Efnafræðifélag Íslands
The Icelandic Chemical Society

∞∞∞

15. Almenna landskeppnin í efnafræði

25. febrúar 2016, kl. 8:00 - 10:00 (120 mín)

Nafn: _____

Kennitala: _____

Sími: _____

Tölvupóstfang: _____

Heimili: _____

_____

Skóli: _____

Braut/áfangi: _____

Námsár: 1. ár 2. ár 3. ár 4. ár

Almennar leiðbeiningar

1. Opnið ekki spurningaheftin fyrr en ykkur er sagt að gera það.
2. Spurningarnar eru alls 21 og eru á 14 tölusettum blaðsíðum, auk forsíðu.
   Athugið að svo sé.
3. Spurningunum er skipt í þrennt; 10 þriggja stiga fjölvalsspurningar, 8 fimm stiga spurningar og 3 stærri spurningar sem gefa tíu stig hver. Heildarstigafjöldi spurninganna er því 100.
4. Ekki verður dregið frá fyrir rangt svar.
5. Ekki er gert ráð fyrir að allir geti svarað öllum spurningunum. Þó þið getið ekki svarað nema hluta spurninganna, þarf það ekki að þýða að þið standið ykkur ekki vel. Sumar spurningarnar eru mjög erfiðar.
6. Einu leyfilegu hjálpargögnin eru óforritanlegar reiknivélar og næsta blaðsíða, en á henni eru formúlur, fastar og lotukerfið.
7. Í fjölvalsspurningunum skal setja kross í viðeigandi kassa, en í öðrum spurningum skal svarið skrifað fyrir neðan spurninguna. Ef plássið er ekki nægjanlegt, skal skrifa aftan á blaðsíðuna fyrir framan og merkja greinilega um hvaða lið er að ræða. Ekki verður farið yfir laus blöð sem kunna að fylgja verkefninu.
8. Sumar spurningarnar eru í nokkrum liðum. Ef einhverjum lið er svarað rangt og svarið notað í síðari liðum verður ekki dregið frá í seinni liðunum svo framarlega sem útreikningarnir eru réttir.

Helstu formúlur og fastar

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$	$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$	$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$
$\Delta x = \sum_{mynd} x - \sum_{hvarf} x$	$p = \sum_i p_i$	$[\mathrm{H_3O^+}] = \frac{K_a}{2}\left(-1 + \sqrt{1 + \frac{4C_0}{K_a}}\right)$
$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$	$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln Q$	$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$
$\Delta G^\circ = -RT \ln K = -nFE^\circ$	$q = C\Delta T$	$q = mc\Delta T$
$pH = -\log [\mathrm{H_3O^+}]$	$pK_a = -\log K_a$	$E = \frac{hc}{\lambda}$
$A = \epsilon bc$	$PV = nRT$	$T_K = T_{\circ\mathrm{C}} + 273{,}15$
$N_A = 6{,}0223 \cdot 10^{23}\mathrm{mól}^{-1}$	$F = 96485 \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{mól}\ e^-}$	$1\mathrm{bar} = 10^5\mathrm{Pa} = 0{,}9869\mathrm{atm}$
$1\mathrm{atm} = 760\mathrm{torr} = 101325\mathrm{Pa}$	$K_w = 1{,}00 \cdot 10^{-14}$	$R = 8{,}3144 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K{\cdot}mól}} = 0{,}08206 \frac{\mathrm{L{\cdot}atm}}{\mathrm{K{\cdot}mól}}$
$h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}\mathrm{J \cdot s}$	$c = 3 \cdot 10^8\mathrm{m/s}$	1 kaloría = 4,184J
$A = A_0 \cdot e^{-kt}$	$1\mathrm{J} = 1\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{s}^{-2}$	

Lotukerfið

1 H hydrogen 1,00794																	2 He helium 4,003
3 Li lithium 6,941	4 Be beryllium 9,012182											5 B boron 10,811	6 C carbon 12,0107	7 N nitrogen 14,00674	8 O oxygen 15,9994	9 F fluorine 18,9984032	10 Ne neon 20,1797
11 Na sodium 22,989770	12 Mg magnesium 24,3050											13 Al aluminum 26,981538	14 Si silicon 28,0855	15 P phosphorus 30,973761	16 S sulfur 32,066	17 Cl chlorine 35,4527	18 Ar argon 39,948
19 K potassium 39,0983	20 Ca calcium 40,078	21 Sc scandium 44,955910	22 Ti titanium 47,867	23 V vanadium 50,9415	24 Cr chromium 51,9961	25 Mn manganese 54,938049	26 Fe iron 55,845	27 Co cobalt 58,933200	28 Ni nickel 58,6934	29 Cu copper 63,546	30 Zn zinc 65,39	31 Ga gallium 69,723	32 Ge germanium 72,61	33 As arsenic 74,92160	34 Se selenium 78,96	35 Br bromine 79,904	36 Kr krypton 83,80
37 Rb rubidium 85,4678	38 Sr strontium 87,62	39 Y yttrium 88,90585	40 Zr zirconium 91,224	41 Nb nubidium 92,90638	42 Mo molybdenum 95,94	43 Tc technetium (98)	44 Ru ruthenium 101,07	45 Rh rhodium 102,90550	46 Pd palladium 106,42	47 Ag silver 107,8682	48 Cd cadmium 112,411	49 In indium 114,818	50 Sn tin 118,710	51 Sb antimony 121,760	52 Te tellurium 127,60	53 I iodine 126,90447	54 Xe xenon 131,29
55 Cs caesium 132,90545	56 Ba barium 137,327	71 Lu lutetium 174,967	72 Hf hafnium 178,49	73 Ta tantalum 180,9479	74 W tungsten 183,84	75 Re rhenium 186,207	76 Os osmium 190,23	77 Ir iridium 192,217	78 Pt platinum 195,078	79 Au gold 196,96655	80 Hg mercury 200,59	81 Tl thallium 204,3833	82 Pb lead 207,2	83 Bi bismuth 208,98038	84 Po polonium (209)	85 At astatine (210)	86 Rn radon (222)
87 Fr francium (223)	88 Ra radium 226	103 Lr lawrencium (262)	104 Rf rutherfordium (261)	105 Db dubnium (262)	106 Sg seaborgium (263)	107 Bh bohrium (262)	108 Hs hassium (265)	109 Mt meitnerium (266)	110 Ds darmstadtium (269)	111 Rg roentgenium (272)	112 Cn copernicium (277)	113 Uut ununtrium	114 Uuq ununquadium	115 Uup ununpentium	116 Uuh ununhexium	117 Uus ununseptium	118 Uuo ununoctium
				57 La lanthanum 138,9055	58 Ce cerium 140,116	59 Pr praseodymium 140,90765	60 Nd neodymium 144,24	61 Pm promethium (145)	62 Sm samarium 150,36	63 Eu europium 151,964	64 Gd gadolinium 157,25	65 Tb terbium 158,92534	66 Dy dysprosium 162,50	67 Ho holmium 164,93032	68 Er erbium 167,26	69 Tm thulium 168,93421	70 Yb ytterbium 173,04
				89 Ac actinium (227)	90 Th thorium 232,0381	91 Pa protactinium 231,03588	92 U uranium 238,0289	93 Np neptunium (237)	94 Pu plutonium (244)	95 Am americium (243)	96 Cm curium (247)	97 Bk berkelium (247)	98 Cf californium (251)	99 Es einsteinium (252)	100 Fm fermium (257)	101 Md mendelevium (258)	102 No nobelium (259)

I. hluti - Þriggja stiga spurningar

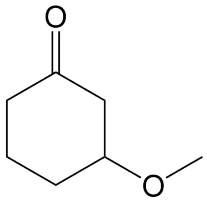
1. dæmi

118 frumefni hafa verið auðkennd. Þar af eru 94 til í náttúrunni en hin eru of óstöðug og hafa því verið smíðuð af mönnum. Flest frumefnin eru málmar, eða um 91 þeirra. Hvert eftirtalinna frumefna er málmur?

- ☐ Br
- ☐ Kr
- ☐ Zr
- ☐ P

2. dæmi

Hér til hægri er byggingarformúla af lífrænu efni. Efnið inniheldur tvo virknihópa, en virknihópar eru hópur atóma sem tengjast saman á sérstakan hátt og stjórna efnafræðilegri hegðun efnisins.
Hverjir eru virknihóparnir í þessari sameind?



- ☐ aldehýð og ester
- ☐ ester og eter
- ☐ eter og ketón
- ☐ ketón og aldehýð

3. dæmi

Álkarbíð, Al_4C_3, má hita upp í allt að 1400°C áður en það brotnar niður. Komist álkarbíð hins vegar í snertingu við vatn við herbergishita hvarfast það við vatnið og metangas myndast:

$$__Al_4C_3 + __H_2O \longrightarrow __Al(OH)_3 + __CH_4$$

Hver er stuðullinn við H_2O þegar jafnan er rétt stillt?

- ☐ 24
- ☐ 12
- ☐ 6
- ☐ 3

4. dæmi

Efnasambandið $CoSO_4$ er m.a. notað í litarefni til að lita gler.
Hvert er nafn þessa efnasambands?

- ☐ kóbalt(II)súlfat
- ☐ kóbalt(III)súlfat
- ☐ kóbalt(II)súlfít
- ☐ kóbalt(III)súlfít

5. dæmi

Niðurbrot hláturgass í köfnunarefni og súrefni er útvermið efnahvarf

$$2\,N_2O(g) \rightleftharpoons 2\,N_2(g) + O_2(g)$$

Vermibreyting efnahvarfs ein og sér segir þó ekki til um það hvort efnahvarfið sé sjálfgengt. Hvaða staðhæfing gildir um efnahvarfið hér að ofan?

- ☐ Efnahvarfið er sjálfgengt við öll hitastig
- ☐ Efnahvarfið er aðeins sjálfgengt við há hitastig
- ☐ Efnahvarfið er aðeins sjálfgengt við lág hitastig
- ☐ Efnahvarfið er aldrei sjálfgengt

6. dæmi

Elín efnafræðingur tekur 100 mL sýni af sjó og leysir upp í því 20 g af matarsalti. Þarnæst hellir hún 20 g af ediksýru út í lausnina. Hvaða eiginleika hefur þá lausnin hennar Elínar?

- ☐ Lausnin er stuðpúðalausn (búffer)
- ☐ Lausnin er basísk
- ☐ Lausnin hefur bræðslumark yfir 0°C
- ☐ Lausnin er með lægri gufuþrýsting en hreint vatn

7. dæmi

HSO_4^- er sterkari sýra en HF sem aftur er sterkari sýra en HCN.
Hvert eftirtalinna efna er *veikasti* basinn?

- ☐ HSO_4^-
- ☐ SO_4^{2-}
- ☐ F^-
- ☐ CN^-

8. dæmi

Emil efnafræðingur er að taka til á tilraunastofunni sinni. Hann finnur flösku sem á stendur „0,0035 M lausn“ en man ekkert hvað hann geymdi í flöskunni. Hann bregður þá á það ráð að mæla pH gildi lausnarinnar og fær út að pH = 3,80. Hvaða upplýsingar gefur það um efnið?

- ☐ Efnið er veikur basi
- ☐ Efnið er veik sýra
- ☐ Efnið er sterkur basi
- ☐ Efnið er sterk sýra

9. dæmi

Gefin eru eftirfarandi hálfhvörf ásamt staðalafoxunarspennu þeirra

$$Ca^{2+}(aq) + 2\,e^- \longrightarrow Ca(s) \qquad E^\circ = -2{,}87\ V$$

$$Au^{3+}(aq) + 3\,e^- \longrightarrow Au(s) \qquad E^\circ = +1{,}50\ V$$

Hver er selluspenna eftirfarandi hvarfs *þegar jafnvægi hefur verið náð*?

$$2\,Au(s) + 3\,Ca^{2+}(aq) \rightleftharpoons 2\,Au^{3+}(aq) + 3\,Ca(s)$$

- ☐ -4,37 V
- ☐ -1,37 V
- ☐ 1,37 V
- ☐ 0 V

10. dæmi

Útvarpsstöðin Bylgjan sendir út á tíðni 98,9 MHz. Hver er bylgjulengd þessara útvarpsbylgna?

- ☐ $3{,}30 \cdot 10^{2}$ m
- ☐ $3{,}30 \cdot 10^{-3}$ m
- ☐ 0,330 m
- ☐ 3,03 m

II. hluti - Fimm stiga spurningar

1. dæmi

Eftirfarandi efnahvarf lýsir tæringu áls

$$4\,Al(s) + 3\,O_2(g) \longrightarrow 2Al_2O_3(s)$$

Notið staðalóreiðu efnanna, S°, sem er gefin hér að neðan, til að reikna staðalóreiðubreytingu ΔS° fyrir efnahvarfið.

Efni	S° (J/K·mol)
Al(s)	28,3
O_2	205,0
Al_2O_3	50,99

- ☐ -182,3 J/K·mol
- ☐ 131,5 J/K·mol
- ☐ 182,3 J/K·mol
- ☐ -626,2 J/K·mol

2. dæmi

Klóríðjónir, Cl^-, finnast í vökva líkamans og hafa meðal annars það hlutverk að flytja taugaboð. Öll klóríðsöltin hér að neðan eru auðleysanleg í vatni. Hver eftirtalinna lausna inniheldur *flestar* klóríðjónir?

- ☐ 9,5 mL af 0,50 M $BaCl_2$
- ☐ 4,0 mL af 1,00 M NaCl
- ☐ 7,5 mL af 0,50 M $FeCl_3$
- ☐ 25 mL af 0,40 M KCl

3. dæmi

Koffín hefur örvandi áhrif á miðtaugakerfið, hjartað og öndun. Það finnst náttúrulega í kaffi- og kakóbaunum en er einnig bætt í sum matvæli, t.d. kókdrykki. Efnaformúla koffíns er $C_8H_{10}O_2N_4$. Hversu mörg mól af C atómum eru til staðar í 2,0 g af koffíni?

- ☐ 0,041 mól
- ☐ 0,082 mól
- ☐ 0,27 mól
- ☐ 0,32 mól

4. dæmi

Vegna þess hversu ál kemur sjaldan fyrir hreint í náttúrunni var það áður fyrr álitið vera verðmætara en gull. Álframleiðsla með rafgreiningu er mjög orkufrek, sér í lagi vegna þess að ál hefur lágan mólmassa og þrjár rafeindir þarf til að afoxa hverja jón.
Hversu langan tíma tekur að framleiða 78,0 g af áli með því að afoxa Al^{3+} í rafkeri sem 2,00 A straumur er leiddur í gegnum?

- ☐ 420 s
- ☐ 13,0 klst
- ☐ 116 klst
- ☐ $1{,}00 \cdot 10^{12}$ s

5. dæmi

Matarsódi er að mestu úr natríumbíkarbónati en efnið er mikið notað við bakstur.
Þegar natríumbíkarbónat er hitað brotnar það niður og það myndast koltvíoxíð og vatnsgufa en þessi gaslosun veldur því að kökur lyftast við bakstur. Efnahvarfið er

$$2\,NaHCO_3(s) \longrightarrow Na_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(g) \qquad K_p = 0{,}23 \text{ við } 100°C$$

Ef $NaHCO_3$ er sett í lofttæmt ílát og látið ná jafnvægi við 100°C, hver mun heildarþrýstingur verða í ílátinu?

- ☐ 0,23 atm
- ☐ 0,46 atm
- ☐ 0,48 atm
- ☐ 0,96 atm

6. dæmi

2,0 L af kolmónoxíði var safnað í ílát yfir yfirborði vatns við 28°C og 810 mmHg. Reiknið fjölda CO sameinda í ílátinu. Gufuþrýstingur vatns við 28°C er 28,3 mmHg

- ☐ $5{,}0 \cdot 10^{22}$
- ☐ $5{,}2 \cdot 10^{22}$
- ☐ $3{,}8 \cdot 10^{23}$
- ☐ $5{,}4 \cdot 10^{23}$

7. dæmi

Hægt er að framleiða súrefni með því að hita kalíum permanganat:

$$2\,KMnO_4(s) \longrightarrow K_2MnO_4(s) + MnO_2(s) + O_2(g)$$

Nú vantar Emil efnafræðing 2,50 L af $O_2(g)$ við 1,00 atm og 20°C. Hversu mikið $KMnO_4$ þarf Emil að hita ef gera má ráð fyrir að efnahvarfið gangi að fullu?

- ☐ 32,8 g
- ☐ 33,8 g
- ☐ 34,8 g
- ☐ 35,8 g

8. dæmi

Brennisteinstvíoxíð, SO_2, er eitt af algengustu mengunarefnum í umhverfi manna. Þetta gas losnar líka við eldgos en það oxast auðveldlega í brennisteinsþríoxíð, SO_3. Efnajafnvægið er

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

Við 1000 K er jafnvægisfasti þessa efnahvarfs $K_c = 281$. Í tilraun einni eru þessar þrjár gastegundir við jafnvægi í 0,185 L íláti við 1000 K. Við þær aðstæður mælist magn $O_2(g)$ 0,00247 mól. Hvert er þá hlutfallið milli jafnvægisstyrkja SO_2 og SO_3 í ílátinu?
Þ.e. reiknið hlutfallið $[SO_2]/[SO_3]$

- ☐ 0,267
- ☐ 0,516
- ☐ 1,94
- ☐ 3,75

III. hluti - Tíu stiga spurningar

1. dæmi Járnsúlfíð

Járn(II)súlfíð myndast þegar járndufti og brennisteini er blandað saman og hitað. Í tilraun einni var 1,50 g af járndufti og 1,00 g af brennisteini blandað saman og hitað í tilraunaglasi þar til greinilegt var að ekkert efnahvarf átti sér lengur stað í rörinu. Þar á eftir var rörið kælt.

a) (2 stig) Ritaðu stillta efnajöfnu fyrir myndun járn(II)súlfíðs.

b) (2 stig)
Reiknaðu hámarksmassa (fræðilegar heimtur) af járn(II)súlfíði sem gæti myndast í þessu efnahvarfi.

m = _____

c) (2 stig)
Þegar tilraunaglasið var vigtað að loknu efnahvarfi kom í ljós að heildarmassi efnanna í rörinu var minni en heildarmassi hvarfefnanna í upphafi. Ástæða þess er að við hitun á sér stað annað efnahvarf. Hvaða efnahvarf er það?

d) (3 stig)
Í þessari tilraun var massi efnanna í tilraunaglasinu eftir kælingu aðeins 2,22 g. Reiknaðu massa járn(II)súlfíðs sem myndaðist í raun. Athugið að engin ryðmyndun á sér stað.

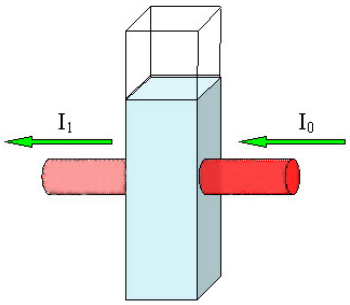
m = _____

e) (1 stig)
Steindin pýrít hefur efnaformúluna FeS_2 og kallast oft glópagull. Hvert er oxunarástand járns í þessu efnasambandi?

oxunarástand Fe = _____

2. dæmi Ljósgleypnimælingar

Notast er við ljós við ýmsar aðferðir efnagreiningar. Til dæmis má meta styrk efna í lausn með því að mæla hversu mikið ljós lausnin gleypir við tiltekna bylgjulengd. Ljósgleypni lausnar A er skilgreind með jöfnunni



$$A = log\left(\frac{I_0}{I_1}\right)$$

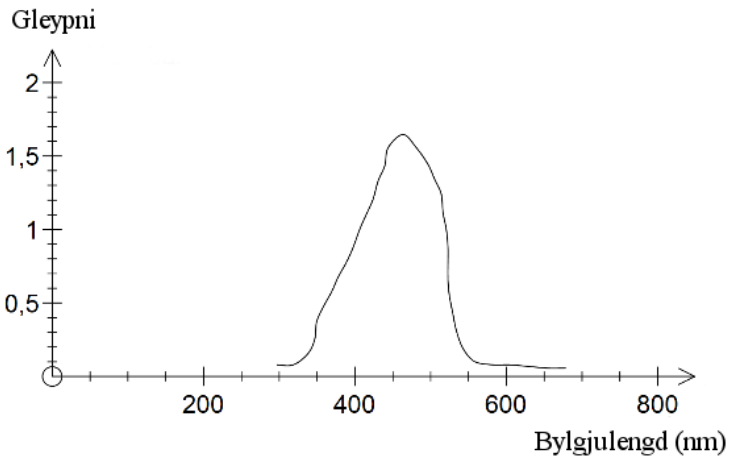
þar sem I_0 er styrkur ljóssins sem er varpað á lausnina en I_1 er styrkur ljóssins eftir að það hefur farið gegnum lausnina.

Í þessu verkefni ætlum við að ákvarða styrk acetylsalicylsýru í lausn á eftirfarandi hátt: Fyrst eru blandaðar fjórar kvörðunarlausnir A-D sem innihalda þekktan styrk af acetylsalicylsýru ásamt járn(III) jónum og NaOH. Til að blanda lausnirnar fjórar er notuð staðallausn sem inniheldur 250 mg acetylsalicylsýru í hverjum 1000 mL. Í lausnirnar fjórar er notað mismikið af staðallausninni og svo er hver lausn þynnt að 25,00 mL með vatni. Í töflunni kemur fram hversu mikið er notað af staðallausninni í hverja lausn ásamt gleypni lausnanna.

Lausn	Acetylsalicylsýra staðallausn (mL)	Gleypni
A	5,0	0,0203
B	10,0	0,0406
C	15,0	0,0610
D	20,0	0,0812

Nú á að ákvarða magn acetylsalicylsýru í verkjatöflu. Taflan var leyst upp í mæliflösku ásamt Fe^{3+} og fyllt að 500,0 mL marki með vatni. Af þessari lausn var tekið 5,0 mL, þynnt að 25,0 mL eins og áður og gleypnin mæld 0,0712.

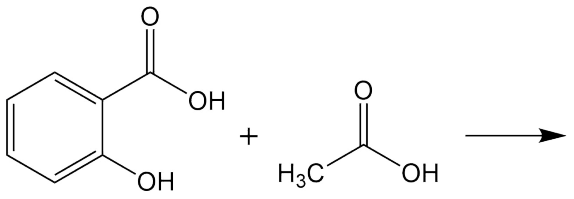
Áður en mælingarnar hér fyrir ofan voru gerðar var gleypni acetylsalicylsýru (í basískri Fe^{3+} lausn) mæld á bilinu 350-700 nm til að fá svokallað gleypniróf



a) (2,5 stig)
Hversu stór hluti ljóssins fer gegnum lausnina (þ.e. kemur aftur út úr lausninni) ef gleypnin A er 0,35?

hlutfall = _____

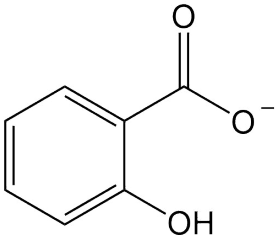
b) (2,5 stig)
Acetylsalicylsýra er ester sem myndast þegar salicylsýra hvarfast við ediksýru.
Teiknaðu byggingarformúlu acetylsalicylicsýru.



c) (2,5 stig)
Hver var massi acetylsalicylsýru í töflunni?

massi = _____g

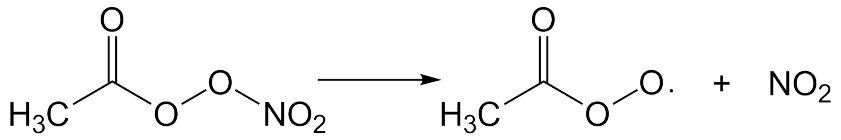
d) (2,5 stig)
Salicylsýra er tvíprótísk sýra með pK_{a1} = 2,97 og pK_{a2} = 13,7
Reiknaðu pK_b fyrir salicylatjónina:



pK_b = _____

3. dæmi Hraðafræði

Peroxyacetyl nítrat (PAN) er mengunarvaldur sem myndast í efnahvörfum milli vetniskolefna og nituroxíða þar sem sólarljós kemur við sögu. PAN er óstöðugt og brotnar niður í peroxyacetyl radikal og NO_2(g) en NO_2 er eitrað gas sem er brúnt að lit.



PAN **Peroxyacetyl radikal**

Niðurbrot PAN er fyrsta stigs og hefur helmingunartímann 35 klst við 0°C og 30,0 mín við 25°C.

Hraðalögmál niðurbrotsins er

$$hraði = k[\text{PAN}]$$

þar sem [PAN] er fjöldi PAN sameinda í hverjum lítra af lofti og k er hraðafasti niðurbrotsins, en fastinn k er breytilegur eftir hitastigi. Í fyrsta stigs niðurbrotum er samband helmingunartíma ($t_{1/2}$) og hraðafastans (k) gefið með jöfnunni

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

Hraði efnahvarfs er almennt háður virkjunarorku þess (E_a). Því hærra sem hitastigið er, þeim mun hraðar gengur efnahvarfið. Ef hraðafastinn er þekktur fyrir tvö ólík hitastig, þ.e. k_1 við T_1 og k_2 við T_2, má reikna virkjunarorku efnahvarfsins (E_a) samkvæmt eftirfarandi jöfnu

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

a) (3 stig)
Ákvarðið gildið á hraðafastanum k fyrir niðurbrotshvarfið, annars vegar við 0°C og hins vegar við 25°C. Munið að gefa svar með einingu.

k = _____

b) (3 stig)
Reiknið virkjunarorku niðurbrotsins, E_a

E_a = _____ kJ/mól

c) (4 stig)
Við hvaða hitastig mun loftsýni sem inniheldur $5{,}0 \cdot 10^{14}$ PAN sameindir á lítra brotna niður með hraðann $1{,}0 \cdot 10^{12}$ PAN $L^{-1}mín^{-1}$

T = _____°C