

## Quesiti e problemi (sul libro da pag. 411)

### 1 L'«ABC» dei trasferimenti energetici

- 1 Nei casi seguenti, indica che cosa si può considerare sistema e che cosa ambiente.
- un ragazzo che nuota nella piscina di un impianto sportivo  
*sistema: il ragazzo che nuota; ambiente: la piscina*
  - la pentola in cui stanno cuocendo gli spaghetti  
*sistema: gli spaghetti che cuociono; ambiente: la pentola*
  - un boccale di birra alla spina appena spillata  
*sistema: la birra; ambiente: il boccale*
  - la cottura di un arrosto in forno  
*sistema: l'arrosto; ambiente: il forno*
- 2 Qual è la differenza tra un sistema chiuso e un sistema isolato? Fai almeno due esempi.
- 3 Quali sono i modi in cui i sistemi possono scambiare energia con l'ambiente esterno?
- 4 Fai un esempio di sistema isolato in cui avviene una trasformazione fisica.
- 5 È possibile realizzare un sistema che scambia materia ma non energia? *no*
- 6 Indica quali dei seguenti sistemi sono da considerare aperti, quali sono chiusi e quali sono isolati.
- la caffettiera in cui sta salendo il caffè *chiuso*
  - un leone che mangia la sua preda nella savana *aperto*
  - il cosmo a noi conosciuto *isolato*
  - un orso in letargo *chiuso*
- 7 Secondo alcune stime, ogni secondo vengono consumate, dalla respirazione degli organismi viventi e dalla combustione di materiale organico, circa 10 000 t di  $O_2$ , rimpiazzate dalla fotosintesi.
- Queste trasformazioni avvengono in un sistema aperto, chiuso o isolato? *aperto*
  - Qual è l'ambiente in cui hai considerato che avvengono queste trasformazioni? *l'ambiente esterno*

### 2 I sistemi scambiano energia con l'ambiente

- 8 Qual è il fattore più importante per stabilire se una reazione è esotermica o endotermica?
- 9 Nel motore che fa funzionare un frigorifero avviene una trasformazione esotermica oppure endotermica? Motiva la tua risposta. *esotermica*
- 10 Quando si mangia una caramella che contiene xylitolo al posto del saccarosio, si avverte inizialmente

una sensazione di fresco sulla lingua che è legata alla dissoluzione di questa molecola nella bocca.

- Si tratta di un processo esotermico oppure endotermico? *endotermico*

- 11 Cerca informazioni sul metabolismo basale degli esseri umani.

- Quali reazioni esotermiche vengono utilizzate dagli animali endotermi, come gli esseri umani, per produrre il calore necessario a mantenere costante la temperatura corporea?
- Quali sono i reagenti di queste reazioni?

### 3 Durante le reazioni varia l'energia chimica del sistema

- 12 Attraverso i modelli della teoria cinetica, spiega dove si trova l'energia del sistema costituito da un cucchiaino di bicarbonato di sodio che si scioglie in acqua, liberando  $CO_2$ .
- 13 Utilizzando i modelli della teoria cinetica, indica se è contenuta più energia potenziale all'inizio o alla fine delle seguenti trasformazioni.
- sale da cucina che si scioglie in acqua *all'inizio*
  - $Al$  e  $I_2$  che reagiscono fra loro per dare  $AlI_3$  *all'inizio*
  - $Cu(NO_3)_2(aq)$  e  $Na_2S(aq)$  che uniti si trasformano in  $CuS(s)$  e  $NaNO_3(aq)$  *all'inizio*
  - $CuCO_3$  che si decompone a caldo in  $CO_2$  e  $CuO$  *alla fine*

- 14 Considera le forme dell'ossigeno: può essere ossigeno atomico ( $O$ ), ossigeno molecolare ( $O_2$ ), oppure ozono ( $O_3$ ).

- Quale delle forme chimiche ritieni che sia quella che ha il massimo contenuto di energia chimica? Motiva la tua risposta.  *$O_3$*

### 4 L'energia chimica si trasforma in energia termica e viceversa

- 15 Come puoi giustificare la liberazione di calore in una reazione chimica? Rispondi in sette righe.

- 16 Confronta i 1550 kJ di energia contenuti in 100 g di prosciutto crudo con la quantità di energia che è contenuta in 100 g di patatine fritte (che trovi sull'etichetta del pacchetto).

- Quale dei due alimenti è più ricco di energia?
- Il risultato era prevedibile?

## 5 Le funzioni di stato

**17** Che cosa si intende per stato fisico di un sistema? E per stato termodinamico? Rispondi in cinque righe.

**18** Che cosa è una funzione di stato?

**19** Il calore, il lavoro e la temperatura sono funzioni di stato? Motiva la tua risposta.

## 6 Il primo principio della termodinamica

**20** Quali sono i processi che consentono un aumento o una diminuzione di energia di un sistema?

**21** Se una reazione chimica avviene in un sistema isolato, qual è la variazione di energia  $\Delta U$ ? *zero*

**22** È possibile una trasformazione in cui il lavoro fatto su un sistema uguaglia il calore dissipato nell'ambiente? Spiega la tua risposta.

**23** Un sistema che produce calore può anche incrementare la sua energia interna? Spiega la tua risposta. *sì*

**24** La reazione di decomposizione dell'acqua in idrogeno e ossigeno è un processo che richiede un apporto energetico dall'esterno (per esempio, attraverso l'elettricità).

► Il valore di  $\Delta U$  è positivo o negativo? *positivo*

**25** La sintesi dell'ammoniaca da  $N_2$  e  $H_2$  è uno dei più importanti processi chimici industriali.

► Puoi prevedere se  $\Delta U$  è positivo o negativo? Sulla base di quali considerazioni hai risposto?

*no; è necessario conoscere le quantità di calore e le condizioni di pressione e temperatura che determinano l'entità del lavoro scambiato con l'ambiente*

**26** Qual è la variazione di energia  $\Delta U$  di un sistema che acquista 100 J dal contatto con un corpo più caldo e svolge 60 J di lavoro su un corpo esterno?  *$\Delta U = 40 \text{ J}$*

**27** Calcola il calore ceduto da un sistema che assorbe un lavoro meccanico di 30 kJ e incrementa la sua energia interna di 16 kJ.  *$Q = -14 \text{ kJ}$*

## 7 Le reazioni di combustione

**28** Bruciando 1 g di carbonio con un eccesso di ossigeno, si ottengono 32 770 J.

► Calcola il calore molare di combustione per la reazione:



**29** Il calore di combustione del benzene è pari a 3270 kJ/mol.

► Quanti kJ vengono liberati facendo bruciare 100 g di questo composto?  *$Q = 4186 \text{ kJ}$*

**30** Il legno ha un potere calorifico di 12 000 kJ/kg.

► Quanti kJ ottieni bruciando 10 kg di legna?  *$Q = 120\,000 \text{ kJ}$*

## 8 Il calore di reazione e l'entalpia

**31** Come avvengono la produzione di calore o l'assorbimento di calore nelle reazioni?

*per variazione dell'energia interna*

**32** Che variazione subisce l'entalpia in una reazione esotermica? *diminuisce*

**33** Qual è la differenza tra le due funzioni  $H$  e  $U$ ?

**34** Se una reazione chimica ha per unico risultato la formazione di un legame chimico, il  $\Delta H$  sarà positivo o negativo? *negativo*

**35** Perché la variazione di energia chimica è uguale al calore scambiato con l'ambiente solo se il volume del sistema è costante?

**36** Una reazione esotermica viene effettuata, con le stesse quantità di reagenti, in un recipiente rigido e chiuso e in un recipiente espandibile.

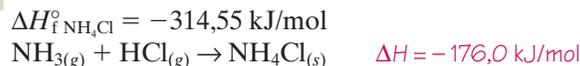
► In quale caso ottieni un maggiore scambio di calore con l'ambiente esterno? *nel recipiente rigido*

**37** Perché in una reazione a pressione costante il lavoro connesso alla trasformazione chimica equivale al prodotto della pressione moltiplicato per la variazione di volume?

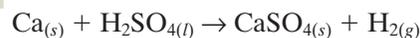
**38** Qual è la differenza fra la variazione di entalpia e la variazione di energia chimica in una reazione?

## 9 L'entalpia di reazione

**39** Calcola il  $\Delta H$  della seguente reazione:



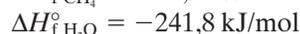
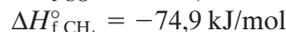
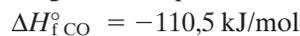
**40** È data la seguente reazione:



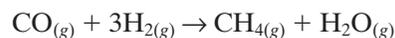
► Determina la variazione di entalpia e indica se la reazione è esotermica o endotermica.

*Dato da ricercare:  $\Delta H_f^\circ \text{CaSO}_4(\text{s}) = -1434,11 \text{ kJ}$   
 $\Delta H = -622,84 \text{ kJ/mol}$ ; la reazione è esotermica*

**41** Considera le seguenti entalpie di formazione dei reagenti e dei prodotti:



► Calcola il  $\Delta H$  della seguente reazione e stabilisci se è esotermica o endotermica.



*$\Delta H = -206,2 \text{ kJ/mol}$ ; la reazione è esotermica*

**42** Scrivi l'equazione di reazione fra l'ossido di magnesio (solido) e l'acido cloridrico (liquido).

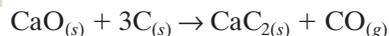


► Calcola quanto calore viene scambiato durante la reazione. *Dati da ricercare:*  $\Delta H_f^\circ \text{HCl}_{(g)} = -92,3 \text{ kJ/mol}$

$$\Delta H_f^\circ \text{MgCl}_{2(s)} = -641,8 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ = -142,4 \text{ kJ}; Q \text{ ceduto} = 142,4 \text{ kJ}$$

**43** È data la reazione:



► Calcola quanto calore bisogna fornire per produrre 3 kg di  $\text{CaC}_2$  sapendo che:

$$\Delta H_f^\circ \text{CaO} = -151,9 \text{ kcal/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{CaC}_2 = -15 \text{ kcal/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{CO} = -26,4 \text{ kcal/mol} \quad Q = 5171 \text{ kcal}$$

**44** La reazione  $2\text{LiH}_{(s)} \rightarrow 2\text{Li}_{(s)} + \text{H}_{2(g)}$ , a pressione costante, comporta, per una mole di idrogeno formato, un lavoro verso l'esterno di 2,5 kJ. La variazione di entalpia è di +85,5 kJ.

► Qual è la variazione di energia del sistema?

$$\Delta E = 83 \text{ kJ}$$

**45** I due zuccheri galattosio e glucosio hanno un calore di combustione, rispettivamente, di 671 kcal/mol e 673 kcal/mol. Le due molecole contengono gli stessi atomi ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ).

► In quale zucchero i legami sono più forti?

*galattosio*

**46** Calcola l'entalpia di reazione della decomposizione del nitrato di ammonio secondo la reazione:



sapendo che l'entalpia di formazione di  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  è di  $-365,6 \text{ kJ/mol}$ , quella di  $\text{N}_2\text{O}$  è di  $81,6 \text{ kJ/mol}$  e quella dell'acqua è di  $-285,8 \text{ kJ/mol}$ .

$$\Delta H = -124,4 \text{ kJ}$$

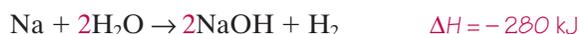
**47** L'entalpia di formazione dell'acqua è  $-285,8 \text{ kJ/mol}$ , quella del diossido di carbonio  $-393,5 \text{ kJ/mol}$ .

► Calcola la variazione di entalpia della reazione di sintesi dell'acido carbonico ( $\Delta H_f^\circ = -699,6 \text{ kJ/mol}$ ).

$$\Delta H = -20,3 \text{ kJ}$$

**48** L'entalpia di formazione dell'idrossido di sodio è di  $-425,8 \text{ kJ/mol}$ , mentre quella dell'acqua è di  $-285,8 \text{ kJ/mol}$ .

► Calcola qual è la variazione di entalpia legata alla reazione (da bilanciare):



## 10 Trasformazioni spontanee e non spontanee

**49** Spiega, attraverso i modelli della teoria cinetica la dispersione di energia e/o di materia legata alle seguenti reazioni spontanee.

a) la dissoluzione di  $\text{NaCl}$  in acqua

b) la respirazione cellulare:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

c) la reazione di scambio fra zinco e acido cloridrico:  $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$

**50** Il mescolamento di due sostanze conduce a un aumento di disordine del sistema ed è pertanto un fenomeno spontaneo.

► Che cosa impedisce allora all'olio di mescolarsi con l'acqua?

*l'olio è una molecola apolare e l'acqua è polare*

## 11 L'entropia e il secondo principio della termodinamica

**51** Quali sono i fattori che indicano se una reazione chimica avviene spontaneamente oppure no?

**52** Spiega perché si ha un maggiore aumento di entropia nell'evaporazione di un liquido che nella fusione di un solido.

**53** Quale stato della materia presenta lo stato di minore entropia?

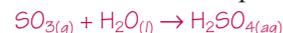
*lo stato solido*

**54** Considera due sostanze per le quali i valori di  $\Delta H_f^\circ$  siano diversi fra loro e, quindi, uno maggiore dell'altro.

► Puoi dire con certezza che anche i valori  $S^\circ$  saranno concordi? Cerca nelle tabelle del testo un esempio appropriato per motivare la tua risposta.

**55** Considera la reazione fra  $\text{SO}_3$  e acqua che avviene facendo gorgogliare il gas all'interno del liquido. (Per i valori non indicati di entropia e entalpia fai riferimento alle tabelle del testo.)

► Qual è il prodotto della reazione? Scrivi l'equazione di reazione.



► Tenendo conto dei cambiamenti negli stati di aggregazione delle sostanze coinvolte, l'entropia del sistema è aumentata o diminuita?

*è diminuita*

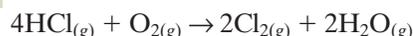
► Calcola la variazione di entropia, considerando che  $S^\circ$  dell'acido =  $156,9 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ .

$$\Delta S = -169,3 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$$

► Per la stessa reazione, quanto vale la variazione di entalpia ( $\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{SO}_4 = -814 \text{ kJ/mol}$ )?

$$\Delta H = -133 \text{ kJ/mol}$$

**56** Calcola il  $\Delta S$  della reazione:



Tieni conto dei seguenti dati:

$$S^\circ_{\text{HCl}} = 44,62 \text{ cal/K} \cdot \text{mol}$$

$$S^\circ_{\text{O}_2} = 49 \text{ cal/K} \cdot \text{mol}$$

$$S^\circ_{\text{Cl}_2} = 53,28 \text{ cal/K} \cdot \text{mol}$$

$$S^\circ_{\text{H}_2\text{O}} = 45,11 \text{ cal/K} \cdot \text{mol}$$

$$\Delta S = -30,7 \text{ cal/K}$$

**12 L'energia libera: il motore delle reazioni chimiche**

**57** Si può realizzare una trasformazione chimica in cui i prodotti hanno minore stabilità e minore entropia dei reagenti? *no*

**58** Come deve essere il segno di  $\Delta S$  per avere una diminuzione di energia libera? *positivo*

**59** Un aumento di temperatura provoca un aumento o una diminuzione di energia libera? *dipende dai valori di  $H$  e  $S$*

**60** Una reazione di sintesi possiede  $\Delta H = -90$  kJ e  $\Delta S = -195$  J/K.

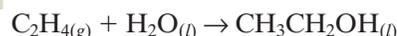
► Stabilisci se tale reazione potrà avvenire spontaneamente alla temperatura di 400 K.

*$\Delta G = -12$  kJ; la reazione può avvenire spontaneamente*

**61**  $\Delta H$  e  $\Delta S$  sono poco influenzati dalla temperatura. Per l'esercizio precedente, calcola a quale temperatura si ha esattamente  $\Delta G = 0$  e quindi le variazioni di entalpia ed entropia si bilanciano.

*$T = 462$  K*

**62** È data la reazione:



Calcola la variazione di energia libera  $\Delta G$  alla temperatura di 100 °C utilizzando i seguenti dati.

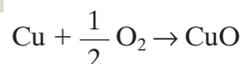
$$\Delta H_f^\circ C_2H_4 = -52,3 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ H_2O = -285,8 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ CH_3CH_2OH = -277,7 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S = -0,1287 \text{ kJ/mol} \cdot K \quad \Delta G = 108,4 \text{ kJ/mol}$$

**63** Considera la reazione:



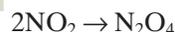
► Utilizzando le tabelle del testo, calcola il valore di  $\Delta G$ . La reazione è spontanea?

*$\Delta G = -127$  kJ/mol; sì*

► È una reazione in cui il disordine aumenta?

*no*

**64** Considera la reazione:



in cui due molecole di diossido di azoto si uniscono in una sola molecola di tetraossido di diazoto.

► La variazione di entropia sarà maggiore o minore di zero?

*minore*

► Sapendo che  $\Delta H_f^\circ$  di  $N_2O_4$  è  $-35,05$  kJ/mol e il suo  $S^\circ$  vale  $150,38$  J/(mol · K), calcola il valore di  $\Delta G$  relativo a questa trasformazione a 298 K.

*$\Delta G = -4,19$  kJ*

**65** Considera questi tre composti: HF, HCl e HI.

► Cerca su opportune fonti il loro valore di  $\Delta H_f^\circ$ ; la loro formazione a partire dagli elementi è sempre un processo esotermico?

*no*

► Quanto vale  $S^\circ$  per ciascuno di loro?

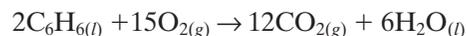
► Calcola il valore di  $\Delta G$  per le reazioni di sintesi di questi composti a partire dagli elementi. Sono reazioni spontanee?

*$\Delta G_{HCl} < 0$ : spontanea;*

*$\Delta G_{HF} < 0$ : spontanea;  $\Delta G_{HI} > 0$ : non spontanea*

**Review (sul libro da pag. 414)**

**1** Determina il  $\Delta H_f^\circ$  del benzene liquido sapendo che la reazione di combustione di 16 g di benzene ha un  $\Delta H$  pari a  $-669,2$  kJ:



*$\Delta H_f^\circ = 46$  kJ/mol*

**2** In un calorimetro di rame sono bruciati 30 g di carbonio e viene prodotto diossido di carbonio. La massa del calorimetro è 2000 g e la massa dell'acqua nel calorimetro è 2500 g. La temperatura passa da 20 °C a 40 °C.

► Calcola il calore di combustione sapendo che il calore specifico del rame è  $0,092$  cal/(°C · g).

*$Q = 53,67$  kcal*

**3** È data la reazione di dissociazione:

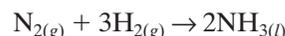


$$\Delta H = +3,6 \text{ kcal/mol}$$

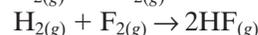
► A quale condizione la reazione può avvenire spontaneamente? Spiega la tua risposta.

*$\Delta S > \Delta H/T$*

**4** Calcola le variazioni di entropia  $\Delta S$  a 25 °C associate alle seguenti reazioni:

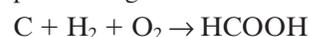


*$\Delta S = -363,3$  J/K*

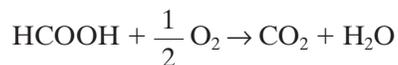


*$\Delta S = 13,4$  J/K*

**5** Calcola il  $\Delta H_f^\circ$  dell'acido formico (HCOOH) a partire dagli elementi:



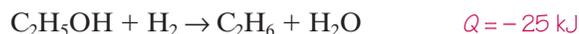
sapendo che  $\Delta H_f^\circ$  per l'acqua  $-285,8$  kJ/mol e per il  $\text{CO}_2$  è  $-393,5$  kJ/mol e sapendo che la combustione dell'acido secondo la reazione:



è accompagnata da una variazione di entalpia pari a  $-275,75$  kJ/mol.  $\Delta H^\circ = -403,6$  kJ/mol

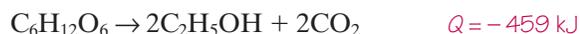
- 6** Il calore di combustione dell'etanolo,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , è di 1371 kJ/mol, quello dell'etano,  $\text{C}_2\text{H}_6$ , è 1542 kJ/mol e quello dell'idrogeno,  $\text{H}_2$  è 286 kJ/mol.

► Calcola il calore di idrogenazione di 10 g di etanolo, secondo la reazione:



- 7** Fin dall'antichità, è noto che la reazione di fermentazione alcolica produce calore. Il potere calorifico del glucosio,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , è 15,7 kJ/g e quello dell'alcol etilico,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , è 29,8 kJ/g.

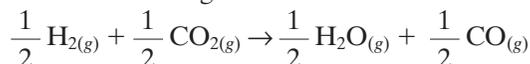
► Calcola il calore liberato da 1 kg di glucosio secondo la reazione:



- 8**  A block of ice is cooled from  $-0,5$  °C to  $-10$  °C. Calculate the temperature change in degrees Celsius and in kelvin.  $\Delta T = -9,5$  °C;  $\Delta T = -9,5$  K

- 9**  Calculate the molar enthalpy change when  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$  is cooled from  $48,5$  °C to  $25,2$  °C.  $\Delta H = -1755$  kJ/mol

- 10**  Calculate the entropy change that accompanies the following reaction:



$$\Delta S = 21,2 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$$

#### INVESTIGARE INSIEME

Metti in frigorifero una bottiglia d'acqua da  $\frac{1}{2}$  L e una da 2 L. Controlla la temperatura delle due bottiglie dopo 30 minuti e dopo un'ora.

- Quale bottiglia si raffredda per prima?  
► Quale bottiglia perde più calore?