



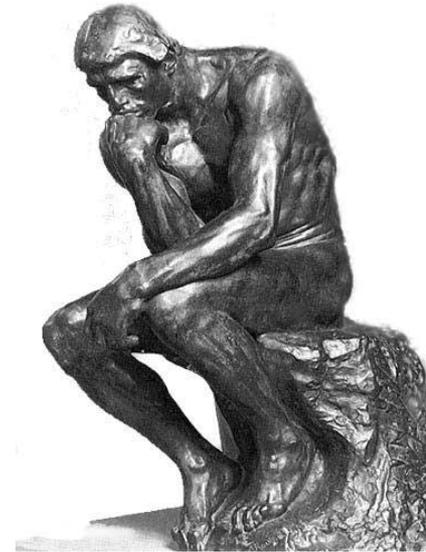
# Termokimia

Mata Kuliah Kimia Dasar



# Mengapa kita belajar termokimia

- ☉ Ketergantungan kita pada energi pada setiap aspek dalam kehidupan kita.
- ☉ Pikirkanlah: bagaimana anda menggunakan energi setiap hari
  - 💜 Listrik
  - 💜 Memasak
  - 💜 Berkendaraan
  - 💜 Memanaskan/mendinginkan
  - 💜 Bateri (mobil, hape, laptop, Ipad, tablet)
  - 💜 Tubuh manusia (pengaturan suhu, konversi makanan menjadi energi pada sel tubuh)



# Serius nih.. kita belajar termokimia

## ☉ Krisis energi di dunia!

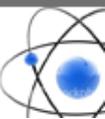
- Over-use/dependence on fossil fuels (petroleum, gasoline, diesel, methane, propane)

## ☉ Riset dan pengembangan sumber energi alternatif

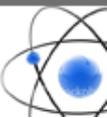
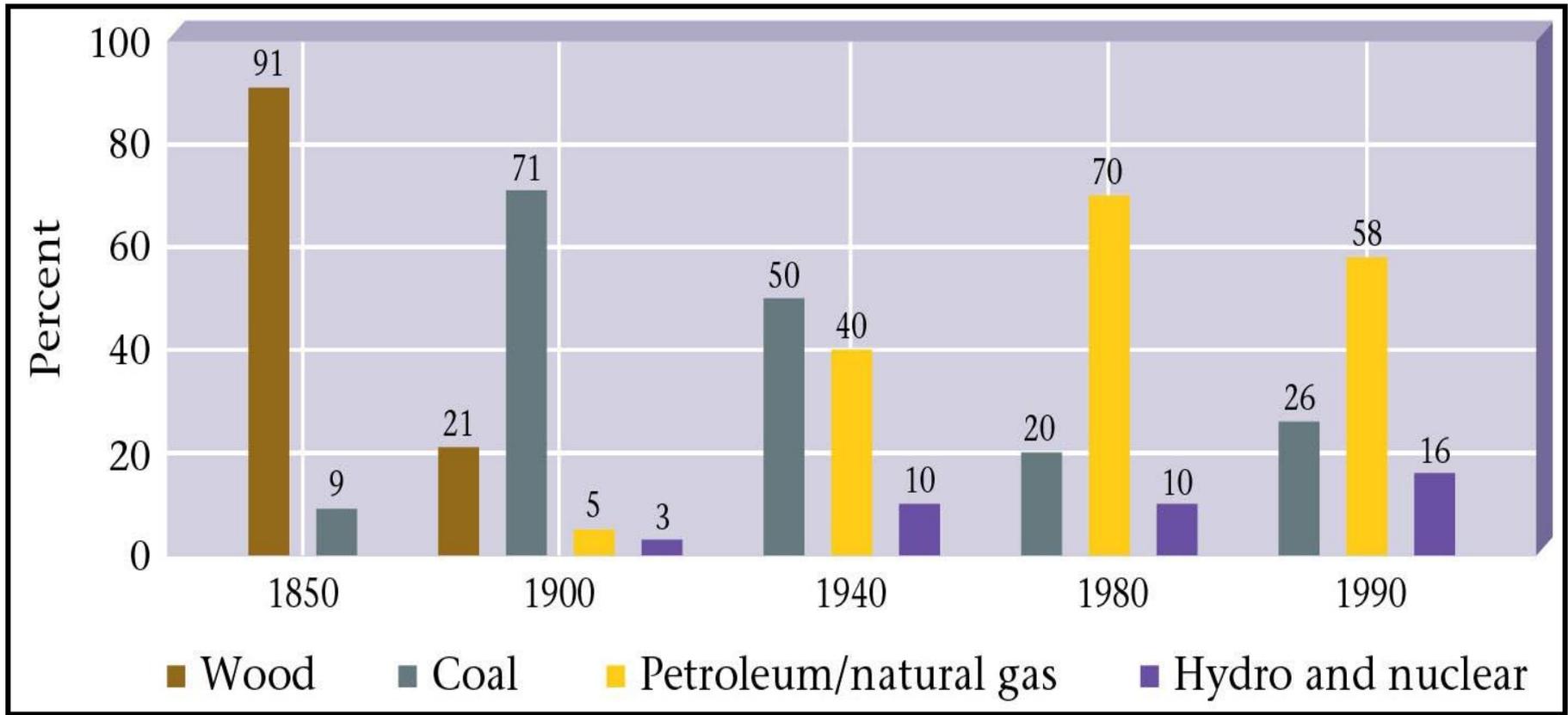
- Nuclear
- Fuel Cells (H<sub>2</sub>, Methanol, Solid oxide)
- Hydro
- Wind
- Solar



**NEWS FLASH: This is going to be OUR problem!**



# Sumber Energi Utama lebih dari 150 tahun



# Apa yang akan kita pelajari di termokimia

- Bentuk energi dan konversinya
- Enthalpi: panas reaksi dan perubahan kimia
- Kalorimetri: perhitungan energi reaksi pada laboratorium
- stoikiometri persamaan termokimia
- Hukum Hess
- Standard entalphi reaksi





# Termokimia (pendahuluan)

- 🌀 Hubungan rx kimia dgn energi
- 🌀 Menjawab beberapa Pertanyaan yang timbul:
  - 💜 Pada suatu kondisi, kapankah suatu reaksi kimia dapat terjadi?
  - 💜 Dan jika reaksi dapat terjadi, seberapa besar energi yg dihasilkan?
  - 💜 Seberapa besar energi yang dibutuhkan agar reaksi dapat terjadi?



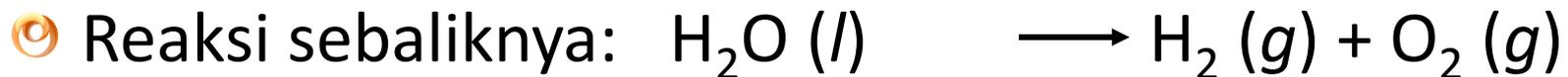
# Termokimia (pendahuluan)

- ⦿ Berdasarkan pada kemampuan pembentukan produknya, jenis reaksi digolongkan pada
  - 💜 reaksi yang lebih menyukai pembentukan produk
  - 💜 reaksi yang lebih menyukai pembentukan reaktan



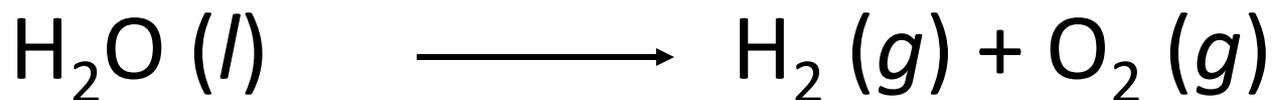
# Termokimia (pendahuluan)

- ⦿ Berdasarkan pada kemampuan pembentukan produknya, jenis reaksi digolongkan pada
  - 💜 reaksi yang lebih menyukai pembentukan produk
  - 💜 reaksi yang lebih menyukai pembentukan reaktan



# Termokimia (pendahuluan)

- ☉ Kita dapat mengubah arah reaksi dari reaksi yang lebih menyukai produk ke arah reaksi yang lebih menyukai reaktan apabila arah aliran energinya diubah, misalnya dengan memberikan pasokan **energi** pada sistem reaksi





# Termokimia vs Termodinamika

- 🌀 Termodinamika adalah ilmu yang mempelajari tentang perpindahan panas atau energi termal ketika reaksi kimia terjadi
  - 💜 Termokimia berhubungan dengan
    - 🌀 Energi reaksi (enthalpi reaksi)
    - 🌀 cara-cara untuk mengubah energi dari satu bentuk ke bentuk lain
  - 💜 Spontanitas reaksi
    - 🌀 Entropi
    - 🌀 Energi Gibbs





# Bentuk Energi dan Konversinya

- 🌀 Energi adalah kemampuan melakukan kerja atau mentransfer panas.
  - 💜 Energi yang digunakan sehingga sebuah objek yang memiliki massa bergerak disebut **kerja**.
  - 💜 Energi yang digunakan sehingga menyebabkan temperatur sebuah objek meningkat disebut **panas**.



# Bentuk Energi dan Konversinya

## Energi digolongkan menjadi

1. Energi potensial : Energi yang tersimpan pada sebuah objek atau energi yang terasosiasi karena komposisi dan posisinya)

- ❖ energi potensial kimia
- ❖ energi gravitasi
- ❖ energi elektrostatis



# Bentuk Energi dan Konversinya

Energi digolongkan menjadi

2. Energi kinetik (terjadi karena gerakan atau tertransfer karena gerakan),

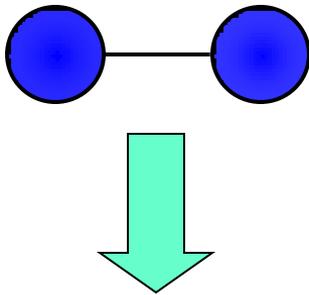
- ❖ energi panas atom/molekul/ion-ion yang bergerak
- ❖ energi mekanik
- ❖ energi listrik



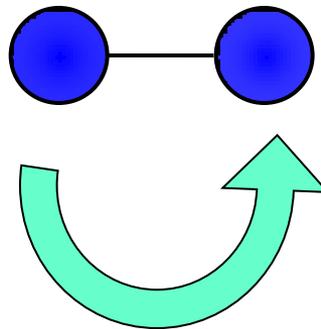
# Energi kinetik pada atom dan Molekul

- ⦿ Temperatur  $\propto$  KE rata-rata partikel pada sample
- ⦿ Komponen energi kinetik:

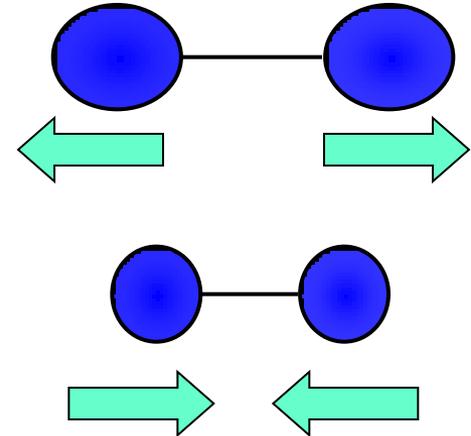
Translation



Rotation



Vibration



⦿  $KE_{\text{tot}} = \text{all components added together}$

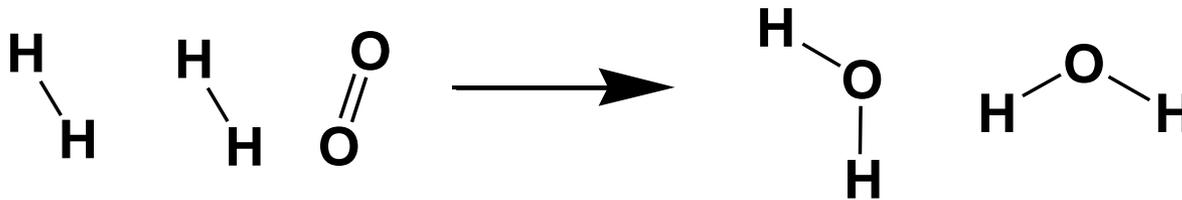


# Energi potensial pada atom dan molekul

## ☉ Perubahan Kimia: energi potensial **intramolekuler**

- Pemutusan dan pembentukan ikatan kimia ( $PE_{\text{inti-elektron}}$ )

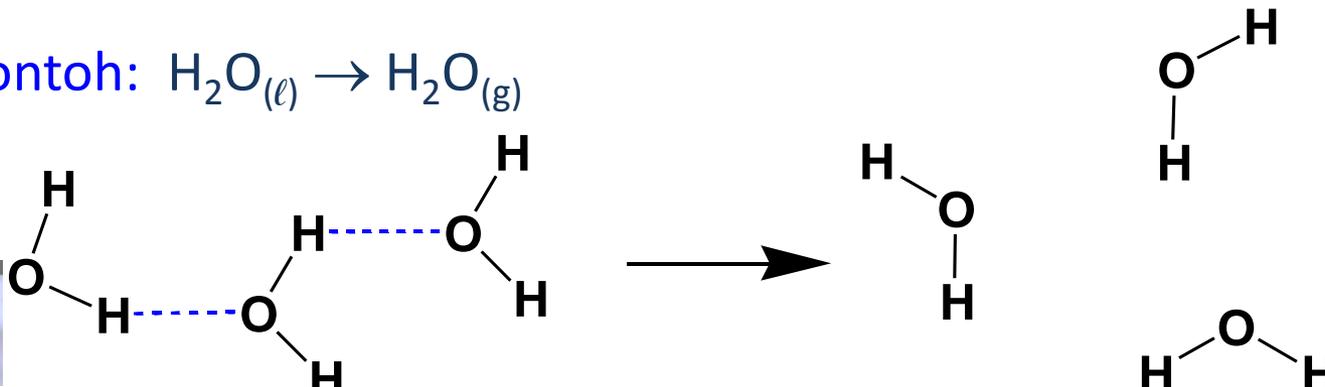
Contoh:  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$



## ☉ Perubahan Fisika : Energi potensial **antar molekul**

- pelemahan atau penguatan gaya tarik antar molekul ( $PE_{\text{IMF}}$ )

Contoh:  $\text{H}_2\text{O}_{(\ell)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$



# Satuan Energi

- 🌀 **joule (J)** Jumlah energi yang digunakan untuk menggerakkan massa 1 kg sejauh 1 meter
  - 💜  $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$
- 🌀 **calorie (cal)** Jumlah energi yang dibutuhkan untuk meningkatkan satu gram air sebesar  $1^\circ\text{C}$ 
  - 💜 kcal = energi untuk 1000 g air sebesar  $1^\circ\text{C}$
  - 💜 food Calories = kcals

## Faktor konversi dari energi

1 calorie (cal)	=	4.184 joules (J) (exact)
1 Calorie (Cal)	=	1000 calories (cal)
1 kilowatt-hour (kWh)	=	$3.60 \times 10^6$ joules (J)



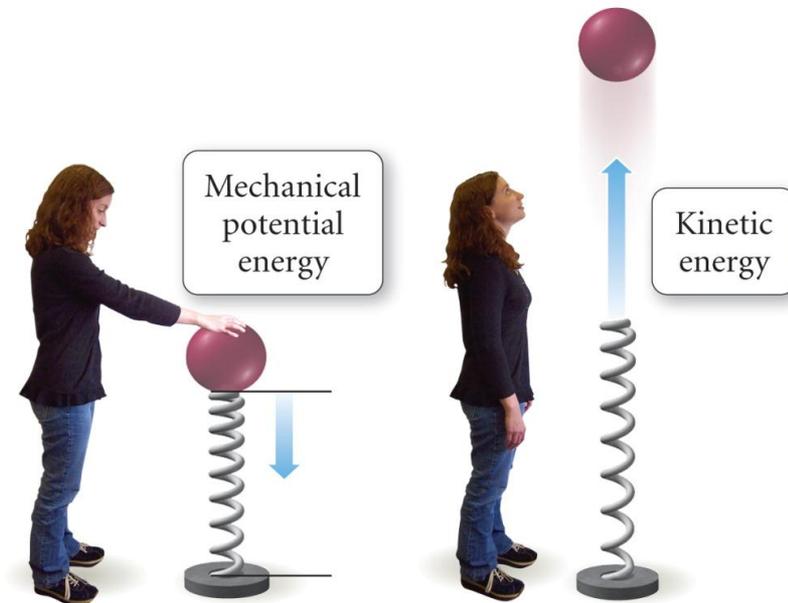
# Penggunaan Energy

Unit	Energi untuk meningkatkan suhu 1 g air hingga 1°C	Energi untuk menyalakan lampu 100-W selama 1 hr	Energi untuk berlari sejauh 1 Mil (approx)	Energi rerata manusia dalam 1 Day
joule (J)	4.18	$3.60 \times 10^5$	$4.2 \times 10^5$	$9.0 \times 10^8$
calorie (cal)	1.00	$8.60 \times 10^4$	$1.0 \times 10^5$	$2.2 \times 10^8$
Calorie (Cal)	0.00100	86.0	100.	$2.2 \times 10^5$
kWh	$1.16 \times 10^{-6}$	0.100	0.12	$2.5 \times 10^2$



# Hukum Kekekalan Energi

- energy tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan
  - Hukum pertama Thermodynamika
- energy dapat ditransfer diantara objek-objek
- energy dapat dirubah dari satu bentuk ke bentuk lain
  - Panas  $\rightarrow$  Cahaya  $\rightarrow$  Suara





# Aliran energi ke dan dari sistem

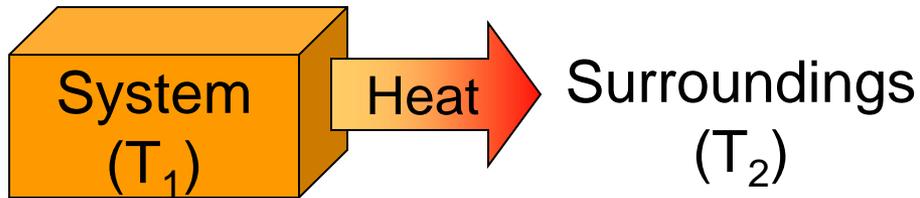
- ☉ Jika suatu zat berubah bentuk dari satu keadaan ke keadaan lain terjadi transfer energi.
- ☉ Contohnya pada saat es meleleh atau air mendidih.



# Heat/panas (q)

🌀 **Heat:** Transfer energi antara objek karena beda temperatur

- Aliran objek ber T tinggi ke objek ber T rendah

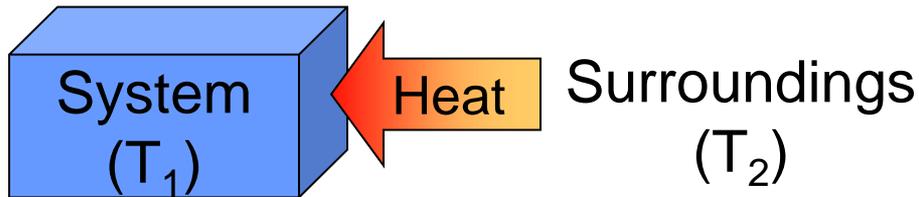


Jika  $T_1 > T_2$

$$q_{\text{system}} = -$$

$$q_{\text{surroundings}} = +$$

**exothermic**

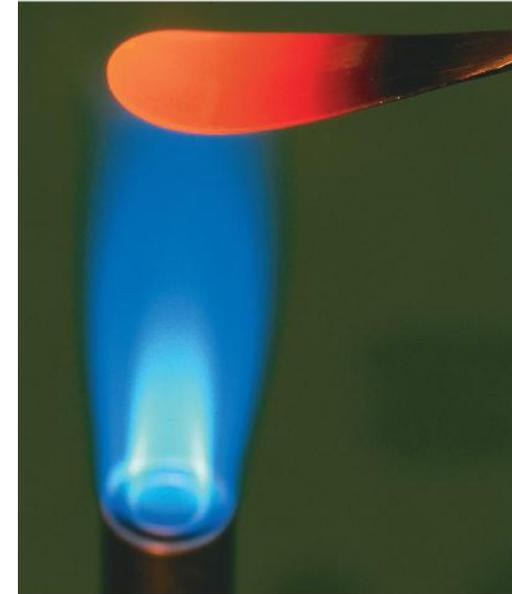


Jika  $T_1 < T_2$

$$q_{\text{system}} = +$$

$$q_{\text{surroundings}} = -$$

**endothermic**



# Kerja PV



- Energy yang digunakan untuk menggerakkan objek pada jarak tertentu adalah Kerja.

- $w = F \times d$

dimana  $w$  adalah kerja,  $F$  adalah gaya, dan  $d$  adalah jarak dimana gaya dilakukan.

$$F \text{ (force)} = \text{pressure} \times \text{area} = P \times m^2$$

$$\text{distance} = m$$

$$\text{work} = P \times m^2 \times m = P \times V$$

**Asumsi ( $P_{\text{ext}}$ ) konstant, volume dapat berubah ( $\Delta V$ )**

$$w_{\text{system}} = - P_{\text{ext}} \Delta V \text{ (L atm)}$$

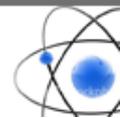
dimana  $\Delta V = V_f - V_i$  (in L)



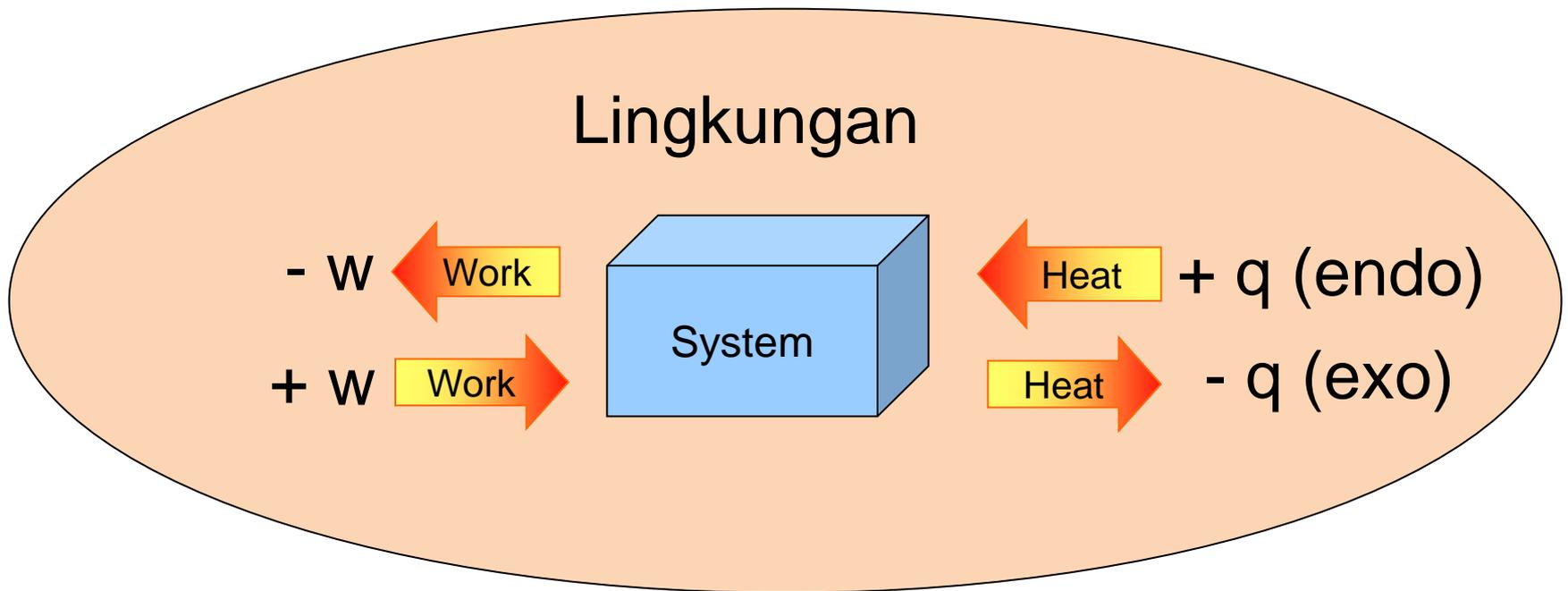
# Tanda $\Delta E$ , $q$ dan $w$

$$\textcircled{o} \Delta E = q + w$$

	tanda	maksud	tanda	maksud
$q$	+	Sistem menerima panas	-	Sistem melepaskan panas
$w$	+	Sistem dilakukan kerja	-	Sistem melakukan kerja
$\Delta E$	+	Penerimaan energi total dari sistem	-	kehilangan energi total dari sistem



# Tanda $\Delta E$ , $q$ dan $w$



# Latihan dengan kerja dan panas

Sebuah gas ideal mengembang dari 5.0 L menjadi 12.0 L melawan tekanan tetap 2.0 atm.

Berapakah kerja yang dilakukan?

$$w = -P_{\text{ext}}\Delta V$$

$$w = -(P_{\text{ext}})(V_{\text{final}} - V_{\text{initial}})$$

$$w = -(2.0 \text{ atm})(12.0 \text{ L} - 5.0 \text{ L})$$

$$w = -14 \text{ L atm}$$

$$1 \text{ L atm} = 101.325 \text{ J}$$

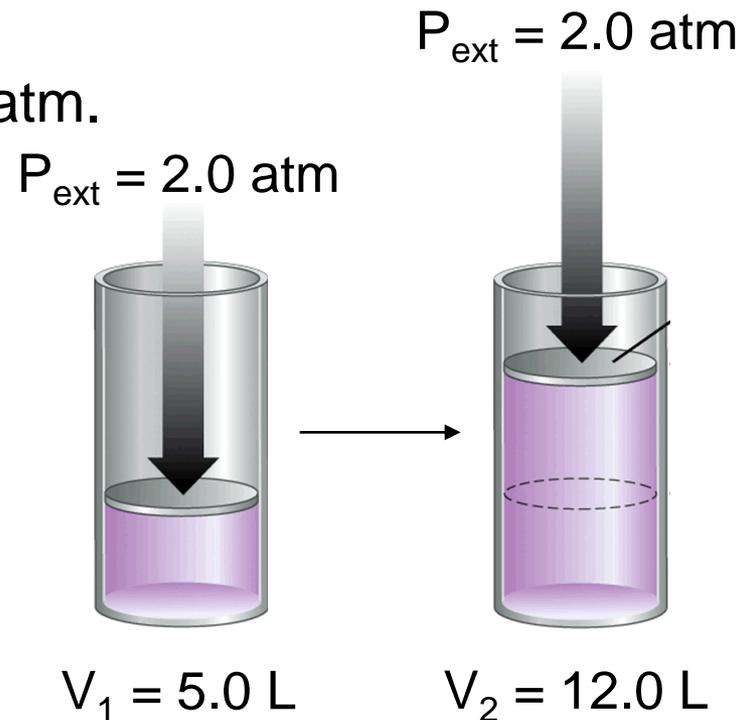
$$w = -14 \text{ L atm} \times (101.325 \text{ J/1 L atm})$$

$$w = -1400 \text{ J}$$

Jika  $\Delta E = 0$  untuk proses ini, berapakah  $q$ ?

$$\Delta E = q + w = q + (-1.42 \times 10^3 \text{ J}) = 0$$

$$q = 1400 \text{ J}$$



# Latihan dengan kerja dan panas

Hitunglah perubahan energi untuk sistem yang kehilangan 15 kJ panas dan mengembang dari volume 10. L menjadi 200. L pada tekanan external tetap 2.0 atm.

Ingat:

$$\Delta E = q + w$$

$$101.325 \text{ J} = 1 \text{ L atm}$$

$$w = -P_{\text{ext}} \Delta V$$

$$1000 \text{ J} = 1 \text{ kJ}$$

$$w = -(2.0 \text{ atm})(200\text{L} - 10\text{L}) = -380 \text{ L atm}$$

$$\begin{aligned} w &= -380 \text{ L atm} (101.325 \text{ J}/1 \text{ L atm}) (1 \text{ kJ}/1000 \text{ J}) \\ &= -\underline{38.5035} \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\Delta E = 15 \text{ kJ} + -38.5035 \text{ kJ}$$

$$= -\underline{53.5035} \text{ kJ}$$

$$\boxed{-54 \text{ kJ}}$$



# Kalorimetri (menghitung kalor)

☉ Kalorimetri: Ilmu untuk menghitung panas

☉  $C$  = kapasitas panas

- Panas yang dibutuhkan untuk meningkatkan temperatur  $1^{\circ}\text{C}$  (atau 1 K)
- Satuan  $\rightarrow$  Joules/ $^{\circ}\text{C}$  ( $\text{J}/^{\circ}\text{C}$  atau  $\text{J}/\text{K}$ )

☉ kapasitas panas spesifik ( $C_p$ )

- Kapasitas panas per **gram** =  $\text{J}/\text{g}^{\circ}\text{C}$  atau  $\text{J}/\text{gK}$

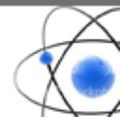
☉ Kapasitas panas molar ( $C_m$ )

- Kapasitas panas per **mole** =  $\text{J}/\text{mol}^{\circ}\text{C}$  atau  $\text{J}/\text{mol K}$



# Various Heat Capacities

Zat	Specific heat capacity (J/K g)	Molar mass (g/mol)	Molar heat capacity (J/K mol)
Gold	0.129	197.0	25.4
Silver	0.235	107.9	25.4
Copper	0.385	63.55	24.5
Iron	0.449	55.85	25.1
Aluminum	0.897	26.98	24.2
H <sub>2</sub> O(l)	4.184	18.02	75.3
H <sub>2</sub> O(s)	2.03	18.02	36.6
H <sub>2</sub> O(g)	1.998	18.02	36.0
Pasir	0.840	60.0	50.4
etanol	2.42	46.0	111.32



# Menghitung energi panas

- ☉ Kapasitas panas suatu objek berbanding lurus terhadap massa dan panas spesifiknya
- ☉ Sehingga kita bisa menghitung jumlah panas yang diserap suatu objek bila kita mengetahui massanya, panas spesifiknya dan perubahan temperaturnya

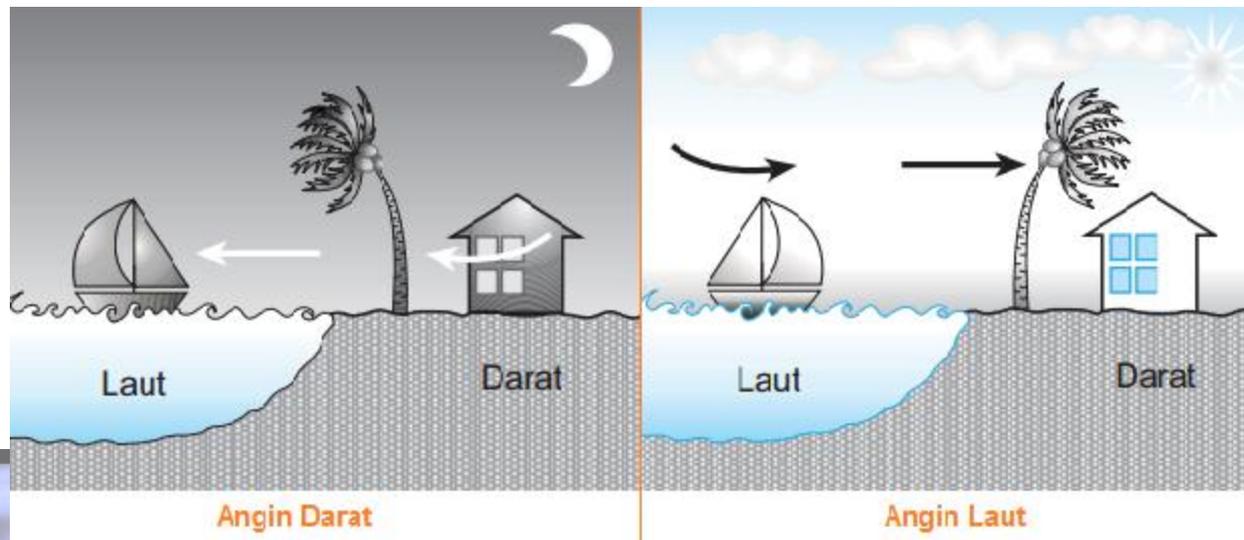
***Panas = (massa) x (kapasitas panas spesifik) x (perubahan temp.)***

$$q = (m) \times (C_s) \times (\Delta T)$$



# Kapasitas Panas dalam kehidupan

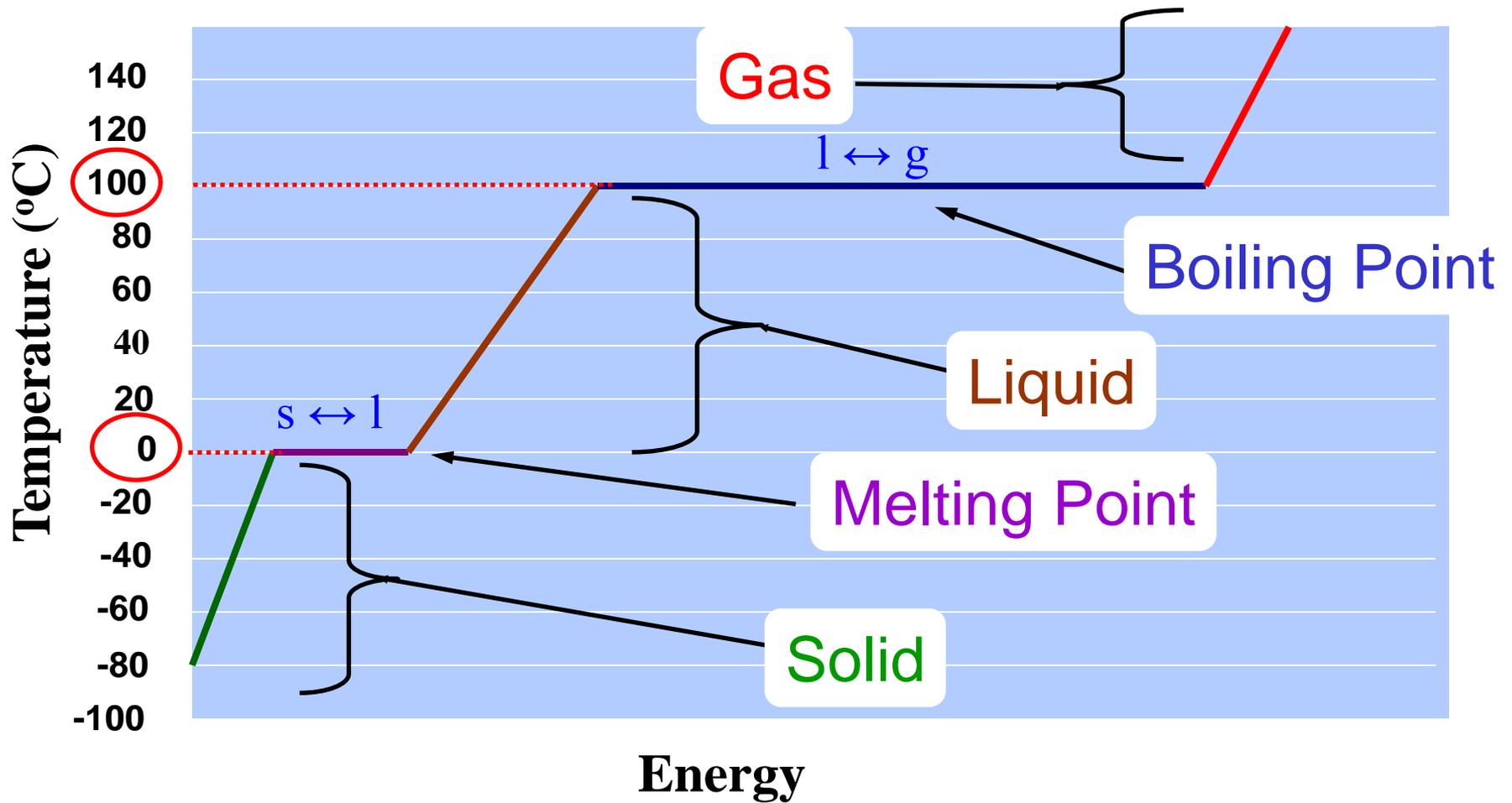
- ☉ Kapasitas panas suatu objek tergantung pada jenis materialnya
- ☉ Kapasitas panas spesifik air yang tinggi menyebabkan penyerapan panas yang banyak tanpa peningkatan temperatur yang tinggi
  - 💜 Menjaga ekologi pantai tetap dingin pada musim panas
  - 💜 bisa digunakan sebagai pendingin yang efektif dalam penyerap panas
  - 💜 Peristiwa angin laut dan angin darat
  - 💜 1000 J energi panas akan meningkatkan temperatur 100 g pasir sebesar  $12^{\circ}\text{C}$ , tetapi meningkatkan temperatur 100 g air sebesar  $2.4^{\circ}\text{C}$



Contoh – berapa panas yang diserap oleh 3,10 g koin tembaga yang temperaturnya meningkat dari  $-8.0^{\circ}\text{C}$  menjadi  $37.0^{\circ}\text{C}$ ?  $C_s = 0,385 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$

Information	<b>Given:</b>	$T_1 = -8.0^{\circ}\text{C}$ , $T_2 = 37.0^{\circ}\text{C}$ , $m = 3.10 \text{ g}$
	<b>Find:</b>	$q, \text{ J}$
Strategi	<b>Concept Plan:</b>	$C_s, m, \Delta T \Rightarrow q$ $q = m \cdot C_s \cdot \Delta T$
	<b>Relationships:</b>	
Follow the Concept Plan to <b>Solve</b> the problem	<b>Solution:</b>	$q = m \cdot C_s \cdot \Delta T$ $\Delta T = T_2 - T_1$ $\Delta T = 37.0^{\circ}\text{C} - (-8.0^{\circ}\text{C})$ $= 45.0^{\circ}\text{C}$ $q = (3.10 \text{ g}) \cdot (0.385 \frac{\text{J}}{\text{g}^{\circ}\text{C}}) \cdot (45.0^{\circ}\text{C})$ $= 53.7 \text{ J}$
Check	<b>Check:</b>	the unit and sign are correct

# Kurva pemanasan air



# Pemanasan air

## ☉ Perubahan temperature dalam satu fasa

- perubahan EK (pergerakan molekuler)
- Tergantung kapasitas panas

$C_{H_2O(l)} = 4.184 \text{ J/g}^\circ\text{C}$  (butuh panas paling besar)

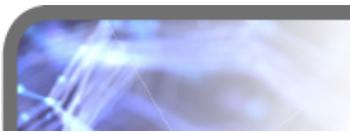
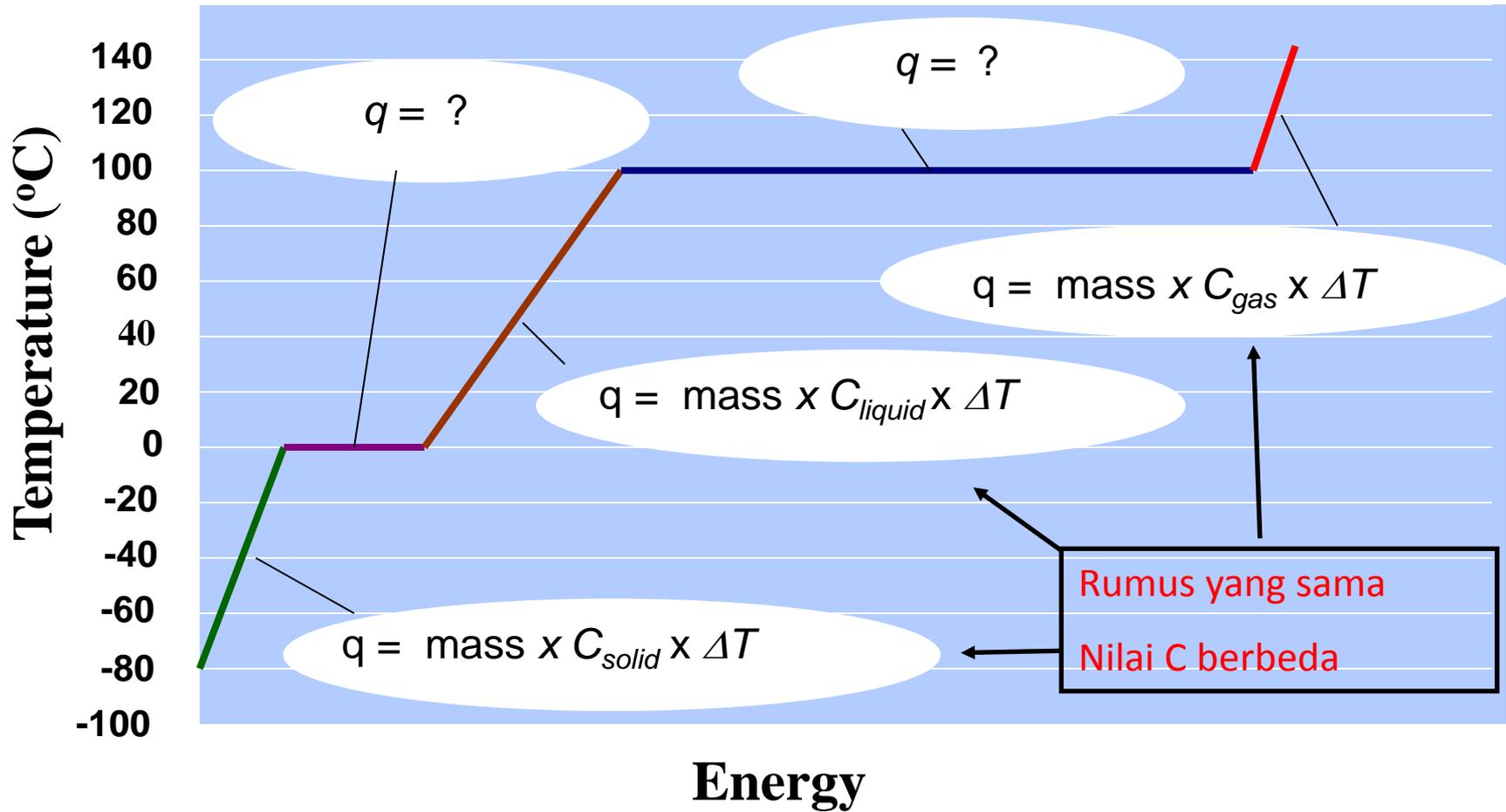
$C_{H_2O(s)} = 2.03 \text{ J/g}^\circ\text{C}$

$C_{H_2O(g)} = 1.998 \text{ J/g}^\circ\text{C}$  (butuh panas paling kecil)

## ☉ Perubahan fasa (s ↔ l ↔ g)

- Perubahan EP (penataan molekuler)
- temperature tetap
- Mengatasi gaya antarmolekuler

# Perhitungan perubahan energi



# Perubahan fasa

- ☉ Selama perubahan fasa, penambahan panas digunakan untuk mengatasi gaya antar molekul bukan meningkatkan temperatur



$\Delta H_{\text{fusion}}$  = energy yg dibutuhkan merubah *solid ke liquid*

☞ Untuk air,  $\Delta H_{\text{fusion}} = 6.02 \text{ kJ/mol}$

☞ Untuk liquid ke solid,  $\Delta H = - 6.02 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H_{\text{vaporization}}$  = energy yg dibutuhkan merubah *liquid ke gas*

☞ Untuk air,  $\Delta H_{\text{vap}} = 40.7 \text{ kJ/mol}$

☞ Untuk gas ke liquid,  $\Delta H = - 40.7 \text{ kJ/mol}$

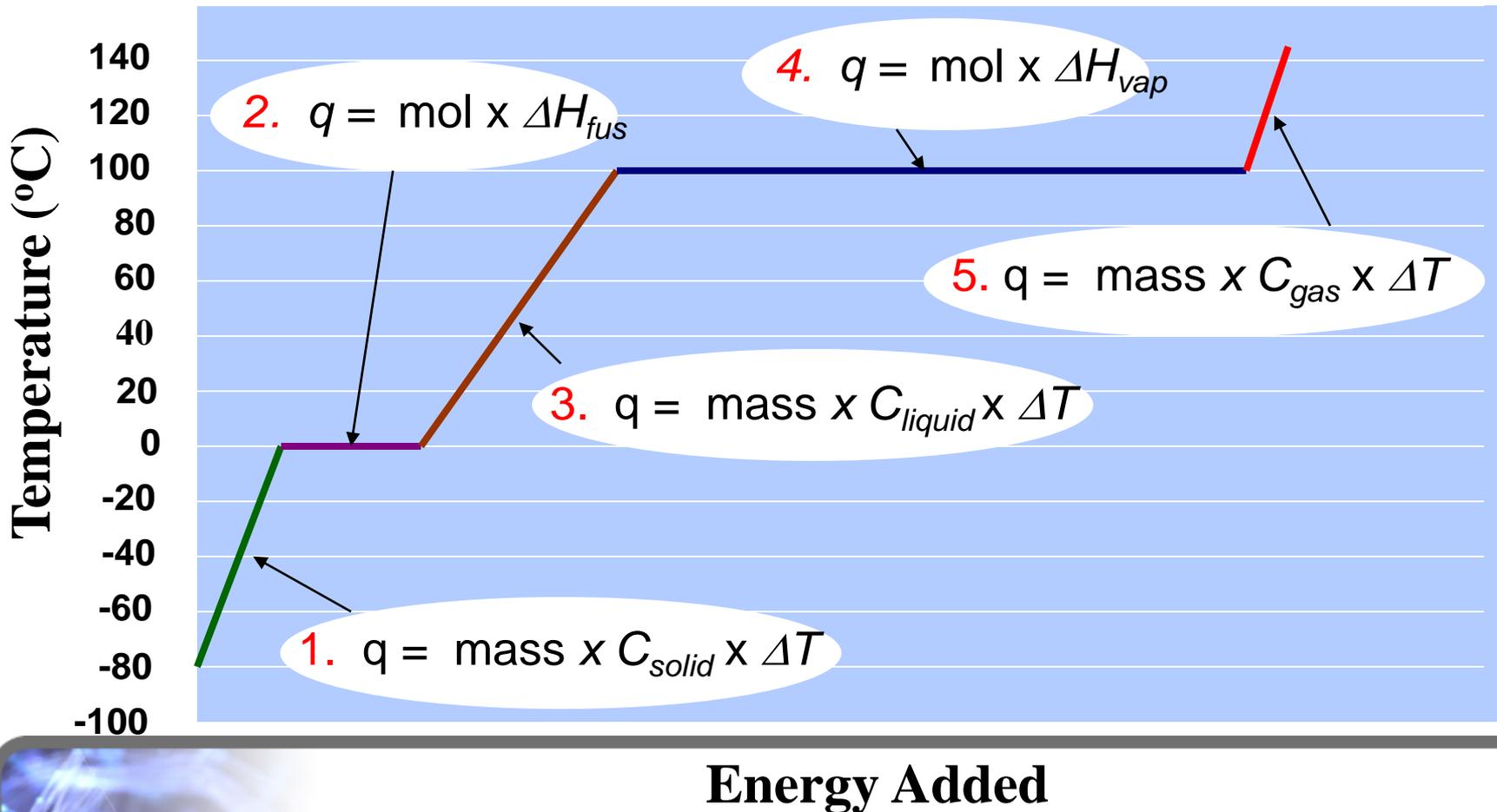


Tergantung proses yang terjadi, semua nilai q dihitung secara terpisah kemudian ditambahkan secara total

cat: tahap 2 and 4  $\rightarrow$  kJ

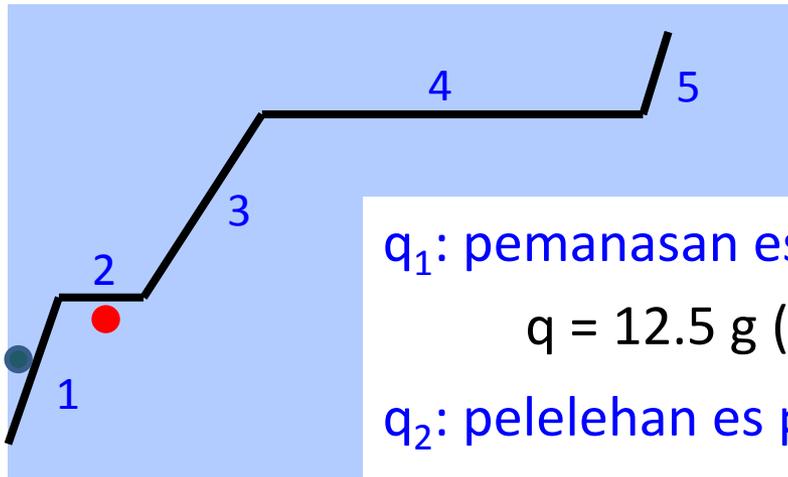
tahap 1, 3, 5  $\rightarrow$  J

} Konversi satuan!



# Latihan

Berapa energi (J) yang dibutuhkan untuk memanaskan 12,5 g es pada  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  menjadi air pada  $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?



$q_1$ : pemanasan es dari  $-10$  ke  $0^{\circ}\text{C}$

$$q = 12.5\text{ g} (2.03\text{ J/g }^{\circ}\text{C})(0.0 - -10.0\text{ }^{\circ}\text{C}) = 253.75\text{ J}$$

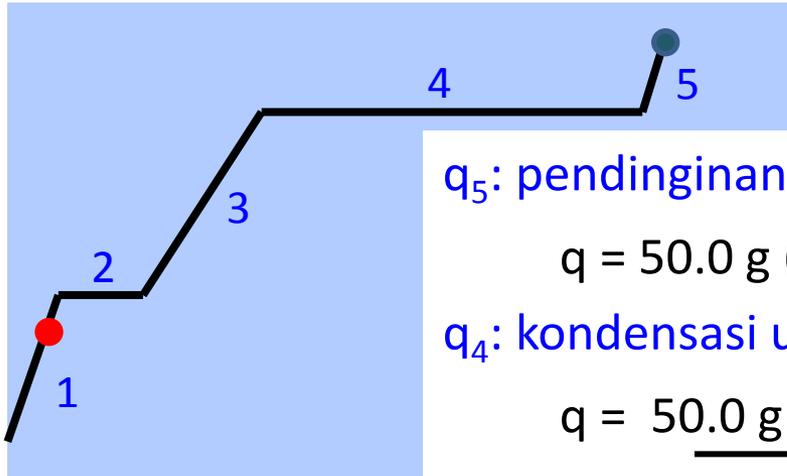
$q_2$ : pelelehan es pada  $0^{\circ}\text{C}$  menjadi air pada  $0^{\circ}\text{C}$

$$q = \frac{12.5\text{ g ice}}{18.016\text{ g}} \times \frac{1\text{ mol}}{1\text{ mol}} \times \frac{6.02\text{ kJ}}{1\text{ mol}} = 4.177\text{ kJ}$$

$$q_{\text{tot}} = q_1 + q_2 = 253.75\text{ J} + 4,177\text{ J} = 4,430\text{ J}$$



Berapa energi (J) yang dipindahkan untuk mendinginkan 50.0 g uap air pada 115.0 °C tmenjadi es pada -5.0 °C?



*Cat: nilai q negatif karena panas dipindahkan...*

$q_5$ : pendinginan uap dari 115.0 ke 100 °C

$$q = 50.0 \text{ g} (1.998 \text{ J/g } ^\circ\text{C})(100.0 - 115.0 \text{ } ^\circ\text{C}) = -1498.5 \text{ J}$$

$q_4$ : kondensasi uap ke liquid pada 100 °C

$$q = \frac{50.0 \text{ g H}_2\text{O} \quad | \quad 1 \text{ mol} \quad | \quad -40.7 \text{ kJ}}{18.016 \text{ g} \quad | \quad 1 \text{ mol}} = -112.96 \text{ kJ}$$

$q_3$ : pendinginan air dari 100 °C ke 0 °C

$$q = 50.0 \text{ g} (4.184 \text{ J/g } ^\circ\text{C})(0.0 - 100.0^\circ\text{C}) = -20920 \text{ J}$$

$q_2$ : pembekuan air menjadi es pada 0 °C

$$q = \frac{50.0 \text{ g H}_2\text{O} \quad | \quad 1 \text{ mol} \quad | \quad -6.02 \text{ kJ}}{18.016 \text{ g} \quad | \quad 1 \text{ mol}} = -16.71 \text{ kJ}$$

$q_1$ : pendinginan es dari 0 °C ke -5.0 °C

$$q = 50.0 \text{ g} (2.03 \text{ J/g } ^\circ\text{C})(-5.0 - 0.0^\circ\text{C}) = -507.5 \text{ J}$$

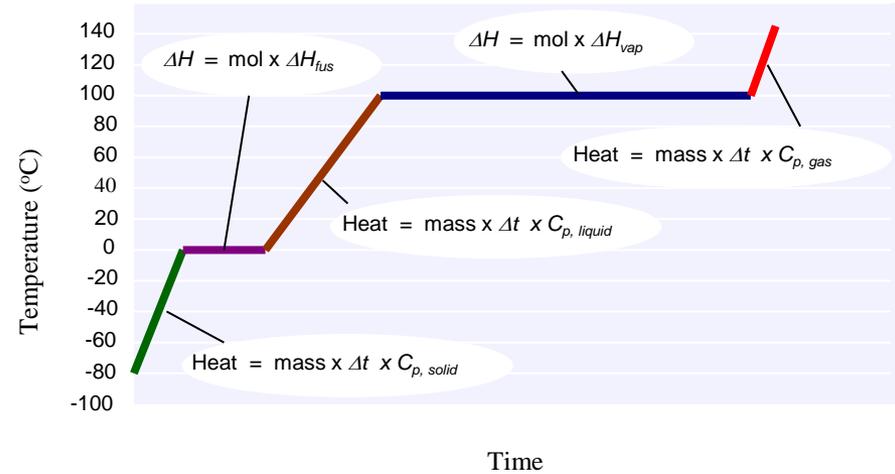
$$q_{\text{tot}} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 = -1498.5 \text{ J} + -112,960 \text{ J} + -20920 \text{ J} + -16,710 \text{ J} + -507.5 \text{ J} =$$

-153,000 J



# Problem kurva pemanasan air

1. Sample es pada  $-25^{\circ}\text{C}$  ditempatkan pada 75 g air dengan temperatur  $85^{\circ}\text{C}$ . Jika temperatur akhir dari campuran adalah  $15^{\circ}\text{C}$ , berapa massa es yang diberikan?

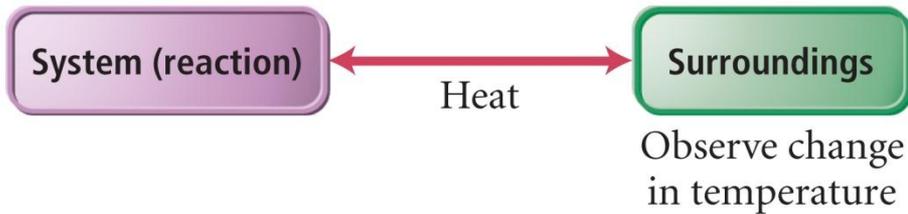


2. Sampel 38 g es pada  $-5^{\circ}\text{C}$  ditempatkan pada 250 g air dengan temperatur  $65^{\circ}\text{C}$ . Tentukan temperatur akhir dari campuran asumsikan bahwa semua es mencair sempurna.
3. Sampel uap air 35 g pada  $116^{\circ}\text{C}$  digelembungkan ke dalam 300 g air pada  $10^{\circ}\text{C}$ . Tentukan temperautr akhir sistem, asumsikan semua uap terkondensasi dalam air.



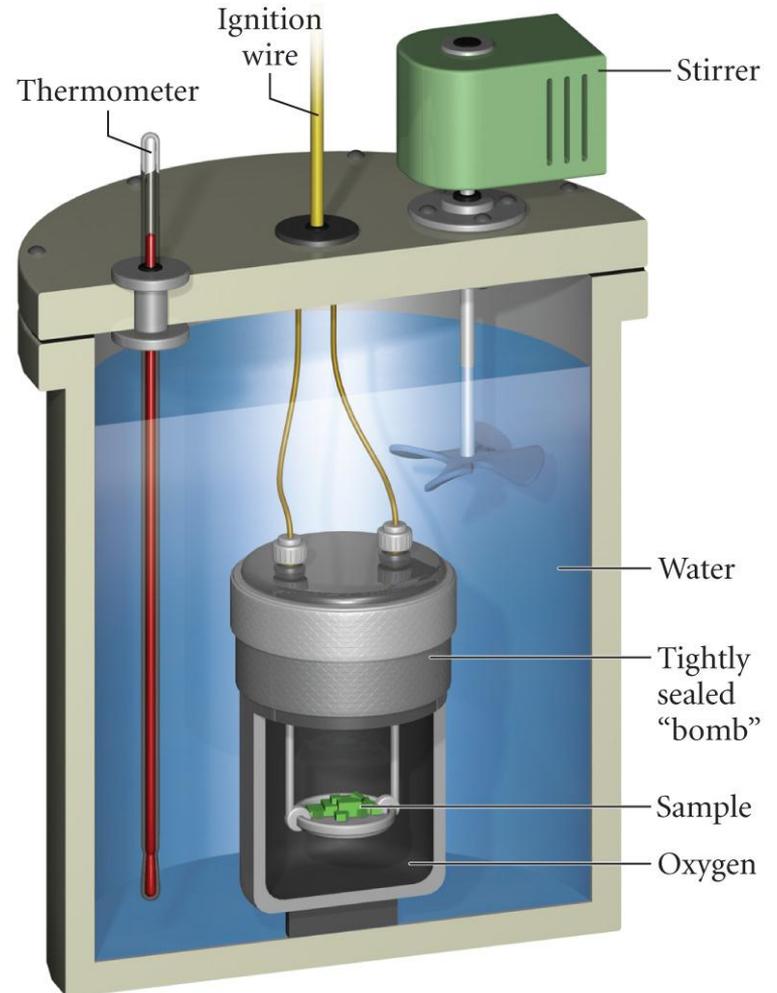
# Bomb Calorimeter

🌀 Digunakan untuk mengukur  $\Delta E$  pada sistem dengan volume konstan



Copyright © 2008 Pearson Prentice Hall, Inc.

## The Bomb Calorimeter



Copyright © 2008 Pearson Prentice Hall, Inc.



Contoh – jika 1.010 g gula dibakar pada kalorimeter bom, temperatur meningkat dari 24.92°C menjadi 28.33°C. jika  $C_{\text{cal}} = 4.90 \text{ kJ/}^\circ\text{C}$ , tentukan  $\Delta E$  untuk membakar 1 mol

<b>diberikan:</b>	1.010 g $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ , $T_1 = 24.92^\circ\text{C}$ , $T_2 = 28.33^\circ\text{C}$ , $C_{\text{cal}} = 4.90 \text{ kJ/}^\circ\text{C}$
<b>dicari:</b>	$\Delta E_{\text{rxn}}$ , kJ/mol
<b>konsep:</b>	$C_{\text{cal}} \cdot \Delta T \Rightarrow q_{\text{cal}}$ $q_{\text{cal}} = C_{\text{cal}} \times \Delta T$ $q_{\text{cal}} \Rightarrow q_{\text{rxn}}$ $q_{\text{rxn}} = -q_{\text{cal}}$
<b>hubungan:</b>	$q_{\text{cal}} = C_{\text{cal}} \times \Delta T = -q_{\text{rxn}}$ $\text{MM } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} = 342.3 \text{ g/mol}$ $\Delta E = \frac{q_{\text{rxn}}}{\text{mol } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}$
<b>jawaban:</b>	$q_{\text{cal}} = C_{\text{cal}} \times \Delta T = 4.90 \frac{\text{kJ}}{^\circ\text{C}} \times (28.33^\circ\text{C} - 24.92^\circ\text{C}) = 16.7 \text{ kJ}$ $q_{\text{rxn}} = -q_{\text{cal}} = -16.7 \text{ kJ}$ $\Delta E = \frac{-16.7 \text{ kJ}}{2.5906 \times 10^{-3} \text{ mol}} = -5.66 \times 10^3 \text{ kJ/mol}$
<b>cek:</b>	Satuan dan tanda benar



# Makanan dan energi

## Caloric Values

<u>Food</u>	<u>joules/grams</u>	<u>calories/gram</u>	<u>“Calories”/gram</u>
Protein	17,000	4,000	4
Fat	38,000	9,000	9
Carbohydrates	17,000	4,000	4

1 calorie = 4.184 joules

1000 calories = 1 “Calorie”

"science"      "food"

or... 1 Kcal = 1 “Calorie”



# Does water have negative calories...?

Berapa Kalori akan dilepaskan dari tubuh ketika 1 L air diminum bersuhu 2.5 °C? Asumsikan bahwa tubuh melepaskan panas untuk memanaskan air menjadi temperatur tubuh 37 °C.

$$C = \frac{5}{9}(F - 32)$$

$$1 \text{ L} = 1000 \text{ mL}$$

$$1 \text{ mL} = 1 \text{ g}$$

$$1 \text{ calorie} = 4.184 \text{ joules}$$

$$1000 \text{ calories} = 1 \text{ "Calorie"}$$

$$q = mC\Delta T$$



$$q = 1.0 \times 10^3 \text{ g} (4.184 \text{ J/g } ^\circ\text{C})(37 ^\circ\text{C} - 2.5 ^\circ\text{C}) = 144,348 \text{ J}$$

144348 J <del>/</del>	1 cal <del>/</del>	1 "Cal"	=	35 Cal
	4.184 J <del>/</del>	1000 cal <del>/</del>		





# Latihan soal

- 50 mL dari 0,5 M NaOH ditempatkan pada kalorimeter cangkir kopi pada suhu 25,00 °C dan secara perlahan ditambahkan 25 mL 0,5 M HCl pada suhu yang sama. Setelah diaduk temperatur akhir mencapai 27,21 °C. hitunglah kalor larutan (j) dan  $\Delta H$  reaksi (kJ/mol).  $c = 4.18 \text{ J/g.K}$



# Entalpi: panas reaksi dan perubahan kimia

- 🕒 Untuk menentukan  $\Delta E$ , harus dihitung perubahan panas dan kerja.

- 🔗 Dua jenis kerja pada reaksi kimia yang utama adalah kerja listrik dan kerja pressure-volume.

- 🕒 Enthalpy adalah energi dalam ditambah produk dari kerja pressure-volume:

$$H = E + PV$$

- 🕒 Karena Kebanyakan perubahan kimia dan fisika terjadi pada  $p$  konstan, maka perubahan enthalpy,  $\Delta H$ , adalah

$$\Delta H = \Delta(E + PV)$$

atau

$$\Delta H = \Delta E + P\Delta V$$



# Entalpi: panas reaksi dan perubahan kimia

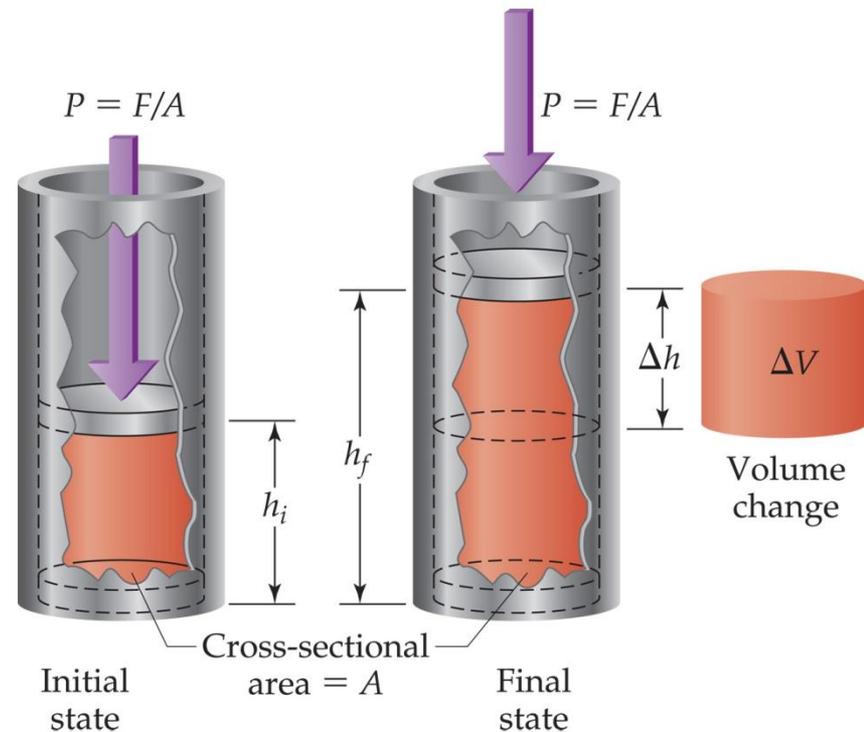
- karena  $\Delta E = q + w$  dan  $w = -P\Delta V$ , kita substitusikan kepada persamaan enthalpy:

$$\Delta H = \Delta E + P\Delta V$$

$$\Delta H = (q+w) - w$$

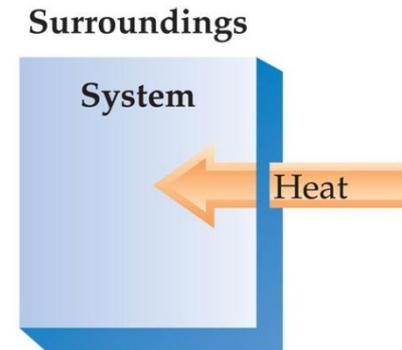
$$\Delta H = q$$

- Shg, pada tekanan konstan, perubahan enthalpy *adalah* panas yang diterima atau hilang.

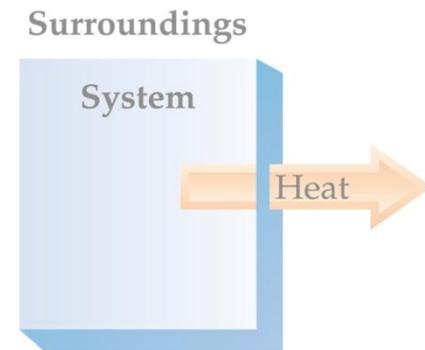


# Eksoterm dan endoterm

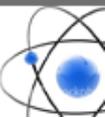
- Sebuah proses dikatakan endoterm jika  $\Delta H$  positif.
- Sebuah proses dikatakan eksoterm jika  $\Delta H$  negatif.



$\Delta H > 0$   
(Endothermic)

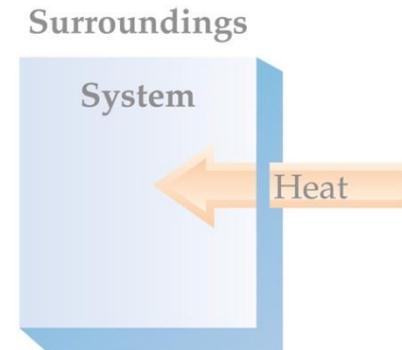


$\Delta H < 0$   
(Exothermic)

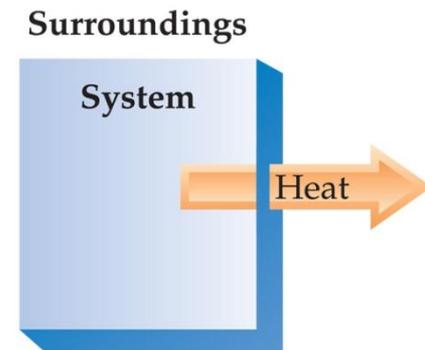


# Eksoterm dan endoterm

- Sebuah proses dikatakan endoterm jika  $\Delta H$  positif.
- Sebuah proses dikatakan eksoterm jika  $\Delta H$  negatif.



$\Delta H > 0$   
(Endothermic)



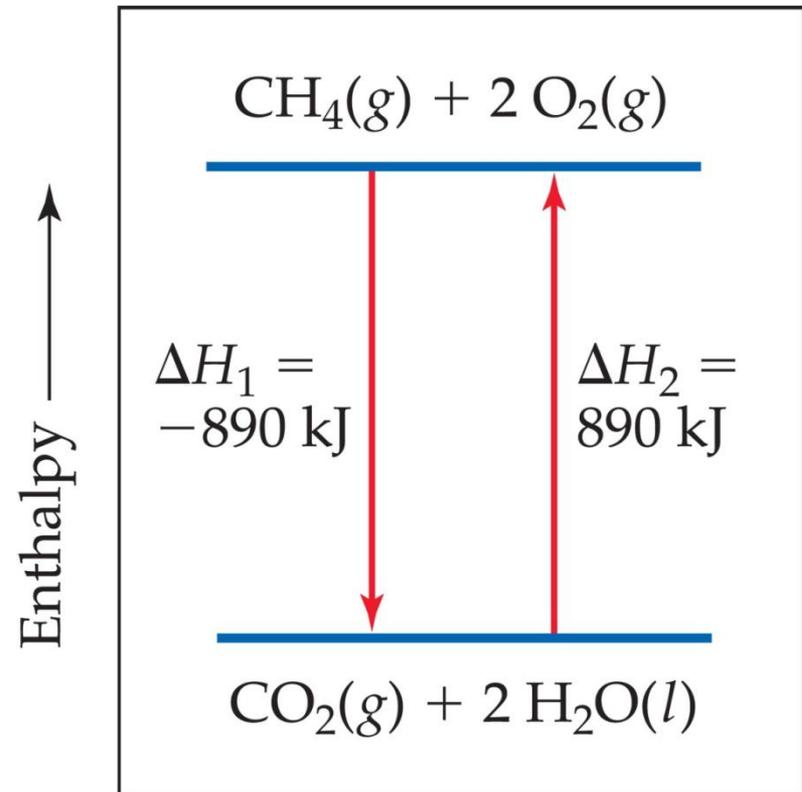
$\Delta H < 0$   
(Exothermic)



# Perubahan Entalpi

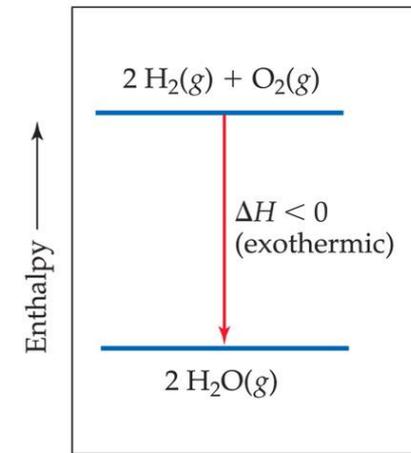
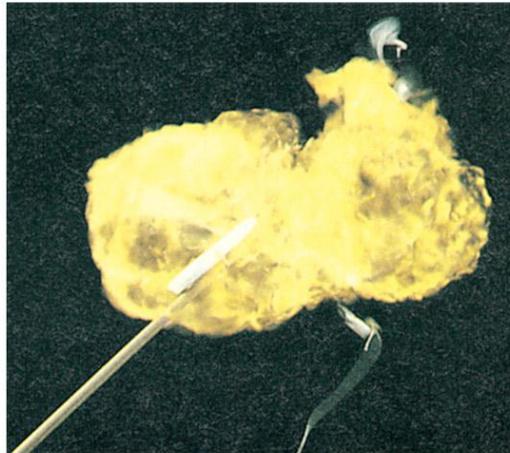
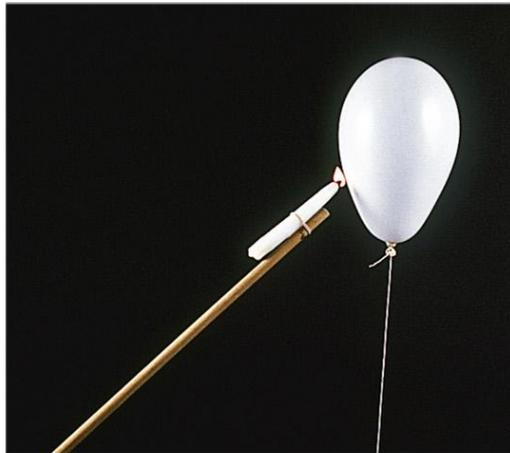
Perubahan enthalpy,  $\Delta H$ , adalah entalpi produk minus entalpi reaktan:

$$\Delta H = H_{\text{produk}} - H_{\text{reaktan}}$$



# Entalpi reaksi

$\Delta H$ , disebut entalpi reaksi, atau panas reaksi.

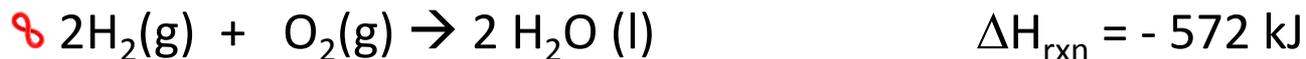
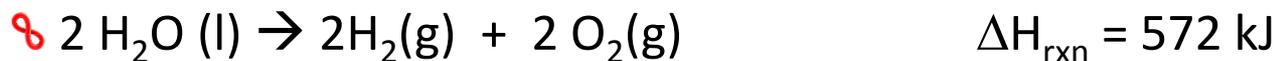


# Stoikiometri reaksi termokimia

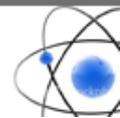
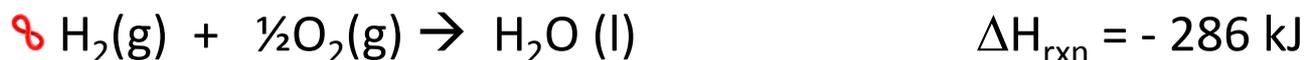
☉ Persamaan termokimia adalah persamaan setimbang yang melibatkan panas reaksi  $\Delta H_{\text{rxn}}$ .

☉ Perubahan entalpi beberapa proses memiliki dua aspek

🌀 Tanda, tanda  $\Delta H$  tergantung apakah reaksi berlangsung secara eksotermik (-) atau endotermik (+)



🌀 Kuantitas, besarnya nilai  $\Delta H$  sebanding dengan jumlah zat yang bereaksi.



Contoh – berapakah  $\Delta H_{\text{rxn/mol Mg}}$  untuk reaksi  $\text{Mg}(s) + 2 \text{HCl}(aq) \rightarrow \text{MgCl}_2(aq) + \text{H}_2(g)$  jika 0.158 g Mg beraksi dalam 100.0 mL larutan sehingga merubah suhu dari 25.6°C menjadi 32.8°C?

<b>diberikan:</b>	0.158 g Mg, 100.0 mL sol'n, $T_1 = 25.6^\circ\text{C}$ , $T_2 = 32.8^\circ\text{C}$ , $C_s = 4.18 \text{ J}/^\circ\text{C}$ , $d_{\text{soln}} = 1.00 \text{ g/mL}$
<b>dicari:</b>	$\Delta H_{\text{rxn}}$ , J/mol Mg
<b>konsep:</b>	$m, C_s, \Delta T \Rightarrow q_{\text{soln}}$ $q_{\text{soln}} = m \times C_s \times \Delta T$ $q_{\text{soln}} \Rightarrow q_{\text{rxn}}$ $q_{\text{rxn}} = -q_{\text{soln}}$
<b>hubungan:</b>	$q_{\text{soln}} = m \times C_s \times \Delta T = -q_{\text{rxn}}$ $\Delta H = \frac{q_{\text{rxn}}}{\text{mol Mg}}$
<b>jawaban:</b>	$q_{\text{soln}} = m \times C_s \times \Delta T$ $= 100.0 \text{ mL} \times \frac{1.00 \text{ g}}{1 \text{ mL}} \times 4.18 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times (32.8^\circ\text{C} - 25.6^\circ\text{C})$ $= 1.00 \times 10^2 \text{ g} \times 4.18 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times 7.2^\circ\text{C} = 3.0 \times 10^3 \text{ J}$ $q_{\text{rxn}} = -q_{\text{soln}} = -3.0 \times 10^3 \text{ J}$ $\Delta H = \frac{q_{\text{rxn}}}{\text{mol Mg}} = \frac{-3.0 \times 10^3 \text{ J}}{0.158 \text{ g Mg} \times \frac{1 \text{ mol}}{24.31 \text{ g}}} = \frac{-3.0 \times 10^3 \text{ J}}{6.4994 \times 10^{-3} \text{ mol}}$ $= -4.6 \times 10^5 \text{ J/mol}$
<b>cek:</b>	Satuan dan tanda benar



# Latihan soal

- Alumunium dibuat umumnya dari pemanasan bauksite ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Dekomposisi termalnya adalah sbb:

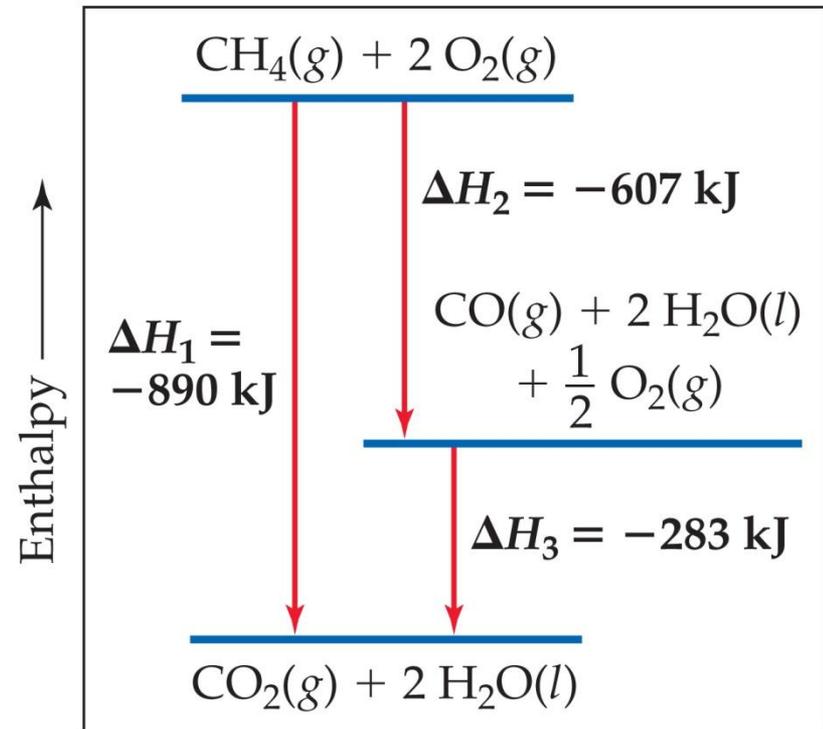


Berapa gram alumunium yang bisa dihasilkan ketika 1000 kJ panas diberikan?



# Hukum Hess

- Hukum Hess menyatakan bahwa " reaksi dilakukan dalam beberapa langkah,  $\Delta H$  untuk keseluruhan reaksi akan sama dengan jumlah yang enthalpy perubahan untuk setiap langkah.
- Jika suatu reaksi adalah gabungan antara dua atau lebih reaksi maka  $\Delta H$  untuk seluruh proses harus merupakan penjumlahan reaksi-reaksi pendukungnya.
- Hukum Hess bekerja karena entalpi adalah fungsi keadaan (hanya ditentukan oleh keadaan akhir dan awal dan tidak bergantung pada jalannya reaksi)

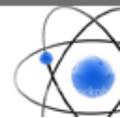
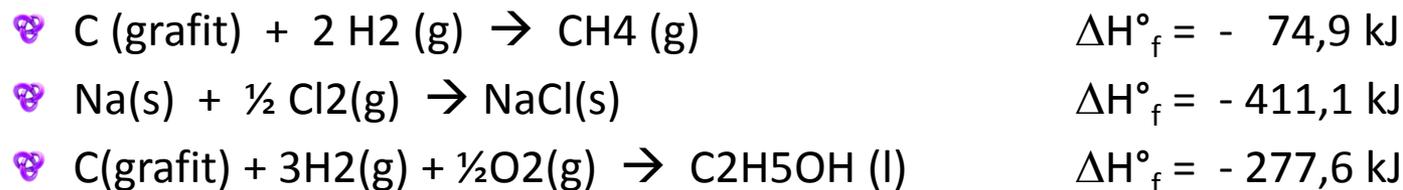


# Standar Entalpi Reaksi $\Delta H^\circ_{\text{rxn}}$

## Keadaan standar:

- Untuk gas pada tekanan 1 atm
- Untuk zat dalam larutan, pada konsentrasi 1 M
- Untuk zat murni (unsur atau senyawa), pada tekanan 1 atm dan temperatur 298 K

## enthalpy pembentukan, $\Delta H_f$ , didefinisikan sebagai perubahan enthalpy untuk reaksi pembentukan suatu zat dari zat-zat pada keadaan standarnya.

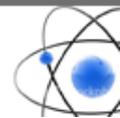


# Standar Entalpi Reaksi $\Delta H^\circ_{\text{rxn}}$

## Standar entalpi reaksi beberapa zat

TABLE 5.3 ■ Standard Enthalpies of Formation,  $\Delta H_f^\circ$ , at 298 K

Substance	Formula	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	Substance	Formula	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)
Acetylene	$\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$	226.7	Hydrogen chloride	$\text{HCl}(\text{g})$	-92.30
Ammonia	$\text{NH}_3(\text{g})$	-46.19	Hydrogen fluoride	$\text{HF}(\text{g})$	-268.60
Benzene	$\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})$	49.0	Hydrogen iodide	$\text{HI}(\text{g})$	25.9
Calcium carbonate	$\text{CaCO}_3(\text{s})$	-1207.1	Methane	$\text{CH}_4(\text{g})$	-74.80
Calcium oxide	$\text{CaO}(\text{s})$	-635.5	Methanol	$\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$	-238.6
Carbon dioxide	$\text{CO}_2(\text{g})$	-393.5	Propane	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$	-103.85
Carbon monoxide	$\text{CO}(\text{g})$	-110.5	Silver chloride	$\text{AgCl}(\text{s})$	-127.0
Diamond	$\text{C}(\text{s})$	1.88	Sodium bicarbonate	$\text{NaHCO}_3(\text{s})$	-947.7
Ethane	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	-84.68	Sodium carbonate	$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$	-1130.9
Ethanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$	-277.7	Sodium chloride	$\text{NaCl}(\text{s})$	-410.9
Ethylene	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$	52.30	Sucrose	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(\text{s})$	-2221
Glucose	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$	-1273	Water	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-285.8
Hydrogen bromide	$\text{HBr}(\text{g})$	-36.23	Water vapor	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	-241.8



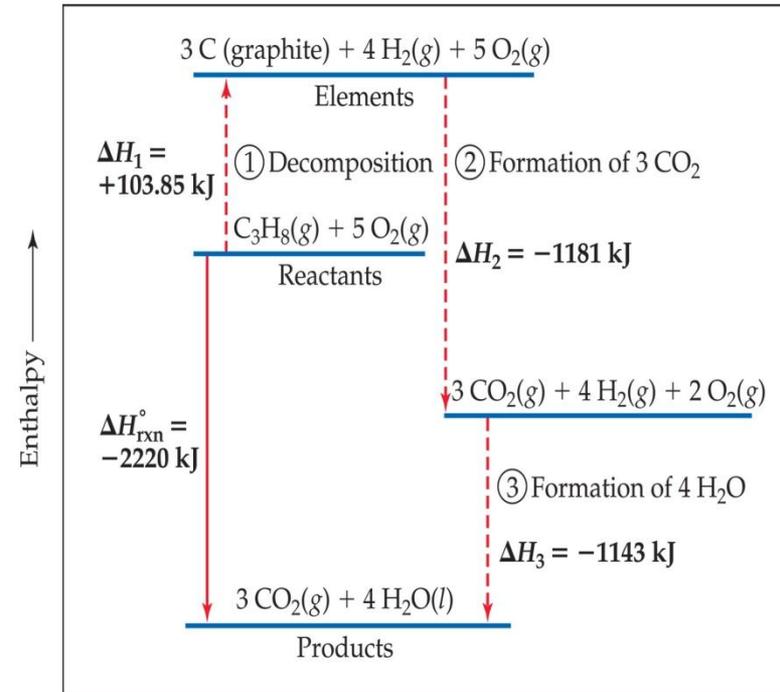


# Penentuan Entalpi Reaksi $\Delta H^\circ_{\text{rxn}}$

Menghitung  $\Delta H$  :

$$\Delta H = \sum n \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \sum m \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$$

Contoh :



$$\begin{aligned} \Delta H &= [3(-393.5 \text{ kJ}) + 4(-285.8 \text{ kJ})] - [1(-103.85 \text{ kJ}) + 5(0 \text{ kJ})] \\ &= [(-1180.5 \text{ kJ}) + (-1143.2 \text{ kJ})] - [(-103.85 \text{ kJ}) + (0 \text{ kJ})] \\ &= (-2323.7 \text{ kJ}) - (-103.85 \text{ kJ}) = -2219.9 \text{ kJ} \end{aligned}$$





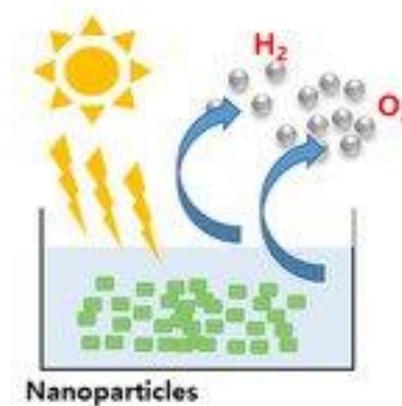
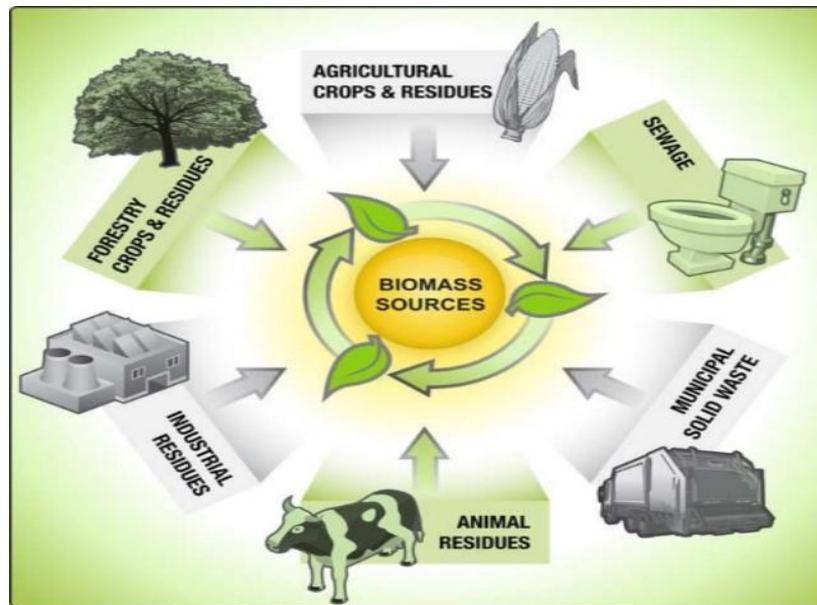
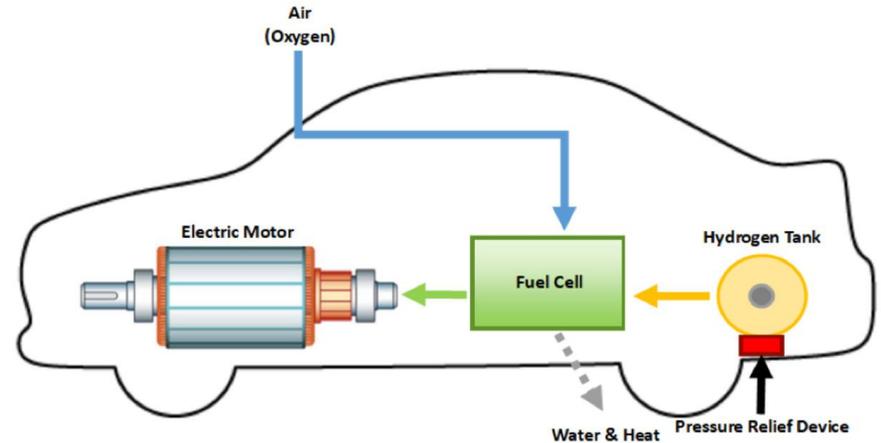
# Latihan soal

- Asam nitrat di dunia diproduksi sebanyak 10 juta ton pertahun, digunakan pada berbagai produk seperti, pupuk, pewarna dan bahan peledak. Pada tahap awal pembentukannya adalah proses oksidasi amoniak menjadi nitrogen oksida.
- $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 4 \text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}$
- Berapakah entalpi reaksinya?

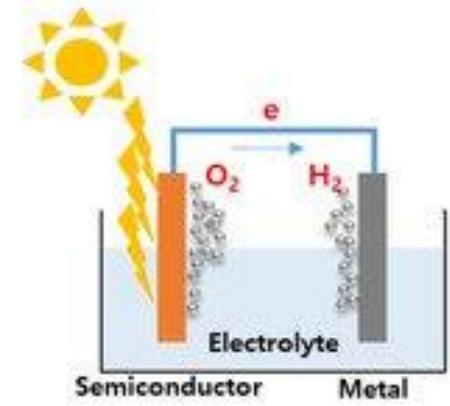


# Aplikasi energi masa depan

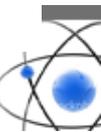
- Clean energy
- Abundance
- Simply and unexpensive
- Economic



(a)



(b)



# Jokes

