR AL DEL HUMANO CORRIENTE. (POR SUS DIMENSIONES).

$$A \sim 49 \cdot 10^{-4}\text{ m}^2$$

=> La presión ejercida será de:

$$P = \frac{250000 \text{ N}}{49 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} \sim 0,5 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$\text{Luego } \mu \cdot E \sim 0,5 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$\mu \sim 0,5 \cdot 10^0 \text{ Pa} \sim 5,6 \text{ Pa}$$

ES DECIR SUPERMAN TIENE ~ 50 VECES MÁS "PODER" (TASA...) !!
QUE EL HUMANO COMÚN Y CORRIENTE.

NOTAMOS TAMBIÉN SEGÚN WIKIPEDIA QUE EL MÓDULO DE ELASTICIDAD PARA EL HIELO ES DEL ORDEN DE $1 \sim 5 \text{ GPa}$, LO CUAL SIGNIFICA QUE SUPERMAN TIENE GRABOS COMO DE "HIELO" Y NO DE HIERRO COMO SE "PODRÍA" PENSAR.

NOTABLE...