Efnafræðifélag Íslands
The Icelandic Chemical Society

13. Almenna landskeppnin í efnafræði

fyrir nemendur framhaldsskóla

Þriðjudag 11. febrúar 2014

kl: 8-10 (120 mín.)

HÁSKÓLI ÍSLANDS

LYSI

málning

TANDUR

ORF LÍFTÆKNI

CARBON RECYCLING INTERNATIONAL

13. Almenna landskeppnin í efnafræði

11. febrúar 2014, 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 13 tölusettum blaðsíðum, auk forsíðu, leiðbeiningasíðu og formúlublaðs. 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 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.
5. Einu leyfilegu hjálpargögnin eru óforritanlegar reiknivélar og næsta blaðsíða, en á henni eru formúlur, fastar og lotukerfið.
6. 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.
7. 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

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$

$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$

$\Delta x = \sum_{mynd} x - \sum_{hvarf} x$

$p = \sum_i p_i$

$[\mathrm{H_3O^+}] = \frac{K_a}{2}\left(-1 + \sqrt{1 + \frac{4C_0}{K_a}}\right)$

$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$

$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln Q$

$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$

$\Delta G^\circ = -RT \ln K = -nFE^\circ$

$q = C\Delta T$

$PV = nRT$

$pH = -\log [\mathrm{H_3O^+}]$

$pK_a = -\log K_a$

$E = \frac{hc}{\lambda}$

$A = \epsilon bc$

$N_A = 6{,}0223 \cdot 10^{23}\mathrm{mól}^{-1}$

$F = 96485 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{V \cdot mól}}$

$1\mathrm{bar} = 10^5\mathrm{Pa} = 0{,}9869\mathrm{atm}$

$1\mathrm{atm} = 760\mathrm{torr}$

$K_w = 1{,}00 \cdot 10^{-14}$

$R = 8{,}3144 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K \cdot mól}} = 0{,}08206 \frac{\mathrm{L \cdot atm}}{\mathrm{K \cdot mól}}$

$h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}\mathrm{J \cdot s}$

$c = 3 \cdot 10^8\mathrm{m/s}$

1 kaloría = 4,184J

$A = A_0 \cdot e^{-kt}$

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

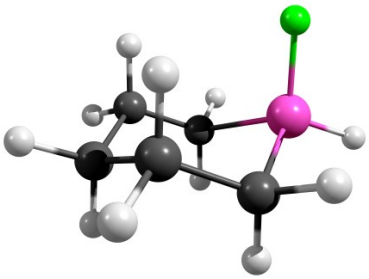
1. dæmi

Hver er oxunartala S í efnasambandinu K_2SO_4 ?

- ☐ +6
- ☐ +4
- ☐ +2
- ☐ -1

2. dæmi

Þessi sameind heitir 1-flúoró-1-silacyclohexan og hefur efnaformúluna $(CH_2)_5SiHF$



Hvað innihalda 4,50 g af þessu efni mörg mól af Si-frumeindum (e. atoms)?

- ☐ 0,0381 mól
- ☐ $6{,}02 \cdot 10^{23}$ mól
- ☐ $2{,}29 \cdot 10^{22}$ mól
- ☐ 0,685 mól

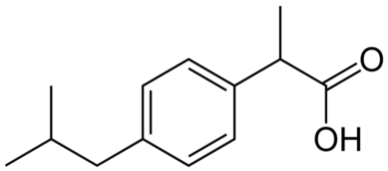
3. dæmi

Ljós frá natríum lampa hefur bylgjulengdina 590 nm. Hver er orka slíkrar ljóseindar?

- ☐ $9{,}65 \cdot 10^{12}$ J
- ☐ $3{,}37 \cdot 10^{-19}$ J
- ☐ $2{,}03 \cdot 10^{5}$ J
- ☐ $6{,}51 \cdot 10^{-15}$ J

4. dæmi

Íbúprófen er bólgueyðandi lyf og byggingu þess má sjá hér að neðan.



Hversu mörg sp^3 svigrúmablönduð kolefni er að finna á sameindinni og hversu mörg sp^2 svigrúmablönduð?

- ☐ 4 sp^3 og 6 sp^2
- ☐ 6 sp^3 og 6 sp^2
- ☐ 7 sp^3 og 5 sp^2
- ☐ 6 sp^3 og 7 sp^2

5. dæmi

Eftirfarandi eru mælingar á hvarfhraða efnahvarfsins

$$\mathrm{A} + \mathrm{B} \longrightarrow \mathrm{C}$$

$[A]_0$	$[B]_0$	hraði (M/s)
0,10 M	0,10 M	$3{,}4 \cdot 10^{-5}$
0,20 M	0,20 M	$2{,}7 \cdot 10^{-4}$
0,20 M	0,40 M	$1{,}1 \cdot 10^{-3}$

Hver er hraðajafna hvarfsins og hvert er gildi hraðafastans við það hitastig sem mælingarnar voru framkvæmdar?

- ☐ $v = k[A][B], \quad k = 3{,}4 \cdot 10^{-3} M^{-1} s^{-1}$
- ☐ $v = k[A]^2[B], \quad k = 3{,}4 \cdot 10^{-2} M^{-2} s^{-1}$
- ☐ $v = k[A][B]^2, \quad k = 3{,}4 \cdot 10^{-2} M^{-2} s^{-1}$
- ☐ $v = k[B]^2, \quad k = 3{,}4 \cdot 10^{-3} M^{-1} s^{-1}$

6. dæmi

Stillið eftirfarandi oxunar/afoxunarhvarf í súrri lausn:

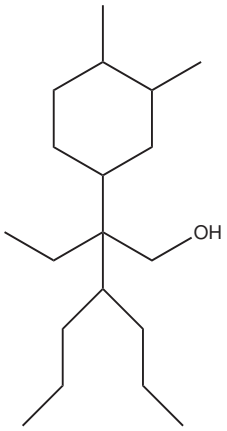
$$\_\_\ H^+ + \_\_\ Fe^{2+} + \_\_\ Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow \_\_\ Fe^{3+} + \_\_\ Cr^{3+} + \_\_\ H_2O$$

Eftir að jafnan hefur verið stillt, hver er þá summa allra stuðlanna í efnajöfnunni?

- ☐ 18
- ☐ 26
- ☐ 36
- ☐ 40

7. dæmi

Hversu mörg hendin (e. chiral) kolefnisatóm hefur eftirfarandi sameind?



- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 6

8. dæmi

Hvert eftirfarandi efna ætti að hafa lægst suðumark?

- ☐ SiH_4
- ☐ NH_3
- ☐ CH_4
- ☐ H_2S

9. dæmi

Við eina loftþyngd (1 atm) sýður bensen við 80,1°C.

$$C_6H_6(l) \rightleftharpoons C_6H_6(g) \qquad \Delta H_{vap} = 31{,}0\ {}^{kJ}/_{mól}$$

Hver er óreiðubreytingin, (ΔS), þegar 1 mól af benseni sýður?

- ☐ $387\ {}^{J}/_{K}$
- ☐ $0{,}387\ {}^{J}/_{K}$
- ☐ $87{,}8\ {}^{J}/_{K}$
- ☐ $8{,}78 \cdot 10^{-2}\ {}^{J}/_{K}$

10. dæmi

Hvert er aðalmyndefnið í eftirfarandi efnahvarfi?

$$\text{1-metýlcyclohexanól} \xrightarrow{H_2SO_4,\ H_2O}$$

- ☐ cyclohexanól
- ☐ 3-metýlcyclohexen
- ☐ 1-metýlcyclohexen
- ☐ 3-metýlcyclohexanól

II. hluti - Fimm stiga spurningar

11. dæmi

Hver er eðlismassi brennisteinsvetnis (H_2S) við 56°C og 967 torr?

- ☐ 1,60 g/L
- ☐ 3,21 g/L
- ☐ 5,60 g/L
- ☐ 9,41 g/L

12. dæmi

Gefin eru eftirfarandi hálfhvörf:

$$Zn^{2+}(aq) + 2\,e^- \longrightarrow Zn(s) \qquad E^\circ = -0{,}76\ V$$

$$Cu^{2+}(aq) + 2\,e^- \longrightarrow Cu(s) \qquad E^\circ = 0{,}34\ V$$

Hver er staðal Gibbs frjálsorkubreytingin (ΔG°) fyrir efnahvarfið

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$$

- ☐ $-106\ ^{kJ}/_{mól}$
- ☐ $-212\ ^{kJ}/_{mól}$
- ☐ $-40{,}5\ ^{kJ}/_{mól}$
- ☐ $-81{,}0\ ^{kJ}/_{mól}$

13. dæmi

Í 1,00 L íláti er komið fyrir 1,00 mólum af N_2 og 1,00 mólum af O_2. Ílátið er hitað í 1000°C þar sem lofttegundirnar hvarfast og mynda nituroxíð (NO). Þegar jafnvægi kemst á við 1000°C kemur í ljós að 0,400 mól af N_2 eru eftir í ílátinu. Hver er jafnvægisfasti efnahvarfsins (K_c)?

- ☐ 3,00
- ☐ 0,44
- ☐ 7,50
- ☐ 9,00

14. dæmi

Gefið er

$$H_2(g) + \tfrac{1}{2}\,O_2(g) \longrightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H = -285{,}8\,\text{kJ}$$

$$N_2O_5(g) + H_2O(l) \longrightarrow 2\,HNO_3(l) \qquad \Delta H = -76{,}6\,\text{kJ}$$

$$\tfrac{1}{2}\,N_2(g) + \tfrac{3}{2}\,O_2(g) + \tfrac{1}{2}\,H_2(g) \longrightarrow HNO_3(l) \qquad \Delta H = -174{,}1\,\text{kJ}$$

Notið lögmál Hess til að reikna ΔH fyrir hvarfið:

$$2\,N_2(g) + 5\,O_2(g) \longrightarrow 2\,N_2O_5(g)$$

- ☐ -159,9 kJ
- ☐ -56,8 kJ
- ☐ 28,4 kJ
- ☐ 188,3 kJ

15. dæmi

Magn $KClO_3$ í 0,1342 g sýni af sprengiefni var ákvarðað með því að hvarfa $KClO_3$ við 50,00 mL af 0,09601 M Fe^{2+} lausn.

$$ClO_3^- + 6\,Fe^{2+} + 6\,H^+ \longrightarrow Cl^- + 3\,H_2O + 6\,Fe^{3+}$$

Eftir að hvarfið gekk í gegn voru enn eftir leifar af Fe^{2+} í lausninni. Þessi afgangur af Fe^{2+} var baktítraður með 12.99 mL af 0,08362 M Ce^{4+} lausn.

$$Fe^{2+} + Ce^{4+} \longrightarrow Fe^{3+} + Ce^{3+}$$

Hver er massaprósenta $KClO_3$ í sprengiefnissýninu?

- ☐ 56,53 %
- ☐ 73,06 %
- ☐ 38,49 %
- ☐ 99,19 %

16. dæmi

Kalsíumfosfat, $Ca_3(PO_4)_2$, er mjög torleyst í vatni. Leysnimargfeldi þess er $K_{sp} = 2{,}07 \cdot 10^{-33}$ Reiknið leysni kalsíumfosfats (s) í einingunni g/100 mL.

- ☐ $5{,}76 \cdot 10^{-16}$ g/100 mL
- ☐ $9{,}01 \cdot 10^{-6}$ g/100 mL
- ☐ $3{,}53 \cdot 10^{-6}$ g/100 mL
- ☐ $4{,}40 \cdot 10^{-6}$ g/100 mL

17. dæmi

Úran má framleiða með hvarfi úrantetraflúoríðs við magnesíum í lokuðum tanki við 700°C. Hliðarmyndefni er magnesíumflúoríð:

$$UF_4 + 2\,Mg \longrightarrow U + 2\,MgF_2$$

Til að tryggja að allt magnesíum hvarfist þarf 10% UF_4 umfram stillta efnahvarfið. Hve mikið þarf af UF_4 til að framleiða 222 kg af U?

- ☐ 244 kg
- ☐ 264 kg
- ☐ 293 kg
- ☐ 322 kg

18. dæmi

X er lífrænt efni sem inniheldur kolefni, vetni, nitur og súrefni. 1,35 g af X var brennt í súrefni og við brunann mynduðust 0,810 g af H_2O og 1,32 g af CO_2. Í öðru efnahvarfi var öllu nitrinu í 0,735 g sýni af X breytt í ammóníak og mynduðust við þetta 0,284 g af ammóníaki. Hver er reynsluformúla X?

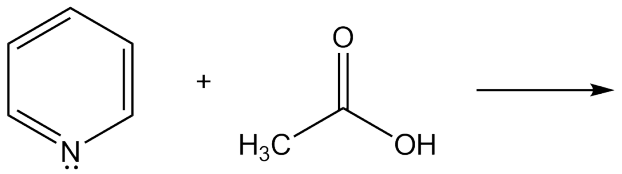
- ☐ CH_2NO_2
- ☐ CH_3NO
- ☐ $C_2H_6NO_2$
- ☐ CH_3N_2O

III. hluti - Tíu stiga spurningar

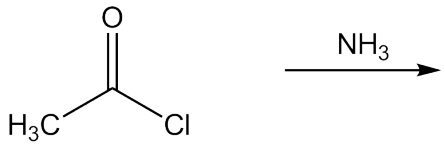
19. dæmi Lífræn efnahvörf

Teiknið myndefnin í eftirfarandi efnahvörfum:

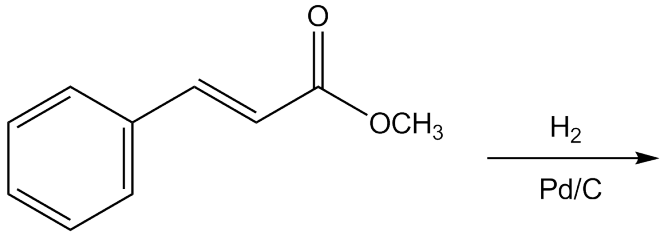
i)



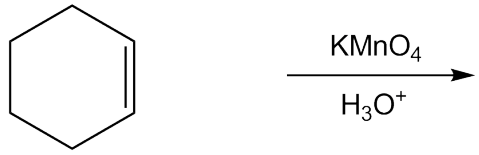
ii)



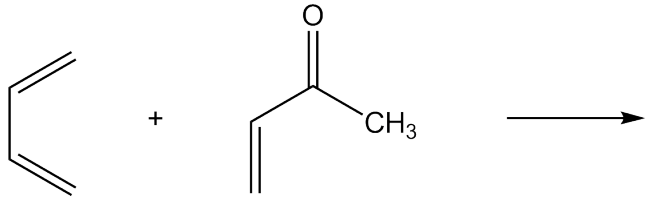
iii)



iv)

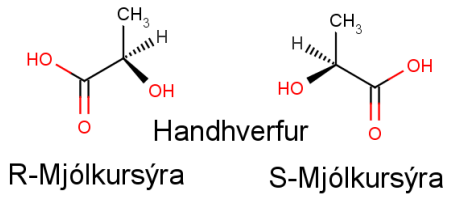


v)



20. dæmi Ljósvirknimælingar

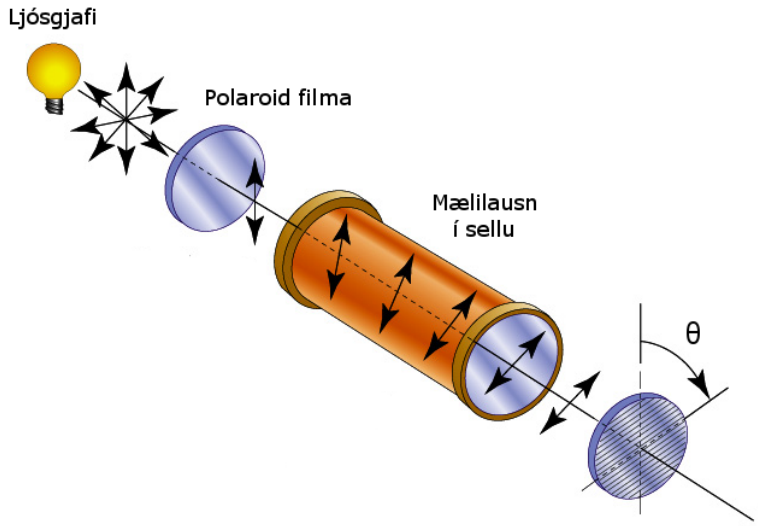
Ef í sameind er atóm sem tengist fjórum ólíkum atómum/hópum kallast það atóm hendnimiðja sameindar. Handhverfur (e. enantiomers) eru sameindir sem eru eins að öllu leyti nema í þeim er afstaða atóma til hendnimiðju öfugur fyrir allar hendnimiðjur.
Handhverfur eru því sannkallaðar spegilmyndir.



Áhugaverður eiginleiki handhverfa er ljósvirkni þeirra. Ef skautuðu ljósi er beint gegnum handhverfur snúa þær stefnu skautunar, jafnmikið en í gagnstæða stefnu. Snúningur réttsælis (til hægri) er táknaður með + og rangsælis (til vinstri) með -. Blanda sem inniheldur jafnmikið af báðum handhverfum hefur því samtals engin áhrif á stefnu skautunar því snúningur réttsælis (+) er þá jafn snúningi rangsælis (-). Hins vegar, ef meira er af annarri handhverfunni verður breyting á stefnu skautunar.
Í ljósvirknimælingum er mældur svokallaður eðlissnúningur, α, ljósvirks efnis en honum má lýsa með eftirfarandi jöfnu:

$$[\alpha] = \frac{\theta}{l \cdot c}$$

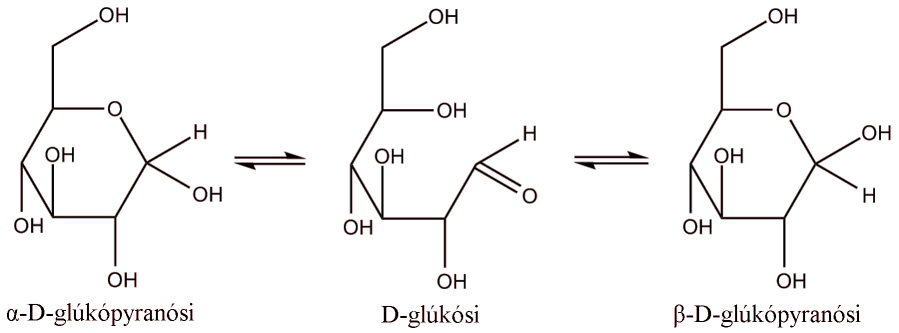
þar sem θ er hinn mældi snúningur í gráðum (°), l er brautarlengd geisla í mælilausn (lengd sellu) í dm og c er styrkur lausnar í g/mL.



Einfaldir ljósvirknimælar byggja á polaroid-filmum og greina því ekki mun á +90° og −90° eða +1° og −179°.

Hluti 1
Lausn af ljósvirku efni sem hefur styrkinn 0,110 g/mL snýr skautun ljóss um +25,4° þegar það er mælt í 1 dm langri sellu. Hver er eðlissnúningur efnisins?

Hluti 2
Efni eru oft nefnd eftir ljósvirkni þeirra þar sem D merkir hægri (+) og L merkir vinstri (-). D-glúkósi er til á tveimur ólíkum hringformum, *α-D-glúkópyranósa*, og *β-D-glúkópýranósa*. Bæði hringformin snúa skautuðu ljósi til hægri en eðlissnúningur þeirra er ólíkur. D-glúkósi í lausn er í jafnvægi við þessi tvö ólíku hringform.



Eðlissnúningur hreinnar α-D-glúkópyranósa-lausnar mælist +112°. Þegar hvarfið hefur náð jafnvægi mælist snúningur ljóss +52.5°. Eðlissnúningur jafnsterkrar, hreinnar β-D-glúkópýranósa-lausnar mælist í byrjun +19°. Líkt og í fyrri mælingu nær hvarfið jafnvægi og mælist snúningur ljóss +52.5°.

i) Reiknið hlutfallslegt magn α-D-glúkópyranósa og β-D-glúkópyranósa í prósentum við jafnvægi. Gerið ráð fyrir hverfandi magni opins D-glúkósa.

ii) Eru α-D-glúkópyranósi og β-D-glúkópyranósi handhverfur? Rökstyðjið.

iii) *(Vísbending: Hér þarf ekki að reikna, aðeins útskýra)*
Ester efnafræðinemi framkvæmir eina ljósvirknimælingu á óþekktu efni og telur sig hafa staðfest að sýnið sé ekki ljósvirkt. Prófessor Esterar er ekki sannfærður og segir henni að framkvæma aðra mælingu en auka styrk óþekkta sýnisins um 5%. Erla mælir nú $+9^\circ$ eða -171° snúning á skautun ljóssins. Hvernig má þetta vera?

21. dæmi Hraðafræði - Sístöðunálgun (steady state)

Hraðafræði fjallar um hraða efnahvarfa. Einfalt dæmi er efnahvarfið milli A og B

$$A + B \xrightarrow{k} C$$

Hraða þessa efnahvarfs er lýst með hraðalögmálinu

$$\textit{hraði} = k[A]^x[B]^y$$

þar sem k er hraðafasti hvarfsins, [A] og [B] eru styrkir hvarfefnanna A og B (í M) og x og y eru heiltölustuðlar og tákna stig efnahvarfsins m.t.t. hvarfefnanna A og B. Ef t.d. $x = 1$, er efnahvarfið fyrsta stigs m.t.t. A. Hraðafræði felst að mörgu leyti í því að ákvarða hraðafastann k og stuðlana x og y fyrir hin ýmsu efnahvörf.
Mál taka að flækjast ef efnahvörf fela í sér fleiri en eitt skref. T.d. gerist eftirfarandi efnahvarf í tveimur skrefum, einu hröðu og einu hægu:

$$A + B \xrightarrow{k_1} I \quad \text{(hratt)}$$

$$I + B \xrightarrow{k_2} C \quad \text{(hægt)}$$

Hér myndast milliefnið I í fyrra skrefinu en er notað aftur í því seinna, og heildarefnahvarfið er $A + 2\,B \rightarrow C$. Vegna þess að seinna skrefið gerist hægt stjórnar það hraða efnahvarfsins og sagt er að hæga skrefið sé hraðatakmarkandi. Hraðalögmál efnahvarfsins er þá eingöngu háð hæga skrefinu og má skrifa svona:

$$\textit{hraði} = k_2[I]^x[B]^y$$

En hraðalögmál efnahvarfsins má ekki innihalda styrk milliefnisins I. Þessi líking er því ekki fullnægjandi. Þá er hægt að beita nálgun sem kallast **sístöðunálgun**. Hún felst í að gert er ráð fyrir því að styrkur milliefnisins haldist óbreyttur. Þ.e. um leið og eitthvað myndast af milliefninu þá hvarfast það strax aftur:

$$\frac{d[I]}{dt} = k_1[A][B] - k_2[I][B] = 0$$

Með þessari nálgun mætti leysa [I] úr þessari jöfnu og setja inn í hraðalögmálið.

Lítum nú á alvöru efnahvarf. Talið er að hvarf milli tveggja nituroxíða, N_2O_5 og NO, gerist í eftirfarandi tveimur skrefum:

$$N_2O_5 \underset{k_{-1}}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} NO_2 + NO_3$$

$$NO + NO_3 \xrightarrow{k_2} 2\,NO_2$$

i) Ritið stillta jöfnu efnahvarfsins.

ii) Hraðajafna fyrir eyðingu N_2O_5 er

$$-\frac{d[N_2O_5]}{dt} = k_1[N_2O_5] - k_{-1}[NO_2][NO_3]$$

Þessi hraðajafna inniheldur styrk milliefnisins NO_3. Beitið sístöðunálgun til að leiða út hraðajöfnu fyrir eyðingu N_2O_5 án þess að jafnan innihaldi styrk NO_3.

iii) Hvernig einfaldast hraðajafnan í lið ii) þegar seinna skrefið gerist mun hraðar en það fyrra?