



La Tèrmica Roca Umbert
de Granollers
MNACTEC

 rocaumbert|f.a.



T1 LA DENSITAT DE L'ENERGIA: DEL SOL A LA QUÍMICA

Una experiència entre ciència i patrimoni

Agost 2025



Objectiu del taller

Entendre el concepte de densitat energètica.

Experimentar amb diferents tipus d'energia (química i solar).

Comparar els resultats per reflexionar sobre la sostenibilitat energètica.

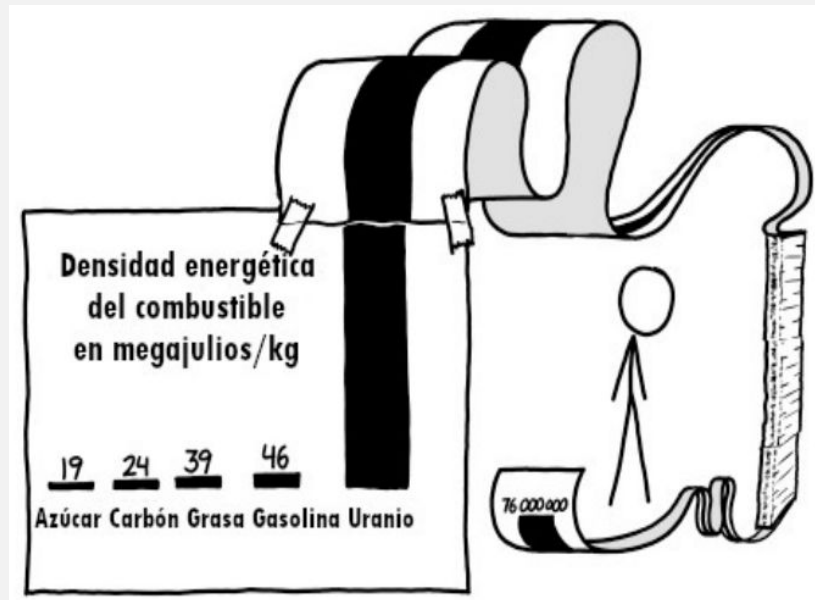
$$d = \frac{m}{v}$$

Què és la densitat energètica

La densitat d'energia és la quantitat d'energia que hi ha per cada unitat de volum o massa.

Exemples:

- **Benzina:** molta energia per litre.
- **Alcohol:** menys energia.
- **Energia solar:** depèn de la superfície i l'eficiència.



No és el mateix densitat física

Per què ens interessa?

Perquè ens permet comparar quin sistema és més eficient o útil en funció del context:

- Cal escalfar molt o poc?
- Tenim espai o no?
- Què contamina més?





Context històric

A Roca Umbert, el funcionament de la caldera depenia del tipus de carbó.

Hi havia autarquia degut a la dictadura de Franco i era difícil tenir bons combustibles

● El carbó de Berga era de baixa qualitat: "cremar pedres".



Port de Barcelona, 1915.

BLOC 1: DENSITAT FÍSICA DELS ALCOHOLS

Pregunta clau:

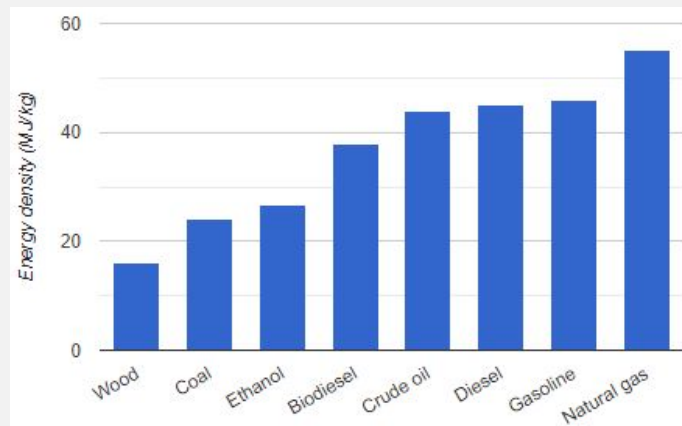
Els alcohols amb més densitat física també tenen més densitat energètica?

Mesurem:

- Massa (g)
- Volum (mL)

→ Càlcul de la densitat física: $d = m / v$

Densitat energètica (MJ/kg) d'una varietat de combustibles diferents (>)

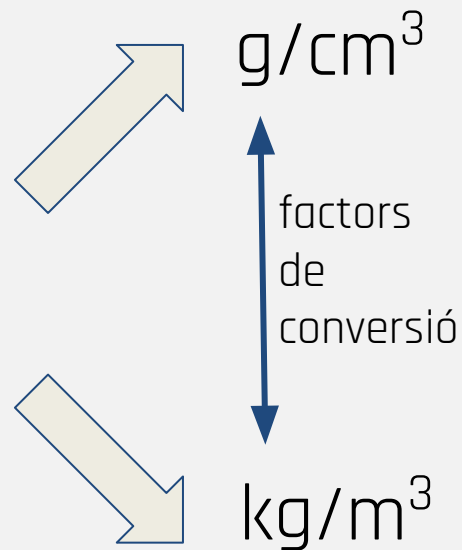
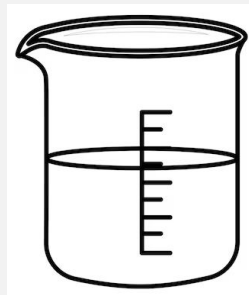




TAULA 1



$$d = \frac{\quad}{\quad} =$$



BLOC 2: DENSITAT ENERGÈTICA

Experimentem amb:

- Aigua destil·lada
- Alcohols diferents (metanol, etanol, etc.)
- Font de calor: encenedor d'alcohol

Mesurem:

- Temperatura inicial i final de l'aigua
- Massa d'alcohol cremat

→ Càlcul d'energia transferida: $Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T$

Q → quantitat de calor rebuda o transferida (J)

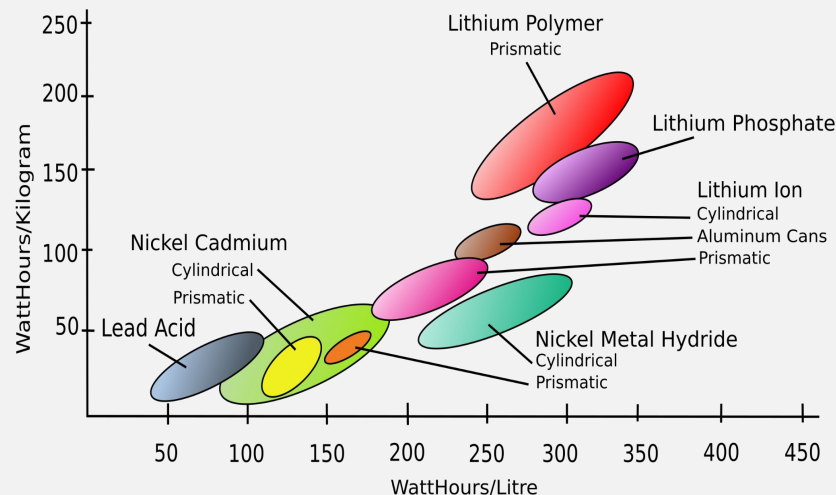
m → massa (kg)

C_e → calor específica (J/kg·°C)

ΔT → diferència de T inicial respecte la final (°C)

Tipus de bateria amb a seva capacitat per massa (ordenades) i per volum (abscisses).

Font: (Martínez Bertran, 2017).



PRECAUCIÓ DE TREBALL

- !! No deixar que bulli o faci vapor
- !! No perdre aigua → Error en càlculs
- !! Controlar els temps i fer servir ulleres de protecció

Suposem que tota l'energia del combustible ha passat a l'aigua.

(Aquesta simplificació ens permet comparar resultats tot i les pèrdues reals.)



Mesurar la massa de l'aigua

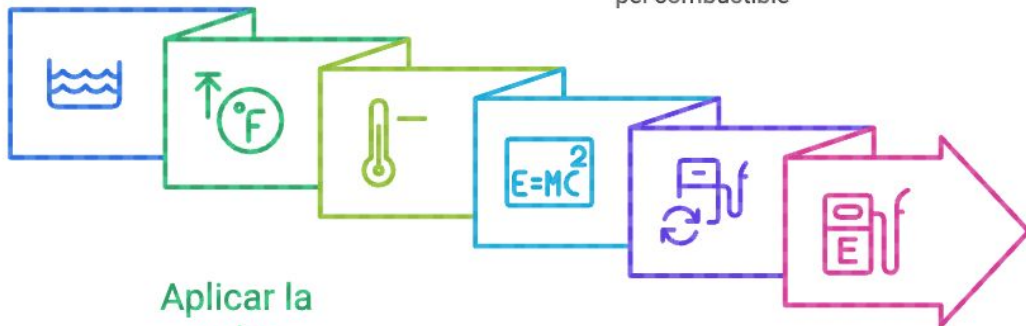
Determinar la massa de l'aigua per al càlcul de l'energia

Mesurar la diferència de temperatura

Trobar la diferència entre les temperatures inicial i final de l'aigua

Relacionar energia i massa de combustible

Igualar l'energia transferida a l'aigua amb l'energia cedida pel combustible



Aplicar la calor específica de l'aigua

Utilitzar la calor específica de l'aigua per calcular l'energia necessària

Calcular l'energia transferida

Utilitzar la fórmula $Q = m \cdot c_e \cdot \Delta T$ per calcular l'energia

Obtenir la densitat energètica del combustible

Calcular la densitat energètica dividint l'energia pel volum de combustible



ΔT de l'aigua

Atenció: no confonguis T amb t

T: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

t: temps (s)

I recorda:

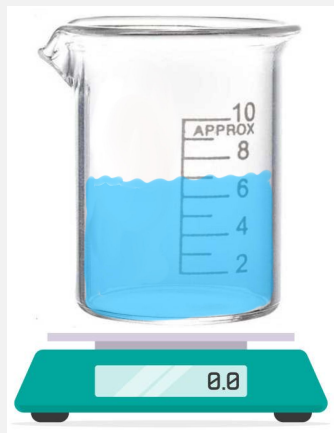
Aquest símbol vol dir equivalent



TAULA 2



S'estudien, per fer la *mitjana aritmètica*, dos casos amb diferents volums inicials C1: 150 mL / **C2: 200 mL**) i temperatures finals (C1: 50 °C / **C2: 60 °C**). S'espera que els volums inicial i final de l'aigua, per a cada cas, no canviïn ja que no arribarà a evaporar-se. En canvi, sí que canvien els de l'alcohol, perquè escalfa l'aigua i, per tant, la seva massa.

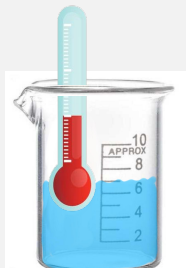


Cas 1: m_0 ; V_0 : 150 mL
Cas 2: m_0 ; V_0 : 200 mL

Temperatura
inicial (T_0)
Volum
inicial (V_0)
150 mL / **200 mL**

Volum
inicial (V_0)

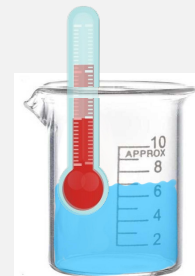
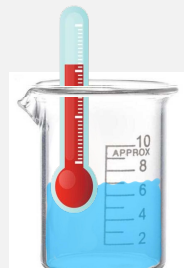
Massa
inicial (m_0)



Temperatura
final (T_f)
50 °C / **60 °C**
Volum
final (V_f)
150 mL / **200 mL**

Volum
final (V_f)

Massa
final (m_f)



Cas 1: ΔT (50 - T_0)
Cas 2: ΔT (60 - T_0)



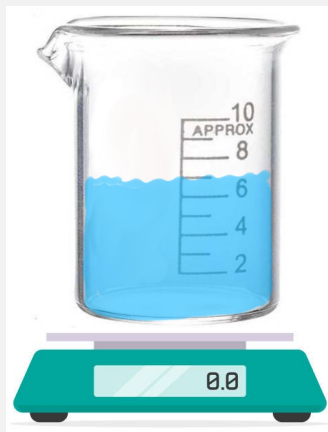
TAULA 2



S'estudien, per fer la *mitjana aritmètica*, dos casos amb diferents volums inicials C1: 150 mL / **C2: 200 mL**) i temperatures finals (C1: 50 °C / **C2: 60 °C**). S'espera que els volums inicial i final de l'aigua, per a cada cas, no canviïn ja que no arribarà a evaporar-se. En canvi, sí que canvien els de l'alcohol perquè escalfa l'aigua i, per tant, la seva massa.

S
I
T
U
A
C
I
Ó

I
N
I
C
I
A
L



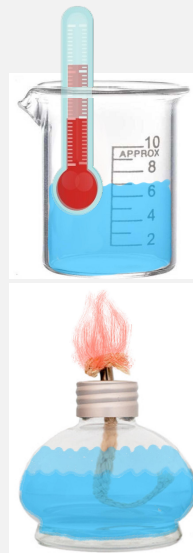
Cas 1: m_0 ; V_0 : 150 mL
Cas 2: m_0 ; V_0 : 200 mL

Per a cada cas de volum es determina, amb la balança, la massa d'aigua utilitzada (g).

Tarar prèviament el got de precipitats.

S
I
T
U
A
C
I
Ó

F
I
N
A
L



Cas 1: ΔT (50 - T_0) ; $V_f = 150$ mL

Cas 2: ΔT (60 - T_0) ; $V_f = 200$ mL

Cas 1: ΔV ($V_f - V_0$) $\rightarrow \Delta m$ ($m_f - m_0$)

Cas 2: ΔV ($V_f - V_0$) $\rightarrow \Delta m$ ($m_f - m_0$)

Suposant que la pèrdua d'aigua és mínima, es calcula la diferència de T per a cada cas (°C).

El canvi de volum d'alcohol afecta a la seva massa, que es calcula (g).



DENSITAT ENERGÈTICA FINAL

- Calor transferida (kJ)
- Volum d'alcohol cremat (mL)

→ Densitat energètica: kJ/mL

podem fer això per a cada alcohol



TAULA 3



Es determina la quantitat de calor mitjana rebuda (Q_m) per l'aigua (J / kJ) com a conseqüència de la calor emesa per la crema dels diferents alcohols. **Els valors utilitzats seran les mitjanes aritmètiques calculades a la TAULA 2.**

Nota: per simplificar, es considera que la pèrdua de calor transmès per l'alcohol i rebuda per l'aigua és inapreciable.

$$Q_m = m_{H_2O} \cdot C_{e_{H_2O}} \cdot (T_f - T_0)$$

J $\longleftrightarrow$ kJ
ús dels factors de conversió

Dada: $C_{e_{H_2O}} = 4,18 \text{ J/g}^\circ\text{C}$



TAULA 3



Primerament, es passa de massa consumida (Δm) a volum consumit (ΔV). Per això s'ha de donar la dada de la seva **densitat física (d)**:

Metanol: 0,793 g/mL Etanol: 0,789 g/mL
Propanol: 0,803 g/mL Butanol: 0,810 g/mL



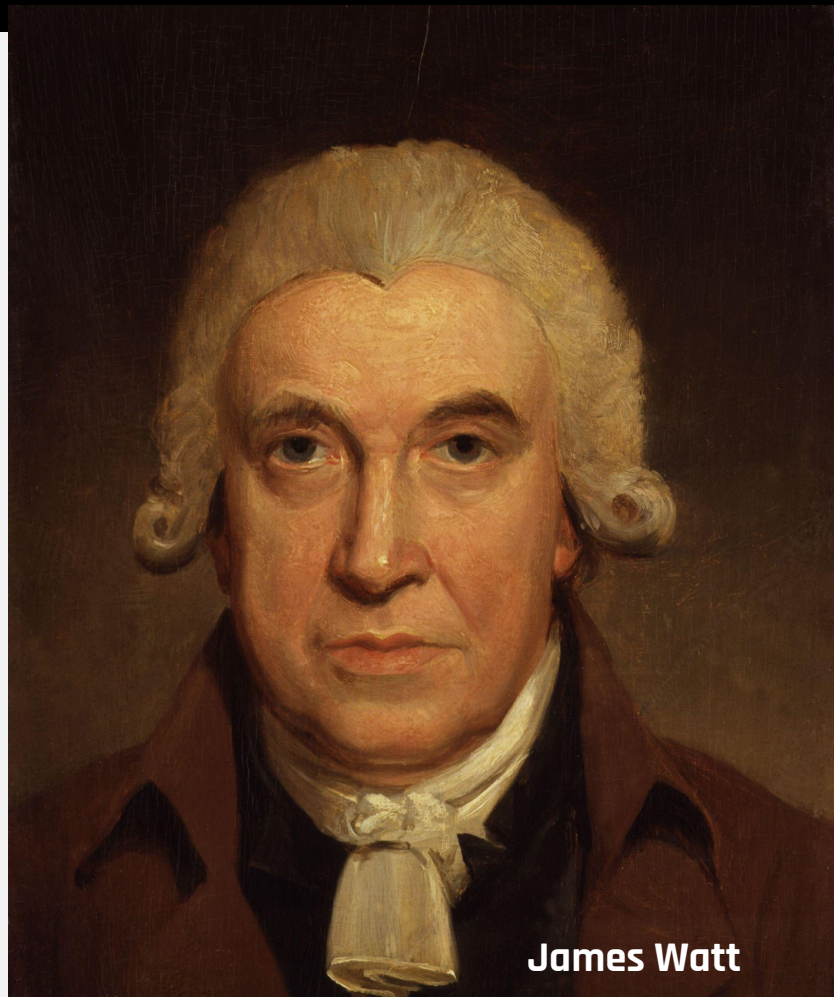
Finalment, es calcula la **densitat energètica (U)** de cada alcohol dividint la quantitat de calor rebuda (energia) per l'aigua (kJ) que, tal com hem considerat, és la mateixa que l'emesa per l'alcohol pel volum d'alcohol consumit (mL) per a cada cas.

$$U \text{ (kJ/mL)} = E \text{ (kJ)} / V \text{ (mL)} = Q \text{ (kJ)} / V \text{ (mL)}$$



BLOC 3: FORN SOLAR

- Comparant alcohols i Sol: cal un canvi d'unitats
- Els alcohols escalfen → transferim energia a l'aigua (kJ)
- El Sol emet energia → escalfem amb radiació solar
- Per comparar-los, cal expressar-ho tot en Watts (W)
- Afegim una nova variable: la superfície exposada
- Ara treballarem amb W/m^2



James Watt



BLOC 3: FORN SOLAR

Fem servir la mateixa metodologia però:

El Sol com a font de calor ☀

Aigua dins del cilindre

Calculem Wh i ho comparem amb els alcohols



BLOC 3: FORN SOLAR

Des de dalt, el tub cilíndric del forn solar es veu com un rectangle allargat, ja que estem observant només la seva projecció plana.

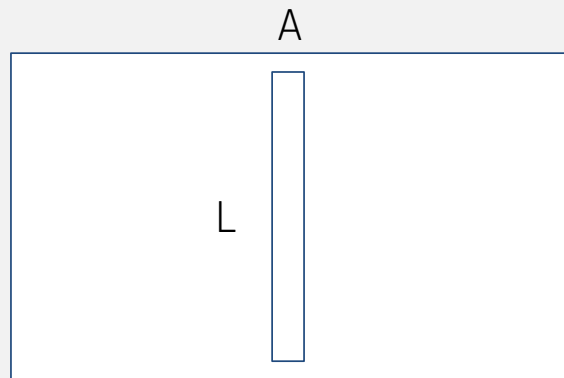
Per calcular la **superfície exposada** a la radiació solar (la que rep directament la llum), considerem aquest rectangle i utilitzem la fórmula bàsica:

$$\text{Superfície} = \text{longitud} \times \text{amplada}$$

- **Longitud:** correspon a la llargada del tub de vidre (en centímetres o metres).
- **Amplada:** correspon al diàmetre visible del tub, és a dir, la part superior exposada al Sol.

I Recorda que utilitzarem:

- **Q** per parlar de Quantitat de calor
- **Ce** per parlar de Calor específica



Procés de Càlcul d'Energia Solar

Mesurar la Massa d'Aigua

Determinar la massa d'aigua per al càlcul



Escalfar l'Aigua

Exposar l'aigua a la llum solar per escalfar-la



Calcular l'Energia Transferida

Aplicar la fórmula $Q = m \cdot c_e \cdot \Delta T$ per calcular l'energia



$$E = MC^2$$

Mesurar la Superfície Exposada

Determinar l'àrea de superfície exposada a la llum solar



Mesurar la Temperatura Inicial

Registrar la temperatura inicial de l'aigua

Mesurar la Temperatura Final

Registrar la temperatura final de l'aigua després de l'escalfament

Convertir a Wh

Convertir l'energia de kJ a Wh per a la comparació

Calcular la Densitat Energètica

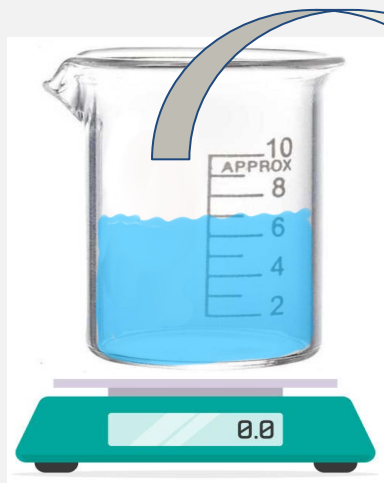
Dividir l'energia per l'àrea per trobar la densitat energètica



TAULA 4



El procediment en aquest cas és el mateix que per a les TAULES 2 i 3, però prenent com a font d'energia el Sol, amb l'ús d'un forn solar. S'ha de passar de quantitat d'energia expressada en **kJ** a energia expressada en unitats de potència per temps (**Wh**).



S'escalfa l'aigua posada dintre del cilindre del forn fins a:

Cas 1: 50 °C
Cas 2: 60 °C

$$Q_m = m \cdot c_{e_{H_2O}} \cdot \Delta T$$

$$1 \text{ Wh} = 3,6 \text{ kJ}$$

ús de
factors de
conversió

Wh

A

L

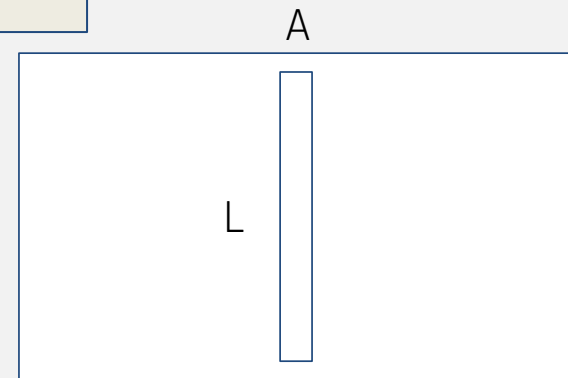
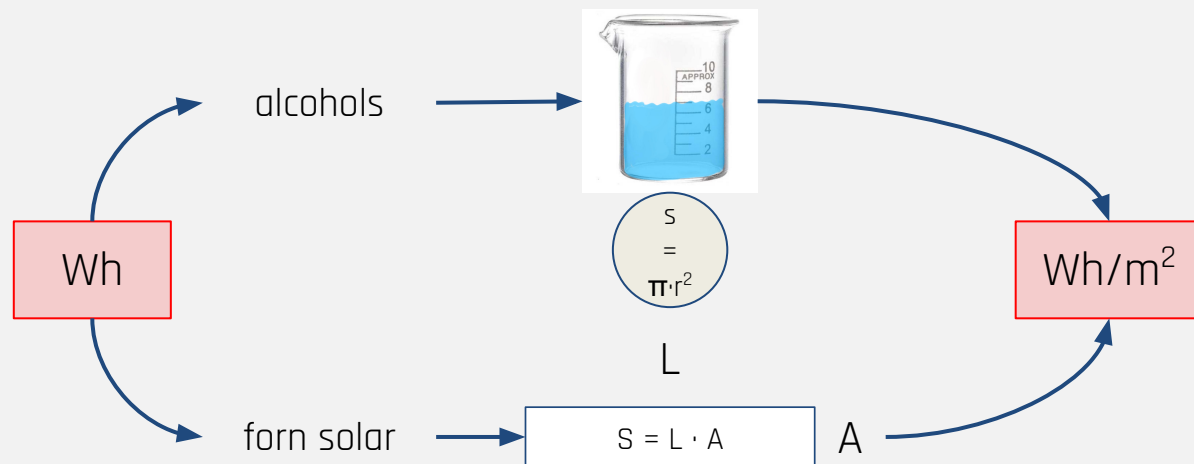


Cas 1: m_0 ; T_0 ; V_0 : 150 mL
Cas 2: m_0 ; T_0 ; V_0 : 200 mL

TAULA 4



El procediment en aquest cas és el mateix que per a les TAULES 2 i 3, però prenent com a font d'energia el Sol, amb l'ús d'un forn solar. S'ha de passar de **quantitat d'energia** expressada en **kJ** a energia expressada en unitats de potència per temps (**Wh**). Posteriorment, s'ha de calcular la **superfície** de l'aigua exposada a la font de calor (base del got de precipitats / secció del cilindre) per determinar la **densitat energètica** (**Wh/m²**). Finalment, es comparen resultats.



COMPARACIÓ FINAL

Quin sistema té més densitat energètica?

- Química (alcohols)
- Radiant (forn solar)

Quins avantatges i inconvenients té cadascun?





RELACIÓ AMB LA SOSTENIBILITAT

Quins sistemes contaminen més?

Quins són renovables?

Quin ús en podríem fer a petita i gran escala?





REFLEXIÓ FINAL

 Amb tot el que hem après:

Quin tipus d'energia faries servir per escalfar
aigua a casa?

I per a fer funcionar una fàbrica?





GRÀCIES!

Roca Umbert – La Tèrmica

Taller dissenyat per Ivan Nadal
IDepartament de Ciències
Institut Carles Vallbona (Granollers)

 latermica@rocaumbert.cat





PASSOS ESSENCIALS DE CÀLCUL I APRENENTATGE

1. Mesurar la massa de l'aigua (m)
2. Aplicar la calor específica de l'aigua ($c_e = 4,18 \text{ J/g}^\circ\text{C}$)
3. Mesurar la diferència de temperatura (ΔT)
4. Calcular l'energia transferida ($Q = m \cdot c_e \cdot \Delta T$)
5. Relacionar energia i massa de combustible consumit
6. Calcular la densitat energètica dels alcohols (kJ/mL)
7. Mesurar la massa i temperatura de l'aigua al forn solar
8. Escalfar amb el forn solar i mesurar la temperatura final
9. Calcular de nou l'energia transferida (Q)
10. Convertir l'energia a Wh ($1 \text{ Wh} = 3,6 \text{ kJ}$)
11. Mesurar la superfície exposada al Sol (m^2)
12. Calcular la densitat energètica solar (Wh/m^2)