Dansk KemiolympiadeKomite

Dansk Kemiolympiade 2014

2. runde i København 24. januar 2014

Skriv dit OL- nr. på alle de efterfølgende sider
– ***inden du begynder at se på opgaverne***

Hjælpemidler: Lommeregner/PC/Mac, DATABOG, fysik-kemi, Kemisk Formelsamling og/eller Formelsamling Kemi A og/eller kemi 112.

Opgavernes antal og mængden af arbejde er gjort så stor, at du er tvunget til at udvælge og prioritere. Dette er gjort for, at situationen skal minde så meget som muligt om forholdene under den Internationale Kemiolympiade (IChO), hvor det drejer sig om, at finde de bedste blandt eliten af kemielever på jeres alder i hele verden**.**
Husk på, at du er med i dag, fordi du hører til blandt de bedste af alle danske kemielever. Bliv derfor ikke skuffet, når du løber ind i vanskeligheder med disse opgaver.

Det er angivet, hvor mange point de enkelte spørgsmål giver for korrekt besvarelse.
Det samlede antal point er 235.
Det er ikke en eksamen eller prøve, der ender med en karakter. Formålet er udelukkende at finde de bedste af jer som deltagere i tre Kemicamps samt som endelige deltagere i den **46. IChO** i Vietnam.

SMÅ OPGAVER (*multiple choice*). NB kun et kryds i hver opgave.

OPGAVE 1 (*5 point*)
En blanding af 0,60 mol Al og 1,20 mol MnO_2 reagerer efter nedenstående reaktionsskema:

$$4\ Al + 3\ MnO_2 \rightarrow 2\ Al_2O_3 + 3\ Mn$$

til en af reaktanterne er brugt op. Hvad er stofmængden til slut af den reaktant der ikke er blevet brugt op?

(a) 0,20 mol Al ( )
(b) 0,40 mol Al ( )
(c) 0,30 mol MnO_2 ( )
(d) 0,75 mol MnO_2 ( )

OPGAVE 2 (*5 point*)
En opløsning med massen 1,263 g med en ukendt stofmængde af kaliumioner blev tilsat et overskud af natriumtetraphenylborat, hvilket førte til udfældning af 1,003 g $KB(C_6H_5)_4$ (M = 358,33 $\frac{g}{mol}$). Hvad er masseprocenten af kaliumioner i start opløsningen?

(a) 8,67 % ( )
(b) 9,16 % ( )
(c) 10,9 % ( )
(d) 13,8 % ( )

OPGAVE 3 (*5 point*)
En typisk polyethylen bærepose har massen 12,4 g. Beregn massen af CO_2 der bliver tilført atmosfæren, hvis man afbrænder 1,02 milliarder bæreposer. Angiv resultatet i ton

(a) $4{,}52 \cdot 10^2$ ( )
(b) $1{,}99 \cdot 10^4$ ( )
(c) $3{,}98 \cdot 10^4$ ( )
(d) $3{,}98 \cdot 10^7$ ( )

OPGAVE 4 (*5 point*)
Hvilken blanding af vand og svovlsyre har masseprocent af H_2SO_4 tættest på 30 %.

(a) 30 g H_2SO_4 og 100 g vand ( )

(b) 1 mol H_2SO_4 og 200 g vand ( )

(c) 30 mol H_2SO_4 og 0,70 kg vand ( )

(d) 0,30 mol H_2SO_4 og 0,70 mol vand ( )

OPGAVE 5 (*5 point*)
Hvad er molbrøken af CH_3OH i en vandig opløsning som er 12,0 molal med hensyn til CH_3OH? (Molal er en enhed, som også kan skrives som mol opløst stof per kg opløsningsmiddel).

(a) 0,178 ( )

(b) 0,216 ( )

(c) 0,400 ( )

(d) 0,667 ( )

OPGAVE 6 (*5 point*)
Tre forskellige nitrogenoxider indeholder hver især 7.0 g nitrogen og har en masse på henholdsvis 15,0 g, 23,0 g og 19,0 g. Hvad er deres empiriske formler?

(a) NO, NO_2, N_2O_3 ( )

(b) NO, N_2O_3, N_2O_5 ( )

(c) N_2O, NO_2, N_2O_5 ( )

(d) NO_2, N_2O_3, N_2O_5 ( )

OPGAVE 7 (*5 point)*
Hvilken forbindelse anvendes til ”luftfornyelse” i bl.a. flyvemaskiner, da det kan absorberer CO_2 og H_2O og frigiver O_2.

(a) K_2O ( )

(b) Na_2O_2 ( )

(c) NaOH ( )

(d) Li_2O ( )

OPGAVE 8 (*5 point)*
En portion hvidt stof kan enten være $NaHCO_3$, $AgNO_3$, Na_2S eller $CaBr_2$.

Hvilken 0,1 M vandig opløsning kan anvendes til at identificere det faste stof?

(a) $NH_3(aq)$ ( )

(b) HCl(aq) ( )

(c) NaOH(aq) ( )

(d) KCl(aq) ( )

OPGAVE 9 (*5 point)*
Hvis 0,25 L flydende nitrogen (ρ = 0,807 $\frac{g}{mL}$) fordampes, hvad vil volumen så blive ved 25 °C og 5,1 bar ?

(a) 71 L ( )

(b) 54 L ( )

(c) 35 L ( )

(d) 32 L ( )

OPGAVE 10 (*5 point)*
Hvad er $\Delta S^{\ominus}$ for nedenstående reaktion

$Fe_2O_3(s) + 3\ CO(g) \rightarrow 2\ Fe(s) + 3\ CO_2(g)$

(a) - 44,0 J/mol•K ( )

(b) -11,8 J/mol•K ( )

(c) 14,6 J/mol•K ( )

(d) 42,8 J/mol•K ( )

OPGAVE 11 (*5 point)*
$K_o(Al(OH)_3)$ er $2{,}0 \cdot 10^{-31}$ M^4.

Hvad er $\Delta G^{\ominus}$ for udfældning af $Al(OH)_3$ ved 25 °C

(a) - 175 kJ/mol ( )

(b) -14,7 kJ/mol ( )

(c) 14,7 kJ/mol ( )

(d) 175 kJ/mol ( )

OPGAVE 12 (*5 point)*
Ammoniak reagerer med oxygen efter nedenstående reaktionsskema i en lukket beholder:

$4\ NH_3(g) + 5\ O_2(g) \rightarrow 4\ NO(g) + 6\ H_2O(g)$

Hvis NO(g) dannes med hastigheden 1,10 M/min, med hvilken hastighed forbruges da $O_2(g)$

(a) - 1,38 M/min ( )
(b) - 0,880 M/min ( )
(c) - 0,275 M/min ( )
(d) - 0,220 M/min ( )

OPGAVE 13 (*5 point)*
En første ordens reaktion har hastighedskonstanten, k = 0,320 min^{-1}.
Hvis startkoncentrationen af reaktanten er 1,22 M, hvor lang tid vil der så gå før koncentrationen er faldet til 0,150 M ?

(a) 0,671 min ( )
(b) 2,60 min ( )
(c) 6,55 min ( )
(d) 25,4 min ( )

OPGAVE 14 (*5 point)*
Reaktionen mellem nitrogendioxid og carbonmonoxid

$NO_2(g) + CO(g) \rightarrow CO_2(g) + NO(g)$

Foregår efter følgende mekanisme:

$NO_2(g) + NO_2(g) \rightarrow NO_3(g) + NO(g)$, langsom
$NO_3(g) + CO(g) \rightarrow NO_2(g) + CO_2(g)$, hurtig

Hvilket hastighedsudtryk er i overensstemmelse med mekanismen?

(a) $v = k[NO_2]$ ( )
(b) $v = k[NO_2][CO]$ ( )
(c) $v = k[NO_2]^2$ ( )
(d) $v = k[NO_2]^2[CO]$ ( )

OPGAVE 15 (*5 point)*

Hvor mange ikke cykliske forbindelser har molekylformlen C_4H_8?

(a) 1 ( )
(b) 2 ( )
(c) 3 ( )
(d) 4 ( )

OPGAVE 16 (*5 point)*

En racemisk blanding består af lige dele:

(a) cis-trans isomere ( )
(b) diastereomere ( )
(c) enantiomere ( )
(d) strukturisomere ( )

OPGAVE 17 (*5 point)*

$2\ SO_3(g) \rightleftharpoons 2\ SO_2(g) + O_2(g)$

Hvis $SO_3(g)$ kommes i en tom beholder, der lukkes når trykket af $SO_3(g)$ er 2,0 bar indstiller der ovenstående ligevægt. Ved ligevægt er 76 % $SO_3(g)$ omdannet. Hvad er værdien af ligevægtskonstanten, *K*?

(a) 15 bar ( )
(b) 7,6 bar ( )
(c) 3,8 bar ( )
(d) 2,4 bar ( )

OPGAVE 18 (*5 point)*

Hvad bliver stofmængden af dannet vand ved forbrænding af 7,2 g C_5H_{12}?

$$C_5H_{12} + 8\ O_2 \rightarrow 5\ CO_2 + 6\ H_2O$$

(a) 0,100 mol ( )
(b) 0,300 mol ( )
(c) 0,600 mol ( )
(d) 1,200 mol ( )

OPGAVE 19 (*5 point)*

pH af rent vand ved 50 °C er 6,63. Hvad er værdien af K_v ved 50 °C

(a) $1{,}8 \cdot 10^{-15}$ M^2 ( )
(b) $1{,}0 \cdot 10^{-14}$ M^2 ( )
(c) $5{,}5 \cdot 10^{-14}$ M^2 ( )
(d) $2{,}2 \cdot 10^{-13}$ M^2 ( )

OPGAVE 20 (*5 point)*

Hvad bliver pH i den opløsning, der dannes når 25,0mL 0,15 M NH_3 blandes med 25,0 mL 0,12 M HCl? ($K_b = 1{,}8 \cdot 10^{-5}$ M)

(a) 4.14 ( )
(b) 5,34 ( )
(c) 8,65 ( )
(d) 9,86 ( )

OPGAVE 21 (*5 point)*

Hvad er $[OH^-]$ i en mættet opløsning af $Mg(OH)_2$? ($K_o = 2{,}06 \cdot 10^{-13}$ M^3)

(a) $7{,}4 \cdot 10^{-5}$ M ( )
(b) $5{,}9 \cdot 10^{-5}$ M ( )
(c) $4{,}7 \cdot 10^{-5}$ M ( )
(d) $3{,}7 \cdot 10^{-5}$ M ( )

OPGAVE 22 (*5 point)*

Hvilken ion på gasform har netop tre uparrede elektroner?

(a) $Fe^{3+}(g)$ ( )
(b) $Ni^{2+}(g)$ ( )
(c) $Ti^{4+}(g)$ ( )
(d) $V^{2+}(g)$ ( )

OPGAVE 23 (*5 point)*

Hvor mange sigma-bindinger er der i P_4?

(a) 3 ( )

(b) 4 ( )

(c) 5 ( )

(d) 6 ( )

OPGAVE 24 (*5 point)*

Hvilken anion kan både oxideres og reduceres?

(a) $Cr^2O_7^{2-}$ ( )

(b) NO_3^- ( )

(c) OCl^- ( )

(d) S^{2-} ( )

STØRRE OPGAVER

OPGAVE 25

Molekylformel

En forbindelse indeholder kun C, H, O og Cu.
Ved forbrænding af 0,250 g af forbindelsen dannes der 0,504 g CO_2 og 0,0743 g H_2O.

a) Bestem indholdet af henholdsvis C og H i masseprocent.

(*10 point*)

b) 0,115 g af forbindelsen med behandles med salpetersyre, hvilket gør, at alt kobber derefter findes som $Cu^{2+}(aq)$. Ved tilsætning af $I^-(aq)$ i overskud dannes kobber(I)oxid og $I_3^-(aq)$. Den efterfølgende titrering af $I_3^-(aq)$ med $Na_2S_2O_3(aq)$ danner $I^-(aq)$ og $S_4O_6^{2-}(aq)$.

Opskriv de afstemte reaktionsskemaer for $Cu^{2+}(aq)$ reaktion med I^- og for $I_3^-(aq)$ reaktion med $S_4O_6^{2-}(aq)$. (*10 point*)

Ved denne metode bestemmes indholdet af kobber, Cu i de 0,115 g til 0,02389 g.

c) Beregn såvel stofmængde som masseprocenten af kobber, Cu (*10 point*)

d) Beregn masseprocenten af oxygen, O (*10 point)*

e) Beregn den empiriske formel for forbindelsen (*10 point*)

Vha. frysepunktssænkning bestemmes den molare masse til omkring $6 \cdot 10^2 \frac{g}{mol}$

f) Beregn molekylformlen for forbindelsen. (*10 point*)

OPGAVE 26

Benzen

I tabellen nedenfor ses termodynamiske data for benzen på flydende såvel som på gas form

	$H^\ominus$ [kJ/mol]	$S^\ominus$ [J/(mol*K)]
$C_6H_6(l)$	48,7	173,3
$C_6H_6(g)$	82,9	269,0

a) Beregn damptrykket for benzen ved 25 °C. (Tip beregn $\Delta G^\ominus$ for faseovergangen benzen(l) → benzen(g)). (*10 point*)

b) Beregn $\Delta H^{\ominus}$ for den tænkte reaktion, hvor 1,50 g benzen omdannes som vist :

$C_6H_6(l) \rightarrow 6\ C(s) + 3\ H_2(g)$ (*10 point*)

c) Opskriv et afstemt reaktionsskema for fuldstændig forbrænding af benzen og beregn $\Delta H^{\ominus}$ for reaktionen. (*10 point*)

d) Anvend nedenstående bindingsenergier til at beregne bindingsenergien for carbon-carbon bindingen i benzen. (*10 point*)

Binding	C-H	C-O	C=O	C≡O	H-O	O-O	O=O
Bindingsenergi $\frac{kJ}{mol}$	414	351	799	1070	464	142	498

OPGAVE 27

Ukendt molekyle

0,0343 mol af XCl_3 kommes i en tom beholder på 1,50 L. Beholderen lukkes og varmes op til 100 °C, hvorved nedenstående ligevægt indstiller sig.

$2\ XCl_3(g) \rightleftharpoons 2\ X(g) + 3\ Cl_2(g)$

Ved ligevægt er totaltrykket 0,800 bar.

a) Vis at trykket af XCl_3 er 0,700 bar, hvis XCl_3 ikke spaltes.

(*10 point*)

b) Beregn partialtrykket af hver af de tre gasser.

(*10 point*)

c) Vis at værdien af ligevægtskonstanten, K er $1{,}09 \bullet 10^{-5}$ M^3 og beregn så værdien af $\Delta G^{\ominus}$ ved de 100 °C

(*10 point*)

d) Opskriv et udtryk for partialtrykket af XCl_3 ved ligevægt, når der startes med at anbringe 0,0500 mol XCl_3 i en tom beholder på 2,00 L , stadig ved 100 °C. Og bestem partialtrykket for XCl_3.

(*10 point*)

OPGAVE 28

Syre-base

20,00 mL 0,100 M Na_3PO_4 blev titreret med 0,100 M HCl. PO_4^{3-} kan her betragtes som en monoprot ikke-stærk base

a) Beregn pH inden tilsætning af HCl. (*10 point*)

b) Beregn pH efter tilsætning af 10,00 mL 0,100 M HCl (*10 point*)

c) Beregn pH efter tilsætning af 20,00 mL 0,100 M HCl (*10 point*)

d) Beregn pH efter tilsætning af 180 mL 0,100 M HCl (*10 point*)

OPGAVE 29

Organisk kemi
En organisk forbindelse har følgende sammensætning efter masse:

39,97 % C, 13,42 % H og 46,61 % N

a) Beregn forbindelsens empiriske masse. (*10 point*)

b) Bestem den mindst mulige molekylmasse. (*10 point*)

Forbindelsens ^{1}H-MNR udviser to toppe, begge dubletter med den relative tophøjde på 3:1.

c) Bestem forbindelsens molekylmasse og tegn de to mulige strukturformler. (*10 point*)