

## Karta pracy(8) – II LO / Efekty energetyczne reakcji chemicznych – r. egzo i endoenergetyczne

Nazwisko i imię: .....

### ❖ Układ i otoczenie:

- **układ** – ogół substancji zawartych w zamkniętym fragmencie przestrzeni i biorących udział w określonym procesie chemicznym lub przemianie fizycznej (np. mieszanina wodoru i tlenu w kolbie),
- **otoczenie** – wszystko co znajduje się poza układem (np. ścianki kolby i to wszystko co znajduje się w pomieszczeniu, w którym umieszczono kolbę),
- **układ otwarty** – to taki, w którym zachodzi wymiana energii i materii między układem a otoczeniem,
- **układ zamknięty** – to taki, w którym zachodzi wymiana energii między układem a otoczeniem, natomiast nie zachodzi wymiana materii,
- **układ izolowany** – to taki, w którym nie dochodzi wymiany ani energii ani materii między układem a otoczeniem.

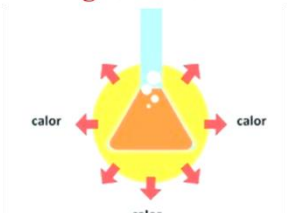
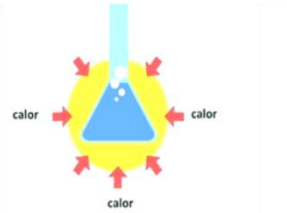
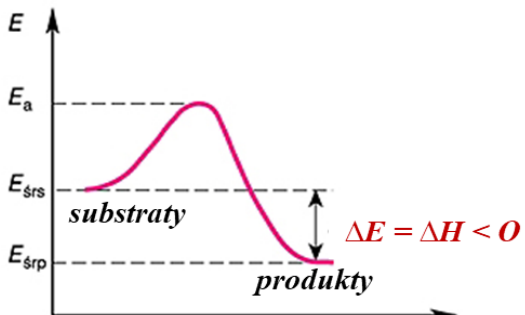
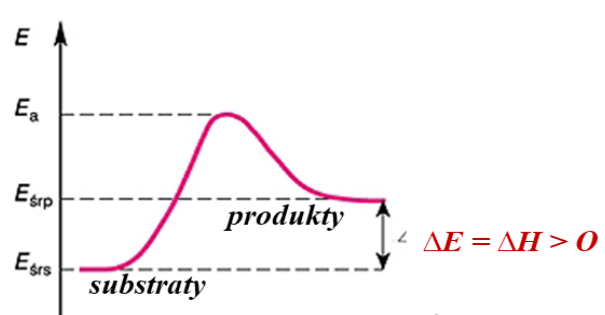
### ❖ Parametry stanu:

- stan każdego stanu opisują wielkościami:
- ✓ objętość ( $V$  /  $[\text{dm}^3]$ ),
- ✓ ciśnienie ( $p$  /  $[\text{Pa}$  lub  $\text{hPa} = 100 \text{ Pa}]$ ),
- ✓ temperatura ( $T$  /  $\text{K}$  ;  $273\text{K} = 0^\circ\text{C}$  ),
- ✓ liczba moli poszczególnych składników układu ( $n_i$  /  $\text{mol}$  ).

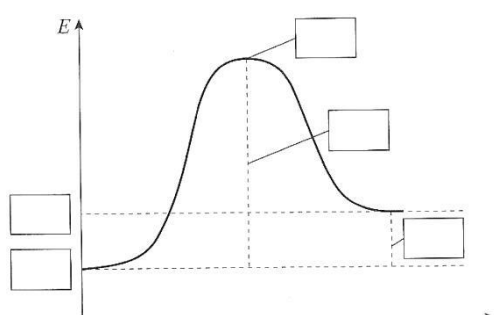
### ❖ Energia wewnętrzna układu:

- energia, którą posiada układ, energia całkowita układu jest sumą energii kinetycznej, energii potencjalnej i energii wewnętrznej energii układu:  $E_c = K_k + E_p + U$ ,
- ✓ czyli jest to suma wszystkich rodzajów energii (energii ruchu postępowego / translacji, drgań / oscylacji, obrotów / rotacji wykonywanych przez atomy i cząsteczki układu,
- ✓ energii elektronów poruszających się w atomach i cząsteczkach układu,
- ✓ energii wiązań chemicznych i oddziaływań międzycząsteczkowych,
- ✓ energii zawartej w jądrach atomowych.
- nie ma możliwości wyznaczenia bezwzględnej wartości energii wewnętrznej  $U$ , ale można wyznaczyć jej zmianę  $\Delta U$  wynikającą z dostarczenia energii z otoczenia do układu lub z układu do otoczenia, wymiana energii może być zrealizowana na dwa sposoby: w postaci ciepła (  $\text{cal}$  /  $\text{kcal}$ ;  $1 \text{ kcal} = 4,19 \text{ kJ}$  ) albo pracy
- każdej przemianie zachodzącej w układzie (w tym w przemianach chemicznych) towarzyszy wydzielanie lub pochłonięcie energii w postaci ciepła lub pracy.

### ❖ Reakcje egzoenergetyczne i endoenergetyczne :

Reakcja egzoenergetyczna / egzotermiczna	Reakcja endoenergetyczna / endotermiczna
	
	
<p style="text-align: center;"><i>droga reakcji</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ <math>E_{sp}</math> – średnia energia produktów</li><li>✓ <math>E_{ss}</math> – średnia energia substratów</li><li>✓ <math>E_a</math> – energia aktywacji</li><li>✓ <math>\Delta E</math> – ilość energii oddanej przez układ do otoczenia,</li><li>✓ <math>\Delta H</math> – entalpia reakcji ma wartość ujemną</li></ul>	<p style="text-align: center;"><i>droga reakcji</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ <math>E_{sp}</math> – średnia energia produktów</li><li>✓ <math>E_{ss}</math> – średnia energia substratów</li><li>✓ <math>E_a</math> – energia aktywacji</li><li>✓ <math>\Delta E</math> – ilość energii pobranej przez układ z otoczenia,</li><li>✓ <math>\Delta H</math> – entalpia reakcji ma wartość dodatnią</li></ul>



4	<p>Wykres przedstawia zmiany energii reagentów podczas pewnej reakcji chemicznej. Przyjmując poniższe oznaczenia wstaw je w odpowiednie kartki przedmiotowego wykresu. Określ, czy jest reakcja egzoenergetyczna endoenergetyczna.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <math>E_{\max}</math> – energia kompleksu aktywnego,</li> <li>✓ <math>E_s</math> – energia substratów,</li> <li>✓ <math>E_p</math> – energia produktów,</li> <li>✓ <math>E_a</math> – energia aktywacji,</li> <li>✓ <math>E_r</math> – energia reakcji</li> </ul> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> </div>
---	--

#### Informacja uzupełniająca do zadań 5 – 8

##### ❖ Reakcje odwracalne

- ✓ każda reakcja jest odwracalna, jeżeli żaden z reagentów nie opuści układu otwartego w postaci osad praktycznie nierozpuszczalnego lub w postaci gazu, efekt energetyczny reakcji odwrotnej ma taką samą wartość liczbową ale znak przeciwny:  $2\text{H}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})} / E_r = - 484 \text{ kJ}$ ;  $2\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})} \rightarrow 2\text{H}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} / E_r = + 484 \text{ kJ}$
- ✓  $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\uparrow$  / reakcja nieodwracalna
- ✓  $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$  / reakcja nieodwracalna
- ✓  $2\text{NO}_2 \leftrightarrow \text{N}_2\text{O}_4$  / reakcja odwracalna / między substratem a produktem w układzie ustala się stan równowagi zgodnie z prawem działania mas (więcej w karcie pracy – Stała równowagowa).

##### Przykładowe zadania:

**Zad. 3.** W pewnej reakcji energia wiązań substratów wynosi 1500 kJ, a w produktach 2625 kJ. Maksymalna energia jaką osiągają substraty w trakcie procesu osiąga wartość 4275 kJ.

- a) Oblicz energię tej reakcji i reakcji do niej odwrotnej. Określ, która z tych reakcji jest egzoenergetyczna, a która endoenergetyczna.
- b) Oblicz energię aktywacji tej reakcji i do niej odwrotnej, w którą stronę reakcja zachodzi łatwiej.

##### Rozwiązanie:

a)  $\rightarrow$  reakcja w prawo,  $\leftarrow$  reakcja w lewo

✓  $E_{r\rightarrow} = E_p - E_s = 2625 \text{ kJ} - 1500 \text{ kJ} = 1125 \text{ kJ}$  / reakcja endoenergetyczna /  $E_p > E_s$

✓  $E_{r\leftarrow} = E_s - E_p = 1500 \text{ kJ} - 2625 \text{ kJ} = - 1125 \text{ kJ}$  / reakcja egzoenergetyczna /  $E_p < E_s$

b)  $\rightarrow$  reakcja w prawo,  $\leftarrow$  reakcja w lewo

✓  $E_{a\rightarrow} = E_{\max} - E_s = 4275 \text{ kJ} - 1500 \text{ kJ} = 2777 \text{ kJ}$

✓  $E_{a\leftarrow} = E_{\max} - E_p = 4275 \text{ kJ} - 2625 \text{ kJ} = 1650 \text{ kJ}$

**Odp.** łatwiej zachodzi reakcja w lewo / odwrotna, ponieważ jej energia aktywacji jest niższa niż reakcji w prawo.

**Zad.4.** Energia aktywacji reakcji zachodzącej w prawo ( $\rightarrow$ ) od substratów do produktów wynosi 2250 kJ a reakcji odwrotnej zachodzącej w lewo ( $\leftarrow$ ) od produktu do substratu 3000 kJ. Oblicz energię reakcji zachodzącej w prawo i określ, czy jest to reakcja egzoenergetyczna czy endoenergetyczna.

##### Rozwiązanie:

✓  $E_{a\rightarrow} = E_{\max} - E_s = 2250 \text{ kJ} / E_s = E_{\max} - 2250 \text{ kJ}$

✓  $E_{a\leftarrow} = E_{\max} - E_p = 3000 \text{ kJ} / E_p = E_{\max} - 3000 \text{ kJ}$

✓  $E_{r\rightarrow} = E_p - E_s = E_{\max} - 3000 \text{ kJ} - E_{\max} - (- 2250 \text{ kJ}) = - 750 \text{ kJ}$  / reakcja egzoenergetyczna.

#### Zadania do samodzielnego wykonania

5	<p>Oblicz energię aktywacji i energię reakcji oraz określ, czy jest to reakcja egzoenergetyczna czy endoenergetyczna a <math>E_s = 256 \text{ kJ}</math>, <math>E_p = 758 \text{ kJ}</math>, <math>E_{\max} = 1500 \text{ kJ}</math>.</p> <p><b>Obliczenia</b></p> <div style="border: 1px solid black; height: 200px; width: 100%;"></div> <p><b>Odpowiedź</b></p> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>
---	---

6	<p>Oblicz energię reakcji i energię aktywacji reakcji jeżeli <math>E_s = 900 \text{ kJ}</math>, <math>E_p = 700 \text{ kJ}</math> a <math>E_{\max} = 1000 \text{ kJ}</math> oraz energię reakcji i energię aktywacji reakcji odwrotnej do niej. W oparciu o obliczenia wskaż, w którą stronę reakcja zachodzi łatwiej.</p> <div data-bbox="167 181 1524 638"> <p><i>Obliczenia</i></p> </div> <div data-bbox="167 667 1524 734"> <p><i>Odpowiedź</i></p> </div>
7	<p>Maksymalna energia, jaką osiągają reagenty w czasie reakcji wynosi <b>3000 kJ</b>. Oblicz energię reakcji i energię wiązań w substratach jeżeli <math>E_p = 200 \text{ kJ}</math> a <math>E_a = 340 \text{ kJ}</math>.</p> <div data-bbox="167 815 1524 1115"> <p><i>Obliczenia</i></p> </div> <div data-bbox="167 1131 1524 1198"> <p><i>Odpowiedź</i></p> </div>
8	<p>Oblicz efekt energetyczny reakcji, której energia aktywacji wynosi <b>3540 kJ</b>, energia aktywacji reakcji odwrotnej <b>4000 kJ</b>. Określ, czy jest to reakcja egzoenergetyczna czy endoenergetyczna.</p> <div data-bbox="167 1272 1524 1572"> <p><i>Obliczenia</i></p> </div> <div data-bbox="167 1588 1524 1655"> <p><i>Odpowiedź</i></p> </div>
9	<p>Oblicz energię substratów biorących udział w reakcji <b>egzoenergetycznej</b>, w której energia jej produktów wynosi <b>2560 kJ</b>, a w jej trakcie układ wymienia z otoczeniem <b>300 kJ</b> energii.</p> <div data-bbox="167 1729 1524 2029"> <p><i>Obliczenia</i></p> </div> <div data-bbox="167 2045 1524 2112"> <p><i>Odpowiedź</i></p> </div>