Efnafræðifélag Íslands **Félag raungreinakennara**

19. Landskeppnin í efnafræði
Úrslitakeppni - fræðilegur hluti

14. mars 2020, kl. 9:45-13:00.

Almennar leiðbeiningar

- Ekki opna verkefnaheftið fyrr en þú hefur fengið merki.
- **Lestur prófs**: Þú hefur 15 mínútur til að lesa þetta hefti áður en þú byrjar að vinna. Ekki skrifa eða reikna á þessum tíma. Merki verður gefið þegar 15 mínútna lestrartíma er lokið. Þá hefur þú 3 klst til að ljúka verkefninu.
- **Dæmin eru alls sjö og vega þau öll jafnt, en sex dæmi gilda. Dæmi 1-4 eru skyldudæmi en valin verða til stiga þau tvö dæmi sem eru best leyst af dæmum 5-7 (val)**. Þú mátt semsagt sleppa að leysa eitt af dæmum 5-7 ef þú kýst svo.
- Verkefnið er á 11 tölusettum blaðsíðum, auk forsíðu og formúlublaðs. Athugaðu að svo sé.
- Einu leyfilegu hjálpargögnin eru óforritanlegar reiknivélar auk lotukerfis og formúlublaðs sem verkefninu fylgja.
- Verkefnunum skal svarað í prófbók, ekki í verkefnaheftið. Merktu prófbækurnar með fullu nafni og kennitölu. Dugi ein bók ekki má biðja um aðra slíka. Ekki verður farið yfir rissblöð.
- Verkefnin eru öll 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 séu réttir.
- Gangi þér vel og góða skemmtun

Helstu formúlur og fastar

Δx	$=$	$\sum_{\text{myndefni}} x - \sum_{\text{hvarfefni}} x$	pV	$=$	nRT
ΔG	$=$	$\Delta H - T\Delta S$	p	$=$	$\sum_i p_i$
ΔG°	$=$	$\Delta H^\circ - T\Delta^\circ S$	π	$=$	cRT
ΔG°	$=$	$-RT \ln K$	q	$=$	$c_{sp} m \Delta T$
ΔG	$=$	$\Delta G^\circ + RT \ln Q$	pH	$=$	$-\log [H_3O^+]$
ΔG°	$=$	$-nFE^\circ$	pK_a	$=$	$-\log K_a$
E	$=$	$E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln Q$	$[H_3O^+]$	$=$	$\frac{K_a}{2}\left(-1 + \sqrt{1 + \frac{4C_{\text{HA}}}{K_a}}\right)$
k	$=$	$A\, e^{-\frac{E_a}{RT}}$	pH	$=$	$pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$
E	$=$	$h\nu$	E	$=$	$\frac{hc}{\lambda}$

N_A	$=$	$6{,}0223 \times 10^{23}$ mól^{-1}	1 bar	$=$	0,9869 atm
R	$=$	8,31451 J·K^{-1}·mól^{-1}	1 atm	$=$	760 mmHg
	$=$	0,08206 L·atm·K^{-1}·mól^{-1}	K_w	$=$	$1{,}00\times10^{-14}$
F	$=$	96485 J·V^{-1}·mól^{-1}	1 kal	$=$	4,186 J
e	$=$	$1{,}602\times10^{-19}$ C	u (amu)	$=$	$1{,}661\times10^{-27}$ kg
h	$=$	$6{,}626\times10^{-34}$ J·s	m_p	$=$	$1{,}673\times10^{-27}$ kg
c	$=$	$2{,}998\times10^{8}$ m·s^{-1}	m_e	$=$	$9{,}109\times10^{-31}$ kg

1 **H** hydrogen 1,008																	2 **He** helium 4,003
3 **Li** lithium 6,941	4 **Be** beryllium 9,012											5 **B** boron 10,81	6 **C** carbon 12,01	7 **N** nitrogen 14,01	8 **O** oxygen 16,00	9 **F** fluorine 19,00	10 **Ne** neon 20,18
11 **Na** sodium 22,99	12 **Mg** magnesium 24,31											13 **Al** aluminum 26,98	14 **Si** silicon 28,09	15 **P** phosphorus 30,97	16 **S** sulfur 32,07	17 **Cl** chlorine 35,45	18 **Ar** argon 39,95
19 **K** potassium 39,10	20 **Ca** calcium 40,08	21 **Sc** scandium 44,96	22 **Ti** titanium 47,88	23 **V** vanadium 50,94	24 **Cr** chromium 52,00	25 **Mn** manganese 54,94	26 **Fe** iron 55,85	27 **Co** cobalt 58,93	28 **Ni** nickel 58,69	29 **Cu** copper 63,55	30 **Zn** zinc 65,39	31 **Ga** gallium 69,72	32 **Ge** germanium 72,59	33 **As** arsenic 74,92	34 **Se** selenium 78,96	35 **Br** bromine 79,90	36 **Kr** krypton 83,80
37 **Rb** rubidium 85,47	38 **Sr** strontium 87,62	39 **Y** yttrium 88,91	40 **Zr** zirconium 91,22	41 **Nb** nubidium 92,91	42 **Mo** molybdenum 95,94	43 **Tc** technetium (98)	44 **Ru** ruthenium 101,1	45 **Rh** rhodium 102,9	46 **Pd** palladium 106,4	47 **Ag** silver 107,9	48 **Cd** cadmium 112,4	49 **In** indium 114,8	50 **Sn** tin 118,7	51 **Sb** antimony 121,8	52 **Te** tellurium 127,6	53 **I** iodine 126,9	54 **Xe** xenon 131,3
55 **Cs** caesium 132,9	56 **Ba** barium 137,3	71 **Lu** lutetium 175,0	72 **Hf** hafnium 178,5	73 **Ta** tantalum 180,9	74 **W** tungsten 183,8	75 **Re** rhenium 186,2	76 **Os** osmium 190,2	77 **Ir** iridium 192,2	78 **Pt** platinum 195,1	79 **Au** gold 197,0	80 **Hg** mercury 200,6	81 **Tl** thallium 204,4	82 **Pb** lead 207,2	83 **Bi** bismuth 209,0	84 **Po** polonium (210)	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 (266)	107 **Bh** bohrium (264)	108 **Hs** hassium (269)	109 **Mt** meitnerium (268)	110 **Ds** darmstadtium (281)	111 **Rg** roentgenium (272)	112 **Cn** copernicium (285)	113 **Uut** ununtrium	114 **Fl** flerovium (289)	115 **Uup** ununpentium	116 **Lv** livermorium (293)	117 **Uus** ununseptium	118 **Uuo** ununoctium
				57 **La** lanthanum 138,9	58 **Ce** cerium 140,1	59 **Pr** praseodymium 140,9	60 **Nd** neodymium 144,2	61 **Pm** promethium (147)	62 **Sm** samarium 150,4	63 **Eu** europium 152,0	64 **Gd** gadolinium 157,3	65 **Tb** terbium 158,9	66 **Dy** dysprosium 162,5	67 **Ho** holmium 164,9	68 **Er** erbium 167,3	69 **Tm** thulium 168,9	70 **Yb** ytterbium 173,0
				89 **Ac** actinium (227)	90 **Th** thorium 232,0	91 **Pa** protactinium 231,0	92 **U** uranium 238,0	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)

1. dæmi (skylda)

Títan og málmblöndur þess eru bæði sterkar og léttar og henta því vel sem byggingarefni í flugvélar. Meginuppspretta títans í náttúrunni er steindin *rutile*, sem er að mestu úr títandíoxíði (TiO_2)

a) Þegar málmurinn Ti er unninn úr TiO_2 verður til milliefni sem er efnasamband Ti og Cl. Efnasamband þetta er rokgjarnt (suðumark 136 °C) og 25,24% af massa þess er Ti.
Við 136 °C og eina loftþyngd er eðlismassi efnasambandsins 5,6 g/L, en við sömu skilyrði er eðlismassi niturgass (N_2) 0,83 g/L. Ákvarðið efnaformúlu milliefnisins.

b) Títanklóríð efnasambandið úr a-lið myndast þegar klórgas hvarfast við heita blöndu af títandíoxíði og koxi (kolefni). Við hvarfið myndast einnig koldíoxíð.
Skrifið stillta efnajöfnu fyrir þetta hvarf og reiknið massa klórgass sem þarf til að mynda 79,2 g af títanklóríði.

c) Títanklóríð efnasambandið er síðan hvarfað við magnesíum á vökvaformi við 900 °C og fæst þá títan og magnesíumklóríð ($MgCl_2$). Skrifið stillta efnajöfnu fyrir þetta efnahvarf.
Nú eru 351 g af títanklóríðinu og 63,2 g af magnesíum á vökvaformi komið fyrir í hvarfíláti. Segið til um hvort hvarfefnanna er takmarkandi og reiknið hámarksmassa títans sem gæti fengist úr þessu hvarfi.

d) Samsætugreining á títani í steind einni gaf eftirfarandi niðurstöður:

Samsæta	**Massi (amu)**	**Hlutfall (%)**
^{46}Ti	45,952633	7,93
^{47}Ti	46,95176	7,28
^{48}Ti	47,947948	73,94
^{49}Ti	48,947867	5,51
^{50}Ti	49,944789	5,34

Reiknaðu massann á einu ^{48}Ti atómi (í g).
Reiknaðu meðalmassa (í amu) allra títanatóma í sýninu.

2. dæmi (skylda)

Hlynsíróp er unnið úr trjákvoðu sykurhlyns (*Acer saccharum*). Líkja mætti kvoðunni við vatnslausn sem er 3,0% (af massa) súkrósi ($C_{12}H_{22}O_{11}$).

a) Við 20 °C er eðlismassi kvoðunnar 1,010 g/mL. Reiknaðu mólstyrk, c, og mólalstyrk, m, súkrósa í kvoðunni.

b) Dæmigerður sykurhlynur framleiðir 45 L af kvoðu á ári. Reiknaðu massa súkrósa í þessu rúmmáli.

c) Ris kvoðunnar í trénu er tilkominn vegna osmósu; styrkur uppleysts súkrósa í kvoðunni er meiri en í grunnvatninu utan við tréð. Sambandið milli hæðarinnar, h, sem kvoðan rís og osmótíska þrýstingsins, π, er

$$\pi = \rho g h$$

þar sem ρ er eðlismassi kvoðunnar og $g = 9{,}807$ m s^{-2} er þyngdarhröðun jarðar. Reiknaðu hæðina sem kvoðan ætti að rísa við 20 °C. Gerðu ráð fyrir að grunnvatnið sé hreint vatn. (1,00 atm = $1{,}013 \cdot 10^5$ Pa, og Pa = kg m^{-1} s^{-2}).

d) Við vinnslu á sírópinu er vatn soðið af kvoðunni. Munurinn á suðumarki lausnar og suðumarki hreins vatns er $\Delta T = K_b m$. Hvert er suðumark kvoðunnar í upphafi suðutímans? ($K_b = 0{,}512$ K kg mól^{-1})

e) Þegar búið er að sjóða stóran hluta vatnsins af er hlynsírópið tilbúið. Massasamsetning þess er 64% súkrósi og 36% vatn, og eðlismassi þess er 1,31 g/mL. Hversu marga lítra af hlynsírópi er hægt að vinna úr einum sykurhlyn á ári, að meðaltali.

3. dæmi (skylda)

Karbónöt eru algengar og mikilvægar steindir í jarðskorpunni. Þegar karbónöt komast í snertingu við stöðuvötn og sjó í náttúrunni komast á efnajafnvægi sem hafa mikil áhrif á hina ýmsu efnafræði í vatninu.
Mikilvægasta karbónatið er kalsíumkarbónat, $CaCO_3$, en það myndar kalkstein, marmara og aðrar bergtegundir. Aðrar karbónatsteindir eru m.a. dólómít, $CaMg(CO_3)_2$, og magnesít, $MgCO_3$.

Kalksteinsmyndanir í Tyrklandi

a) Hin sjaldgæfa steind neskvehónít er vatnað $MgCO_3$, semsagt $MgCO_3 \cdot xH_2O$. Til að ákvarða fjölda vatnssameinda, x, var 21,7 g sýni af neskvehónít sýrt og hitað, og þá losnaði 3,51 L af $CO_2(g)$ við 0 °C og 1,00 atm. Gerðu ráð fyrir að allt karbónat í sýninu hafi umbreyst í CO_2. Hver er efnaformúla neskvehóhíts?

b) Skrifaðu efnajöfnu fyrir leysni dólómíts í vatni og jöfnu fyrir jafnvægisfasta hvarfins, K_{sp}.

c) Ef karbónatlausn er nægilega basísk er hvarf karbónatjónarinnar við vatnið og myndun vetniskarbónats óverulegt. Reiknaðu leysni (í g/L) kalksteins ($CaCO_3$) í 0,1 M NaOH lausn. $K_{sp}(CaCO_3) = 8{,}7 \cdot 10^{-9}$.

d) Hver er leysni kalksteins (í g/L) í mjög basískri 0,10 M Na_2CO_3 lausn?

e) Stöðuvatn eitt hefur pH = 8,1. Í stöðuvatninu er heildarstyrkur karbónat-innihaldandi einda $[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] = 9{,}6 \cdot 10^{-4}$ M og styrkur kalsíumjóna $[Ca^{2+}] = 3{,}8 \cdot 10^{-4}$ M. Reiknaðu mólstyrk $[CO_3^{2-}]$ í vatninu. $K_a(HCO_3^-) = 4{,}8 \cdot 10^{-11}$.
Er stöðuvatnið mettað, ómettað eða yfirmettað m.t.t. $CaCO_3$?

4. dæmi (skylda)

a) Aukið magn koldíoxíðs í andrúmsloftinu er talið ein af orsökum hnattrænnar hlýnunar. Við bruna eldsneytis losnar koldíoxíð og vatn, en jafnframt losnar orka sem nýta má t.d. til að knýja ökutæki. Hér verða til skoðunar þrjár gerðir algengra eldsneyta; bensín, metan og metanól. Gefin eru staðalmyndunarvermi, ΔH_f°, nokkurra efna í töflunni hér að neðan.

efni	**efnaformúla**	ΔH_f° **(kJ/mól)**
bensín	$C_8H_{18}(l)$	-249,73
metan	$CH_4(g)$	-78,81
metanól	$CH_3OH(g)$	-200,66
koldíoxíð	$CO_2(g)$	-393,51
vatn	$H_2O(g)$	-241,82

i) Skrifaðu efnajöfnur fyrir bruna á bensíni, metani og metanóli.
Reiknaðu staðalbrennsluvermi, ΔH°, hvarfanna þriggja.

ii) Hversu mörg mól af CO_2 losna fyrir hvert kJ af orku sem fæst úr bruna hvers eldsneytis fyrir sig? Hvert eldsneytanna þriggja losar minnst af CO_2 per kJ af orku úr brunahvarfinu?

b) Kolsýru, H_2CO_3, má meðal annars finna í kolsýrðum drykkjum. Standi kolsýrður drykkur í opnu íláti verður drykkurinn fljótt goslaus því kolsýra er óstöðug í vatnslausnum og brotnar þar niður í vatn og koldíoxíð:

$$H_2CO_3 \longrightarrow H_2O + CO_2 \qquad \textbf{(1)}$$

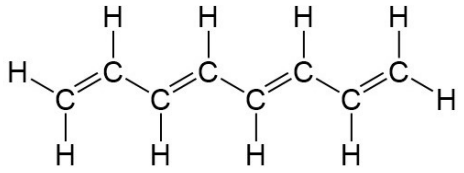
i) Teiknið Lewis myndir af H_2CO_3, H_2O og CO_2.
Hver er lögun H_2O og CO_2 sameinda?

ii) Tengjavermi (*e.bond enthalpy*) er sú orka sem þarf til að rjúfa efnatengi. Áætlið vermibreytingu efnahvarfs **1** út frá tengjavermi.
Er efnahvarfið innvermið eða útvermið?
Gefin eru tengjavermi (BE) nokkurra efnatengja í töflunni hér að neðan.

Tengi	BE (kJ/mól)
C=O	728
C−O	351
O−H	463
H−H	436
C−H	413
O−O	139
O=O	498

5. dæmi (val)

Sameindir sem innihalda tengd tvítengi (e. conjugated molecules) innihalda tvítengi og eintengi á víxl. Í þannig kerfi eru π-rafeindirnar óstaðbundnar; þ.e. þær tilheyra *öllu* tvítengjakerfinu.



Oktatetraene er dæmi um sameind sem inniheldur tengd tvítengi

Slíkar sameindir gleypa rafsegulgeislun á útfjólubláa og sýnilega sviðinu og því hafa ýmis lituð efni tvítengjakerfi í sameindabyggingu sinni. Hægt er að líta á π-rafeindir kerfisins sem agnir í einvíðum orkubrunni af lengd L, og að rafeindirnar víxlverki ekki hver á aðra. Almennt er orka rafeindar á orkuþrepi n, í einvíðum orkubrunni af lengd L gefin með jöfnunni

$$E_n = \frac{h^2 n^2}{8 m_e L^2} \qquad (n = 1, 2, 3, ...)$$

þar sem h er Plancks fastinn og m_e er massi rafeindar. Hægt er að gera ráð fyrir að lengd tvítengjakerfisins sé Nd þar sem N er fjöldi kolefnisatóma og d er helmingur af samanlagðri lengd C-C eintengis og C=C tvítengis. Ef fjöldi kolefnisatóma er N, þá er fjöldi π-rafeinda einnig N.

a) Skrifaðu almenna jöfnu fyrir orkuþrep rafeindar í tvítengjakerfi, þ.e. skrifaðu E_n sem fall af n, d, N og grunnföstunum h og m_e .

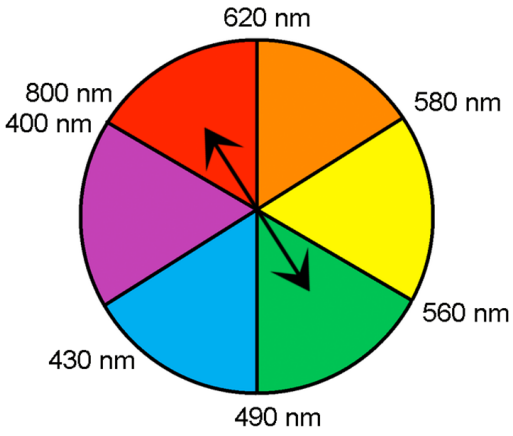
Á hverju orkuþrepi eru tvær rafeindir, þ.a. í grunnástandi er fjöldi setinna orkuþrepa $N/2$. Þegar sameindin gleypir rafsegulgeislun getur rafeind örvast úr hæsta setna orkuþrepinu $n = N/2$ upp í lægsta ósetna orkuþrepið $n = N/2 + 1$. Köllum þessa örvun "fyrstu örvun".

b) Skrifaðu almenna jöfnu fyrir tíðni geislunar, ν, sem veldur fyrstu örvun í tengdu tvítengjakerfi, þ.e. skrifaðu ν sem fall af N, d og grunnföstunum h og m_e.

c) Sameindin bútadíen hefur fjögur kolefnisatóm í tengdu tvítengjakerfi, þ.e. $N = 4$. Reiknaðu tíðni geislunar sem veldur fyrstu örvun í bútadíen. Lengd C−C eintengis er 0,154 nm og lengd C=C tvítengis er 0,134 nm.

Hvítt sólarljós er blanda af öllum litum. Ljósið fellur á hin ýmsu efni allt í kringum okkur. Ef efni gleypir ekkert sýnilegt ljós endurvarpast allt ljósið og efnið virðist hvítt að lit. Ef efnið gleypir ljós af einum ákveðnum lit þá endurvarpast allir aðrir litir frá efninu. Í okkar augum

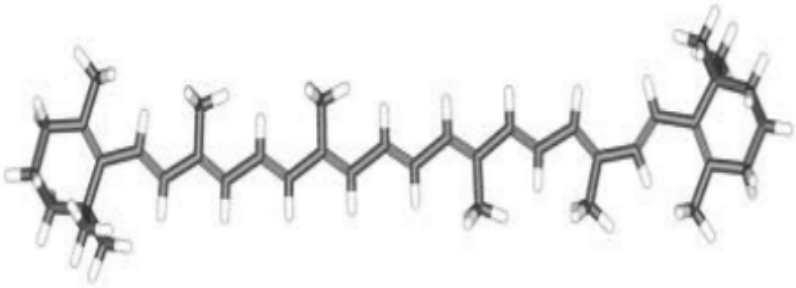
verður litur efnisins svokallaður mótlitur þess lits sem efnið gleypti. Mótlitur græns er rauður, eins og sjá má á litaskífunni, þ.e. gleypi efni grænan lit þá er efnið rautt að lit.

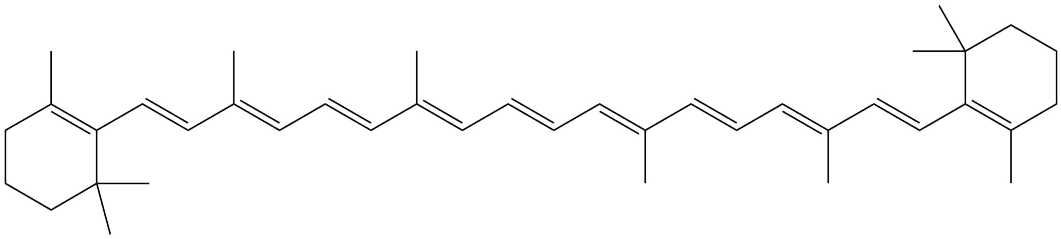


d) Hver er bylgjulengd þeirrar geislunar sem butadiene gleypir?

e) Hvernig er butadiene á litinn?

Sameindin β-carotene hefur $N = 22$ en vegna lögunar sameindarinnar er L **ekki** jöfn dN. Sameindin gleypir ljós af orku $E = 4{,}5 \cdot 10^{-19}$ J.





β-carotene

f) Hvaða lit gleypir β-carotene?

g) Hvernig er β-carotene á litinn?

6. dæmi (val)

a) Til eru þrjár byggingarhverfur (ísómerur) pentans, C_5H_{12}.

   i) Teiknaðu sameindabyggingu allra þriggja byggingarhverfa pentans.

   ii) Ein byggingarhverfanna úr a-lið hvarfast við Cl_2 í viðurvist ljóss og myndar aðeins eitt myndefni sem er einhalógenaður alkan. Teiknaðu byggingu þessa myndefnis. Hvað heitir það?

   iii) Ein byggingarhverfanna úr a-lið hvarfast við Cl_2 í viðurvist ljóss og myndar fjögur mismunandi myndefni, sem öll eru einhalógenaðir alkanar. Teiknaðu byggingu myndefnanna fjögurra. (*Ath.* Hér er litið á handhverfur sem eitt og sama efnið)

b) 3-phenyl-2-amínóprópansýra er hendið efni, þ.e.a.s. til eru tvær rúmhverfur af efninu sem eru spegilmyndir hvor annarrar. Önnur handhverfa þessa efnis er lífsnauðsynleg amínósýra sem almennt er kölluð phenylalanine.
Teiknaðu báðar handhverfur 3-phenyl-2-amínóprópansýru og segðu til um hvor þeirra er *R* og hvor er *S*.

c) Þegar *cis*-1-etýl-2-klórócyclóhexan er hvarfað við KOH í etanóli verður brottnámshvarf sem leiðir til myndunar á tveimur myndefnum sem bæði hafa efnaformúluna C_8H_{14}.
Teiknaðu byggingu *cis*-1-etýl-2-klórócyclóhexans og byggingu myndefnana tveggja.
Hvort myndefnanna er stöðugra og af hverju?

7. dæmi (val)

Hér verður skoðuð hraðafræði svokallaðrar joðklukku. Framkvæmd hennar fer þannig fram að lausnum af $S_2O_8^{2-}$, $S_2O_3^{2-}$, I^- og sterkju er blandað saman og eftir ákveðinn tíma breytir lausnin skyndilega um lit. Joðklukkan samanstendur af nokkrum efnahvörfum. Fyrsta hvarfið er milli peroxódísúlfats, $S_2O_8^{2-}$, og joðíðs, I^-:

$$S_2O_8^{2-} + 3\,I^- \longrightarrow 2\,SO_4^{2-} + I_3^- \qquad \textbf{(1)}$$

Þíósúlfat, $S_2O_3^{2-}$, getur þá hvarfast við tríjoðíð, I_3^- sem myndast í hvarfi **1**:

$$2\,S_2O_3^{2-} + I_3^- \longrightarrow S_4O_6^{2-} + 3\,I^- \qquad \textbf{(2)}$$

Þegar allt þíósúlfatið í lausninni er uppurið hættir hvarf **2** að ganga og I_3^- sem myndast í hvarfi **1** getur þá bundist sterkju og myndast þá komplex sem er blár að lit:

$$I_3^- + \text{sterkja} \longrightarrow \text{blár komplex} \qquad \textbf{(3)}$$

Tíminn sem líður þar til hvarfblandan breytir um lit ákvarðast bæði af hraða hvarfs **1**, sem er hraðatakmarkandi, en jafnframt af upphafsstyrk $S_2O_3^{2-}$ í lausninni. Í töflunni hér að neðan eru tilraunaniðurstöður hraðamælinga á hvarfinu við 25° C og mismunandi upphafsstyrki $S_2O_8^{2-}$ og I^-, en upphafsstyrkur $S_2O_3^{2-}$ er 0,00154 *M* í öllum hvarfblöndunum. Tíminn er sá tími sem tekur bláa litinn að myndast eftir blöndun lausna.

tilraun	$[S_2O_8^{2-}]_0$ (*M*)	$[I^-]_0$ (*M*)	tími (s)
1	0,0769	0,0769	21
2	0,0385	0,0769	42
3	0,0769	0,0385	42
4	0,0769	0,0192	81

a) Hvert er stig hvarfsins m.t.t. annars vegar $S_2O_8^{2-}$ og hins vegar I^-?
Hvert er heildarstig hvarfsins?

b) Skrifaðu hraðalögmál hvarfsins út frá niðurstöðum þínum úr a-lið.

c) Hraði efnahvarfsins er skilgreindur sem breyting á styrk hvarfefnis á tímaeiningu:

$$\textit{hraði} = -\frac{\Delta[S_2O_8^{2-}]}{\Delta t}$$

Reiknaðu hraða hvarfsins í tilraun nr 1 (í einingunni *M*/s).

d) Reiknaðu hraðafasta hvarfsins, *k*, við 25° C út frá tilraun nr 1.

e) Nú er joðklukkan keyrð með eftirfarandi upphafsstyrkjum við 25° C:

$$[S_2O_8^{2-}]_0 = 0{,}0550\ M$$
$$[I^-]_0 = 0{,}0440\ M$$
$$[S_2O_3^{2-}]_0 = 0{,}00200\ M$$

Hversu langur tími líður frá blöndun þar til lausnin breytir um lit?