

## CHEMIA FIZYCZNA

W chemii układem nazywamy interesującą nas część rzeczywistości. W układzie otwartym poprzez jego granice może zachodzić przepływ:

- A. tylko energii
- B. tylko materii
- C. energii i materii
- D. nie zachodzi przepływ ani materii ani energii.

Procesy uwalniające energię na sposób ciepła nazywamy:

- A. Diatermicznymi
- B. Adiabatycznymi
- C. Egzotermicznymi
- D. Endotermicznymi

Podaj poprawne określenie. Energia wewnętrzna jest wielkością:

- A. Ekstensywną
- B. Intensywną
- C. Ekskluzywną
- D. Odwracalną

Cylinder z tłokiem wypełniony jest gazem, który rozpręża się, podczas gdy na zewnątrz panuje ciśnienie atmosferyczne. Praca objętościowa wykonywana przez gaz dana jest wyrażeniem  $W = -pdV$ . W wyrażeniu tym symbole  $p$  i  $V$  oznaczają odpowiednio:

- A. Ciśnienie wewnątrz cylindra oraz objętość zamkniętego gazu
- B. Ciśnienie na zewnątrz cylindra oraz objętość zamkniętego gazu
- C. Ciśnienie początkowe gazu (przed rozprężaniem) oraz objętość chwilowa gazu
- D. Ciśnienie końcowe gazu (po rozprężaniu) oraz objętość zamkniętego w cylindrze gazu

Wskaż prawdziwe zdanie:

- A. Pojemność cieplna gazu doskonałego w stałej objętości jest większa od pojemności cieplnej przy stałym ciśnieniu.
- B. Pojemność cieplna gazu doskonałego w stałej objętości jest równa pojemności cieplnej przy stałym ciśnieniu w warunkach stałej temperatury.
- C. Większość układów pod stałym ciśnieniem w wyniku ogrzewania rozszerza się. Z tego powodu pojemność cieplna pod stałym ciśnieniem jest większa niż w stałej objętości.
- D. Większość układów pod stałym ciśnieniem w wyniku ogrzewania rozszerza się. Z tego powodu pojemność cieplna pod stałym ciśnieniem jest mniejsza niż w stałej objętości.

Pojemność cieplna pod stałym ciśnieniem dla układu jednoskładnikowego w pewnym zakresie temperatur jest stała. Zależność entalpii tego układu od temperatury (przy stałym ciśnieniu w tym zakresie temperatur i przy założeniu braku przejść fazowych) opisywana jest funkcją:

- A. logarytmiczną
- B. kwadratową
- C. liniową
- D. niemonotoniczną

Energia wewnętrzna dla układu jednoskładnikowego w pewnym zakresie temperatur zależy liniowo od temperatury. Zależność pojemności cieplnej w stałej objętości dla tego układu od temperatury (należy założyć brak przejść fazowych w tym zakresie temperatur) opisywana jest funkcją:

- A. logarytmiczną
- B. kwadratową
- C. stałą
- D. eksponencjalną

Wskaż przemianę fazową, dla której standardowa molowa entropia (w temperaturze przemiany fazowej) przyjmuje największą wartość:

- A. Krzepnięcie wody
- B. Topnienie lodu
- C. Parowanie wody
- D. Kondensacja wody

Gaz doskonały utrzymywany jest w stałej temperaturze. Zależność entalpii swobodnej gazu od ciśnienia opisana jest zależnością:

- A. liniową
- B. eksponencjalną
- C. logarytmiczną
- D. stałą

Określi liczbę stopni swobody wody w punkcie potrójnym:

- A. 0                      B. 1                      C. 2                      D. 3

Wskaż zdanie prawdziwe:

- A. W temperaturze krytycznej i powyżej niej układ jednoskładnikowy tworzy fazę zwaną płynem nadkrytycznym
- B. Podczas wrzenia substancji czystej prężność pary jest mniejsza od ciśnienia zewnętrznego, dlatego parowanie musi zachodzić w całej objętości cieczy
- C. Temperatura topnienia substancji czystej jest nieco wyższa od jej temperatury krzepnięcia.
- D. Temperatura wrzenia substancji czystej jest nieco niższa od jej temperatury kondensacji.

Wskaż zdanie fałszywe:

- A. Przemiany dla których pierwsza pochodna potencjału chemicznego względem temperatury jest nieciągła nazywane są przemianami fazowymi pierwszego rodzaju.
- B. Przemiany dla których pierwsza pochodna potencjału chemicznego względem temperatury jest ciągła, natomiast druga pochodna nieciągła, nazywane są przemianami fazowymi drugiego rodzaju.
- C. Przemiany dla których pierwsza pochodna potencjału chemicznego względem temperatury jest nieciągła, natomiast druga pochodna ciągła, nazywane są przemianami fazowymi drugiego rodzaju.
- D. Parowanie jest przykładem przemiany drugiego rodzaju

Które ze zjawisk nie jest zjawiskiem koligatywnym:

- A. Obniżenie temperatury krzepnięcia
- B. Podwyższenie temperatury wrzenia roztworu
- C. Wzrost ciśnienia osmotycznego
- D. Obniżenie ruchliwości elektroforetycznej

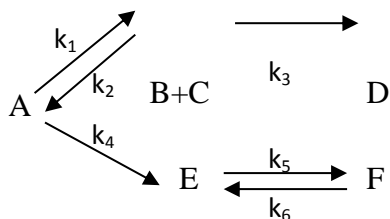
W reakcji następczej  $A \xrightarrow{k} B \xrightarrow{k} C$  w chwili  $t = 0$  s, stężenia reagentów wynoszą  $[A]=A_0$ ,  $[B]=0$ ,  $[C]=0$ . Wiadomo, że stężenie reagenta B osiąga maksimum po czasie 2 sekund. Po jakim czasie szybkość tworzenia produktu C jest najwyższa:

- A. 0 s                      B. 1 s                      C. 2 s                      D. 4 s

Stała szybkości pewnej reakcji zachodzącej w fazie stałej ma wymiar mol/s. Jaki jest rząd tej reakcji?

- A. 0                      B. 1                      C. 2                      D. 3

Reakcja chemiczna przebiega według schematu:



Wskaż niepoprawne równanie kinetyczne w formie różniczkowej:

- A.  $\frac{d[A]}{dt} = (k_1 - k_4)[A] + k_2[B][C]$
- B.  $\frac{d[B]}{dt} = k_1[A] - (k_2 + k_3)[B][C]$
- C.  $\frac{d[D]}{dt} = k_3[B][C]$
- D.  $\frac{d[E]}{dt} = k_4[A] + k_6[F] - k_5[E]$

Jaki jest przebieg zależności szybkości reakcji pierwszego rzędu od czasu?

- A. eksponencjalny    B. logarytmiczny    C. liniowy    D. niemonotoniczny

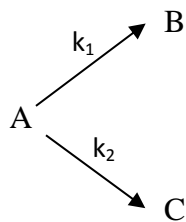
Wskaż równanie, które może opisywać kinetykę reakcji autokatalitycznej:  $A + B \rightarrow C + D$

- A.  $r = k[A][B]$     B.  $r = k[A]$     C.  $r = k[B]$     D.  $r = k[B][C]$

Które z poniższych zdań jest fałszywe:

- A. W reakcjach egzotermicznych wzrost temperatury sprzyja tworzeniu substratów.
- B. W reakcjach endotermicznych wzrost temperatury sprzyja tworzeniu substratów.
- C. W reakcjach endotermicznych wzrost temperatury sprzyja tworzeniu produktów.
- D. O przesunięciu równowagi reakcji w kierunku substratów lub produktów w wyniku zmiany temperatury można wnioskować na podstawie równania van't Hoffa.

Stałe szybkości dwóch równoległych reakcji pierwszego rzędu wynoszą  $k_1$  i  $k_2$ . W czasie  $t = 0$  stężenia produktów B i C były równe 0, a stężenie substratu A wynosiło  $A_0$ .



Po czasie  $t = 2$  s stosunek stężeń produktu B do C wynosi:

- A. 2    B.  $k_1/k_2$     C.  $\frac{1}{2}$     D.  $k_2/k_1$

Czas połówkowy pewnej reakcji chemicznej jest wprost proporcjonalny do stężenia początkowego substratu. Jaki może być rząd tej reakcji?

- A. 0    B. 1    C. 2    D. 3

Substrat A bierze udział w reakcji:  $2A + B \rightarrow C + D$ . W pewnych warunkach pierwsza pochodna stężenia A po czasie jest równa  $0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ . Szybkość tej reakcji wynosi:

- A.  $0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$
- B.  $0,25 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$
- C.  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$
- D.  $0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

Dla reakcji  $A \rightarrow B$  przebiegającej w fazie gazowej w temperaturze 923 K, badano zależność czasu połowicznej przemiany (okresu półtrwania A) od ciśnienia substratu A i otrzymano następujące wyniki:

Ciśnienie A, kPa	6,67	13,33	26,66	53,31
Okres półtrwania, min	7,5	7,5	7,5	7,5

Wskaż rząd tej reakcji:

- A. 0
- B. 1
- C. 2
- D. 3

Gram toru  $^{232}\text{Th}$  wysyła 4700 cząstek  $\alpha$  na sekundę, jeżeli pominiemy promieniowanie pochodzące od jego pierwiastków pochodnych. Stała szybkości rozpadu promieniotwórczego izotopu  $^{232}\text{Th}$  wynosi:

- A.  $1,81 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$
- B.  $5,52 \cdot 10^{17} \text{ s}^{-1}$
- C.  $1,09 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$
- D.  $4700 \text{ s}^{-1}$

Zależność potencjału chemicznego od aktywności substancji rozpuszczonej w roztworze ma postać funkcji:

- A. liniowej
- B. eksponencjalnej
- C. logarytmicznej
- D. wykładniczej

Które z poniższych zdań jest prawidłowym sformułowaniem reguły przekory:

- A. Jeżeli układ niebędący w stanie równowagi zostanie poddany działaniu czynnika zaburzającego, to zachodzą w nim zmiany, które minimalizują działanie tego czynnika.
- B. Jeżeli układ będący w stanie równowagi zostanie poddany działaniu czynnika zaburzającego, to zachodzą w nim zmiany, które minimalizują działanie tego czynnika.
- C. Jeżeli układ będący w stanie równowagi zostanie poddany działaniu czynnika zaburzającego, to zachodzą w nim zmiany, które maksymalizują działanie tego czynnika.
- D. Jeżeli układ niebędący w stanie równowagi zostanie poddany działaniu czynnika zaburzającego, to zachodzą w nim zmiany, które maksymalizują działanie tego czynnika.

Które z poniższych zdań jest fałszywe:

- A. Stała Faradaya równa jest wartości bezwzględnej ładunku jednego mola elektronów.
- B. Stała Faradaya określa wartość bezwzględną ładunku  $N_A$  elektronów, gdzie  $N_A$  jest stałą Avogarda.
- C. Stała Faradaya wyrażona jest w kulombach na mol.
- D. Stała Faradaya równa jest iloczynowi stałej Boltzmanna i liczby Avogadra.

Elektroda kalomelowa jest elektrodą:

- A. pierwszego rodzaju
- B. drugiego rodzaju
- C. trzeciego rodzaju
- D. szklaną

Jednostką entropii molowej może być:

- A.** J                    **B.**  $J \cdot K^{-1}$                     **C.**  $J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$                     **D.**  $W \cdot mol^{-1}$

Siła elektromotoryczna ogniwa może być wyrażona w:

- A.** niutonach                    **B.** kulombach                    **C.** woltach                    **D.** amperach

Które z wyrażeń podaje prawidłową relację pomiędzy iloczynem rozpuszczalności, a rozpuszczalnością molową fosforanu(V) wapnia?  $K_{so}$  – iloczyn rozpuszczalności,  $S$  – rozpuszczalność molowa w M; należy zaniedbać współczynniki aktywności.

- A.**  $K_{so} = S^5$                     **B.**  $K_{so} = S^2$                     **C.**  $K_{so} = 108S^5$                     **D.**  $K_{so} = 6S^5$

Jaka wielkość jest miarą polaryzacji elektrody?

- A.** natężenie prądu    **B.** polaryzowalność    **C.** indukcja magnetyczna    **D.** nadnapięcie

Co to jest charakterystyka prądowo napięciowa ogniwa?

- A.** Zależność mocy ogniwa od pobieranego natężenia prądu.  
**B.** Zależność prądu płynącego przez ogniwo od napięcia na jego zaciskach.  
**C.** Zespół danych charakterystycznych dla danego ogniwa, takich jak napięcie spoczynkowe, oraz maksymalne natężenie prądu możliwe do pobrania z ogniwa.  
**D.** Zależność prądu przepływającego przez ogniwo od czasu.

Jaką należy wykonać operację matematyczną, aby krzywą chronokulometryczną przekształcić w zależność chronoamperometryczną?

- A.** Logarytmowanie    **B.** Różniczkowanie                    **C.** Całkowanie                    **D.** Potęgowanie

Proces elektrodowy opisany jest zależnością Butlera-Volmera, przy czym współczynnik przejścia wynosi 0,5. Jaka funkcja opisuje zależność natężenia prądu od nadnapięcia?

- A.** Logarytm                    **B.** Sinus hiperboliczny                    **C.** Parabola                    **D.** Hiperbola

Elektroda miedziana zanurzona została w wodnym roztworze jonów miedzi. Jeśli zaniedbamy współczynniki aktywności, zależność potencjału elektrody od stężenia molowego jonów miedzi opisana jest funkcją:

- A.** wykładniczą                    **B.** liniową                    **C.** logarytmiczną                    **D.** eksponencjalną

Badano zależność siły elektromotorycznej ogniwa w pewnym zakresie temperatur i potwierdzono eksperymentalnie, że nie zależy ona od temperatury. Ile wynosi entropia reakcji zachodzącej w ogniwie:

- A.**  $1 J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$   
**B.**  $0 J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$   
**C.** Przyjmuje najprawdopodobniej wartości rzędu  $10 J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$   
**D.** Nie można określić na podstawie powyższych danych

Energia wewnętrzna gazu doskonałego zależy od :

- A.** objętości;                    **B.** ciśnienia;                    **C.** temperatury;                    **D.** wszystkich trzech parametrów.

Jeśli gaz doskonały ulega ekspansji w stałej temperaturze, to

- A.**  $\Delta U=0$  i  $\Delta S=0$                     **B.**  $\Delta U=0$  i  $\Delta S>0$                     **C.**  $\Delta U>0$  i  $\Delta S>0$                     **D.**  $\Delta U<0$  i  $\Delta S>0$

Współczynnik Joule- Thomsona opisuje równanie:  $\mu = (\partial T/\partial p)_H$ . Wskaż wyrażenie prawdziwe dla gazów doskonałych:

- A.**  $\mu < 0$       **B.**  $\mu = 0$       **C.**  $\mu > 0$       **D.**  $\mu = C_p$

Siła elektromotoryczna pewnego ogniwa zależy liniowo od temperatury. Zależność entropii reakcji zachodzącej w tym ogniwie od temperatury opisana jest funkcją:

- A.** stałą  
**B.** eksponencjalną  
**C.** logarytmiczną  
**D.** kwadratową

Badano przewodnictwo właściwe roztworu wodnego KCl w zakresie stężeń, w których nie tworzą się jeszcze pary jonowe. Jak zależy przewodnictwo właściwe od stężenia:

- A.** rośnie monotonicznie  
**B.** maleje monotonicznie  
**C.** dla niskich stężeń maleje, po czym osiąga ekstremum i zaczyna wzrastać  
**D.** dla niskich stężeń rośnie, po czym osiąga ekstremum i zaczyna maleć

W zakresie niskich stężeń przewodnictwo molowe roztworu mocnego elektrolitu:

- A.** maleje liniowo w funkcji pierwiastka z siły jonowej  
**B.** rośnie liniowo w funkcji pierwiastka z siły jonowej  
**C.** maleje liniowo w funkcji siły jonowej  
**D.** rośnie liniowo w funkcji siły jonowej

Do 100 cm<sup>3</sup> roztworu HCl o stężeniu 0,05 mol/dm<sup>3</sup> wrzucono 4,0 g metalicznego wapnia. ( $M_{Ca} = 40$ ) Po zakończeniu reakcji zmierzono objętość wydzielonego wodoru i stwierdzono, że wynosiła ona 2,24 dm<sup>3</sup>. Można z tego wywnioskować, że objętość wodoru zmierzono:

- A.** w temperaturze 0° C, pod ciśnieniem 1013 hPa;  
**B.** w temperaturze 546 K, pod ciśnieniem 1013 hPa;  
**C.** w temperaturze 273 K, pod ciśnieniem 2026 hPa;  
**D.** w temperaturze -136,5° C, pod ciśnieniem 1013 hPa.

W procesie izotermicznym objętość  $n$  moli gazu o temperaturze  $T$  wzrosła  $s$  razy. Zakładając, że jest to gaz doskonały określ, czy energia wewnętrzna tego układu uległa zmianie, a jeżeli tak, to w jakim kierunku.

- A.**  $\Delta U > 0$       **B.**  $\Delta U < 0$       **C.**  $\Delta U = 0$       **D.** nie można tego określić

Ogrzewając stałą masę gazu doskonałego w warunkach izobarycznych ( $p = \text{const}$ ) obserwuje się, że:

- A.** objętość gazu nie ulega zmianie  
**B.** objętość gazu rośnie liniowo z temperaturą  
**C.** objętość gazu rośnie kwadratowo z temperaturą  
**D.** objętość gazu przechodzi zawsze przez maksimum w funkcji temperatury

W toku badań pewnego gazu szlachetnego 4-krotnie zwiększono jego ciśnienie, a następnie 3-krotnie obniżono jego temperaturę, nie powodując przy tym jego skroplenia, ani zestalenia. W wyniku tego eksperymentu wartość uniwersalnej stałej gazowej:

- A.** nie zmieniła się;    **B.** wzrosła 3-krotnie;    **C.** wzrosła 4-krotnie;    **D.** wzrosła 12-krotnie.

Ze wzrostem temperatury  $T$  ciśnienie stałej ilości gazu doskonałego zamkniętego w zbiorniku o stałej objętości:

- A. Maleje liniowo z  $T$
- B. Rośnie liniowo z  $T$
- C. Nie ulega zmianie
- D. Przechodzi przez maksimum w funkcji rosnącej wartości  $T$

Pod ciśnieniem 0.1 atm i w temperaturze pokojowej 1 mol argonu zajmuje objętość:

- A. około 2 dm<sup>3</sup>
- B. około 20 dm<sup>3</sup>
- C. około 200 dm<sup>3</sup>
- D. około 2 m<sup>3</sup>

Gaz rzeczywisty zachowuje się praktycznie jak gaz doskonały:

- A. w niskich temperaturach i pod wysokimi ciśnieniami
- B. w wysokich temperaturach i pod wysokimi ciśnieniami
- C. w niskich temperaturach i pod niskimi ciśnieniami
- D. w wysokich temperaturach i pod niskimi ciśnieniami

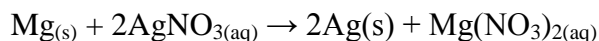
W temperaturze 1000 K energia wewnętrzna 1 mola gazowego helu, neonu i cząsteczkowego wodoru:

- A. są sobie w przybliżeniu równe,
- B. helu i neonu są w przybliżeniu równe, a wodoru większa,
- C. helu i neonu są w przybliżeniu równe, a wodoru mniejsza,
- D. helu i wodoru są w przybliżeniu równe, a neonu większa.

W wyniku sprężenia 1 mola gazu doskonałego w naczyniu odizolowanym od otoczenia, jego energia wewnętrzna:

- A. Nie uległa zmianie
- B. Wzrosła
- C. Zmaląa
- D. Osiągnęła maksimum dla ciśnienia równego ciśnieniu standardowemu

Poniższe równanie przedstawia egzotermiczną reakcję metalicznego magnezu z wodnym roztworem azotanu(V) srebra: (MMg = 24)



W którym z poniższych przykładów nastąpi najwyższy wzrost temperatury roztworu?

- A. Do 100 cm<sup>3</sup> 0,10 M AgNO<sub>3</sub> dodano 0,24 g Mg;
- B. Do 100 cm<sup>3</sup> 0,20 M AgNO<sub>3</sub> dodano 0,48 g Mg;
- C. Do 100 cm<sup>3</sup> 0,40 M AgNO<sub>3</sub> dodano 0,48 g Mg;
- D. Do 100 cm<sup>3</sup> 0,20 M AgNO<sub>3</sub> dodano 0,96 g Mg.

Podczas przebiegu pewnego procesu jego efekt cieplny  $Q < 0$  i wykonana praca  $W < 0$ . Jaki będzie znak zmiany energii wewnętrznej ( $\Delta U$ ) tego układu?

- A. dodatni
- B. ujemny
- C. zero
- D. nie można przewidzieć

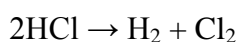
Molowa pojemność cieplna gazowego wodoru  $H_2$  w stałej objętości ( $C_v$ ) wynosi:

- A.  $(3/2) R$  dla każdej temperatury
- B.  $(5/2) R$  dla każdej temperatury
- C.  $(7/2) R$  dla każdej temperatury
- D. zmienia się od  $(3/2)R$  do  $(7/2)R$ , w zależności od temperatury

Efekt cieplny reakcji ( $Q$ ) jest równy zmianie entalpii układu ( $\Delta H$ ), jeśli proces prowadzony jest:

- A. w warunkach izobarycznych ( $p = \text{const}$ )
- B. w warunkach izochorycznych ( $V = \text{const}$ )
- C. w warunkach izobarycznych ( $p = \text{const}$ ), gdy mogła być wykonywana co najwyżej praca zmiany objętości ( $-p\Delta V$ )
- D. w warunkach izotermicznych, niezależnie od stałości ciśnienia lub objętości.

Wskaż wartość zmiany entalpii reakcji rozkładu chlorowodoru:

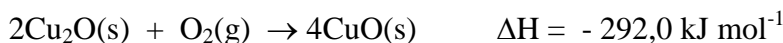


jeżeli średnie entalpie wiązań wynoszą:

$H - H = 436 \text{ kJ/mol}$ ;  $Cl - Cl = 242 \text{ kJ/mol}$ ;  $H - Cl = 431 \text{ kJ/mol}$ ;

- A.  $-184 \text{ kJ/mol}$ ;
- B.  $+184 \text{ kJ/mol}$ ;
- C.  $+247 \text{ kJ/mol}$ ;
- D.  $-247 \text{ kJ/mol}$ ;

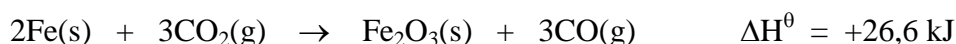
Korzystając z niżej podanego równania termochemicznego:



oraz znając entalpię tworzenia dla  $CuO(s)$ :  $\Delta H = -157,3 \text{ kJ mol}^{-1}$ , podaj prawidłową wartość entalpii tworzenia ( $\Delta H$ )  $Cu_2O(s)$ :

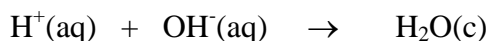
- A.  $+134,7 \text{ kJ mol}^{-1}$
- B.  $-134,7 \text{ kJ mol}^{-1}$
- C.  $-168,6 \text{ kJ mol}^{-1}$
- D.  $+406,0 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

Wskaż, które stwierdzenie jest prawdziwe dla poniżej reakcji:



- A. W wyniku przereagowania 1 mola Fe wydzieli się  $26,6 \text{ kJ}$  energii;
- B. Do przereagowania 1 mola Fe należy dostarczyć  $26,6 \text{ kJ}$  energii;
- C. W wyniku przereagowania 1 mola Fe wydzieli się  $53,2 \text{ kJ}$  energii;
- D. Do przereagowania 1 mola Fe należy dostarczyć  $13,3 \text{ kJ}$  energii.

W wyniku mieszania  $HCl$  i  $NaOH$  wzrosła temperatura roztworu. Podaj prawidłowe stwierdzenie dotyczące reakcji:



- A. Reakcja jest endotermiczna i  $\Delta H^\theta$  jest dodatnia;
- B. Reakcja jest endotermiczna i  $\Delta H^\theta$  jest ujemna;
- C. Reakcja jest egzotermiczna i  $\Delta H^\theta$  jest dodatnia;
- D. Reakcja jest egzotermiczna i  $\Delta H^\theta$  jest ujemna.



Entalpia tworzenia CO z pierwiastków wynosi  $\Delta H_1 = -111$  kJ/mol, a entalpia tworzenia CO<sub>2</sub> z pierwiastków wynosi  $\Delta H_2 = -394$  kJ/mol. Zatem entalpia utleniania 0,1 mola CO do CO<sub>2</sub> wynosi:

- A. 505 kJ                      B. -5,05 kJ                      C. 283 kJ                      D. -28,3 kJ

Jeżeli entalpie tworzenia tlenków XO i XO<sub>2</sub> z pierwiastków wynoszą odpowiednio:  $\Delta H_1$  i  $\Delta H_2$ , to molowa entalpia reakcji  $XO_2 \rightarrow XO + \frac{1}{2} O_2$  wynosi:

- A.  $\Delta H_1 - \Delta H_2$ ;                      B.  $\Delta H_2 - \Delta H_1$ ;                      C.  $\Delta H_1 - \frac{1}{2} \Delta H_2$ ;                      D.  $\Delta H_2 - \frac{1}{2} \Delta H_1$ .

Wskaż równanie reakcji, podczas której, w warunkach stałego ciśnienia, otoczenie wykonuje pracę nad układem:

- A.  $4 NH_{3(g)} + 7 O_{2(g)} \rightarrow 4 NO_{2(g)} + 6 H_2O_{(g)}$                       B.  $Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)}$   
C.  $NH_4Cl_{(s)} \rightarrow NH_{3(g)} + HCl_{(g)}$                       D.  $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)}$

Korzystając z danych przedstawionych w poniższej tabeli oszacuj wartość entalpii hipotetycznej reakcji, opisanej równaniem:  $CCl_4 + H^* \rightarrow CCl_3H + Cl^*$  i wskaż odpowiednią wartość.

Wiązanie	Entalpia wiązania (kJ/mol)
H-H	435
Cl-Cl	243
H-C	414
H-Cl	431
C-Cl	331

- A. - 83 kJ                      B. 115 kJ                      C. - 115 kJ                      D. 83 kJ

Wskaż, który z wymienionych parametrów jest ekstensywny.

- A. temperatura  
B. gęstość  
C. objętość  
D. wszystkie wymienione powyżej

Standardowa entalpia tworzenia ciekłego octanu metylu wynosi  $-442$  kJ mol<sup>-1</sup>, a wartość RT w warunkach standardowych  $2,479$  kJ mol<sup>-1</sup>. Standardowa energia wewnętrzna tej reakcji wynosi zatem w przybliżeniu:

- A.  $-432$  kJ mol<sup>-1</sup>  
B.  $-440$  kJ mol<sup>-1</sup>  
C.  $-442$  kJ mol<sup>-1</sup>  
D.  $-452$  kJ mol<sup>-1</sup>

Która z niżej wymienionych przemian prowadzi do wzrostu entropii?

- A.  $I_{2(s)} \rightarrow I_{2(g)}$   
B.  $I_{2(g)} \rightarrow I_{2(s)}$   
C.  $H_2O_{(g)} \rightarrow H_2O_{(c)}$   
D.  $H_2O_{(c)} \rightarrow H_2O_{(s)}$

Gaz rozpręża się, przesuując o 10 cm tłok o powierzchni  $50 \text{ cm}^2$  przeciwko stałemu ciśnieniu zewnętrznemu 100 kPa. Praca jego wynosi:

- A. -50 J      B. -5 kJ      C. 50 J      D. 5 kJ

Reakcja syntezy amoniaku z pierwiastków, przebiegająca w układzie, jest egzoenergetyczna ( $\Delta H_{\text{ukł}} < 0$ ). Oznacza to, że entropia kontaktującego się z tym układem otoczenia:

- A. Rośnie  
B. Maleje  
C. Nie zmienia się  
D. Zmienia się, ale w sposób niemożliwy do ustalenia na podstawie tych danych

W procesach przebiegających w przyrodzie, entropia układu:

- A. Musi się zawsze zwiększać  
B. Musi się zawsze zmniejszać  
C. Nie może się zmieniać  
D. Może się zwiększać lub zmniejszać, w zależności od reakcji

Wskaż równanie reakcji przebiegającej z ujemną zmianą entropii ( $\Delta S < 0$ ):

- A.  $\text{AgNO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$       B.  $2\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s})$   
C.  $2\text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$       D.  $2\text{KClO}_4(\text{s}) \rightarrow 2\text{KClO}_3(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$

Podczas mieszania gazów idealnych w warunkach izotermiczno-izobarycznych rośnie:

- A. entalpia układu  
B. energia układu  
C. entropia układu  
D. objętość układu

W temperaturze zera bezwzględnego entropia przemiany diamentu w grafit:

- A. jest mniejsza od zera  
B. jest równa zero  
C. jest większa od zera  
D. nie da się określić.

Wskaż wartość standardowej entropii reakcji  $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$  wiedząc, że standardowe entropie reagentów wynoszą:  $\text{CH}_4(\text{g})$   $186,3 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ ,  $\text{O}_2(\text{g})$   $205,0 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ ,  $\text{CO}_2(\text{g})$   $213,7 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ ,  $\text{H}_2\text{O}(\text{c})$   $69,9 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ .

- A.  $-243 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$   
B.  $-107,7 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$   
C.  $107,7 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$   
D.  $243 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$

Gaz ulega odwracalnemu adiabatycznemu rozprężaniu. Zmiana entropii układu w tym procesie:

- A. jest mniejsza od zera,  
B. jest większa od zera,  
C. jest równa zero  
D. jest mniejsza od zera lub większa od zera zależnie od tego, czy temperatura układu jest większa czy mniejsza od temperatury otoczenia.

Wskaż zdanie/zdania prawdziwe:

- I. Proces, w którym wzrasta entropia układu nie może przebiegać spontanicznie.
  - II. Sumaryczna zmiana entropii układu i otoczenia w wyniku każdego procesu wzrasta lub pozostaje stała.
  - III. Entropia układu może zmaleć w wyniku procesu, pod warunkiem że proces jest egzotermiczny.
- A.** tylko I                      **B.** tylko II                      **C.** tylko III                      **D.** II oraz III

Dużemu blokowi żelaza przekazano w sposób odwracalny 25 kJ energii w temperaturze 100 °C. Zmiana entropii bloku wynosi:

- A.** 25 JK<sup>-1</sup>                      **B.** 67 JK<sup>-1</sup>                      **C.** 250 JK<sup>-1</sup>                      **D.** 2500 JK<sup>-1</sup>

Układ, w którym przebiega spontanicznie reakcja chemiczna w warunkach izotermiczno-izobarycznych, zmierza zawsze do:

- A.** maksimum entropii układu
- B.** minimum energii wewnętrznej układu
- C.** minimum łącznej entropii układu i otoczenia
- D.** minimum entalpii swobodnej układu

Pod ciśnieniem jednej atmosfery lód topi się w temperaturze 273,15 K, pozostając cały czas w równowadze z fazą ciekłą. Obliczona dla takich warunków wartość standardowej molowej entalpii swobodnej reakcji ( $\Delta G^0$ ) topnienia lodu jest:

- A.** dodatnia                      **B.** ujemna                      **C.** zerowa
- D.** dodatnia lub ujemna, w zależności od stopnia przemiany lodu w wodę

Wiedząc, że  $A = U - TS$  oraz  $dU = dq - pdV$ , wskaż poprawne wyrażenie:

- A.**  $dA = dU - TdS$                       **B.**  $dA = -pdV - SdT$
- C.**  $dA = dU - SdT$                       **D.**  $dA = dU + pdV$

Termodynamicznym warunkiem przebiegu procesu w warunkach  $p, T = \text{const}$  jest spełnienie następującej zależności dla zmian funkcji stanu układu:

- A.**  $\Delta S < 0$
- B.**  $\Delta H = T\Delta S$
- C.**  $\Delta H < T\Delta S$
- D.**  $\Delta H > T\Delta S$

Entalpia reakcji spalania węgla w tlenie w temperaturze 298 K wynosi -393,51 kJ/mol, a jej entalpia swobodna -394,36 kJ/mol. Entropia tej reakcji wynosi zatem:

- A.** około 3 J K<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup>
- B.** około -3 J K<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup>
- C.** około 1300 J K<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup>
- D.** około -1300 J K<sup>-1</sup>mol<sup>-1</sup>

Proces izotermiczno-izochoryczny zachodzi samorzutnie, gdy towarzyszy mu obniżenie:

- A. entalpii H;
- B. energii wewnętrznej U;
- C. energii swobodnej A;
- D. entalpii swobodnej G.

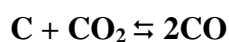
Mol gazu doskonałego poddano swobodnemu rozprężeniu przy zerowym ciśnieniu zewnętrznym z objętości  $V_1$  do objętości  $V_2$ , a następnie sprężono przy stałym ciśnieniu zewnętrznym z powrotem do objętości  $V_1$ . Temperatura układu nie zmieniała się. Całkowita zmiana energii wewnętrznej U, entropii S i energii swobodnej A wynosiły:

- A.  $\Delta U=0, \Delta S=0, \Delta A=0$ ,
- B.  $\Delta U=0, \Delta S>0, \Delta A<0$ ,
- C.  $\Delta U=0, \Delta S<0, \Delta A>0$ ,
- D.  $\Delta U>0, \Delta S>0, \Delta A=0$ .

W zakresie temperatur od 200K do 400K zmianę entalpii swobodnej pewnego procesu można opisać wzorem  $\Delta G = -85,40 + 36,5 T$ , gdzie  $\Delta G$  wyrażona jest w [J] a temperatura w [K]. Zmiana entropii tego procesu w temperaturze 298 K wynosi zatem:

- A.  $-36,5 \text{ J K}^{-1}$
- B.  $-85,40 \text{ J K}^{-1}$
- C.  $-10962 \text{ J}$
- D.  $-10962 \text{ J K}^{-1}$

Przedstawiona niżej reakcja między węglem a ditlenkiem węgla jest endoenergetyczna.



Które z poniższych twierdzeń dotyczących równowagi tej reakcji jest prawdziwe?

- A. Równowaga przesunie się w lewo pod wpływem wzrostu ciśnienia, a w prawo pod wpływem wzrostu temperatury;
- B. Równowaga przesunie się w prawo pod wpływem wzrostu ciśnienia, a w lewo pod wpływem wzrostu temperatury;
- C. Równowaga przesunie się w lewo pod wpływem wzrostu ciśnienia i pod wpływem wzrostu temperatury;
- D. Równowaga przesunie się w prawo pod wpływem wzrostu ciśnienia i pod wpływem wzrostu temperatury;

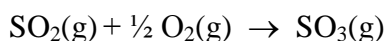
Jeśli bezwymiarowa stała równowagi reakcji wynosi 1, oznacza to, że:

- A. Reakcja taka nie przebiega
- B. Reakcja przebiega, ale stan równowagi nie może się ustalić
- C. Stany standardowe wszystkich reagentów odpowiadają stanowi równowagi
- D. Standardowa entalpia swobodna tego procesu  $\Delta G^\circ$  ma nieskończenie dużą wartość ujemną

Wzrost ciśnienia w układzie **nie** wpływa na skład układu w stanie równowagi dla:

- A. syntezy  $\text{NH}_3$  z pierwiastków
- B. syntezy NO z pierwiastków
- C. syntezy  $\text{NO}_2$  z pierwiastków
- D. przekształcenia  $\text{O}_2$  w ozon.

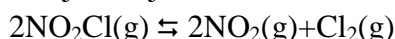
Wydajność równowagowej, egzoenergetycznej przemiany:



można, z termodynamicznego punktu widzenia, zwiększyć przez:

- A. Obniżenie temperatury i zwiększenie całkowitego ciśnienia
- B. Podwyższenie temperatury i zmniejszenie całkowitego ciśnienia
- C. Obniżenie temperatury i całkowitego ciśnienia
- D. Podwyższenie temperatury i całkowitego ciśnienia

Jeżeli w stanie równowagi dla poniższej reakcji



stężenia substratu i produktów wynoszą:

$$[\text{NO}_2\text{Cl}] = 0,002 \text{ mol/dm}^3 \quad [\text{NO}_2] = 0,01 \text{ mol/dm}^3 \quad [\text{Cl}_2] = 0,005 \text{ mol/dm}^3$$

to stała równowagi tej reakcji ma wartość:

- A. 8
- B.  $1,25 \cdot 10^{-1}$
- C.  $2,5 \cdot 10^{-2}$
- D. 40.

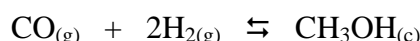
W której z poniższych reakcji, przy stałej temperaturze, wzrost ciśnienia spowoduje wzrost wydajności produktów?

- A.  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$
- B.  $2\text{HgO}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{Hg}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$
- C.  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$
- D.  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$

Jeśli siarka rombowa jest w warunkach standardowych i temp.  $25^\circ\text{C}$  najtrwalszą odmianą alotropową tego pierwiastka, to standardowa entalpia swobodna ( $\Delta G^\circ$ ) przemiany siarki jednoskośnej w rombowa jest:

- A. równa zero
- B. dodatnia
- C. ujemna
- D. dodatnia lub ujemna, w zależności od ciśnienia

Dla reakcji syntezy metanolu z tlenku węgla(II) i wodoru:



zmiana entalpii wynosi  $\Delta H^\circ = -128,2 \text{ kJ/mol}$  a zmiana entropii  $\Delta S^\circ = -331,9 \text{ J/(mol K)}$ . Wskaż zależność, jaką spełnia stała równowagi (K) tej reakcji w temperaturze  $25^\circ\text{C}$ .

- A.  $K > 1$
- B.  $K < 1$
- C.  $K = 0$
- D.  $K < 0$

Równowagę rozkładu gazowego fosgenu ( $\text{COCl}_2$ ) opisuje równanie:



Wskaż wyrażenie, które poprawnie opisuje bezwymiarową ciśnieniową stałą równowagi tej reakcji.

$$\text{A. } K_p = \frac{\frac{p_{\text{CO}} \cdot p_{\text{Cl}_2}}{p^\circ \cdot p^\circ}}{\frac{p_{\text{COCl}_2}}{p^\circ}} \quad \text{B. } K_p = \frac{p_{\text{CO}} \cdot p_{\text{Cl}_2}}{p_{\text{COCl}_2}} \quad \text{C. } K_p = \frac{\frac{p_{\text{CO}} \cdot p_{\text{Cl}_2}}{p^\circ \cdot p^\circ}}{\left(\frac{p_{\text{COCl}_2}}{p^\circ}\right)^2} \quad \text{D. } K_p = \frac{p_{\text{COCl}_2}}{\frac{p_{\text{CO}} \cdot p_{\text{Cl}_2}}{p^\circ \cdot p^\circ}}$$

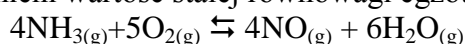
Dodatnia wartość standardowej entalpii swobodnej ( $\Delta G^{\circ}$ ) reakcji oznacza, że:

- A. reakcja ta w ogóle nie przebiega
- B. reakcja ta przebiega praktycznie w 100 % (od czystych substratów do czystych produktów)
- C. reakcja ta znajduje się w tych warunkach w stanie równowagi
- D. stała równowagi tej reakcji jest mniejsza od jedności

Standardowa entalpia pewnej reakcji wynosi  $\Delta H^{\circ} = 100$  kJ, a standardowa entropia  $\Delta S^{\circ} = -10$  J/(mol K). Oznacza to, że bezwymiarowa stała równowagi jest większa od jedności:

- A. dla  $T > 300$  K
- B. dla  $T < 300$  K
- C. dla  $T = 300$  K
- D. warunek ten nie może być osiągnięty dla żadnej temperatury

Wskaż czynnik, który zmieni wartość stałej równowagi egzotermicznej reakcji:



- A. zmiana ciśnienia
- B. dodatek katalizatora
- C. zmiana temperatury
- D. żaden z powyższych

Stężenie pewnej substancji w izolowanej kolbie reakcyjnej...

- A. może oscylować, ale później, po osiągnięciu równowagi termodynamicznej, oscylacji nie będzie.
- B. może początkowo wzrastać, ale później, przy osiągnięciu równowagi termodynamicznej, musi dążyć do zera (jeśli substancja jest substratem) lub do wartości maksymalnej (jeśli substancja jest produktem)
- C. może cały czas oscylować nawet w stanie równowagi termodynamicznej.
- D. musi początkowo oscylować, ale później, po osiągnięciu równowagi termodynamicznej, zawsze uzyskamy równe stężenia molowe wszystkich substancji

Jeśli wartość standardowej entalpii swobodnej reakcji wynosi zero ( $\Delta G^{\circ} = 0$ ) to:

- A. stan równowagi jest znacznie przesunięty w kierunku substratów
- B. stan równowagi jest znacznie przesunięty w kierunku produktów
- C. stan równowagi osiągnięty jest dla substratów i produktów w ich stanach standardowych
- D. stan równowagi nie może być osiągnięty w warunkach standardowych

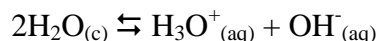
Dla pewnej reakcji chemicznej w temperaturze 300 K zmiana entalpii swobodnej układu  $\Delta G^{\circ} = -20$  kJ, a zmiana jego entropii  $\Delta S^{\circ} = +50$  J/K. Z danych tych wynika, że wzrost temperatury powoduje przesunięcie stanu równowagi tej reakcji:

- A. w stronę substratów
- B. w stronę produktów
- C. w stronę substratów dla  $T < 300$  K i w stronę produktów dla  $T > 300$  K
- D. nie wpływa na położenie stanu równowagi.

Maksymalna liczba faz, które mogą współistnieć w układzie trójskładnikowym, w stanie równowagi, wynosi:

- A. 3
- B. 4
- C. 5
- D. 6

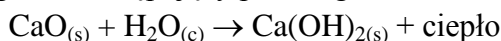
Stała równowagi dla poniższej reakcji wynosi  $1,0 \cdot 10^{-14}$  w temperaturze  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  oraz  $2,1 \cdot 10^{-14}$  w temperaturze  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Na podstawie powyższych danych można stwierdzić, że:

- A.  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  zmniejsza się ze wzrostem temperatury;
- B.  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  jest wyższe od  $[\text{OH}^-]$  w temp.  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- C. w temp.  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  woda jest mocniejszym elektrolitem niż w temp.  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- D. jonizacja wody jest procesem endotermicznym.

Reakcja gaszenia wapna palonego ma następujący przebieg:



Wskaż, które z poniższych stwierdzeń dotyczących tej reakcji są prawdziwe.

- I. Reakcja jest egzotermiczna.
  - II. Obniżenie temperatury układu przesunie równowagę reakcji w stronę substratów.
  - III. Entropia produktów jest mniejsza od entropii substratów.
  - IV. Stała równowagi tej reakcji wykazuje silną zależność od ciśnienia.
- A. tylko I                      B. I i II                      C. I i III                      D. I i IV

Objętość molowa wody jest mniejsza w fazie ciekłej niż w fazie stałej. Jak wzrost ciśnienia wpływa na temperaturę topnienia lodu:

- A. temperatura topnienia wzrasta;
- B. temperatura topnienia nie zmienia się;
- C. temperatura topnienia obniża się;
- D. nie stwierdza się wpływu ciśnienia na temperaturę topnienia.

Temperatura wrzenia  $\text{H}_2\text{O}$  jest, pod tym samym ciśnieniem jest:

- A. znacznie wyższa od temperatury wrzenia  $\text{H}_2\text{S}$
- B. znacznie niższa od temperatury wrzenia  $\text{H}_2\text{S}$
- C. zbliżona do temperatury wrzenia  $\text{H}_2\text{S}$
- D. wyższa lub niższa od temperatury wrzenia  $\text{H}_2\text{S}$ , w zależności od ciśnienia

Temperatura krytyczna gazu to:

- A. temperatura, w której gaz cząsteczkowy rozkłada się na atomy
- B. temperatura, poniżej której gazu nie można skroplić
- C. temperatura, powyżej której gazu nie można skroplić
- D. temperatura, poniżej której faza gazowa nie może istnieć.

Obserwacja, iż nacisk na lód powoduje jego topnienie wskazuje na to, że:

- A. temperatura topnienia lodu rośnie ze wzrostem ciśnienia
- B. temperatura topnienia lodu maleje ze wzrostem ciśnienia
- C. ciśnienie nie ma żadnego wpływu na temperaturę topnienia lodu
- D. obserwowane zjawisko nie ma żadnego związku ze zmianą temperatury topnienia

Na wysokości 3000 m nad poziomem morza temperatura wrzenia roztworu NaCl:

- A. jest taka sama jak na poziomie morza
- B. jest zawsze wyższa niż na poziomie morza
- C. jest zawsze niższa niż na poziomie morza
- D. jest taka sama jak temperatura wrzenia czystej wody na tej samej wysokości

Które z poniższych przejść fazowych **NIE JEST** przemianą endotermiczną?

- A. Cieczy w ciało stałe;
- B. Cieczy w gaz;
- C. Ciała stałego w ciecz;
- D. Ciała stałego w gaz.

Które z poniższych stwierdzeń jest prawdziwe?:

- A. Temperatura nie wpływa na rozpuszczalność gazów w wodzie
- B. Ze wzrostem temperatury rozpuszczalność gazów w wodzie rośnie;
- C. Ze wzrostem temperatury rozpuszczalność gazów w wodzie maleje;
- D. Gazy nie rozpuszczają się w wodzie gdyż nie dysocjują.

W układzie dwuskładnikowym współistnieją: homogeniczny roztwór ciekły A+B, czyste kryształy składnika A, czyste kryształy składnika B, oraz kryształy mieszane A+B. Wskaż liczbę stopni swobody tego układu:

- A. 0
- B. 1
- C. 2
- D. 3

W temperaturze 250C i przy ciśnieniu 1 atm. entalpia swobodna ( $\Delta G^0$ ) przemiany grafitu w diament jest:

- A. równa zero;
- B. dodatnia;
- C. ujemna;
- D. nieokreślona, gdyż grafit jest trwały termodynamicznie, zaś diament jest trwały kinetycznie.

Jaka jest liczba niezależnych składników w układzie w stanie równowagi, jeżeli mogą współistnieć w nim maksymalnie trzy fazy?

- A. 1;
- B. 2;
- C. 3;
- D. 4.

Z wodnego roztworu NaCl można wytworzyć układ zawierający w stanie równowagi maksymalnie:

- A. dwie fazy
- B. trzy fazy
- C. cztery fazy
- D. pięć faz

Która z poniższych równości jest prawdziwa dla przemiany:  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{ciecz})} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(\text{para})}$  przebiegającej w temperaturze 1000C i pod ciśnieniem 1 atmosfery?

- A.  $\Delta H=0$ ;
- B.  $\Delta S=0$ ;
- C.  $\Delta H=\Delta U$ ;
- D.  $|\Delta H|=|T\Delta S|$ .

Liczba stopni swobody dla jednoskładnikowego układu dwufazowego wynosi:

- A. 0;
- B. 1;
- C. 2;
- D. 3.

Wskaż niepoprawne dokończenie twierdzenia. Dodanie elektrolitu do wody powoduje:

- A. obniżenie prężności pary;
- B. obniżenie temperatury wrzenia cieczy;
- C. obniżenie temperatury zamarzania cieczy;
- D. każde z wymienionych wyżej twierdzeń jest błędne.



W układzie dwuskładnikowym maksymalna liczba faz pozostających w równowadze wynosi:

- A.** 2;                    **B.** 3;                    **C.** 4;                    **D.** 5.

Odmiany alotropowe węgla: diament i grafit współistnieją w naszych warunkach ( $p = 1 \text{ atm}$ ,  $T = 300 \text{ K}$ ), ponieważ:

- A.** obie odmiany są termodynamicznie trwałe  
**B.** grafit jest termodynamicznie trwały, a diament - kinetycznie trwały  
**C.** grafit jest kinetycznie trwały, a diament – termodynamicznie trwały  
**D.** obie odmiany są termodynamicznie nietrwałe, ale kinetycznie trwałe.

Entalpia parowania pewnej substancji pod ciśnieniem 1 atm wynosi około  $30 \text{ kJ mol}^{-1}$ , a entropia parowania  $85 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ . Ile wynosi temperatura wrzenia tej substancji?

- A.** około  $0 \text{ }^\circ\text{C}$   
**B.** około  $40 \text{ }^\circ\text{C}$   
**C.** około  $80 \text{ }^\circ\text{C}$   
**D.** około  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ .

W układzie współistnieją roztwór wodny zawierający jony  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Cl}^-$ , uwodnione kryształy  $\text{CaCl}_2$  oraz para wodna. Ile wynosi liczba stopni swobody układu?

- A.** 1;                    **B.** 2;                    **C.** 3;                    **D.** 4.

Przy pewnej kombinacji ciśnienia i temperatury w układzie współistnieją siarka jednoskośna, rombowa, ciekła siarka oraz gaz zawierający cząsteczki  $\text{S}_2$ . Wskaż poprawne zdanie dotyczące tego układu.

- A.** Liczba stopni swobody układu wynosi 0.  
**B.** Liczba stopni swobody układu wynosi 1.  
**C.** Układ taki nie może istnieć.  
**D.** Układ taki nie jest trwały termodynamicznie.

Wskaż zdania prawdziwe, dotyczące mieszaniny będącej azeotropem dodatnim:

- I. Mieszanina wrze w temperaturze niższej od temperatury wrzenia każdego ze składników.  
II. Mieszanina wrze w temperaturze wyższej od temperatury wrzenia każdego ze składników.  
III. Zależność temperatury wrzenia od ułamka molowego wykazuje minimum.  
IV. Zależność temperatury wrzenia od ułamka molowego wykazuje maksimum.

- A.** I i III                    **B.** I i IV                    **C.** II i III                    **D.** II i IV

Wskaż, które zdania są prawdziwe:

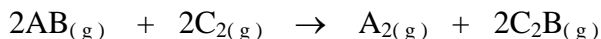
- I. Mieszanina o składzie eutektycznym ma niższą temperaturę topnienia niż którykolwiek ze składników.  
II. Podczas stopniowego obniżania temperatury z mieszaniny o składzie eutektycznym najpierw wytrącają się kryształy trudniej topliwego składnika, następnie kryształy mieszane, a następnie kryształy łatwiej topliwego składnika.  
III. Mieszanina o składzie eutektycznym topi się bez zmiany składu.

- A.** tylko I                    **B.** tylko III                    **C.** I i II                    **D.** I i III

Reakcja:  $3M + Q \rightarrow M_3Q$  jest rzędu pierwszego w stosunku do M i rzędu drugiego w stosunku do Q. Gdy  $[M] = 0,1 \text{ mol/dm}^3$ , a  $[Q] = 0,02 \text{ mol/dm}^3$ , wówczas szybkość reakcji wynosi  $0,01 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ . Ile wynosi stała szybkości reakcji w jednostkach  $\text{mol}^{-2} \text{ dm}^6 \text{ s}^{-1}$  ?

- A. 10                                      B. 100                                      C. 250                                      D. 500

Przedstawiona niżej reakcja przebiega według równania kinetycznego  $v = k[AB]^2[C_2]$



Jeżeli stężenie obu substratów zwiększy się dwukrotnie to szybkość reakcji wzrośnie:

- A. dwukrotnie;  
B. czterokrotnie;  
C. ośmiokrotnie;  
D. nie ulegnie zmianie.

Nazwą inhibitor określamy substancję, która dodana do mieszaniny substratów powoduje:

- A. zwiększenie szybkości reakcji nie zużywając się przy tym;  
B. zmniejszenie szybkości reakcji nie zużywając się przy tym;  
C. stabilizację temperatury reakcji nie zużywając się przy tym;  
D. przyspieszenie lub opóźnienie reakcji nie zużywając się przy tym.

Wskaż poprawne dokończenie zdania: Okres połowicznej przemiany ( $t_{1/2}$ ) dla reakcji I rzędu:

- A. jest proporcjonalny do stałej szybkości reakcji i zależy od stężenia substratu;  
B. jest proporcjonalny do stałej szybkości reakcji i niezależny od stężenia substratu;  
C. jest odwrotnie proporcjonalny do stałej szybkości reakcji i zależy od stężenia substratu;  
D. jest odwrotnie proporcjonalny do stałej szybkości reakcji i niezależny od stężenia substratu.

Jeśli dwukrotny wzrost stężenia substratu wywołuje dwukrotny wzrost szybkości reakcji, to rząd reakcji względem tego substratu wynosi:

- A.  $\ln 2$                                       B. 0                                      C. 1                                      D. 2

Ozon występujący w stratosferze może być rozkładany w reakcji z tlenkiem azotu(II), który pochodzi z silników samolotowych. Zakładając, że szybkość reakcji pomiędzy  $O_3$  i NO jest pierwszego rzędu zarówno ze względu na  $O_3$  jak i ze względu na NO, wybierz mechanizm, który prawidłowo opisuje tę reakcję.

- A.  $NO + O_3 \rightarrow NO_3 + O$  (etap wolny)  
 $NO_3 + O \rightarrow NO_2 + O_2$  (etap szybki)  
B.  $O_3 \rightarrow O_2 + O$  (etap wolny)  
 $O + NO \rightarrow NO_2$  (etap szybki)  
C.  $NO \rightarrow N + O$  (etap wolny)  
 $O_3 + O \rightarrow 2O_2$  (etap szybki)  
 $N + O_2 \rightarrow NO_2$  (etap szybki)  
D.  $NO \rightleftharpoons N + O$  (etap wolny)  
 $N + O_3 \rightarrow NO_2 + O$  (etap szybki)  
 $O + O \rightarrow O_2$  (etap szybki)

Pewna reakcja jest zerowego rzędu. Wskaż wyrażenie, które opisuje czas potrzebny do tego, aby stężenie substratu A zmalało do 1/2 wartości początkowej.

- A.  $t_{1/2} = \ln 2/k$       B.  $t_{1/2} = 1/k \cdot [A]_0$       C.  $t_{1/2} = [A]_0/2k$       D.  $t_{1/2} = 1/2[A]_0$

Reakcja opisana równaniem:  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$  przebiega z wydzielaniem energii na sposób ciepła. Obniżenie temperatury układu spowoduje, że:

- A. szybkość reakcji zmniejszy się, a stan równowagi przesunie się w kierunku produktów  
 B. szybkość reakcji zmniejszy się bez wpływu na stan równowagi  
 C. szybkość reakcji wzrośnie bez wpływu na stan równowagi  
 D. szybkość reakcji zmniejszy się, a stan równowagi przesunie się w kierunku substratów

Szybkość pewnej reakcji chemicznej rośnie dwukrotnie z dwukrotnym wzrostem stężenia substratu A, a czterokrotnie z dwukrotnym wzrostem stężenia substratu B. Oznacza to, że cząstkowe rzędy reakcji względem A i B wynoszą, odpowiednio:

- A.  $r_A = 2, r_B = 1$       B.  $r_A = 1, r_B = 3$   
 C.  $r_A = 1, r_B = 2$       D.  $r_A = 2, r_B = 3$

Dla reakcji opisanej równaniem:  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$ , przy różnych stężeniach substratów otrzymano następujące wartości szybkości reakcji:

[A] / mol dm <sup>-3</sup>	[B] / mol dm <sup>-3</sup>	Szybkość V / mol dm <sup>-3</sup> s <sup>-1</sup>
0,1	0,1	$1 \times 10^{-5}$
0,1	0,2	$4 \times 10^{-5}$
0,2	0,1	$1 \times 10^{-5}$

Określ, jaki jest rząd reakcji względem A i B:

- A. Rząd reakcji względem A = 1; rząd reakcji względem B = 0;  
 B. Rząd reakcji względem A = 0; rząd reakcji względem B = 2;  
 C. Rząd reakcji względem A = 0; rząd reakcji względem B = 4;  
 D. Rząd reakcji względem A = 1; rząd reakcji względem B = 2.

Dla reakcji pierwszego rzędu, po upływie czasu  $t$  równego odwrotności stałej szybkości  $k$  stężenie substratu obniża się do:

- A. połowy początkowej wartości  
 B. pierwiastka kwadratowego z początkowej wartości  
 C. początkowej wartości podzielonej przez liczbę  $e^k$   
 D. początkowej wartości podzielonej przez liczbę  $e$

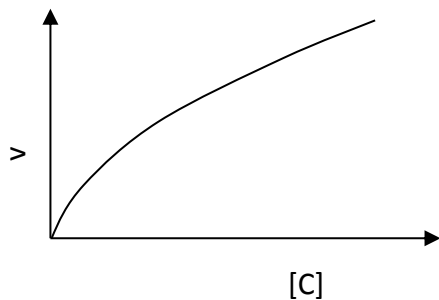
Reakcja autokatalityczna to taka, która jest przyspieszana przez:

- A. wyłącznie wzrost temperatury  
 B. substraty reakcji  
 C. produkty reakcji  
 D. wyłącznie promieniowanie elektromagnetyczne

Dla stężeń substratu znacznie mniejszych od wartości stałej Michaelisa-Menten rząd reakcji enzymatycznej względem substratu jest bliski:

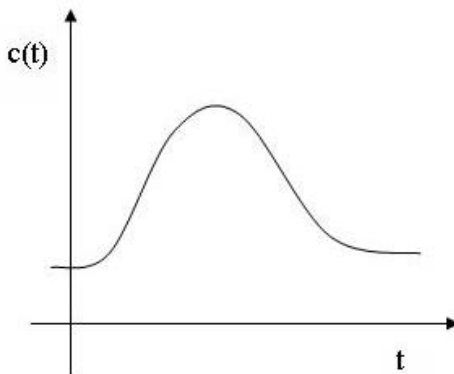
- A. 0;      B. 1/2;      C. 1;      D. żadna z podanych odpowiedzi nie jest prawidłowa.

Oszacuj cząstkowy rząd reakcji na podstawie poniższego wykresu zależności szybkości reakcji ( $v$ ) od stężenia reagenta C.

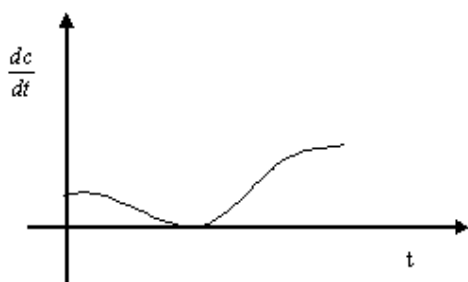


- A. 0                      B. pomiędzy 0 i 1                      C. 1                      D. pomiędzy 1 i 2

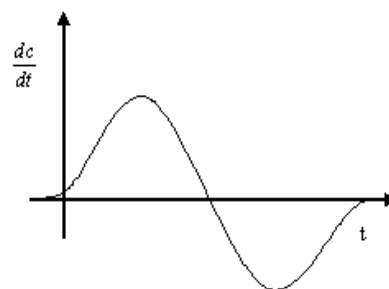
Zależność stężenia substancji od czasu ma następujący przebieg:



Wskaż, który wykres jest najbliższy wykresowi pochodnej stężenia tej substancji ( $dc/dt$ ).



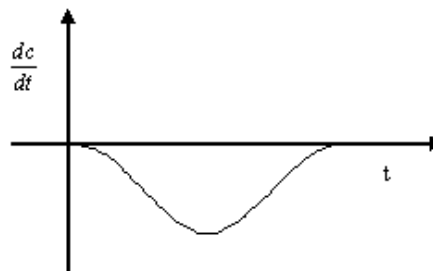
A.



B.



C.



D.

Stała szybkości  $k$  pewnej reakcji praktycznie nie zależy od temperatury  $T$ . Oznacza to, że energia aktywacji tej reakcji jest:

- A. nieskończenie duża
- B. zerowa
- C. równa wartości stałej gazowej  $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$
- D. równa wartości czynnika przedwykładniczego ( $A$ ) w równaniu Arrheniusa  $k=f(T)$

W pewnej reakcji chemicznej stężenie substratu zanika wykładniczo z czasem. Oznacza to, że reakcja ta jest rzędu:

- A. zerowego
- B. pierwszego
- C. drugiego
- D. trzeciego

Podwojenie stężenia substratu A spowodowało dwukrotny wzrost szybkości reakcji:

$A + B = C$ , a podwojenie stężenia substratu B wzrost szybkości reakcji o czynnik około 1,4.

Całkowity rząd tej reakcji wynosi około:

- A. 2,4
- B. 1
- C. 1,5
- D. 3,4

Stężenie substratu maleje liniowo w czasie reakcji. Rząd reakcji wynosi zatem:

- A. 0
- B.  $\frac{1}{2}$
- C. 1
- D. 2

Stała szybkości reakcji:

- A. zawsze rośnie z temperaturą,
- B. zawsze maleje z temperaturą
- C. może maleć z temperaturą dla niektórych reakcji złożonych
- D. maleje z temperaturą dla reakcji o zerowej energii aktywacji

Dla pewnej reakcji wyznaczono energię aktywacji, która okazała się praktycznie równa zero. Oznacza to, że:

- A. Reakcja ta praktycznie nie przebiega
- B. Szybkość tej reakcji zależy znacznie od temperatury
- C. Szybkość tej reakcji praktycznie nie zależy od temperatury
- D. Reakcja ta przebiega tylko w bardzo niskich temperaturach

Z równania Arrheniusa wynika, że przy wzroście temperatury do nieskończoności, stała szybkości reakcji dąży do:

- A. zera
- B. jedności
- C. skończonej i niezerowej liczby charakterystycznej dla danej reakcji
- D. nieskończoności

Prawidłowa postać równania Arrheniusa to

- A.  $k = k_0 e^{\frac{E_a}{RT}}$
- B.  $\ln k = a + bT$
- C.  $\ln k = a - bT$
- D. żadna z tych postaci nie jest prawidłowa

Wskaż cechę wspólną dla wszystkich chemicznych reakcji łańcuchowych:

- A. są to reakcje wydłużania łańcucha polimeru
- B. są to reakcje inicjowane światłem
- C. są to reakcje złożone,
- D. są to reakcje z udziałem katalizatorów

Równanie kinetyczne reakcji  $A+B \rightarrow 2C$  ma postać:

$$\frac{d[C]}{dt} = \frac{a[A][B]^{3/2}}{[A]+b[C]}$$

Całkowity rząd reakcji wynosi zatem

- A. 1/2
- B. 1
- C. 3/2
- D. nie da się określić

Równanie kinetyczne reakcji  $A+B \rightarrow 2C$  ma postać  $v = \frac{a[A][B]^{3/2}}{[A]+b[C]}$ . Aby znaleźć zależność stężenia substratu C od czasu, należy:

- A. obliczyć całkę  $\int \frac{a[A][B]^{3/2}}{[A]+b} dt$
- B. obliczyć pochodną  $\frac{d}{dt} \left( \frac{a[A][B]^{3/2}}{[A]+b[C]} \right)$
- C. rozwiązać równanie  $[C] = \frac{a[A][B]^{3/2}}{[A]+b[C]}$
- D. rozwiązać równanie różniczkowe  $\frac{d[C]}{dt} = \frac{a[A][B]^{3/2}}{[A]+b[C]}$

W teorii kompleksu aktywnego energia aktywacji reakcji prostej jest to różnica energii potencjalnej :

- A. produktu przejściowego i substratów;
- B. produktu przejściowego i produktów;
- C. kompleksu aktywnego i substratów;
- D. kompleksu aktywnego i produktów;

Pewna reakcja katalizowana jest enzymatycznie. Można się spodziewać, że:

- A. reakcja ta będzie przebiegała łańcuchowo
- B. w pewnym zakresie temperatur szybkość reakcji będzie maleć ze wzrostem temperatury
- C. jest to reakcja autokatalityczna
- D. jest to reakcja drugiego rzędu

Szybkość reakcji  $A+3B \rightarrow C + 2D$  wynosi  $1,0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ . Szybkość tworzenia/zużywania poszczególnych reagentów wynosi:

- A. A -  $1,0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ , B -  $1,0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ , C -  $1,0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ , D -  $1,0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$
- B. A -  $1,0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ , B -  $0,33 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ , C -  $1,0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ , D -  $0,5 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$
- C. A -  $1,0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ , B -  $3,0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ , C -  $1,0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ , D -  $2,0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$
- D. A -  $0,33 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ , B -  $1,0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ , C -  $0,5 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ , D -  $1,0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$

Równanie kinetyczne ma postać  $v = k[A][B]$ . W jakich jednostkach wyrażona jest stała  $k$ ?

- A. jest bezwymiarowa
- B. ma wymiar  $\text{mol dm}^{-3} \text{s}^{-1}$
- C. ma wymiar  $\text{dm}^3 \text{mol}^{-1} \text{s}^{-1}$
- D. ma wymiar  $\text{dm}^3 \text{mol}^{-1} \text{s}$

Równanie kinetyczne pewnej reakcji ma postać:  $v = k[A][B]^2$ , gdzie  $[A]$ ,  $[B]$  są stężeniami substratów. Wynika z tego, że

- A. stechiometria reakcji jest  $A+2B \rightarrow$  produkty
- B. cząsteczkowość reakcji wynosi 3.
- C. sumaryczny rząd reakcji wynosi 3
- D. wszystkie zdania a, b i c są prawdziwe

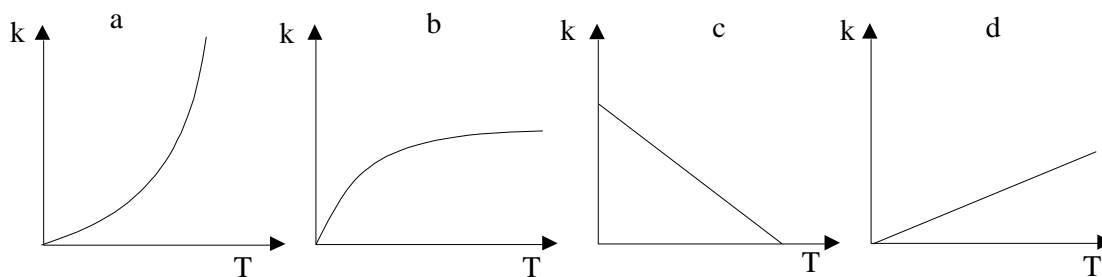
Reakcja:  $5\text{Br}^- + \text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ \rightarrow 3\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$  jest kinetycznego rzędu czwartego. Oznacza to, że:

- A. Reakcja ta praktycznie nie przebiega
- B. Niektóre z reagentów w ogóle nie biorą udziału w tej reakcji
- C. Reakcja jest wieloetapowa i o jej rzędzie decyduje etap najwolniejszy
- D. Reakcja jest wieloetapowa i o jej rzędzie decyduje etap najszybszy

Stała szybkości reakcji w fazie ciekłej **NIE ZALEŻY** od:

- A. stężenia reagentów
- B. temperatury
- C. rodzaju rozpuszczalnika
- D. obecności w roztworze jonów nie biorących udziału w reakcji

Który wykres opisuje zależność stałej szybkości reakcji jednoetapowej od temperatury?



Polaryzowalność elektryczna cząsteczki:

- A. jest wielkością wektorową,
- B. jest wielkością bezwymiarową
- C. zależy od częstości drgań pola elektrycznego
- D. zależy od wielkości trwałego momentu dipolowego

Wskaż poprawne dokończenie zdania: Ze wzrostem temperatury...

- A. substancja ferromagnetyczna skokowo traci właściwości ferromagnetyczne
- B. substancja paramagnetyczna może stać się ferromagnetykiem
- C. liniowo maleją właściwości ferromagnetyczne substancji
- D. rośnie trwały magnetyczny moment dipolowy substancji ferromagnetycznej





Wskaż wartość potencjału redukcji układu  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  (w temperaturze 298 K), jeżeli stężenie jonów  $\text{Fe}^{2+}$  jest 5 razy większe niż stężenie jonów  $\text{Fe}^{3+}$ . (Potencjał standardowy układu  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  wynosi  $E^{\circ} = +0,771 \text{ V}$ )

- A.** + 0,771 V                      **B.** + 0,812 V                      **C.** + 0,730 V                      **D.** + 0,000 V

Ogniwo złożone z dwóch półogniw  $\text{Cu}|\text{Cu}^{2+}$ , różniących się stężeniem  $\text{CuSO}_4$ :

- A.** Wykazuje zawsze zerową siłę elektromotoryczną  
**B.** Wykazuje siłę elektromotoryczną równą potencjałowi standardowemu ( $E^{\circ}$ ) układu  $\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}$   
**C.** Wykazuje siłę elektromotoryczną równą 1 V  
**D.** Wykazuje siłę elektromotoryczną zależną od różnicy stężeń  $\text{Cu}^{2+}$  w obu półogniwach

Które z poniższych równań reakcji opisuje sumarycznie proces korozji żelaza?

- A.**  $2\text{Fe}_{(s)} + 3/2 \text{O}_{2(aq)} + x\text{H}_2\text{O}_{(c)} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}_{(s)}$   
**B.**  $\text{Fe}_{(s)} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e$   
**C.**  $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}_{(c)} + 4e \rightarrow 4\text{OH}^-$   
**D.**  $\text{Fe}_{(s)} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{FeCl}_2_{(s)}$

Jakie procesy zachodzą na elektrodach podczas elektrolizy stopionego  $\text{NaCl}$ :

- A.** Katoda(-)  $\text{Na}^+ + e \rightarrow \text{Na}$   
Anoda(+)  $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2e$   
**B.** Katoda(-)  $2\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{H}_2$   
Anoda(+)  $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2e$   
**C.** Katoda(-)  $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$   
Anoda(+)  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^-$   
**D.** Katoda(-)  $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$   
Anoda(+)  $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2e$

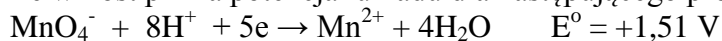
Wiedząc, że potencjał standardowy pary  $\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}$  wynosi  $E^{\circ} = +0,15 \text{ V}$  oraz potencjał standardowy pary  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  wynosi  $E^{\circ} = +0,77 \text{ V}$  podaj wartość standardowej entalpii swobodnej procesu:  $\text{Sn}^{4+} + 2\text{Fe}^{2+} \rightarrow 2\text{Fe}^{3+} + \text{Sn}^{2+}$

- A.**  $120 \text{ kJ mol}^{-1}$   
**B.**  $60 \text{ kJ mol}^{-1}$   
**C.**  $180 \text{ kJ mol}^{-1}$   
**D.**  $-120 \text{ kJ mol}^{-1}$

Które z poniższych stwierdzeń opisuje I prawo Ficka.

- A.** przepływ masy składnika "i" w jednostce czasu przez powierzchnię S prostopadłą do osi x jest proporcjonalne do gradientu stężenia tego składnika (i) wzdłuż osi x.  
**B.** przepływ masy składnika "i" w jednostce czasu przez powierzchnię S prostopadłą do osi x jest odwrotnie proporcjonalne do gradientu stężenia tego składnika (i) wzdłuż osi x.  
**C.** przepływ masy składnika "i" w jednostce czasu przez jednostkę objętości jest proporcjonalne do gradientu stężenia tego składnika (i).  
**D.** przepływ masy składnika "i" w jednostce czasu przez jednostkę objętości jest odwrotnie proporcjonalne do gradientu stężenia tego składnika (i).

Jak wpłynie wzrost pH na potencjał układu dla następującego procesu:



- A.** wzrasta                                      **B.** maleje  
**C.** nie zmienia się                              **D.** trudno powiedzieć nie znając stężeń formy red i ox

Jakie procesy zachodzą na elektrodach podczas elektrolizy wodnego roztworu  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ :

- A. Katoda(-)  $\text{Na}^+ + e^- \rightarrow \text{Na}$   
Anoda(+)  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^-$
- B. Katoda(-)  $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$   
Anoda(+)  $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2e^-$
- C. Katoda(-)  $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$   
Anoda(+)  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^-$
- D. Katoda(-)  $\text{SO}_4^{2-} + 2e^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_2 + 2\text{OH}^-$   
Anoda(+)  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^-$

Które z poniższych stwierdzeń definiuje standardową elektrodę wodorową (ang. SHE)

- A. elektroda wykonana z platyny pokrytej czernią platynową zanurzona w roztworze o jednostkowej aktywności jonów wodorowych i omywaną gazowym wodorem pod ciśnieniem 1000 hPa w temperaturze 298 K.
- B. elektroda wykonana z platyny zanurzona w roztworze o jednostkowej aktywności jonów wodorowych i omywaną gazowym wodorem pod ciśnieniem 1013 hPa w temperaturze 298 K.
- C. elektroda wykonana z platyny pokrytej czernią platynową zanurzona w roztworze o jednostkowej aktywności jonów wodorowych.
- D. elektroda wykonana z pręta węglowego zanurzona w roztworze o jednostkowej aktywności jonów wodorowych i omywaną gazowym wodorem

Który z poniższych metali może być użyty, jako katodowa ochrona żelaza przed korozją:

- A. Al                      B. Cu                      C. Ni                      D. Ag

Bateria ołowiowa (12 V) zawiera ołów na anodzie i stechiometryczną ilość  $\text{PbO}_2$  na katodzie, co umożliwia dostarczenie bez ładowania  $3.8 \cdot 10^5 \text{ C}$  ładunku. Przez jaki czas bateria może dostarczać prąd o natężeniu 1.0 A.

- A. 55 h                      B. 110 h                      C. 165 h                      D. 220 h

Jaka jest maksymalna praca elektryczna, jaką może wykonać 6 V bateria, która może dostarczyć bez ładowania  $1.67 \cdot 10^5 \text{ C}$  ładunku.

- A.  $10^6 \text{ J}$
- B.  $2,8 \cdot 10^4 \text{ J}$
- C.  $3,6 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
- D.  $10^{-6} \text{ J}$

Jakie są produkty elektrolizy wodnego roztworu HBr.

- A. katoda –  $\text{H}_2$ ; anoda –  $\text{O}_2$
- B. katoda –  $\text{O}_2$ ; anoda –  $\text{Br}_2$
- C. katoda –  $\text{H}_2$ ; anoda –  $\text{Br}_2$
- D. katoda –  $\text{Br}_2$ ; anoda –  $\text{O}_2$

Wskaż minimalną wartość napięcia jakie należy użyć do elektrolizy wodnego roztworu  $\text{CuCl}_2$  w warunkach standardowych (przy założeniu, że nadnapięcie = 0) jeżeli znane są potencjały standardowe następujących par redox:

- $E^0_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = 0,34 \text{ V}$     oraz     $E^0_{\text{Cl}^-/\text{Cl}_2} = -1,36 \text{ V}$
- A. - 1,02 V                      B. - 1,70 V                      C. + 1,02 V                      D. + 1,70 V

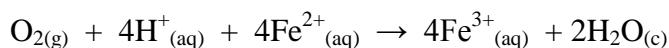
Które z poniższych indywiduów charakteryzuje się najmocniejszymi właściwościami redukcyjnymi:

- A.  $F^-_{(aq)}$  ( $E^0_{F^-/F} = +2,87 \text{ V}$ )
- B.  $Zn_{(s)}$  ( $E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0,76 \text{ V}$ )
- C.  $I^-_{(aq)}$  ( $E^0_{I^-/I} = +0,53 \text{ V}$ )
- D.  $Br^-_{(aq)}$  ( $E^0_{Br^-/Br} = +1,08 \text{ V}$ )

Błona komórkowa ma właściwości membrany, tzn. pozwala na przechodzenie przez nią różnych jony (np.  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ). Stężenie różnych jonów wewnątrz komórki jest inne niż na zewnątrz, co powoduje powstanie ogniwa stężeniowego. Wiedząc, że stężenie jonów  $K^+$  wewnątrz komórek mięśnia sercowego wynosi  $135 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$  a na zewnątrz tych komórek wynosi  $4 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ , oblicz ile wynosi potencjał takiego ogniwa, jeżeli założymy, że  $E^0 = 0 \text{ V}$  a fizjologiczna temperatura wynosi  $37^\circ \text{ C}$ .

- A.  $-94 \text{ mV}$
- B.  $-47 \text{ mV}$
- C.  $94 \text{ mV}$
- D.  $47 \text{ mV}$

Na podstawie standardowych potencjałów redoks wyznacz wartość stałej równowagi następującego procesu:



$E^0_{\text{red}}(O_2/H_2O) = 1,23 \text{ V}$ ;  $E^0_{\text{ox}}(Fe^{2+}/Fe^{3+}) = -0,77 \text{ V}$

- A.  $10^{31}$
- B.  $10^{-31}$
- C.  $3,5 \cdot 10^{15}$
- D.  $3,5 \cdot 10^{-15}$

Uzupełnij następujące zdanie: W procesie elektrochemicznym (w celi elektrochemicznej) ..... przebiega na anodzie, ..... przebiega na katodzie.

- A. redukcja, utlenianie
- B. utlenianie, utlenianie
- C. redukcja, redukcja
- D. utlenianie, redukcja

Które z poniższych równań reakcji nie opisuje procesu redoks.

- A.  $Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu$
- B.  $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$
- C.  $H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$
- D.  $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$

Produktami elektrolizy stopionego chlorku sodu są:

- A. Katoda – chlor; anoda-sód
- B. Katoda – wodór; anoda – chlor
- C. Katoda – sól; anoda- chlor i tlen
- D. Katoda – sól; anoda- chlor

Przedstawiony zapis:  $Cu \mid Cu^{2+}(1,0 \text{ mol dm}^{-3}) \parallel Ag^+(1,0 \text{ mol dm}^{-3}) \mid Ag$ , oznacza:

- A. Półogniwo miedziowe
- B. Ogniwo miedziowo-srebrze
- C. Ogniwo paliwowe miedziowo-srebrze
- D. Baterię miedziowo-srebrzą

Który z wymienionych niżej metali należy zastosować do ochrony przed korozją rurociągu zbudowanego głównie z żelaza umieszczonego w ziemi:

- A. Mg
- B. Sn
- C. Cu
- D. Pb

Jakie główne procesy zachodzą w wodorowo-tlenowym ogniwie paliwowym?

- A. katoda:  $O_2 + 4H^+ + 4e^- \leftrightarrow 2H_2O$   
anoda:  $2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^-$
- B. katoda:  $2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^-$   
anoda:  $O_2 + 4H^+ + 4e^- \leftrightarrow 2H_2O$
- C. katoda:  $O_2 + H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$   
anoda:  $CH_3OH + H_2O \leftrightarrow CO_2 + 6H^+ + 6e^-$
- D. katoda:  $H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$   
anoda:  $H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2H^+ + 2e^-$

W elektrochemii pojęcia katody i anody oznaczają:

- A. katoda – elektrodę ujemną, anoda – elektrodę dodatnią
- B. katoda – elektrodę dodatnią, anoda – elektrodę ujemną
- C. katoda – elektrodę, na której przebiega proces utleniania, anoda – elektrodę, na której przebiega proces redukcji
- D. katoda – elektrodę, na której przebiega proces redukcji, anoda – elektrodę, na której przebiega proces utleniania.

Potencjał elektrody wodorowej:

- A. rośnie ze wzrostem aktywności jonów  $H^+$
- B. maleje ze wzrostem aktywności jonów  $H^+$
- C. przechodzi przez minimum dla  $pH=1$
- D. nie zależy od stężenia jonów wodorowych, ponieważ jest to elektroda odniesienia o stałym potencjale 4

W ogniwie, którego standardowa siła elektromotoryczna  $\varepsilon^0 = +0,89\text{ V}$ , zachodzi reakcja opisana równaniem:  $3Sn^{4+} + 2Cr \rightarrow 3Sn^{2+} + 2Cr^{3+}$ ,

Wartość zmiany standardowej entalpii swobodnej  $\Delta G^0$  w temperaturze  $25^\circ\text{C}$  dla tej reakcji wynosi około:

- A.  $-260\text{ kJ/mol}$
- B.  $-520\text{ kJ/mol}$
- C.  $-780\text{ kJ/mol}$
- D.  $+520\text{ kJ/mol}$

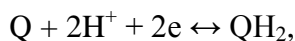
Potencjał standardowy układu  $Ox_1/Red_1$  jest o  $10\text{ mV}$  większy od potencjału standardowego układu  $Ox_2/Red_2$ . Oznacza to, że:

- A. różnica  $E^0$  jest za mała, aby między tymi reagentami mogło dojść do reakcji redoks
- B. reakcja redoks jest możliwa, ale jej kierunek zależy od stężeń reagentów
- C.  $Ox_1$  będzie zawsze utleniaczem  $Red_2$
- D.  $Ox_2$  będzie zawsze utleniaczem  $Red_1$

Potencjał elektrody kalomelowej ( $Hg(c)|Hg_2Cl_2(s)|Cl^-$ ) ze wzrostem stężenia jonów  $Cl^-$ :

- A. rośnie
- B. maleje
- C. przechodzi przez maksimum dla  $[Cl^-] = 1,0\text{ mol dm}^{-3}$
- D. nie zmienia się, ponieważ jest to elektroda odniesienia

W półogniwie przebiega odwracalna reakcja elektrodowa opisana równaniem:



gdzie Q oznacza chinon, a  $QH_2$  hydrochinon. Jeżeli wartość pH w tym układzie zostanie zmniejszona o jednostkę, można spodziewać się, że potencjał równowagowy przesunie się o:

- A. ok. 120 mV w kierunku bardziej dodatnich wartości.
- B. ok. 60 mV w kierunku bardziej dodatnich wartości.
- C. ok. 60 mV w kierunku bardziej ujemnych wartości.
- D. ok. 120 mV w kierunku bardziej ujemnych wartości

Oszacuj maksymalną moc baterii Ni-Cd o standardowym SEM równym 1,3 V, dla prądu obciążenia  $I = 100 \text{ mA}$  w  $25^\circ\text{C}$ .

- A.  $10^{-4} \text{ W}$
- B. 10 mW
- C. 1 W
- D.  $10^{-1} \text{ W}$

Stała Faraday'a to:

- A. Liczba elektronów niosących w sumie ładunek 1 C;
- B. Ładunek 1 mola elektronów;
- C. Ładunek potrzebny na wytworzenie 1 mola dowolnego metalu poprzez redukcję jego kationów;
- D. Pojemność kondensatora o napięciu 1 V i ładunku 1 C.

W wyniku elektrolizy wodnego roztworu kwasu siarkowego(VI) na katodzie wydzielilo się 22,4  $\text{dm}^3$  gazu (warunki normalne). Oznacza to, że:

- A. na anodzie wydzielilo się 22,4  $\text{dm}^3$  gazu (warunki normalne);
- B. przez roztwór przepłynął ładunek 1 Faradaya;
- C. przez roztwór przepłynął ładunek 192970 C;
- D. wszystkie trzy stwierdzenia są prawdziwe.

Najwyższy nadpotencjał wydzielania wodoru obserwowany jest na elektrodzie:

- A. złotej
- B. platynowej
- C. platynowej pokrytej czernią platynową
- D. rtęciowej

Współczynnik dyfuzji ma wymiar:

- A.  $\text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^2$
- B.  $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$
- C.  $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- D.  $\text{cm} \cdot \text{s}^{-2}$

Przez roztwór azotanu potasu przepłynął ładunek elektryczny o wartości 2 faradajów.

W warunkach normalnych, na obu elektrodach platynowych wydzielilo się w sumie:

- A. 16,8  $\text{dm}^3$  gazów;
- B. 22,4  $\text{dm}^3$  gazów;
- C. 33,6  $\text{dm}^3$  gazów;
- D. 44,8  $\text{dm}^3$  gazów.

W wyniku przepuszczenia 0,5 faradaja ładunku przez wodny roztwór HCl na elektrodach platynowych wydzielilo się:

- A. 0,25 mola  $H_2$  na katodzie i 0,25 mola  $Cl_2$  na anodzie
- B. 0,5 mola  $H_2$  na katodzie i 0,5 mola  $Cl_2$  na anodzie
- C. 0,25 mola  $H_2$  na katodzie i 0,125 mola  $O_2$  na anodzie
- D. 0,5 mola  $H_2$  na katodzie i 0,25 mola  $O_2$  na anodzie

Przez wodne roztwory wymienionych niżej soli przepuszczono ładunek elektryczny o tej samej wielkości. Największa objętość gazów wydzielila się w elektrolizerze zawierającym roztwór:

- A.  $Na_2SO_4$
- B.  $CuSO_4$
- C.  $CuCl_2$
- D.  $CaCl_2$

W trakcie elektrolizy wodnego roztworu KCl na elektrodach platynowych wydzielają się następujące produkty:

- A. na katodzie –  $H_2$ , na anodzie –  $O_2$
- B. na katodzie – K, na anodzie –  $O_2$
- C. na katodzie –  $H_2$ , na anodzie –  $Cl_2$
- D. na katodzie – K, na anodzie –  $Cl_2$

Szybkość dyfuzji jest proporcjonalna do:

- A. stężenia substancji
- B. odwrotności stężenia substancji
- C. logarytmu stężenia substancji
- D. gradientu stężenia substancji

Prawo rozcieńczeń Ostwalda nie dotyczy:

- A. Mocnych elektrolitów;
- B. Słabych elektrolitów;
- C. Słabych kwasów;
- D. Słabych zasad.

Energia przejścia między poziomami energetycznymi jest proporcjonalna do:

- A. liczby falowej emitowanego promieniowania elektromagnetycznego
- B. długości fali emitowanego promieniowania elektromagnetycznego
- C. długości fali absorbowanego promieniowania elektromagnetycznego
- D. kwadratu prędkości światła

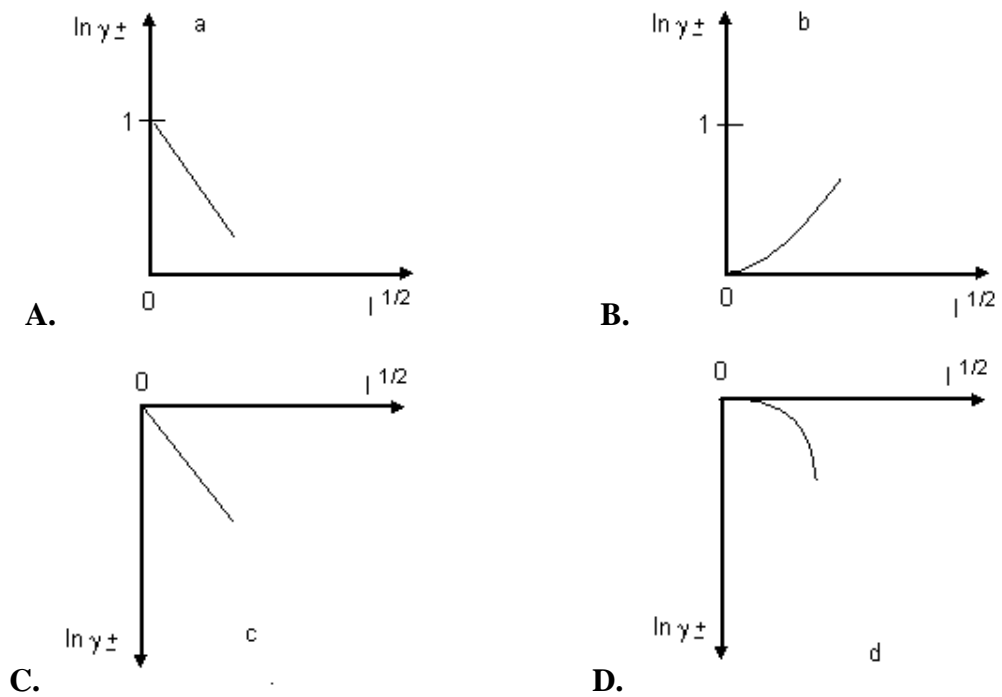
Wskaż prawidłowe uszeregowanie promieniowania od najwyżej do najniżej energetycznego:

- A.  $UV > Vis > IR > Rtg$  ;
- B.  $Rtg > IR > Vis > UV$  ;
- C.  $IR > Vis > UV > Rtg$  ;
- D. żadna z podanych sekwencji nie jest prawidłowa.

Wskaż, które z wymienionych rodzajów promieniowania elektromagnetycznego ma największą energię.

- A. widzialne światło czerwone
- B. widzialne światło fioletowe
- C. mikrofałe
- D. fale radiowe

Poniższe rysunki obrazują zależność logarytmu współczynnika aktywności ( $\ln \gamma_{\pm}$ ) elektrolitu 1:1 od pierwiastka z siły jonowej roztworu ( $I^{1/2}$ ). Wskaż, który wykres jest poprawny dla bardzo rozcieńczonego elektrolitu.



Przypisz rodzaje przejść spektroskopowych odpowiednim rodzajom promieniowania.

promieniowanie: 1-podczerwień, 2-nadfiolet, 3-mikrofale, przejście:

I – elektronowe, II – rotacyjne, III – oscylacyjne

- A. 1-I, 2-II, 3-III;    B. 1-III; 2-II, 3-I;    C. 1-III, 2-I, 3-II;    D. 1-II, 2-III, 3-I.

Żółte światło lampy sodowej ma długość fali ok. 598 nm. Jaka jest częstość fali elektromagnetycznej o tej długości (w Hz)?

- A.  $5,01 \times 10^{-14}$     B.  $5,01 \times 10^{14}$     C.  $1,77 \times 10^{-3}$     D.  $1,77 \times 10^3$

Cząsteczka zaabsorbowała energię, przechodząc ze stanu A do stanu B. Częstość pasma absorpcyjnego odpowiadającego temu przejściu można obliczyć, znając:

- A. różnicę energii stanów A i B  
 B. szerokość połówkową pasma i jego intensywność  
 C. prawdopodobieństwo przejścia ze stanu A do stanu B  
 D. moment dipolowy cząsteczki

Zgodnie z rozkładem Boltzmanna stosunek obsadzeń poziomów energetycznych (wyższego w stosunku do niższego), odległych o  $\Delta E$ :

- A. rośnie liniowo z  $\Delta E$   
 B. maleje liniowo z  $\Delta E$   
 C. rośnie wykładniczo z  $\Delta E$   
 D. maleje wykładniczo z  $\Delta E$

Wskaż prawidłowe stwierdzenie kończące zdanie:

Liczba falowa pasma oscylacyjnego cząsteczki dwuatomowej jest...

- A. wprost proporcjonalna do masy zredukowanej cząsteczki;
- B. odwrotnie proporcjonalna do masy zredukowanej cząsteczki;
- C. wprost proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego z masy zredukowanej cząsteczki;
- D. odwrotnie proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego z masy zredukowanej cząsteczki.

Energia poziomów rotacyjnych molekuly dwuatomowej zależy od rotacyjnej liczby kwantowej J.

Wskaż zdanie fałszywe:

- A. najniższy poziom ma energię równą zero;
- B. stopień degeneracji poziomu równy jest  $2J+1$ ;
- C. poziomy są równo oddalone od siebie;
- D. obsadzenie poziomów zależy od temperatury.

W absorpcyjnej spektroskopii oscylacyjnej analizuje się absorpcję promieniowania elektromagnetycznego w zakresie:

- A. podczerwieni
- B. mikrofal
- C. ultrafioletu
- D. rentgenowskim

Które z poniższych zdań dotyczących poziomów energetycznych kwantowego oscylatora harmonicznego jest prawdziwe:

- A. różnice energii dwóch sąsiednich poziomów są jednakowe, a energia najniższego poziomu większa od zera
- B. różnice energii dwóch sąsiednich poziomów są jednakowe, a energia najniższego poziomu równa jest zero,
- C. różnice energii dwóch sąsiednich poziomów maleją w miarę wzrostu energii, a energia najniższego poziomu jest większa od zera,
- D. różnice energii dwóch sąsiednich poziomów rosną w miarę wzrostu energii, a energia najniższego poziomu jest większa od zera.

Za pomocą spektroskopii mikrofalowej otrzymuje się informacje o:

- A. ruchach oscylacyjnych atomów w cząsteczkach
- B. ruchach rotacyjnych cząsteczek
- C. stanach elektronowych w atomach
- D. stanach elektronowych w cząsteczkach

Cząsteczka dwuatomowa ma:

- A. trzy stopnie swobody translacji, trzy – rotacji i trzy – oscylacji
- B. trzy stopnie swobody translacji, trzy – rotacji i dwa – oscylacji
- C. trzy stopnie swobody translacji, dwa – rotacji i jeden – oscylacji
- D. dwa stopnie swobody translacji, dwa – rotacji i dwa – oscylacji

Wskaż, która z wymienionych cząsteczek ma widmo absorpcyjne w podczerwieni:

- A.  $N_2O$ ;
- B.  $CH_3Cl$ ;
- C.  $CHCl_3$ ;
- D. każda z wymienionych w punktach A-C.



Dla cząsteczki CO<sub>2</sub> NIE MOŻNA zarejestrować widma:

- A. mikrofalowego w fazie gazowej
- B. IR w fazie gazowej
- C. Ramana w fazie gazowej
- D. ani mikrofalowego, ani IR w fazie gazowej

Zjawisko rozproszenia Ramana polega na tym, że:

- A. Światło rozproszone rozchodzi się w innym kierunku niż padające.
- B. Światło rozproszone ma inną polaryzację niż padające.
- C. Światło rozproszone ma inną energię niż padające.
- D. Światło padające jest absorbowane, a nie rozpraszane.

Drganie jest aktywne w widmie Ramana, jeżeli:

- A. Podczas drgania zmienia się moment dipolowy cząsteczki.
- B. Pod wpływem pola elektrycznego zmienia się moment dipolowy cząsteczki.
- C. Polaryzowalność cząsteczki zmienia się podczas drgania tak, że nie ma ekstremum w położeniu równowagi.
- D. Pole elektryczne lub magnetyczne zmienia polaryzowalność cząsteczki.

Cząsteczki C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, CH<sub>4</sub> NIE WYKAZUJĄ widma absorpcyjnego:

- A. elektronowego;      B. oscylacyjnego;
- C. rotacyjnego;      D. wykazują wszystkie z wyżej wymienionych.

Długość fali promieniowania emitowanego przez roztwór fluoresceiny, w porównaniu do długości fali promieniowania wzbudzającego tą fluorescencję jest:

- A. dłuższa;      B. krótsza;      C. taka sama;
- D. każda odpowiedź jest możliwa, w zależności od stężenia fluoresceiny.

Wskaż rodzaj spektroskopii, w której stosuje się głównie promieniowanie mikrofalowe.

- A. NMR;      B. EPR;      C. absorpcyjna atomowa;      D. oscylacyjna Ramana.

Natężenie pola magnetycznego stosowanego w NMR jest:

- A. większe niż w EPR;      B. mniejsze niż w EPR;      C. takie samo jak w EPR;
- D. większe lub mniejsze niż w EPR, w zależności od rodzaju jąder.

Widmo EPR można uzyskać dla próbki składającej się z molekuł:

- A. CO<sub>2</sub>      B. N<sub>2</sub>      C. NO      D. CO

Wybierz zbiór substancji, dla których można zarejestrować widmo EPR:

- A. O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>
- B. Cl<sub>2</sub>, NH<sub>2</sub>, BaSO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>
- C. NO, N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>
- D. NO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, MnCl<sub>2</sub>, NO

Ile składowych zawiera sygnał EPR dla jonorodnika <sup>12</sup>CH<sub>3</sub>· ?

- A. jedną;      B. dwie;      C. trzy;      D. cztery.

Która z wymienionych cząsteczek nie daje sygnałów w widmie  $^1\text{H}$  NMR?

- A.  $\text{C}_6\text{H}_6$ ;                      B.  $\text{CCl}_4$ ;                      C.  $\text{CHCl}_3$ ;                      D.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OD}$ .

Jądro  $^{33}\text{S}$  ma liczbę spinową  $I = 3/2$  i w związku z tym dozwolona liczba orientacji jego momentu magnetycznego w zewnętrznym polu magnetycznym wynosi:

- A. 2                                  B. 3                                  C. 4                                  D. 6

Widmo  $^1\text{H}$  NMR eteru dietylowego  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$  ...

- A. ma dwa tryplety powstałe w wyniku absorpcji protonów z grupy  $\text{CH}_2$  i dwa kwartety powstałe w wyniku absorpcji protonów z grupy  $\text{CH}_3$ ,  
B. ma dwa kwartety powstałe w wyniku absorpcji protonów z grupy  $\text{CH}_2$  i dwa tryplety powstałe w wyniku absorpcji protonów z grupy  $\text{CH}_3$ ,  
C. ma jeden tryplet powstały w wyniku absorpcji protonów z grup  $\text{CH}_2$  i jeden kwartet powstały w wyniku absorpcji protonów z grup  $\text{CH}_3$ ,  
D. ma jeden kwartet powstały w wyniku absorpcji protonów z grup  $\text{CH}_2$  i jeden tryplet powstały w wyniku absorpcji protonów z grup  $\text{CH}_3$ .

Liczba spinowa jądra  $^{13}\text{C}$  oraz dozwolona liczba orientacji jego momentu magnetycznego w zewnętrznym polu magnetycznym wynoszą odpowiednio:

- A.  $I = 1/2$ , dwie orientacje;                      B.  $I = 1/2$ , trzy orientacje;  
C.  $I = 3/2$ , trzy orientacje;                      D.  $I = 3/2$ , cztery orientacje.

Wskaż, z ilu sygnałów będzie składać się widmo protonowego rezonansu jądrowego metylopropanu (nie uwzględniając sprzężenia spinowo-spinowego).

- A. 1;                                  B. 2;                                  C. 3;                                  D. 4.

Stała sprzężenia spinowo-spinowego  $^1J_{\text{CH}}$  rośnie w sekwencji:

- A.  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3 < \text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 < \text{HC}\equiv\text{CH}$                       B.  $\text{HC}\equiv\text{CH} < \text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 < \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$   
C.  $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 < \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3 < \text{HC}\equiv\text{CH}$                       D. wszystkie są w przybliżeniu równe

Liczba falowa promieniowania o długości fali 0,01 mm wynosi:

- A.  $1000\text{ cm}^{-1}$                       B.  $100\text{ cm}^{-1}$                       C.  $0,01\text{ cm}^{-1}$                       D.  $0,001\text{ cm}^{-1}$ .

W spektrometrze NMR wykorzystującym pole 12 T (spektrometr A) protony wchodzi w rezonans przy częstotliwości około 500 MHz. W innym spektrometrze (spektrometr B) protony wchodzi w rezonans przy częstotliwości 400 MHz. Spektrometr B wykorzystuje pole magnetyczne o indukcji:

- A. 18,8 T                              B. 15 T                              C. 9,6 T                              D. 7,7 T

Jądra fluoru w molekule  $\text{CF}_2=\text{CH}_2$  są:

- A. równoważne magnetycznie i równoważne chemicznie;  
B. nierównoważne magnetycznie i równoważne chemicznie;  
C. równoważne magnetycznie i nierównoważne chemicznie;  
D. nierównoważne magnetycznie i nierównoważne chemicznie.

Dla pewnej substancji zmierzono w zakresie promieniowania widzialnego widmo absorpcyjne, fluorescencyjne i fosforescencyjne, przy czym fluorescencja i fosforescencja zachodziły po absorpcji promieniowania o liczbie falowej  $\nu_{\text{abs}}$ . Stwierdzono, że maksima pasma absorpcyjnego,

fluorescencyjnego i fosforescencyjnego występują przy różnych liczbach falowych, odpowiednio  $\nu_{\text{abs}}$ ,  $\nu_{\text{flu}}$  i  $\nu_{\text{fos}}$ . Prawidłowe uszeregowanie wartości  $\nu_{\text{abs}}$ ,  $\nu_{\text{flu}}$  i  $\nu_{\text{fos}}$  to:

- A.  $\nu_{\text{abs}} > \nu_{\text{flu}} > \nu_{\text{fos}}$ ,
- B.  $\nu_{\text{abs}} > \nu_{\text{fos}} > \nu_{\text{flu}}$ ,
- C.  $\nu_{\text{fos}} > \nu_{\text{flu}} > \nu_{\text{abs}}$ ,
- D.  $\nu_{\text{flu}} > \nu_{\text{fos}} > \nu_{\text{abs}}$ .

Dla pewnego sztywnego rotatora liniowego różnica energii między stanami o  $J = 0$  i  $J = 2$  wynosi  $X$ . Różnica energii między stanami o  $J = 2$  i  $J = 4$  dla tego rotatora wynosi:

- A.  $\pi X$
- B.  $2X$
- C.  $(7/3)X$
- D.  $20X$

Przesunięcie chemiczne protonów metylowych w acetaldehydzie wynosi  $\delta = 2,20$  ppm, a dla protonu aldehydowego  $\delta = 9,80$  ppm. Różnica lokalnych pól magnetycznych na tych dwóch różnych protonach przy zastosowaniu zewnętrznego pola  $B = 10$  T wynosi:

- A. 9,9999924 T
- B. 9,9999978 T
- C. 7,6 mT
- D. 76 mT

Rejestrowano widmo emisyjne wzbudzonych atomów wodoru. Orbitale, na które może przejść promieniście elektron z orbitalu 4d to:

- A. 1s, 2s, 3s
- B. 2p, 3p
- C. 1s, 2s, 2p, 3s, 3p
- D. 3p, 3f

Energia dysocjacji molekuly XY wynosi  $20000 \text{ cm}^{-1}$ . Zmierzono, że w widmie podczerwieni molekuly XY pasmo odpowiadające przejściu pomiędzy stanem o  $v=0$  i  $v=1$  ma częstość  $2000 \text{ cm}^{-1}$ . Energię wiązania w molekule XY wynosi w przybliżeniu:

- A.  $22000 \text{ cm}^{-1}$
- B.  $21000 \text{ cm}^{-1}$
- C.  $19000 \text{ cm}^{-1}$
- D.  $18000 \text{ cm}^{-1}$

Określ, czy dozwolone są przejścia promieniste do konfiguracji  $1s^2$ , dla wzbudzonego atomu helu o następujących konfiguracjach początkowych:

- (I) konfiguracja  $1s^1 3d^1$  w stanie singletowym
- (II) konfiguracja  $1s^1 3p^1$  w stanie trypletowym

- A. Przejścia zarówno z konfiguracji (I) jak i z (II) są dozwolone,
- B. Przejścia zarówno z konfiguracji (I) jak i z (II) są zabronione,
- C. Przejście z konfiguracji (I) jest dozwolone, a z konfiguracji (II) jest zabronione,
- D. Przejście z konfiguracji (I) jest zabronione, a z konfiguracji (II) jest dozwolone.

### KRYSTALOGRAFIA

W ogólnym przypadku dla kryształu centrosymetrycznego czynniki struktury refleksów  $F_{hkl}$  będą należały do zbioru liczb:

- A. całkowitych
- B. rzeczywistych
- C. zespolonych
- D. rzeczywistych dodatnich

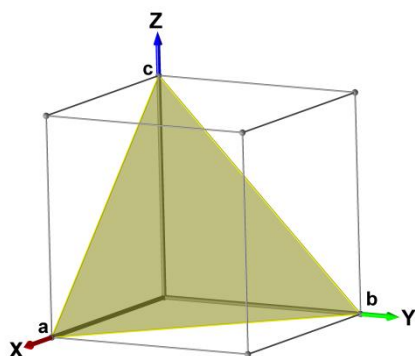
Obecność, którego z poniższych elementów symetrii spowoduje wygaszenie części refleksów:

- A. 2
- B. m
- C. -4
- D. d

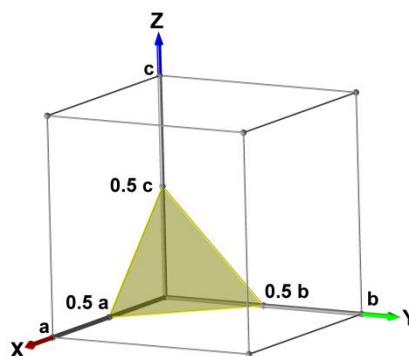
Promieniowanie rentgenowskie padające na kryształ rozpraszane jest na:

- A. gęstości elektronowej
- B. ścianach kryształu
- C. jądrach atomowych
- D. węzłach sieci

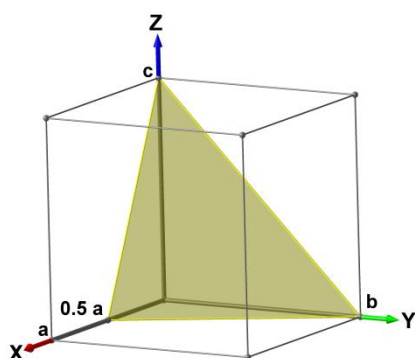
Który z poniższych rysunków przedstawia płaszczyznę 122?



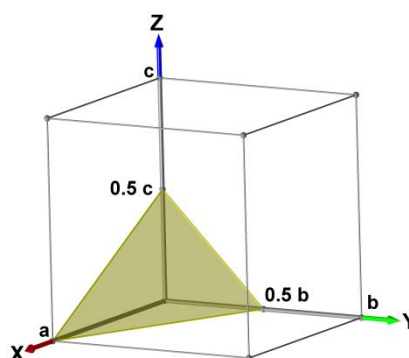
A.



B.



C.



D.

Równanie Bragga przyjmuje następującą postać:

- A.  $n\lambda = 2d\sin\theta$
- B.  $2\lambda = nd\cos\theta$
- C.  $n\lambda = 2d\cos\theta$
- D.  $n\lambda = d\cos 2\theta$

Komórkę elementarną centrowaną w punktach 0,0,0 i 0, 0, 1/2 oznacza się symbolem

- A. A
- B. B
- C. C
- D. I

Która z poniższych grup przestrzennych należy do układu jednoskośnego

- A.  $P\frac{2}{m}$
- B. C222
- C.  $P\frac{4}{n}$
- D.  $P\bar{1}$

W której z poniższych grup przestrzennych może krystalizować związek czysty optycznie?

- A. P2
- B. Pm
- C. Pmm2
- D.  $P\bar{4}$

Jaki dodatkowy element symetrii wygeneruje obecność środka symetrii i osi czterokrotnej w kryształach

- A. element tożsamościowy
- B. płaszczyznę równoległą do osi czterokrotnej
- C. płaszczyznę prostopadłą do osi czterokrotnej
- D. oś dwukrotną prostopadłą do już istniejącej

Najważniejszą metodą otrzymywania monokryształów krzemu na skale przemysłową jest

- A. Metoda topienia strefowego
- B. Metoda powolnego ochłodzenia stopu
- C. Metoda spiekania proszku
- D. Metoda Czochralskiego

Oś trójrotna inwersyjna odpowiada:

- A. osi trójrotnej i prostopadłej do niej płaszczyźnie symetrii
- B. osi trójrotnej i równoległej do niej płaszczyźnie symetrii
- C. osi trójrotnej i prostopadłej do niej osi dwukrotnej
- D. osi trójrotnej i centrum symetrii

Przekształcenie przez płaszczyznę ślizgową typu c odpowiada:

- A. odbiciu w płaszczyźnie i translacji o  $\frac{1}{2}$  periodu identyczności wzdłuż kierunku [100]
- B. odbiciu w płaszczyźnie i translacji o  $\frac{1}{2}$  periodu identyczności wzdłuż kierunku [010]
- C. odbiciu w płaszczyźnie i translacji o  $\frac{1}{2}$  periodu identyczności wzdłuż kierunku [001]
- D. odbiciu w płaszczyźnie i translacji o  $\frac{1}{2}$  periodu identyczności wzdłuż kierunku  $[00\bar{1}]$

Komórka Bravais typu I to:

- A. komórka o centrowanym środku;
- B. komórka o centrowanych podstawach;
- C. komórka o centrowanych wszystkich ścianach;
- D. żadna z wymienionych w odpowiedziach a-c.

Do jakiego układu krystalograficznego może należeć kryształ w którym występuje oś czterokrotna

- A. tetragonalnego
- B. heksagonalnego
- C. regularnego
- D. odpowiedzi a) i c) są poprawne

W komórce elementarnej typu I liczba węzłów sieci wynosi:

- A. 1
- B. 2
- C. 4
- D. 14

Płaszczyzna sieciowa o wskaźniku (100) w układzie rombowym

- A. Jest usytuowana prostopadle do prostej sieciowej [100]
- B. Jest usytuowana prostopadle do prostej sieciowej [010]
- C. Jest usytuowana prostopadle do prostej sieciowej [011]
- D. Jest usytuowana prostopadle do prostej sieciowej [101]

Oś sześciokrotna inwersyjna odpowiada:

- A. osi trójrotnej i prostopadłej do niej płaszczyźnie symetrii
- B. osi trójrotnej i równoległej do niej płaszczyźnie symetrii
- C. osi trójrotnej i prostopadłej do niej osi dwukrotnej
- D. żadna z powyższych odpowiedzi nie jest prawdziwa

Jakiemu symbolowi grupy punktowej w symbolice Hermanna-Maguin (tzw. notacja międzynarodowa, notacja krystalograficzna) odpowiada symbol  $C_{2v}$  w symbolice Schönfliesa:

- A. 2      B. 222      C.  $mm2$       D.  $\frac{2}{m}$

W jakiej grupie przestrzennej może krystalizować L-cysteina?

- A.  $P\bar{4}$       B.  $P2_12_12_1$       C.  $P\frac{2_1}{c}$       D.  $Cc$

Która z poniższych grup punktowych należy do układu trygonalnego:

- A.  $\frac{2}{m}\bar{3}$   
B.  $\bar{3}\frac{2}{m}$   
C.  $\frac{2}{m}\frac{2}{m}\frac{2}{m}$   
D.  $\bar{1}$

Która z poniższych grup przestrzennych należy do układu rombowego:

- A.  $Cm$   
B.  $Amm2$   
C.  $I\frac{4_1}{a}$   
D.  $F\bar{4}3c$

Do jakiego układu krystalograficznego może należeć kryształ w którym występuje co najmniej jedna oś trójrotna

- A. trygonalnego  
B. heksagonalnego  
C. regularnego  
D. odpowiedzi a) i c) są poprawne

Do jakiej grupy punktowej należy kryształ w którym stwierdzono obecność co najmniej dwóch różnie zorientowanych osi trójrotnych

- A.  $mmm$   
B. 3  
C.  $m\bar{3}$   
D.  $\bar{3}m$

Środek symetrii umieszczony w początku  $(0,0,0)$  kartezyjskiego układu współrzędnych przekształca punkt o współrzędnych  $(x,y,z)$  na punkt o współrzędnych:

- A.  $(x,y,z)$       B.  $(-x,-y,-z)$   
C.  $(2x,2y,2z)$       D.  $(0,0,0)$

Komórka Bravais typu F to:

- A. komórka o centrowanym środku;  
B. komórka o centrowanych podstawach;  
C. komórka o centrowanych wszystkich ścianach;  
D. żadna z wymienionych w odpowiedziach a-c.

Czy cząsteczka, która jako izolowana jest symetryczna, zachowuje w sieci kryształu swoją symetrię własną?

- A. Tak, ale tylko wtedy gdy nie krystalizuje z inną cząsteczką (np. cząsteczką rozpuszczalnika).
- B. Tak, ale tylko wtedy gdy obsadza dowolną pozycję szczególną.
- C. Tak, ale tylko wtedy gdy obsadza pozycję szczególną określoną przez elementy symetrii, które pokrywają się z jej symetrią własną.
- D. Nigdy, ze względu na występujące oddziaływania z innymi cząsteczkami w sieci kryształu.

Do jakiej grupy punktowej należy kryształ krystalizujący w grupie przestrzennej  $I \frac{4_1}{a} \frac{2}{c} \frac{2}{d}$ ?

- A. mmm.
- B. 422.
- C.  $\frac{4}{m} \frac{2}{m} \frac{2}{m}$
- D. do żadnej z podanych powyżej.

W układzie trygonalnym nie występuje:

- A. oś dwukrotna
- B. oś trójrotna
- C. oś sześciokrotna inwersyjna
- D. centrum symetrii

Komórka elementarna w układzie rombowym posiada

- A. wszystkie kąty jednakowe
- B. wszystkie długości krawędzi jednakowe
- C. wszystkie kąty różne
- D. dwie długości krawędzi jednakowe

W komórce elementarnej typu F liczba węzłów sieci wynosi:

- A. 1
- B. 2
- C. 4
- D. 14

W kryształach stwierdzono wystąpienie osi czterokrotnej i osi trójrotnej. Do jakiego układu krystalograficznego należy ten kryształ:

- A. trygonalnego
- B. tetragonalnego
- C. romboedrycznego
- D. regularnego

W wyniku odbicia punktu (xyz) w płaszczyźnie typu  $\mathbf{n}$  prostopadłej do osi Z i pokrywającej się z płaszczyzną XY uzyskamy punkt o współrzędnych:

- A.  $(x+1/2, y-1/2, z+1/2)$ ,
- B.  $(y+1/2, x+1/2, -z)$ ,
- C.  $(x+1/2, y+1/2, -z)$ ,
- D.  $(x+1/2, y+1/2, z)$

Kupryt ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) krystalizuje w układzie regularnym. Jony tlenu zajmują w komórce elementarnej pozycje charakterystyczne dla komórki typu I, zaś jony miedzi zajmują pozycje charakterystyczne dla komórki typu F. Jaki jest typ komórki Bravais dla tego przypadku?

- A. I                      B. F                      C. P                      D. R

Chlorek cezu  $\text{CsCl}$  krystalizuje w układzie regularnym. Jony chloru zajmują pozycje w narożach komórki elementarnej, zaś cezu w jej centrum. Jaki jest typ Bravais tej komórki elementarnej?

- A. P  
B. A  
C. I  
D. F

W komórce elementarnej typu I liczba węzłów sieci wynosi tyle samo co w przypadku komórki typu:

- A. P                      B. C                      C. F                      D. R

Jakie są przyczyny braku wyodrębnienia układu dwuskośnego?

- A. Nie jest możliwa konstrukcja komórki elementarnej o parametrach  
 $a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq 90, \gamma = 90$
- B. Jest możliwa konstrukcja komórki elementarnej o parametrach:  
 $a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq 90, \gamma = 90$ , ale nie da się nią w periodyczny sposób zabudować przestrzeni.
- C. Jest możliwa konstrukcja komórki elementarnej o parametrach  
 $a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq 90, \gamma = 90$  ale nie ma możliwości konstrukcji sieci odwrotnej, co czyni wyodrębnienie tego układu nieprzydatnym.
- D. Jest możliwa konstrukcja komórki elementarnej o parametrach  
 $a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq 90, \gamma = 90$  ale nie ma potrzeby wyodrębniania takiego układu ponieważ istotna w wyborze komórki elementarnej jest symetria sieci a ta powinna być taka sama jak dla układu trójskośnego.

### CHEMIA KWANTOWA

Równanie Schrödingera można rozwiązać dokładnie:

- A. dla cząstki w pudle, oscylatora harmonicznego i dowolnego atomu  
B. dla oscylatora harmonicznego, rotatora sztywnego, atomu wodoru i cząsteczki wodoru  
C. dla cząstki w pudle, oscylatora harmonicznego i atomu wodoru  
D. tylko dla cząstki w pudle, rotatora sztywnego i oscylatora harmonicznego

Energia elektronu w atomie wodoropodobnym zależy od ładunku jądra atomowego ( $Z$ ) i głównej liczby kwantowej ( $n$ ) w sposób następujący:

- A. Jest zawsze ujemna i proporcjonalna do  $Z^2/n^2$   
B. Jest zawsze ujemna i proporcjonalna do  $n^2/Z^2$   
C. Jest zawsze dodatnia i proporcjonalna do  $Z^2/n$   
D. Jest zawsze dodatnia i proporcjonalna do  $n^2/Z$



Energia orbitalna w atomie wieloelektronowym zależy od liczb kwantowych:

- A.  $n$
- B.  $n, l$
- C.  $n, l, m$
- D.  $n, l, m, m_s$

Kwadrat funkcji falowej (orbitalu)  $1s$  atomu wodoru ma największą wartość dla odległości od jądra:

- A. równej promieniowi pierwszej orbity w modelu Bohra
- B. równej podwojonemu promieniowi pierwszej orbity w modelu Bohra
- C. równej zero
- D. nieskończenie dużej.

W teorii orbitali molekularnych można skonstruować przybliżone orbitale molekularne jako tzw. kombinacje liniowe orbitali atomowych (LCAO). Aby kombinacja liniowa dwóch orbitali atomowych była efektywna, nie jest konieczne spełnienie następującego warunku:

- A. orbitale atomowe muszą mieć taką samą główną liczbę kwantową
- B. orbitale atomowe muszą mieć taką samą symetrię względem elementów symetrii molekuly
- C. orbitale atomowe muszą mieć zbliżone wartości energii orbitalnych
- D. orbitale muszą się przenikać w dostatecznym stopniu

Który z podanych rzędów wielkości odpowiada typowej długości wiązania chemicznego?

- A.  $10^{-6}$  m
- B.  $10^{-12}$  m
- C.  $10^{-20}$  m
- D.  $10^{-10}$  m

Ze wzrostem masy odległości poziomów energetycznych oscylatora harmonicznego:

- A. zmniejszają się
- B. zwiększają się
- C. nie ulegają zmianie
- D. zmniejszają się dla cząsteczek liniowych, a zwiększają dla nieliniowych

Które z poniższych zdań dotyczących poziomów energetycznych oscylatora harmonicznego jest prawdziwe:

- A. różnice energii dwóch sąsiednich poziomów są jednakowe, a energia najniższego poziomu jest większa od zera
- B. różnice energii dwóch sąsiednich poziomów są jednakowe, a energia najniższego poziomu jest równa zero,
- C. różnice energii dwóch sąsiednich poziomów maleją w miarę wzrostu energii, a energia najniższego poziomu jest większa od zera,
- D. różnice energii dwóch sąsiednich poziomów rosną w miarę wzrostu energii, a energia najniższego poziomu jest większa od zera.

Energia poziomów rotacyjnych molekuly dwuatomowej zależy od rotacyjnej liczby kwantowej  $J$ . Wskaż zdanie **FALSZYWE**:

- A. najniższy poziom ma energię równą zero
- B. stopień degeneracji poziomu równy jest  $2J+1$
- C. poziomy są równo oddalone od siebie
- D. obsadzenie poziomów zależy od temperatury

Które z poniższych stwierdzeń dotyczących kwantowego oscylatora harmonicznego jest fałszywe?

- A. energia najniższego poziomu jest równa zero
- B. kolejne poziomy energetyczne są równo oddalone od siebie
- C. kolejne poziomy energetyczne nie są zdegenerowane
- D. wszystkie podane powyżej zdania są fałszywe

Równanie Schrödingera można rozwiązać dokładnie dla:

- A. jonu wodorowego  $H^-$
- B. cząsteczki wodoru  $H_2$
- C. atomu wodoru  $H$
- D. jonu litowego  $Li^+$

Wskaż BŁĘDNE stwierdzenie dotyczące metody LCAO:

- A. Orbital molekularny typu  $\sigma$  można wytworzyć z dwóch orbitali atomowych typu  $s$
- B. Orbital molekularny typu  $\sigma$  można wytworzyć z dwóch orbitali atomowych typu  $p$
- C. Orbital molekularny typu  $\pi$  można wytworzyć z dwóch orbitali atomowych typu  $s$
- D. Orbital molekularny typu  $\pi$  można wytworzyć z dwóch orbitali atomowych typu  $p$

Najniższa energia kwantowego oscylatora harmonicznego o częstotliwości własnej  $\nu$  wynosi:

- A. 0
- B.  $h\nu/2$
- C.  $h\nu$
- D.  $h\nu^2$

Całkowita energia cząsteczki jest w przybliżeniu sumą energii elektronowej ( $E_e$ ), oscylacyjnej ( $E_{osc}$ ) i rotacyjnej ( $E_{rot}$ ). Wielkość tych energii:

- A. maleje w następującej kolejności:  $E_e$ ,  $E_{osc}$ ,  $E_{rot}$
- B. wzrasta w kolejności:  $E_{osc}$ ,  $E_{rot}$ ,  $E_e$
- C. maleje w następującej kolejności:  $E_{osc}$ ,  $E_{rot}$ ,  $E_e$
- D. nie różni się znacząco

Orbitalom atomowym typu " $d$ " odpowiada poboczna liczba kwantowa  $l = 2$ . Jaką największą liczbę elektronów można umieścić na orbitalach  $3d$ ?

- A. 2
- B. 6
- C. 10
- D. 12.

Równanie Schrödingera można rozwiązać dokładnie dla:

- A. atomu helu ( $He$ )
- B. cząsteczki wodoru ( $H_2$ )
- C. atomu wodoru ( $H$ )
- D. jonu sodu ( $Na^+$ )

Atom boru ma konfigurację elektronową

$1s^2 2s^2 2p^1$  a nie  $1s^2 2s^3$  z powodu:

I

II

- A. zakazu Pauliego
- B. odpychania elektrostatycznego 3 elektronów na orbitalu  $2s$
- C. tego, że orbitale  $2s$  i  $2p$  mają taką samą energię
- D. tego, że w konfiguracji I jest więcej niesparowanych elektronów niż w konfiguracji II.

Które z poniższych zdań dotyczących atomu wodoru jest fałszywe:

- A. wartość energii zależy tylko od głównej liczby kwantowej
- B. odległości poziomów energetycznych maleją ze wzrostem głównej liczby kwantowej
- C. liczba funkcji falowych (orbitali), którym odpowiada taka sama wartość energii, wynosi  $2l + 1$ , gdzie  $l$  oznacza poboczną liczbę kwantową
- D. magnetyczna liczba kwantowa  $m$  określa możliwe wartości rzutu orbitalnego momentu pędu elektronu na oś  $z$

Wskaż, które uzupełnienie podanego dalej stwierdzenia jest poprawne.

Większą wartość energii wiązania i mniejszą długość wiązania w jonie molekularnym  $O_2^+$  w porównaniu z cząsteczką  $O_2$  wyjaśnić można w ramach teorii orbitali molekularnych (MO) tym, że:

- A. w jonie molekularnym  $O_2^+$  liczba elektronów na orbitalach antywiązących jest mniejsza niż w cząsteczce  $O_2$
- B. w jonie molekularnym  $O_2^+$  wypadkowy spin jest większy niż w cząsteczce  $O_2$
- C. w jonie molekularnym  $O_2^+$  liczba elektronów na orbitalach typu  $\sigma$  jest większa niż w cząsteczce  $O_2$
- D. w jonie molekularnym  $O_2^+$  liczba elektronów na orbitalach typu  $\pi$  jest większa niż w cząsteczce  $O_2$

Wartość energii orbitalnej odpowiadającej orbitalom  $2p$  atomu fluoru wynosi około  $-0.68$  j. a., a wartość energii orbitalnej odpowiadającej orbitalowi  $1s$  atomu wodoru wynosi  $-0.5$  j.a. (skrót j. a. oznacza jednostki atomowe). Orbital molekularny w cząsteczce fluorowodoru o energii orbitalnej około  $-0.75$  j.a., który jest kombinacją liniową orbitalu  $1s$  atomu wodoru i orbitalu  $2p_z$  atomu fluoru (oś  $z$  jest osią cząsteczki), to orbital molekularny:

- A. antywiązący typu  $\pi$
- B. wiążący typu  $\sigma$
- C. antywiązący typu  $\sigma$
- D. wiążący typu  $\pi$

Stan cząstki w jednowymiarowym pudle potencjału o długości  $L$  opisuje znormalizowana funkcja falowa

$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin \frac{\pi x}{L}$ . Prawdopodobieństwo znalezienia tej cząstki między  $x$  a  $x+dx$ , to:

- A.  $2/L (\sin \frac{\pi x}{L})^2$
- B.  $(\sin \frac{\pi x}{L})^2 dx$
- C.  $\sqrt{\frac{2}{L}} \sin \frac{\pi x}{L} dx$
- D.  $2/L (\sin \frac{\pi x}{L})^2 dx$

Wskaż stwierdzenie FAŁSZYWE:

- A. Do zerwania wiązania w jonie  $O_2^{2-}$  potrzebna jest mniejsza energia niż do zerwania wiązania w cząsteczce  $O_2$
- B. Rząd wiązania w jonie  $O_2^{2-}$  wynosi 1
- C. Jon  $O_2^{2-}$  jest diamagnetyczny
- D. Długość wiązania w cząsteczce  $O_2$  jest większa niż w jonie  $O_2^{2-}$

Symbol termu podstawowego dla atomu węgla, to :

- A.  $^2S$
- B.  $^1P$
- C.  $^3P$
- D.  $^2P$

Która z poniższych kombinacji liczb kwantowych głównej  $n$ , pobocznej  $l$  i magnetycznej  $m$  nie może występować dla funkcji  $\psi_{nlm}$  opisującej stan atomu wodoru:

- A.  $n = 3, l = 0, m = 0,$
- B.  $n = 2, l = 2, m = -2,$
- C.  $n = 4, l = 2, m = -1$
- D.  $n = 5, l = 1, m = 0.$

Wskaż stwierdzenie **FALSZYWE**:

- A. odległości kolejnych poziomów energetycznych atomu wodoru maleją ze wzrostem energii
- B. poziomy energetyczne rotatora sztywnego nie są zdegenerowane
- C. poziomy energetyczne oscylatora harmonicznego są równoodległe
- D. poziomy energetyczne cząstki w jednowymiarowym pudle potencjału nie są zdegenerowane

Wartością własną hamiltonianu jest

- A. energia potencjalna układu
- B. energia kinetyczna układu
- C. całkowity pęd układu
- D. całkowita energia układu

Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest **FALSZYWE**:

- A. całkowity rozkład gęstości elektronowej dla czterech elektronów opisywanych przez pojedynczo obsadzone orbitale zhybrydyzowane typu  $sp^3$  jest taki sam, jak całkowity rozkład gęstości elektronowej dla czterech elektronów opisywanych przez pojedynczo obsadzone orbitale  $2s, 2p_x, 2p_y$  i  $2p_z$  atomu węgla.
- B. orbitale zhybrydyzowane typu  $sp^3$  skierowane są ku wierzchołkom tetraedru
- C. orbitalem zhybrydyzowanym nazywany jest orbital, będący kombinacją orbitali atomowych tego samego atomu, różniących się wartością pobocznej liczby kwantowej
- D. hybrydyzacja orbitali atomowych opisuje wzbudzenie atomu przed utworzeniem cząsteczki

Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest **FALSZYWE**:

- A. każdemu z punktów leżących na linii reprezentującej przekrój konturu orbitalu atomowego, odpowiada taka sama wartość tego orbitalu atomowego
- B. znaki plus i minus umieszczone w różnych częściach konturu orbitalu oznaczają ładunki dodatnie i ujemne
- C. kontury orbitali atomowych typu  $s$  mają kształty powierzchni kuli
- D. dla cząsteczek dwuatomowych homojądrowych kontury orbitali molekularnych antywiązących typu  $\sigma$  i typu  $\pi$  mają płaszczyznę węzłową prostopadłą do osi wiązania i przechodzącą przez jego środek

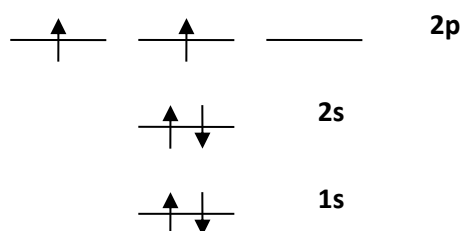
Spośród poniższych stwierdzeń wybierz i zaznacz to, które jest poprawne dla cząsteczek dwuatomowych:

- A. Orbitale  $\sigma$  są zawsze wiążące, a  $\pi$  zawsze antywiązące.
- B. Orbitale  $\sigma$  nie zmieniają znaku przy obrocie dookoła osi wiązania.
- C. Każdy orbital  $\pi$  może być zajęty przez 4 elektrony
- D. Wiązanie wielokrotne jest tworzone wyłącznie przez orbitale  $\pi$ .

Orbital molekularny typu  $\sigma$  opisujący elektron w cząsteczce dwuatomowej, której oś wiązania jest skierowana wzdłuż osi  $z$ , **NIE MOŻE** powstać z:

- A. orbitalu atomowego typu  $s$  jednego z atomów tworzących tę cząsteczkę i orbitalu typu  $p_z$  drugiego z atomów
- B. orbitalu atomowego typu  $p_x$  jednego z atomów tworzących tę cząsteczkę i orbitalu typu  $p_x$  drugiego z atomów
- C. orbitalu atomowego typu  $s$  jednego z atomów tworzących tę cząsteczkę i orbitalu typu  $s$  drugiego z atomów
- D. orbitalu atomowego typu  $p_z$  jednego z atomów tworzących tę cząsteczkę i orbitalu typu  $p_z$  drugiego z atomów

Poniższy diagram pokazuje...



- A. które spinorbitale atomowe węgla są obecne w jednowyznacznikowej przybliżonej funkcji falowej dla tego atomu.
- B. jeden z możliwych stanów trypletowych atomu tlenu.
- C. tzw. konfigurację elektronową atomu azotu, czyli rozmieszczenie wszystkich elektronów tego atomu na poszczególnych orbitalach.
- D. chmury elektronowe otaczające atom węgla. Każda pozioma kreska oznacza jeden spinorbital a im wyższe jest jej położenie, tym większe prawdopodobieństwo znalezienia na nim elektronu.

Cząstka kwantowa poruszająca się na osi  $x$  opisana jest przez funkcję falową  $f(x)$ . Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest fałszywe:

- A. Prawdopodobieństwo znalezienia cząstki w przedziale  $[x, x+dx]$  równe jest  $|f(x)|^2 dx$ .
- B. Funkcja  $f(x)$  może przyjmować wartości zespolone.
- C. Funkcja  $f(x)$  przyjmuje największą wartość w punkcie, w którym znajduje się cząstka.
- D. Funkcja  $f(x)$  musi być ciągła na całej osi  $x$ .

W mechanice kwantowej zmienne dynamiczne (takie jak położenie cząstki, jej pęd, energia, itp.) reprezentowane są przez operatory. Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest fałszywe:

- A. Operator położenia na osi  $x$  równy jest operacji mnożenia przez zmienną  $x$ .
- B. Operator składowej  $y$  pędu równy jest operacji mnożenia przez  $m v_y$ , gdzie  $m$  jest masą cząstki, a  $v_y$  składową  $y$  prędkości cząstki.
- C. Operator energii (hamiltonian) jest sumą operatora energii kinetycznej cząstki i operatora energii potencjalnej cząstki.
- D. Dla cząstki poruszającej się na osi  $x$  operator energii kinetycznej wyraża się przez operator różniczkowy  $(-\hbar^2/2m)(d^2/dx^2)$ .

Cząstka kwantowa poruszająca się na osi  $x$  opisana jest przez funkcję falową

$g(x) = 4/5 \cdot f_1(x) - 3/5 \cdot f_2(x)$ , gdzie  $f_1(x)$  i  $f_2(x)$  są funkcjami własnymi hamiltonianu cząstki, którym odpowiadają energie własne odpowiednio  $E_1$  i  $E_2$ . Przeprowadzamy jednokrotny pomiar energii tej cząstki. Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest fałszywe:

- A. Najbardziej prawdopodobny wynik pomiaru to  $16/25 \cdot E_1 + 9/25 \cdot E_2$ .
- B. Możemy uzyskać wynik  $E_1$  z prawdopodobieństwem równym  $16/25$ .
- C. Prawdopodobieństwo uzyskania wyniku  $E_2$  jest mniejsze niż uzyskania wyniku  $E_1$ .
- D. Nie można uzyskać innego wyniku niż  $E_1$  lub  $E_2$ .

Cząstka kwantowa o masie  $m$ , poruszająca się na osi  $x$  z energią kinetyczną  $E$ , pada na prostokątną barierę potencjału o szerokości  $a$  i wysokości  $V (> 0)$ . Przed barierą potencjału energia potencjalna cząstki jest równa zero. Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest fałszywe:

- A. Jeżeli  $E < V$ , to prawdopodobieństwo, że cząstka przejdzie przez barierę maleje ze wzrostem szerokości bariery  $a$ .
- B. Jeżeli  $E > V$ , to cząstka z pewnym prawdopodobieństwem przejdzie przez barierę.
- C. Jeżeli  $E < V$ , to prawdopodobieństwo, że cząstka przejdzie przez barierę maleje (wykładniczo) ze wzrostem masy cząstki.
- D. Jeżeli  $E < V$ , to cząstka uwięźnie wewnątrz bariery, ale przez nią nie przejdzie.

Cząstka kwantowa o masie  $m$ , poruszająca się na osi  $x$ , znajduje się w prostokątnym pudle potencjału ( $V = 0$  dla  $0 \leq x \leq L$ , a poza tym przedziałem  $V = +\infty$ ). Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest fałszywe:

- A. Każda funkcja falowa  $f(x)$  opisująca tę cząstkę musi spełniać warunek  $f(0) = f(L) = 0$ .
- B. Najniższy dozwolony stan cząstki odpowiada energii 0.
- C. Prawdopodobieństwo znalezienia cząstki w przedziale  $[0, L]$  równe jest 1.
- D. Poziomy energetyczne cząstki  $E_n$  zależą od liczby kwantowej  $n = 1, 2, 3, \dots$  i różnice  $E_{n+1} - E_n$  rosną ze wzrostem liczby  $n$ .

Cząstka kwantowa o masie  $m$ , poruszająca się na osi  $x$ , znajduje się w potencjale  $V(x) = k/2 \cdot x^2$  (kwantowy oscylator harmoniczny o stałej siłowej  $k$ ). Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest fałszywe:

- A. Poziomy energetyczne  $E_n$  zależą od liczby kwantowej  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$  i nie są zdegenerowane.
- B. Funkcja własna hamiltonianu  $f_n(x)$  odpowiadająca energii  $E_n$  musi spełniać warunek  $f(a) = f(-a) = 0$ , gdzie  $a$  i  $-a$  to tzw. klasyczne punkty zwrotu, takie, że  $k/2 \cdot a^2 = E_n$ .
- C. Najniższy dozwolony stan cząstki odpowiada energii  $E_0 = 1/2 \cdot h\nu$ , gdzie  $\nu$  równe jest częstości oscylacji klasycznego oscylatora.
- D. Różnica energii  $E_{n+1} - E_n$  ma wartość stałą.

Kwantowy rotator sztywny to układ dwóch mas  $m_1$  i  $m_2$ , znajdujących się w stałej odległości  $R$  od siebie (zakładamy, że środek masy spoczywa). Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest fałszywe:

A. Funkcje falowe rotatora to tzw. harmoniki sferyczne  $Y^M_J$ , gdzie  $J = 0, 1, 2, 3, \dots$ ,  
 $M = -J, -J+1, \dots, 0, \dots, J-1, J$ .

B. Poziome energetyczne rotatora  $E_J$  zależą od liczby kwantowej  $J = 0, 1, 2, 3, \dots$   
i nie są zdegenerowane.

C. Różnice energii  $E_{J+1} - E_J$  są proporcjonalne do  $\frac{1}{\mu} \frac{m_1+m_2}{m_1 m_2}$ , gdzie  $\mu$  jest  
nazywane masą zredukowaną rotatora sztywnego.

D. Energia  $E_J$  jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu  $R$ .

W jonie wodoropodobnym elektron o masie  $m_e$  i ładunku  $-e$  porusza się w polu jądra atomowego o ładunku  $+Ze$  (zakładamy, że jądro jest nieskończenie ciężkie). Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest fałszywe:

A. Stany związane jonu wodoropodobnego mają wyłącznie energie ujemne,  
odwrotnie proporcjonalne do kwadratu głównej liczby kwantowej  $n = 1, 2, 3, \dots$   
i wprost proporcjonalne do kwadratu liczby atomowej  $Z$ .

B. Energie stanów związanych nie zależą ani od pobocznej liczby kwantowej  $l = 0, 1, 2,$   
 $3, \dots, n-1$ , ani od magnetycznej liczby kwantowej  $m = -l, -l+1, \dots, 0, \dots, l-1, l$ .

C. Stopień degeneracji poziomu energetycznego  $E_n$  równy jest  $2n + 1$ .

D. Moment pędu elektronu zależy od pobocznej liczby kwantowej  $l$ .

W jonie wodoropodobnym elektron o masie  $m_e$  i ładunku  $-e$  porusza się w polu jądra atomowego o ładunku  $+Ze$  (zakładamy, że jądro jest nieskończenie ciężkie). Oznaczenia liczb kwantowych (l.k.):  $n =$  główna l.k.,  $l =$  poboczna l.k.,  $m =$  magnetyczna l.k. Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest fałszywe:

A. Funkcje falowe stanów związanych jonu wodoropodobnego zależą od wszystkich  
liczb kwantowych (mają postać  $\psi_{nlm}$ ).

B. Funkcje falowe stanów związanych jonu wodoropodobnego można zapisać  
w postaci  $n[l]_m$ , gdzie symbol  $[l]$  to litera:  $[l] = s, p, d, f, \dots$ .

C. Funkcje falowe odpowiadające  $m$  różnemu od zera przyjmują wartości zespolone.

D. Wszystkie funkcje falowe przyjmują wartość 0 w punkcie, gdzie znajduje się  
jądro atomowe.

Wszystkie termy dla konfiguracji  $d^2$  to:  $^1S, ^1G, ^3F, ^1D, ^3P$ . Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest FAŁSZYWE:

A. Zestaw termów dla konfiguracji  $d^8$  jest identyczny z zestawem dla konfiguracji  $d^2$ .

B. Zestaw termów dla konfiguracji  $p^2$  jest identyczny z zestawem dla konfiguracji  $d^2$ .

C. Termem o najniższej energii jest term  $^3F$ .

D. Term  $^1D$  jest pięciokrotnie zdegenerowany.

Wszystkie termy dla konfiguracji  $d^8$  to:  $^1S$ ,  $^1G$ ,  $^3F$ ,  $^1D$ ,  $^3P$ . Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest FAŁSZYWE:

- A. Termem o najniższej energii jest term  $^3F$ .
- B. Termem, odpowiadającym najmniejszej wartości kwadratu całkowitego orbitalnego momentu pędu jest term  $^3F$ .
- C. Degeneracja termu  $^3F$  wynosi 21.
- D. Zestaw termów dla konfiguracji  $d^8$  jest identyczny z zestawem dla konfiguracji  $d^2$ .

Dana jest cząsteczka  $N_2$ . Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest FAŁSZYWE:

- A. Energie dysocjacji cząsteczek  $^{14}N$ - $^{14}N$  oraz  $^{15}N$ - $^{15}N$  są różne.
- B. Minimum krzywej energii potencjalnej dla cząsteczek  $^{14}N$ - $^{14}N$  oraz  $^{15}N$ - $^{15}N$  przypada na tę samą odległość pomiędzy jądrami azotu.
- C. Cząsteczka  $N_2$  jest izoelektronowa z CO, w związku z czym jej struktura elektronowa jest opisywana przez taki sam hamiltonian.
- D. Różnice energii między kolejnymi poziomami oscylacyjnymi cząsteczki  $N_2$  maleją ze wzrostem kwantowej liczby oscylacji.

Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest FAŁSZYWE:

- A. Dla cząstki w jednowymiarowym pudle potencjału o długości  $L = 6$ , określonym na

przedziale  $\langle -3, 3 \rangle$ , dla której funkcja falowa ma postać 
$$\psi(x) = \sqrt{\frac{1}{3}} \cos \frac{\pi x}{6};$$

prawdopodobieństwo znalezienia cząstki w przedziale  $\langle -3, 0 \rangle$  wynosi  $\frac{1}{2}$ .

- B. W jednowymiarowym kwantowym oscylatorze harmonicznym możliwe jest jednoczesne zmierzenie wartości położenia i pędu.
- C. Istnieje dokładnie pięć funkcji własnych kwantowego rotatora sztywnego, dla których wartość własna operatora kwadratu momentu pędu jest równa  $6\hbar^2$ .
- D. Energia stanu podstawowego atomu wodoru jest równa energii jonu  $Li^{2+}$ , w którym elektron opisywany jest przy pomocy orbitalu  $3d_2$ .

Wykonano dwa obliczenia energii atomu neonu w stanie podstawowym metodą Hartree-Focka. W pierwszym obliczeniu wykorzystano bazę składającą się z 29 orbitali typu Gaussa (postaci  $Ne^{-\alpha r^2}$ ), uzyskując energię  $E_{RHF} = -128.547062$  hartree. W drugim obliczeniu wykorzystano bazę składającą się z 25 orbitali typu Slatera (postaci  $Ne^{-\alpha r}$ ), uzyskując energię  $E_{RHF} = -128.547098$  hartree.

Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest FAŁSZYWE:

- A. Uwzględnienie większej liczby funkcji bazy pozwoliłoby na uzyskanie niższej wartości energii Hartree-Focka w obu obliczeniach.
- B. Obie uzyskane energie są wyższe od energii dokładnego rozwiązania równania Schrödingera dla atomu neonu.
- C. W obliczeniu w bazie funkcji Slatera zaniedbano efekty korelacji elektronowej.
- D. Energia uzyskana w obliczeniu w bazie funkcji Gaussa jest dokładniejsza ze względu na większy rozmiar bazy.



Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest FAŁSZYWE:

- A. Spinorbitalem nazywamy funkcję falową, która zależy od współrzędnych przestrzennych i współrzędnej spinowej jednego elektronu.
- B. Funkcja falowa dla układu trzech elektronów postaci  $\Psi(1,2,3) = \varphi_1(1)\varphi_2(2)\varphi_3(3)$ , gdzie funkcja  $\varphi_n$  oznacza  $n$ -ty spinorbital, a cyfry w nawiasie oznaczają wszystkie współrzędne danego elektronu, nie jest antysymetryczna względem permutacji elektronów.
- C. Metoda Hartree-Focka jest metodą perturbacyjną z funkcją falową w postaci wyznacznika Slatera zbudowanego ze spinorbitali.
- D. Znajomość energii spinorbitali obliczonych w metodzie Hartree-Focka nie wystarcza do określenia energii całkowitej układu.

$$\hat{H} = -\frac{1}{2}\Delta_1 - \frac{1}{2}\Delta_2 - \frac{Z}{r_1} - \frac{Z}{r_2} + \frac{1}{r_{12}},$$

Operator Hamiltona dla atomu helu ma postać:

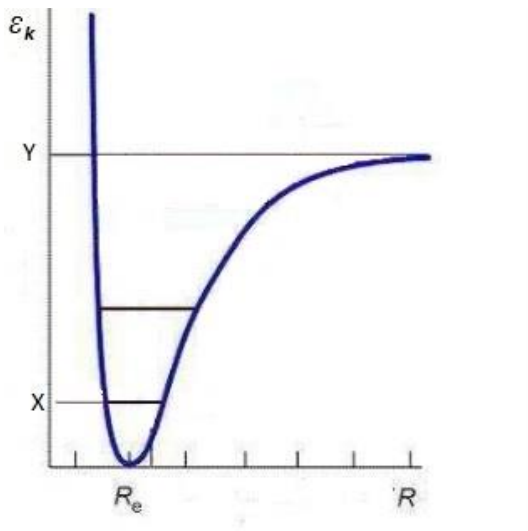
operatorem energii kinetycznej  $i$ -tego elektronu,  $r_i$  oznacza odległość między jądrem helu o ładunku  $Z$  a  $i$ -tym elektronem, a  $r_{12}$  odległość między elektronami. Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest FAŁSZYWE:

- A. Podany hamiltonian opisuje oddziaływanie elektronów z jednorodnym zewnętrznym polem magnetycznym.
- B. Podany operator uwzględnia oddziaływanie elektronów, które może być w sposób przybliżony opisane w metodzie Hartree-Focka.
- C. W podanym operatorze nie są uwzględnione oddziaływania pomiędzy orbitalnym a spinowym momentem magnetycznym elektronów.
- D. Podany operator nie uwzględnia ruchu translacyjnego atomu jako całości.

Dana jest dokładna krzywa energii potencjalnej oddziaływania dwóch atomów neonu. Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest FAŁSZYWE:

- A. Obliczenie krzywej energii oddziaływania metodami chemii kwantowej wymaga zastosowania przybliżenia Borna-Oppenheimera.
- B. Obliczenie krzywej energii oddziaływania jest konieczne do określenia liczby i energii poziomów rowibracyjnych dimeru neonu.
- C. Dokładne obliczenia krzywej oddziaływania dimeru neonu wymagają uwzględnienia oddziaływań dyspersyjnych.
- D. Krzywa energii oddziaływania może być dobrze przybliżona przez oddziaływanie trwałych multipoli atomów neonu (dipoli, kwadrupoli, ...).

Na poniższym rysunku przedstawiono krzywą energii potencjalnej  $\varepsilon_k$  dla stanu podstawowego pewnej cząsteczki dwuatomowej AB, obliczoną w przybliżeniu Borna-Oppenheimera (przy założeniu nieskończenie ciężkich jąder) metodą wariacyjną, uwzględniającą korelację elektronową oraz dwa najniższe poziomy oscylacyjne dla tej cząsteczki.



Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest FAŁSZYWE:

- A. Różnica wartości energii oznaczonej jako Y i wartości energii oznaczonej jako X jest równa energii dysocjacji cząsteczki AB.
- B. Trzeci poziom oscylacyjny cząsteczki należy narysować w taki sposób, aby różnica energii między trzecim a drugim poziomem oscylacyjnym była taka sama jak między drugim a pierwszym poziomem oscylacyjnym.
- C. Energia, odpowiadająca punktowi na krzywej energii potencjalnej dla odległości oznaczonej jako  $R_e$ , nie zawiera energii kinetycznej jąder cząsteczki.
- D. Wartość energii oznaczona jako Y równa jest sumie energii izolowanych atomów A i B

Student wykonał obliczenia dla stanu podstawowego atomu azotu trzema różnymi metodami. Dla energii całkowitej stanu podstawowego tego atomu otrzymał: a) w obliczeniach nieograniczoną metodą Hartree-Focka (UHF) w pewnej bazie funkcji Gaussa wartość -54.398892 hartree; b) w obliczeniach ograniczoną metodą Hartree-Focka dla stanów otwartopowłokowych (ROHF) w tej samej bazie funkcji Gaussa wartość -54.395313 hartree ; c) w obliczeniach metodą teorii funkcjonału gęstości (DFT) wartość -54.600723 hartree. Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest FAŁSZYWE:

- A. Wynik otrzymany metodą UHF (metodą a) jest bliższy dokładnej energii stanu podstawowego tego atomu niż wynik otrzymany metodą ROHF (metodą b).
- B. Żaden z wyników otrzymanych metodami UHF(a) i ROHF (b) nie jest niższy od dokładnej energii stanu podstawowego tego atomu.
- C. Wartość otrzymana metodą DFT (metodą c) może być niższa od dokładnej energii stanu podstawowego tego atomu.
- D. Zastosowanie do obliczeń ograniczonej metody Hartree-Focka (RHF) pozwoliłoby na uzyskanie wyniku bliższego dokładnej energii stanu podstawowego tego atomu niż wyniki otrzymane metodami a, b i c.

Wykonano obliczenia, polegające na optymalizacji geometrii pewnej cząsteczki wieloatomowej i znaleziono punkt stacjonarny na hiperpowierzchni energii potencjalnej tej cząsteczki. Wskaż, które z poniższych stwierdzeń jest FAŁSZYWE:

- A.** W obliczeniach znajdowano energię całkowitą dla różnych geometrii cząsteczki, zmienianych do momentu znalezienia takiej geometrii, dla której pierwsze pochodne energii potencjalnej względem wszystkich współrzędnych, określających położenia jąder cząsteczki były równe zero.
- B.** Jeżeli w kolejnych krokach (dla kolejnych geometrii cząsteczki) otrzymywano coraz niższe wartości energii, to znaleziony punkt stacjonarny na hiperpowierzchni energii potencjalnej na pewno odpowiada minimum energii cząsteczki.
- C.** Jeżeli częstość jednego z drgań normalnych cząsteczki ma wartość urojoną, a częstości pozostałych drgań normalnych mają wartości rzeczywiste (dodatnie), to znaleziony punkt stacjonarny na hiperpowierzchni energii potencjalnej jest punktem siodłowym pierwszego rzędu.
- D.** Jeżeli częstości wszystkich drgań normalnych cząsteczki mają wartości rzeczywiste (dodatnie), to znaleziony punkt stacjonarny na hiperpowierzchni energii potencjalnej odpowiada minimum energii cząsteczki.