

Politechnika Śląska
Wydział Chemiczny
Polskie Towarzystwo Chemiczne
Gliwice, 22 marca 2014

Numer startowy:

NAZWISKO	
Imię	
Szkoła (pełna nazwa, miejscowość, adres, telefon, e-mail):	
.....	
.....	
Klasa	Liczba punktów
Imię i nazwisko nauczyciela	
.....	

XXII Ogólnopolski Konkurs Chemiczny dla młodzieży szkół średnich

Sponsorzy



FLUOR[®]



Patronat Medialny



Część pisemna

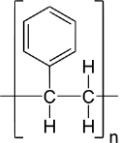
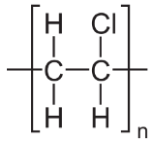
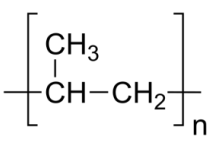
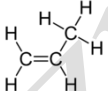
Tabela liczby punktów

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Suma

Uwaga! W razie braku rozwiązania jakiegoś zadania, wpisz „0” w odpowiedniej rubryce tabelki znajdującej się powyżej. Jeśli w tekście zadania nie podano inaczej, masy atomowe pierwiastków używaj z dokładnością do drugiego miejsca po przecinku. Na rozwiązanie wszystkich zadań masz **120** minut i możesz w tym czasie zdobyć **100** punktów.

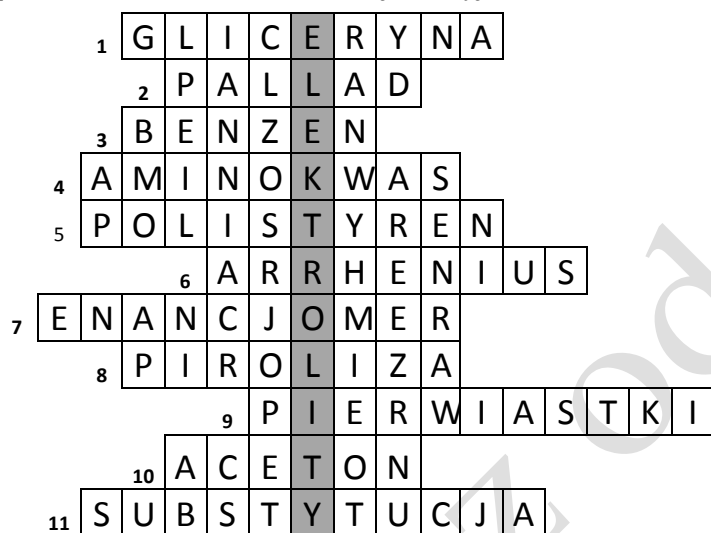
Zadanie 1. Od monomeru do polimeru**9 punktów**

Uzupełnij tabelę

Wzór polimeru		$[-CH_2-CH_2-]_n$		
Nazwa polimeru	polistyren	polietylen	poli(chlorek winylu)	polipropylen
Wzór monomeru		$CH_2=CH_2$		
Nazwa monomeru	styren	etylen	chlorek winylu	propylen

Zadanie 2. Chemiczna krzyżówka**12 punktów**

Odgadnij hasła od 1-11, wpisz do diagramu i z zaciemnionych pól odczytaj rozwiązanie, wyjaśnij jego znaczenie (punktowane będzie każde hasło, jak i wyjaśnienie znaczenia końcowego rozwiązania).



- Substancja wykorzystywana m.in. w produkcji materiałów wybuchowych.
- Jeden z lekkich platynowców.
- Znany węglowodór aromatyczny.
- Podstawowa jednostka budulcowa białek.
- Chemiczna nazwa styropianu.
- Twórca teorii dysocjacji.
- Izomer będący odbiciem lustrzanym.
- Proces termicznego rozkładu związków chemicznych.
- Zbiór atomów o tej samej liczbie atomowej.
- Znany keton, powszechnie stosowany jako rozpuszczalnik.
- Typ reakcji chemicznej, w której jeden podstawnik zostaje wymieniony na drugi.

Znaczenie hasła: *Elektrolity – substancje, które rozpuszczając się w wodzie bądź innych rozpuszczalnikach, rozpadają się na jony dodatnie i ujemne, czyli ulegają dysocjacji. Roztwory elektrolitów są zdolne do przewodzenia prądu elektrycznego*

Zadanie 3. Moda na grafen**14 punktów**

W strukturze krystalicznej grafitu (i modnego ostatnio grafenu) atomy węgla ułożone są w narożach sześciokątów foremnych, tworząc układ przypominający plaster miodu. Grafen to jedna taka warstwa, a grafit to wiele równoległych warstw, lekko przesuniętych względem siebie, oddległych o 0,335 nm. Najmniejsza odległość między sąsiadującymi w warstwie atomami węgla wynosi 0,142 nm. **a)** Oblicz ile atomów węgla przypada na 1 cm² pojedynczej warstwy. **b)** Uwzględniając odległość między warstwami oszacuj gęstość grafitu.

Wskazówka: naszkicuj fragment struktury i podziel go na segmenty, z których każdy będzie obejmował 1 atom, a następnie oblicz powierzchnię takiego segmentu. Masa atomowa C = 12,01. Liczba Avogadro $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$

Rozwiązanie:

- a) Naskicowanie struktury z sześciokątami i atomami w wierzchołkach: **1 punkt**. Strukturę komórkową można podzielić na trójkąty równoboczne łączące środki sąsiednich sześciokątów. W środku każdego takiego trójkąta jest jeden atom węgla. Podział struktury na trójkąty równoboczne z atomami węgla w środku każdego trójkąta: **2 punkty**. Bok sześciokąta tworzącego elementarną komórkę w strukturze grafitu ma długość $a = 0,142 \text{ nm}$. Odległość między przeciwległymi krawędziami sześciokąta wynosi $2 \cdot a \cdot \cos 60^\circ = a \cdot \sqrt{3} = 0,246 \text{ nm}$. (**1 punkt**). Podstawa trójkąta ma długość $a \cdot \sqrt{3}$, a wysokość $1,5a$ (**1 punkt**). Pole takiego trójkąta wynosi $a \cdot \sqrt{3} \cdot 1,5a / 2 = 0,75\sqrt{3}a^2 = 0,0262 \text{ nm}^2$ (**1 punkt**). $1 \text{ cm} = 10^7 \text{ nm}$. Liczba atomów na powierzchni $1 \text{ cm}^2 : 10^{14} / 0,0262 = 3,82 \cdot 10^{15}$ (**2 punkty**). W sumie **8 punktów** za tę część.
- b) Liczba warstw grafitowych na grubości $1 \text{ cm} = 1 / (0,335 \cdot 10^{-7}) = 2,985 \cdot 10^7$ (**2 punkty**). Liczba atomów w 1 cm^3 jest równa $3,82 \cdot 10^{15} \cdot 2,985 \cdot 10^7 = 1,14 \cdot 10^{23}$ (**2 punkty**), co stanowi $1,14 / 6,02 = 0,1894$ mola (**1 punkt**). Masa tej ilości węgla wynosi $0,1894 \cdot 12,01 = 2,27 \text{ g}$ (**1 punkt**). W sumie **6 punktów** za tę część.

Zadanie 4. Agrochemia

9 punktów

Spośród nawozów azotowych rolnik ma do wyboru siarczan(VI) amonu w cenie 650 zł/tonę, saletrę amonową w cenie 1300 zł/tonę oraz mocznik w cenie 1400 zł/tonę. Oceń, który z tych nawozów jest najtańszym, a który najdroższym źródłem azotu. Jaki nawóz najlepiej zastosować na glebie kwaśnej? Masy atomowe: C = 12, N = 14, O = 16, H = 1, S = 32.

Rozwiązanie:

Azotan amonu $\text{NH}_4\text{NO}_3 = 2 \cdot 14 + 4 \cdot 1 + 3 \cdot 16 = 80 \text{ g/mol}$ (**1 punkt**)

Mocznik $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 = 12 + 2 \cdot 14 + 4 \cdot 1 + 16 = 60 \text{ g/mol}$ (**1 punkt**)

(punktacja za poprawny wzór cząsteczki po 0,5 punktu i poprawne obliczenia po 0,5 punktu).

Każdy z nawozów w 1 kmolu zawiera 28 kg azotu (**1 punkt** za zauważenie, że jest to ta sama ilość azotu). Oszacujmy cenę tej ilości azotu w każdym z nawozów (czyli cenę 1 kmola):

Siarczan amonu: 1 kmol = 132 kg kosztuje $0,132 \cdot 650 = 85,8 \text{ zł}$ (**1 punkt**)

1 kg azotu kosztuje $85,8 / 28 = 3,06 \text{ zł}$

Azotan amonu: 1 kmol = 80 kg kosztuje $0,08 \cdot 1300 = 104 \text{ zł}$ (**1 punkt**)

1 kg azotu kosztuje $104 / 28 = 3,71 \text{ zł}$

Mocznik: 1 kmol = 60 kg kosztuje $0,06 \cdot 1400 = 84 \text{ zł}$ (**1 punkt**)

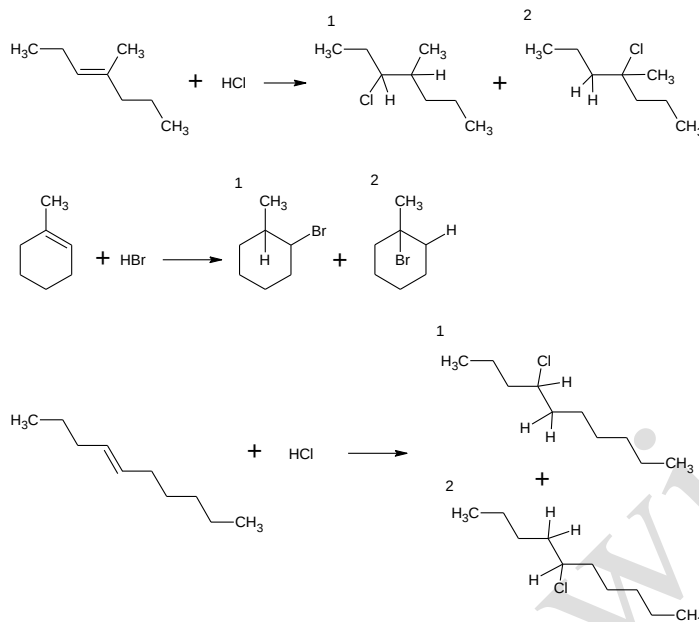
1 kg azotu kosztuje $84 / 28 = 3,00 \text{ zł}$

(analogiczna punktacja przy liczeniu ceny 1 kg azotu związanego).

Zatem **najtańszym** źródłem azotu jest **mocznik**, a **najdroższym** **saletra amonowa**. (Ten wniosek jest oczywisty gdy wcześniejsze obliczenia są poprawne, więc za to nie dodajemy punktów). Na glebie **kwaśnej** najbezpieczniej zastosować **mocznik**, bo pozostałe dwa nawozy mają odczyn kwaśny i dodatkowo zakwaszają glebę (**2 punkty**).

Zadanie 5. Reakcje w chemii organicznej**9 punktów**

Narysuj strukturę produktów, które teoretycznie mogą powstać w poniższych reakcjach. W każdej reakcji zaznacz produkt główny i wyjaśnij dlaczego powstanie w większości.



Wszystkie powyższe reakcje zachodzą zgodnie z regułą Markownikowa, którą w uproszczeniu można ująć w następujący sposób: w reakcjach addycji halogenowodoru do wiązania podwójnego, wodór przyłącza się będzie zawsze do węgla przy którym już znajduje się więcej wodorów.

W pierwszej reakcji powstanie praktycznie wyłącznie produkt 1, w reakcji 2 prawie wyłącznie produkt 1 a w reakcji trzeciej obydwa produkty powstaną w zbliżonej ilości.

Zadanie 6. Nieznane związki organiczne**9 punktów**

Dwa związki organiczne (X, Y) mieszają się z wodą w każdym stosunku. Po ich przeprowadzeniu w stan gazowy i spalaniu w tlenie otrzymuje się wyłącznie CO₂ i H₂O, a stosunki objętości gazowych substratów (X, Y, O₂) i otrzymanych produktów spalania (CO₂ i H₂O) (traktowanych jako gazy doskonałe) zmierzone w tych samych warunkach ciśnienia i temperatury wynoszą odpowiednio:

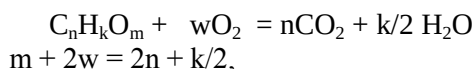
$$V_X : V_{O_2} : V_{CO_2} : V_{H_2O} = 1 : 3 : 2 : 3$$

$$V_Y : V_{O_2} : V_{CO_2} : V_{H_2O} = 1 : 2 : 2 : 2$$

Związki te reagują ze sobą dając słabo rozpuszczalny w wodzie związek (Z) o masie molowej MZ = 88 g/mol. Co to za związki organiczne?

Rozwiązanie:

Związki organiczne X i Y, dające w wyniku spalania wyłącznie CO₂ i H₂O mogą się składać tylko z węgla, wodoru i ewentualnie tlenu, czyli mają ogólny wzór sumaryczny C_nH_kO_m, a ich ogólna reakcja spalania w tlenie może być napisana w następujący sposób:

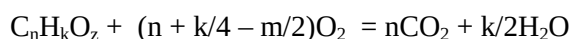


bilans atomów tlenu:

stąd:

$$w = n + k/4 - m/2,$$

czyli



Skoro wszystkie substraty i produkty są w warunkach spalania gazami (i to doskonałymi), to stosunek ich objętości mierzonych w takich samych warunkach ciśnienia i temperatury jest równy stosunkowi liczby ich moli, czyli stosunkowi współczynników stechiometrycznych w równaniu tej reakcji.

W przypadku związku organicznego X mamy:

$$V_X : V_{O_2} : V_{CO_2} : V_{H_2O} = 1 : 3 : 2 : 3 = 1 : (n + k/4 - m/2) : n : k/2$$

czyli: $n = 2$; $k/2 = 3 \rightarrow k = 6$; $n + k/4 - m/2 = 3 \rightarrow m/2 = n + k/4 - 3 = 0,5 \rightarrow m = 1$
 $X = C_2H_6O$

W przypadku związku organicznego Y mamy:

$$V_Y : V_{O_2} : V_{CO_2} : V_{H_2O} = 1 : 2 : 2 : 2 = 1 : (n + k/4 - m/2) : n : k/2$$

czyli: $n = 2$; $k/2 = 2 \rightarrow k = 4$; $n + k/4 - m/2 = 2 \rightarrow m/2 = n + k/4 - 2 = 1 \rightarrow m = 2$
 $Y = C_2H_4O_2$

Związek $X = C_2H_6O$ ma dwa izomery C_2H_5OH (alkohol etylowy, rozpuszczalny w wodzie bez ograniczeń) oraz CH_3OCH_3 (eter dimetylowy, słabo rozpuszczalny w wodzie).

Związek $Y = C_2H_4O_2$ ma kilka izomerów:

- CH_3COOH , kwas octowy, który jest rozpuszczalny w wodzie bez ograniczeń;
- CH_2OHCHO aldehyd glikolowy; nie reaguje z X
- $HCOOCH_3$, mrówczan metylu – rozpuszczalny w wodzie (30g/100 ml), ale nie bez ograniczeń;
- nadtlenek etylenu, nietrwały, nie reaguje z X.

Suma mas molowych związków X i Y wynosi $46 + 60 = 106$ g. Masa molowa związku otrzymanego z ich reakcji między sobą wynosi 88 g/mol i jest o $(106 - 88) = 18$ g mniejsza, czyli w reakcji tej wydzielą się cząsteczka wody ($M_{H_2O} = 18$ g/mol). Reakcja jest więc reakcją estyfikacji etanolu kwasem octowym, prowadzącą do otrzymania słabo rozpuszczalnego w wodzie octanu etylu: $CH_3COOH + C_2H_5OH = CH_3COOC_2H_5 + H_2O$ o masie molowej: $12 + 3 \cdot 1 + 12 + 2 \cdot 16 + 2 \cdot 12 + 5 \cdot 1 = 88$ g/mol.

Zadanie 7. Termiczny rozkład

8 punktów

Pewna prosta sól KtAn (gdzie: Kt – kation, An – anion) jest bogatym źródłem azotu, dzięki czemu znalazła zastosowanie jako nawóz sztuczny, najczęściej w formie mieszaniny z $MgAn_2$. W wyniku termicznego rozkładu soli powstaje mieszanina tlenków A_2O i Z_2O . A_2O posiada zastosowanie w anestezjologii oraz jako utleniacz w paliwie rakietowym. Z_2O to popularny rozpuszczalnik polarny używany np. w przemyśle chemicznym, hutniczym, spożywczym czy w rolnictwie. **a)** Zidentyfikuj skład soli KtAn oraz tlenków A_2O i Z_2O , podając ich nazwy zwyczajowe i systematyczne. **b)** Oblicz atomowy skład procentowy (stężenie procentowe każdego pierwiastka) nawozu zawierającego 10% molowych $MgAn_2$ i resztę KtAn

Rozwiązanie:

A). Sól KtAn to NH_4NO_3 , nazwa systematyczna: azotan(V) amonu, nazwa zwyczajowa: saletra amonowa A_2O to N_2O , nazwa systematyczna: tlenek diazotu (dopuszczalnie: Tlenek azotu(I) lub tlenek i azotek azotu(V)) nazwa zwyczajowa: podtlenek azotu, gaz rozwesalający Z_2O to H_2O , nazwa systematyczna: tlenek wodoru, oksydan, nazwa zwyczajowa: woda.

B). Można przyjąć że mamy 10 moli mieszaniny, w tym 1 mol $Mg(NO_3)_2$ i 9 mol NH_4NO_3 .

Pierwiastek	Liczba moli	Masa molowa [g/mol]	Masa [g]	Cp [%]
H	36	1	36	4,15
Mg	1	24	24	2,76
N	20	14	280	32,26
O	33	16	528	60,83
Σ			868	100

Zadanie 8. Technologia syntezy amoniaku

8 punktów

Jeden z etapów syntezy amoniaku ma na celu wzbogacenie w wodór półproduktu gazowego zawierającego tlenek węgla i parę wodną. W tym celu gaz o składzie (w % molowych) 15% CO , 15% H_2O , 5% CO_2 , 45% H_2 , 20% N_2 przepuszcza się przez złożę katalizatora. Zawartość tlenu węgla w produkcie reakcji wynosi 3%. **a)** Napisz równanie przebiegającej reakcji chemicznej. **b)** Określ skład procentowy gazowego produktu reakcji.

Rozwiązanie:

a) Równanie reakcji: $CO + H_2O = CO_2 + H_2$ (2 punkty)

b) Reakcja przebiega bez zmiany liczby moli reagentów, więc łączna liczba moli produktów = łącznej liczbie moli substratów (2 punkty). Zakładając 100 moli reagentów, gaz na wejściu zawierał 15 moli CO , a na wyjściu 3 mole.

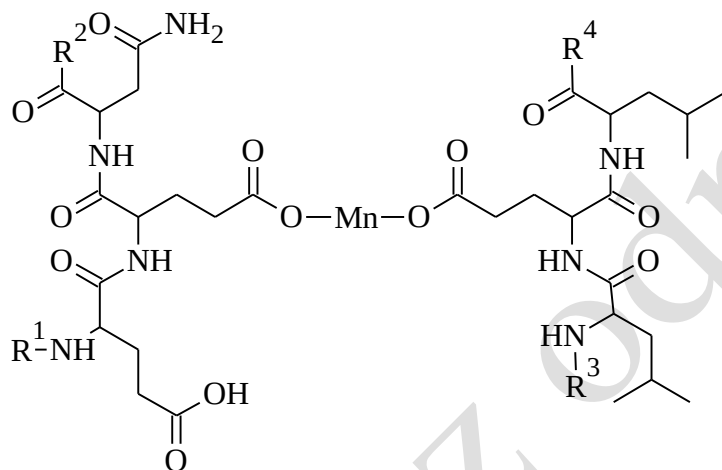
Zatem przereagowało 12 moli CO (2 punkty), zgodnie z równaniem musiało przereagować również 12 moli pary wodnej, a powstać 12 moli CO₂ i 12 moli H₂. (1 punkt). Zatem gaz po reakcji zawiera: 3% CO, 15 – 12 = 3% H₂O, 5 + 12 = 17% CO₂, 45 + 12 = 57% H₂, 20% N₂. (1 punkt).

Zadanie 9. Modelowanie chemiczne (Nagroda Nobla 2013 w dziedzinie chemii)

12 punktów

W roku 2013 Królewska Szwedzka Akademia Nauk nagrodziła Nagrodą Nobla w dziedzinie chemii Martina Karplusa, Michaela Levitta oraz Arieha Warshela za rozwój wieloskalowych modeli dla złożonych układów chemicznych. Od ponad stu lat chemicy próbują przewidzieć właściwości cząsteczek za pomocą obliczeń teoretycznych. Wyzwaniem są wielkie cząsteczki, między innymi pełniące funkcję biologiczną, do których nie jesteśmy w stanie zastosować metod chemii kwantowej ponieważ wymaga to zbyt dużej „mocy obliczeniowej”. Dlatego laureaci Nagrody zastosowali bardzo precyzyjne obliczenia w miejscu cząsteczki, nazywanym centrum reakcyjnym, gdzie bezpośrednio przebiega reakcja, natomiast dla pozostałej części tylko metody przybliżone.

Twoim zadaniem jest: **a)** odnalezienie oraz zaznaczenie w poniższym fragmencie cząsteczki miejsca reakcyjnego. W tym przypadku jest to atom, do którego może przyłączyć się cząsteczka posiadająca wolną parę elektronową, **b)** zaznaczenie obszaru, dla którego można zastosować precyzyjne obliczenia trwające mniej niż 180 minut. Założmy, że dodanie każdego dodatkowego atomu do atomu centralnego wykładniczo zwielaokrotnia czas obliczeń z potęgą podaną w tabeli. Czas obliczeń dla atomu centralnego w naszym przypadku to 2 minuty.



Tabela

Pierwiastek	Wykładnik
Mn	1,54
O	1,30
N	1,25
C	1,16
H	1,08

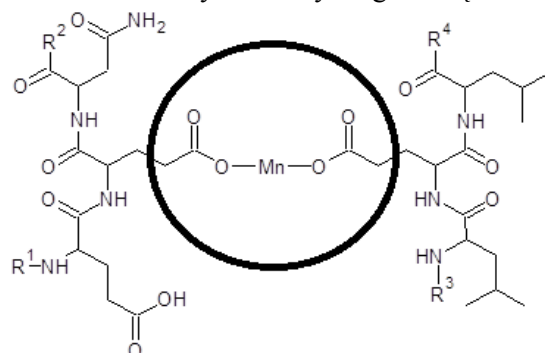
Wskazówka: przykładowo dla grupy atomów –O–A–CH₂–, gdzie atomem centralnym jest atom A, czas obliczeń wynosi: $((2^{1,3})^{1,16})^{1,08} = 2^{1,3 \cdot 1,16 \cdot 1,08} = 3,38$ minuty

Rozwiązanie:

a) Mn

b) W zadaniu nie zostało sprecyzowane, że obszar musi być symetryczny. Dlatego punktowane również były odpowiedzi alternatywne. Istotne było, aby obszar był spójny i zawierał atom manganu. Czas potrzebny na wykonanie obliczeń: $t = 2^{1,3 \cdot 1,3 \cdot 1,16 \cdot 1,16 \cdot 1,3 \cdot 1,3 \cdot 1,16 \cdot 1,08 \cdot 1,08 \cdot 1,16 \cdot 1,08 \cdot 1,08} = 132$ minuty. Dodanie każdego dodatkowego atomu powoduje zwiększenie czasu obliczeń powyżej 180 minut, co również należało udowodnić. Przykładowo dodanie dwóch kolejnych grup –CH₂– skutkuje zwiększeniem czasu obliczeń do ok. 7537 minut.

W efekcie należy zaznaczyć region cząsteczki



Zadanie 10. Zadanie z wykładu "Wolne rodniki i antyoksydanty - walka na śmierć i życie"

10 punktów

Uzupełnij następujące zdania

- a) Wolne rodniki to atomy, cząsteczki zdolne do samodzielnego istnienia, posiadające na zewnętrznym orbitalu jeden lub kilka niesparowanych elektronów.
- b) Antyoksydanty to grupa związków, które zatrzymują lub opóźniają proces utleniania związków chemicznych, same ulegają utlenianiu, więc są reduktorami.
- c) Do grupy antyoksydantów można zaliczyć:
 - a) Fenole (np. resweratrol)
 - b) Witaminę C
 - c) Tlen cząsteczkowy
 - d) Ozon
 - e) Witaminę E