Efnafræðifélag Íslands
The Icelandic Chemical Society

Félag raungreinakennara

# 6. Almenna landskeppnin í efnafræði

fyrir nemendur framhaldsskóla

**Miðvikudag 21. febrúar 2007**
**kl: 8-10 (120 mín.)**

**Sparisjóðir Reykjavíkur og nágrennis**
**Actavis hf**
**Ensímtækni ehf** **Tandur hf** **Málning ehf**

# 6. Almenna landskeppnin í efnafræði

21. febrúar 2007, 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 15 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 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

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \qquad \Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ \qquad \Delta G = \Delta G^\circ + RT\ln Q$$

$$\Delta x = \sum_{mynd} x - \sum_{hvarf} x \qquad p = \textstyle\sum_i p_i \qquad [\mathrm{H_3O^+}] = \frac{K_a}{2}\left(-1 + \sqrt{1 + \frac{4C_0}{K_a}}\right)$$

$$k = Ae^{\frac{E_a}{RT}} \qquad E = E^\circ - \tfrac{RT}{nF}\ln Q \qquad pH = pK_a + \log\frac{[A^-]}{[HA]}$$

$$\Delta G^\circ = -RT\ln K \qquad q = C\Delta T \qquad PV = nRT$$

$$pH = -\log[\mathrm{H_3O^+}] \qquad pK_a = -\log K_a \qquad E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$N_A = 6,0223\cdot 10^{23}\mathrm{mól}^{-1} \qquad F = 96485\tfrac{\mathrm{J}}{\mathrm{V\cdot mól}} \qquad 1\mathrm{bar} = 10^5\mathrm{Pa} = 0,9869\mathrm{atm}$$

$$1\mathrm{atm} = 760\mathrm{torr} \qquad K_w = 1,00\cdot 10^{-14} \qquad R = 8,3144\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K\cdot mól}} = 0,08206\frac{\mathrm{L\cdot atm}}{\mathrm{K\cdot mól}}$$

$$h = 6,626\cdot 10^{-34}\mathrm{J\cdot s} \qquad c = 3\cdot 10^8\mathrm{m/s} \qquad 1\text{ kaloría} = 4,184\mathrm{J}$$

# Lotukerfið

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1<br>**H**<br>Hydrogen<br>1.00794 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2<br>**He**<br>Helium<br>4.003 |
| 3<br>**Li**<br>Lithium<br>6.941 | 4<br>**Be**<br>Beryllium<br>9.012182 | | | | | | | | | | | 5<br>**B**<br>Boron<br>10.811 | 6<br>**C**<br>Carbon<br>12.0107 | 7<br>**N**<br>Nitrogen<br>14.00674 | 8<br>**O**<br>Oxygen<br>15.9994 | 9<br>**F**<br>Fluorine<br>18.9984032 | 10<br>**Ne**<br>Neon<br>20.1797 |
| 11<br>**Na**<br>Sodium<br>22.989770 | 12<br>**Mg**<br>Magnesium<br>24.3050 | | | | | | | | | | | 13<br>**Al**<br>Aluminum<br>26.981538 | 14<br>**Si**<br>Silicon<br>28.0855 | 15<br>**P**<br>Phosphorus<br>30.973761 | 16<br>**S**<br>Sulfur<br>32.066 | 17<br>**Cl**<br>Chlorine<br>35.4527 | 18<br>**Ar**<br>Argon<br>39.948 |
| 19<br>**K**<br>Potassium<br>39.0983 | 20<br>**Ca**<br>Calcium<br>40.078 | 21<br>**Sc**<br>Scandium<br>44.955910 | 22<br>**Ti**<br>Titanium<br>47.867 | 23<br>**V**<br>Vanadium<br>50.9415 | 24<br>**Cr**<br>Chromium<br>51.9961 | 25<br>**Mn**<br>Manganese<br>54.938049 | 26<br>**Fe**<br>Iron<br>55.845 | 27<br>**Co**<br>Cobalt<br>58.933200 | 28<br>**Ni**<br>Nickel<br>58.6934 | 29<br>**Cu**<br>Copper<br>63.546 | 30<br>**Zn**<br>Zinc<br>65.39 | 31<br>**Ga**<br>Gallium<br>69.723 | 32<br>**Ge**<br>Germanium<br>72.61 | 33<br>**As**<br>Arsenic<br>74.92160 | 34<br>**Se**<br>Selenium<br>78.96 | 35<br>**Br**<br>Bromine<br>79.904 | 36<br>**Kr**<br>Krypton<br>83.80 |
| 37<br>**Rb**<br>Rubidium<br>85.4678 | 38<br>**Sr**<br>Strontium<br>87.62 | 39<br>**Y**<br>Yttrium<br>88.90585 | 40<br>**Zr**<br>Zirconium<br>91.224 | 41<br>**Nb**<br>Niobium<br>92.90638 | 42<br>**Mo**<br>Molybdenum<br>95.94 | 43<br>**Tc**<br>Technetium<br>(98) | 44<br>**Ru**<br>Ruthenium<br>101.07 | 45<br>**Rh**<br>Rhodium<br>102.90550 | 46<br>**Pd**<br>Palladium<br>106.42 | 47<br>**Ag**<br>Silver<br>107.8682 | 48<br>**Cd**<br>Cadmium<br>112.411 | 49<br>**In**<br>Indium<br>114.818 | 50<br>**Sn**<br>Tin<br>118.710 | 51<br>**Sb**<br>Antimony<br>121.760 | 52<br>**Te**<br>Tellurium<br>127.60 | 53<br>**I**<br>Iodine<br>126.90447 | 54<br>**Xe**<br>Xenon<br>131.29 |
| 55<br>**Cs**<br>Cesium<br>132.90545 | 56<br>**Ba**<br>Barium<br>137.327 | 57<br>**La**<br>Lanthanum<br>138.9055 | 72<br>**Hf**<br>Hafnium<br>178.49 | 73<br>**Ta**<br>Tantalum<br>180.9479 | 74<br>**W**<br>Tungsten<br>183.84 | 75<br>**Re**<br>Rhenium<br>186.207 | 76<br>**Os**<br>Osmium<br>190.23 | 77<br>**Ir**<br>Iridium<br>192.217 | 78<br>**Pt**<br>Platinum<br>195.078 | 79<br>**Au**<br>Gold<br>196.96655 | 80<br>**Hg**<br>Mercury<br>200.59 | 81<br>**Tl**<br>Thallium<br>204.3833 | 82<br>**Pb**<br>Lead<br>207.2 | 83<br>**Bi**<br>Bismuth<br>208.98038 | 84<br>**Po**<br>Polonium<br>(209) | 85<br>**At**<br>Astatine<br>(210) | 86<br>**Rn**<br>Radon<br>(222) |
| 87<br>**Fr**<br>Francium<br>(223) | 88<br>**Ra**<br>Radium<br>(226) | 89<br>**Ac**<br>Actinium<br>(227) | 104<br>**Rf**<br>Rutherfordium<br>(261) | 105<br>**Db**<br>Dubnium<br>(262) | 106<br>**Sg**<br>Seaborgium<br>(263) | 107<br>**Bh**<br>Bohrium<br>(262) | 108<br>**Hs**<br>Hassium<br>(265) | 109<br>**Mt**<br>Meitnerium<br>(266) | 110<br>(269) | 111<br>(272) | 112<br>(277) | 113 | 114 | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 58<br>**Ce**<br>Cerium<br>140.116 | 59<br>**Pr**<br>Praseodymium<br>140.90765 | 60<br>**Nd**<br>Neodymium<br>144.24 | 61<br>**Pm**<br>Promethium<br>(145) | 62<br>**Sm**<br>Samarium<br>150.36 | 63<br>**Eu**<br>Europium<br>151.964 | 64<br>**Gd**<br>Gadolinium<br>157.25 | 65<br>**Tb**<br>Terbium<br>158.92534 | 66<br>**Dy**<br>Dysprosium<br>162.50 | 67<br>**Ho**<br>Holmium<br>164.93032 | 68<br>**Er**<br>Erbium<br>167.26 | 69<br>**Tm**<br>Thulium<br>168.93421 | 70<br>**Yb**<br>Ytterbium<br>173.04 | 71<br>**Lu**<br>Lutetium<br>174.967 |
| 90<br>**Th**<br>Thorium<br>232.0381 | 91<br>**Pa**<br>Protactinium<br>231.03588 | 92<br>**U**<br>Uranium<br>238.0289 | 93<br>**Np**<br>Neptunium<br>(237) | 94<br>**Pu**<br>Plutonium<br>(244) | 95<br>**Am**<br>Americium<br>(243) | 96<br>**Cm**<br>Curium<br>(247) | 97<br>**Bk**<br>Berkelium<br>(247) | 98<br>**Cf**<br>Californium<br>(251) | 99<br>**Es**<br>Einsteinium<br>(252) | 100<br>**Fm**<br>Fermium<br>(257) | 101<br>**Md**<br>Mendelevium<br>(258) | 102<br>**No**<br>Nobelium<br>(259) | 103<br>**Lr**<br>Lawrencium<br>(262) |

# I. hluti - Þriggja stiga spurningar

**1. dæmi**

Hver verður summa allra stuðla þegar búið er að stilla eftirfarandi efnajöfnu?

$$___FrOH + ___H_3PO_4 \longrightarrow ___Fr_3PO_4 + ___H_2O$$

Athugið að 1 er líka stuðull.

- ☐ 6
- ☐ 7
- ☐ 8
- ☐ 9

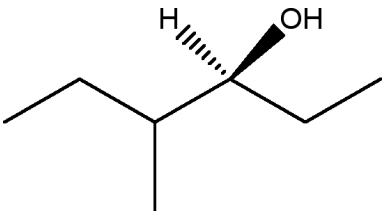
**2. dæmi**

Hver er bylgjulengd ljóseindar sem hefur orkuna $7,22 \cdot 10^{-20}$ kaloríur?

- ☐ 65,8 nm
- ☐ 2753 nm
- ☐ 658 nm
- ☐ 622 nm

**3. dæmi**

Hvað heitir þetta efni?




- ☐ 4-methyl-3-hexanol
- ☐ 3-methyl-4-hexanol
- ☐ 2-ethyl-3-hexanol
- ☐ 2-ethyl-3-pentanol

**4. dæmi**

Skoðið eftirfarandi kjarnahvarf:

$$\gamma + {}^{212}_{84}\mathrm{Po} \longrightarrow {}^{208}_{82}\mathrm{Pb} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

Hvers lags eindir innihalda $\gamma$-geislar?

- ☐ rafeindir
- ☐ róteindir
- ☐ nifteindir
- ☐ ekkert af ofantöldu

**5. dæmi**

Reiknið Gibbs-fríu orkuna fyrir hvarfið. Er hvarfið sjálfgengt?

$$2\ \mathrm{MgO}_{(s)} \longrightarrow 2\ \mathrm{Mg}_{(s)} + \mathrm{O}_{2(g)}$$
$$\Delta G_f^\circ(\mathrm{MgO}) = -569,6\ {}^{\mathrm{kJ}}/_{\mathrm{mól}}$$

- ☐ $-569,6$ kJ/mól, já
- ☐ 1139 kJ/mól, já
- ☐ $569,6$ kJ/mól, já
- ☐ 1139 kJ/mól, nei

**6. dæmi**

Tin(IV)klóríð hefur eðlismassann (þéttnina) 2,20 ${}^{\mathrm{g}}/_{\mathrm{cm}^3}$. Hversu mörg mól tin(IV)klóríðs er að finna í 0,82 lítrum af efninu?

- ☐ 11,7 mól
- ☐ 6,92 mól
- ☐ 1,80 mól
- ☐ 5,44 mól

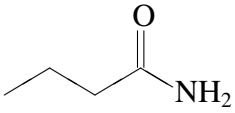
**7. dæmi**

Magnesíumflúoríð ($MgF_2$) hefur jónamargfeldið $K_{sp} = 7,26 \cdot 10^{-9}$. Hversu mörg grömm af magnesíumflúoríði leysast í 620 ml af vatni?

- ☐ 0,076 g
- ☐ 0,121 g
- ☐ 0,047 g
- ☐ 0,075 g

**8. dæmi**

Hvers kyns efni er á myndinni hér að neðan samkvæmt IUPAC nafngiftareglum?




- ☐ Amín
- ☐ Amínóester
- ☐ Amíð
- ☐ Karbónýlamín

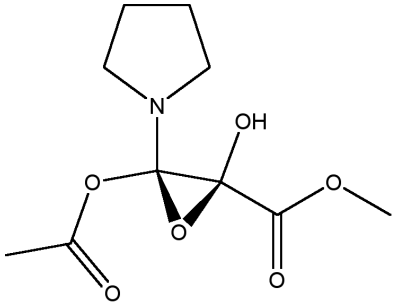
**9. dæmi**

Merkið við rétta rafeindahýsingu Rhodiums(II) ($Rh^{2+}$).

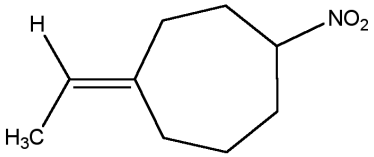
- ☐ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 4d^{10} 4p^6 5s^2 5d^5$
- ☐ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^7$
- ☐ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^5$
- ☐ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 4d^{10} 4p^6 5s^2 5d^7$

**10. dæmi**

E/Z kerfið í lífrænni efnafræði gefur til kynna, líkt og cis/trans, hver rúmefnafræði efna er. Munurinn er sá að um er að ræða flokkun á mikilvægi hópa, því um fleiri en 1 hóp er að ræða. E er þannig „trans“ ef mikilvægustu hóparnir eru mótlægir, en Z ef þeir eru „cis“ . Flokkaðu efnin í E eða Z:




(1)




(2)

- ☐ Efni 1 er E, en 2 er Z
- ☐ Bæði efnin eru Z
- ☐ Bæði efnin eru E
- ☐ 1 er Z, en 2 er E

# II. hluti - Fimm stiga spurningar

### 11. dæmi

Hver er eðlismassi $CO_2$ við 0,990 atm og 55°C?

- [ ] 0,02 g/L
- [ ] 1,62 g/L
- [ ] 9,65 g/L
- [ ] 0,22 g/L

### 12. dæmi

Gerum ráð fyrir að $N_2$ og $O_2$ séu kjörgös. Blöndu af þessum gösum var komið fyrir í 15 lítra íláti við 25°C. Heildarþrýstingur í ílátinu mældist $P_{total} = 1387,34$ hPa. Vitað er að 16 g eru af köfnunarefni í ílátinu og hlutþrýstingur þess er $P_{N_2} = 943,40$ hPa. Hversu mörg grömm eru af súrefnisgasi?

- [ ] 8,6 g
- [ ] 0,56 g
- [ ] 9,4 g
- [ ] 302 g

### 13. dæmi

$pK_A$ gildi maurasýru (formic acid) er 3,75. Hvert er nákvæmt pH-gildi lausnar, sem hefur náð jafnvægi, ef hún í upphafi samanstóð af 37 ml af 0,3M HCOOH og út í hana var bætt 251,63 mg af HCOONa? (Vísbending: Gerið ráð fyrir hverfandi rúmmáli saltsins.)

- [ ] 3,27
- [ ] 2,14
- [ ] 0,52
- [ ] 2,23

**14. dæmi**

Hversu mikla orku þarf til að hita 421 g af vatni úr 0 °C í 125 °C?
Eðlisvarmi vatns: $c_{vatn} = 4,184 \frac{\text{J}}{\text{g°C}}$
Eðlisvarmi gufu: $c_{gufa} = 1,99 \frac{\text{J}}{\text{g°C}}$
$\Delta H_{vap} = 40,79 \frac{\text{kJ}}{\text{mól}}$

- ☐ 1129 kJ
- ☐ 17,37 MJ
- ☐ 1173 kJ
- ☐ 1150 kJ

**15. dæmi**

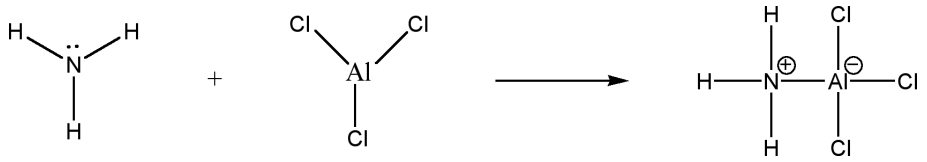
Ascorbic sýra hefur eftirfarandi massahlutföll atóma. Finnið reynsluformúlu efnisins.

- ☐ $C_3H_4O_3$
- ☐ $C_{3,407}H_{4,540}O_{3,406}$
- ☐ $C_3H_4O_2$
- ☐ $C_2H_4O_3$

| Atóm | %massi |
|---|---|
| C | 40,92 |
| H | 4,58 |
| O | 54,50 |

**16. dæmi**

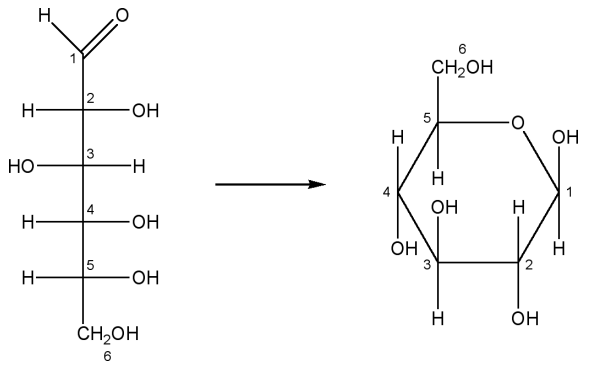
Lewis sýrur og basar eru skilgreind út frá rafeindaþéttleika þeirra. Efni sem eru rafeindasnauð (sbr. oktet-reglu) eru Lewis-sýrur. Að sama skapi eru rafeindarík efni Lewis-basar. Skilgreindu Lewis-sýru og Lewis-basa í eftirfarandi efnahvarfi:




- ☐ $NH_3$ er sýran, $AlCl_3$ er basinn
- ☐ $NH_3$ er basinn, $AlCl_3$ er sýran
- ☐ $NH_3$ og $AlCl_3$ eru sýrur, $H_3N^{+-}AlCl_3$ er tvígildur basi
- ☐ Þetta er ekki sýru-basa hvarf og þar af leiðandi eru ofangreind svör öll röng

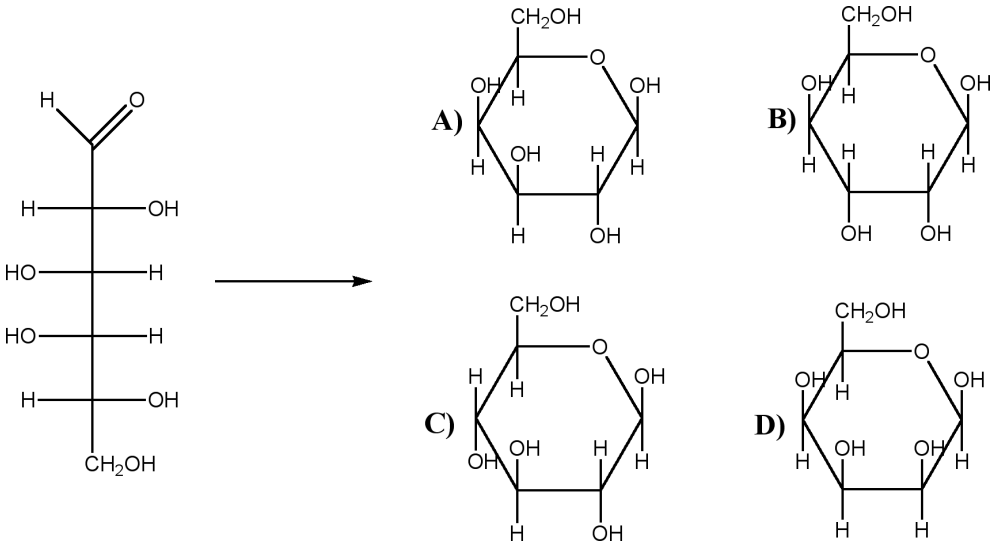
**17. dæmi**

Eins og allir vita er hringlaga form sykra stöðugra en línulega formið. Hvarfið sem myndar hemiacetal hringformsins gengur hratt og örugglega fyrir sig á eftirfarandi hátt (kolefnin eru númeruð til auðkenningar):



D-glúkósi $\beta$-D-glúkópýranósi

Nýtið þessa þekkingu til þess að spá fyrir um hringmynd $\beta$-D-galaktópýranósa:




D-galaktósi

- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D

**18. dæmi**

Í 1 líters þrýstiþolinni flösku er komið fyrir 500 ml af vatni við 25 °C. Flaskan þolir þrýsting allt upp að 50 loftþyngdum. Nú er bút af kalíummálmi bætt í flöskuna og hún innsigluð í snatri. Þegar kalíummálmurinn kemst í snertingu við vatnið verður eftirfarandi hvarf:

$$___K + ___H_2O \longrightarrow ___KOH + ___H_2$$

Stilltu efnajöfnuna og reiknaðu því næst út hvert er minnsta magn kalíummálms sem dugar til að sprengja flöskuna. Gerðu ráð fyrir að kalíumið hafi hverfandi rúmmál og að engin rúmmálsbreyting verði á vatninu við hvarfið. Hafðu einnig í huga að áður en kalíuminu er bætt í flöskuna er þrýstingurinn í henni jafn þrýstingi andrúmsloftsins (1 atm).

- ☐ 78,2 g
- ☐ 39,1 g
- ☐ 79,9 g
- ☐ 153,3 g

# III. hluti - Tíu stiga spurningar

### 19. dæmi

Ein leið til að að mæla brennsluvarma efnis er að nota búnað sem kallast kalorímetrísk bomba. Bomban er lítið hylki úr stáli sem hægt er að loka mjög tryggilega. Í hylkinu er komið fyrir töflu með vel þekktan massa af efninu sem á að mæla, ásamt þekktum massa af vír sem notaður er til að kveikja í sýninu með rafneista. Að þessu loknu er bombunni lokað tryggilega og súrefni því næst dælt inní hana upp að þrýstingi sem nemur um 2,4atm.

Bombunni er nú komið fyrir í vatnsbaði með þekkta varmarýmd og kveikt í sýninu. Með því að skrá hitabreytingu vatnsbaðsins má nú reikna brennsluvarmann. Gæta þarf þess að þekkja hversu mikið af kveikjuvírnum brann, því bruni vírsins leggur einnig til hitahækkunar í baðinu.

Áður en hægt er að nota kalorímetríska bombu þarf að þekkja varmarýmd hennar. Af þessum sökum er byrjað á að brenna sýni af efni með vel þekktan brennsluvarma og niðurstöður notaðar til að meta varmarýmd bombunnar.

Orkunni sem losnar þegar kveikt er í bombunni má lýsa með jöfnunni

$$\Delta U = \Delta U_{syni} + \Delta U_{vir} = (C_v^{vatn} + C_v^{bomba})\Delta T$$

þar sem $U$ táknar orku, $C_v$ varmarýmd og $T$ hitastig. Samhengið milli brennsluvarma sýnisins og orkunnar er svo

$$\Delta H^\circ_{syni} = -\Delta U^\circ_{syni} + R \cdot T_{0,63} \cdot \Delta n_g$$

$$\Delta U^\circ = \frac{\Delta U}{n}$$

þar sem $R$ er gasfastinn, $T_{0,63}$ hitastigið við 63% hitabreytingarinnar (í einingunni Kelvin) og $\Delta n_g$ breytingin á fjölda móla í gasfasa við brunann.

Eftirtaldar stærðir eru þekktar:

$$\Delta U^\circ_{benzosyra} = 3.225,22\ {}^{kJ}/_{mol} \quad M_{W_{benzosyra}} = 122,12\ {}^{g}/_{mol}$$

$$\Delta U^\circ_{vir} = 268,38\ {}^{kJ}/_{mol} \quad M_{W_{vir}} = 40,08\ {}^{g}/_{mol}$$

$$c_{vatn} = 4,185\ {}^{J}/_{g \cdot K}$$

Í töflunni hér að neðan eru niðurstöður úr tveimur mælingum með kalorímetískri bombu. Stærðin $m_{vir}$ táknar massa þess vírs sem að brann, aðrar stærðir skýra sig sjálfar.

| | $m_{syni}$ | $m_{vir}$ | $m_{vatn}$ | $T_{upphafs}$ | $T_{loka}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| benzósýra | $0,0655g$ | $0,0102g$ | $466,0g$ | $19,45°C$ | $20,24°C$ |
| naphtalen | $0,0431g$ | $0,0116g$ | $466,0g$ | $21,30°C$ | $22,10°C$ |

**a)** Hver er varmarýmd bombunnar?

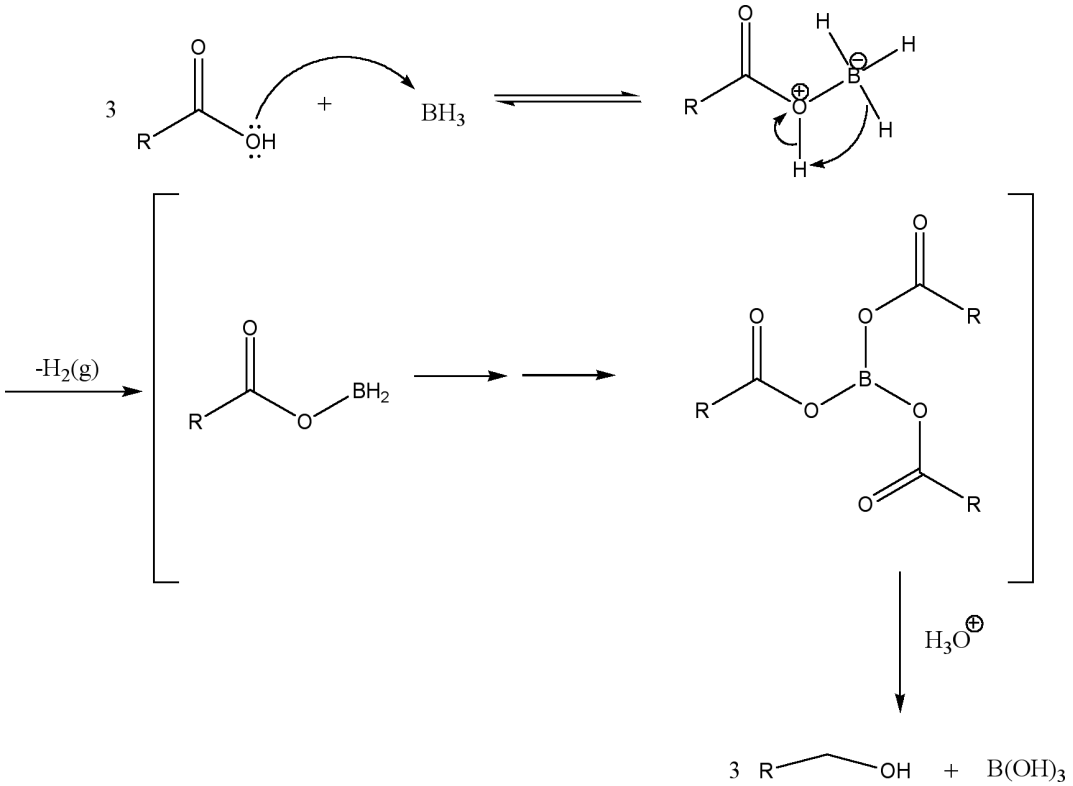
**b)** Bruni naphtalens er samkvæmt hvarfinu:

$$C_{10}H_{8(s)} + 12\ O_{2(g)} \longrightarrow 10\ CO_{2(g)} + 4\ H_2O_{(l)}$$

Hver er brennsluvarmi naphtalens?

**20. dæmi**

Hægt er að mynda alkóhól úr karboxyl-sýrum á tiltölulega mildan hátt með því að nota bóran ($BH_3$). Millistigsefni er þá blandað anhýdríð. Sjá hvarfgang hér að neðan:

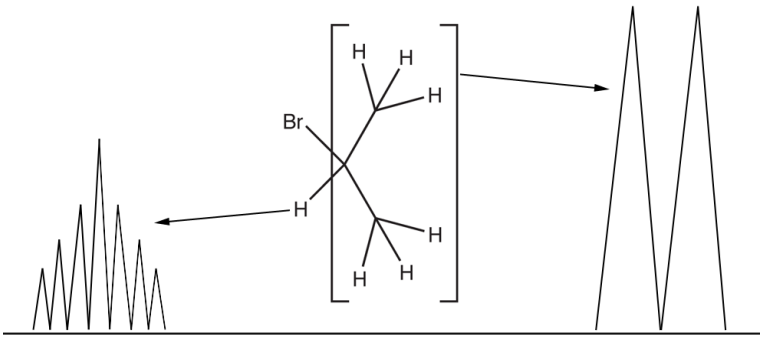



**a)** Teiknaðu upp hvarfgang fyrir myndun blandaðs anhýdríðs (þ.e. teiknaðu það sem vantar í hornklofann) miðað við að þú byrjar með bóran og própan sýru ($CH_3CH_2COOH$).

NMR (Nuclear Magnetic Resonance) er eitt af öflugustu tækjum sem lífrænir efnafræðingar hafa í sínu vopnabúri. Það er mikið notað til þess að finna byggingu efnis sem er verið að smíða eða greina. Mest eru notuð svokölluð $^{1}$H-NMR róf en þau virka þannig að hver prótóna í efninu skilar merki sem síðan er hægt að lesa úr.

Eitt af því sem gerir NMR-tæknina að svona öflugu tóli, er að vetnisatómin „sjá hvert annað“ . Sem sagt, ef það er eitt vetnisatóm á einu kolefni og eitt á því næsta, kúpla þau saman. Þetta leiðir af sér að hvor prótóna, gefur frá sér 2 toppa á NMR-rófi, þ.e.a.s. topparnir í merki prótónunnar eru einum fleiri en fjöldi „nágrannaprótóna“ . Þetta kallast (n+1)-reglan. Ef tvær prótónur eru jafngildar (í sams konar kemísku umhverfi) leggjast merkin frá þeim saman og flatarmál toppanna eykst.

Til skýringar má sjá dæmi á myndinni hér að neðan. Þar eru 6 jafngildar prótónur sem sjá 1 prótónu á næsta kolefni við sig (í öðru umhverfi), þ.a.l. koma 2 toppar fyrir prótónurnar 6 (1+1 = 2). Eina vetnisatómið í miðjunni sér aftur á móti 6 prótónur í kringum sig og koma því 7 toppar fyrir það (6+1 = 7). Ef vetnisatóm eru á kolefni sem er við hliðina á rafneikvæðu atómi, dragast topparnir lengra til vinstri á myndinni eins og staka prótónan gerir hér fyrir tilstilli bróms.

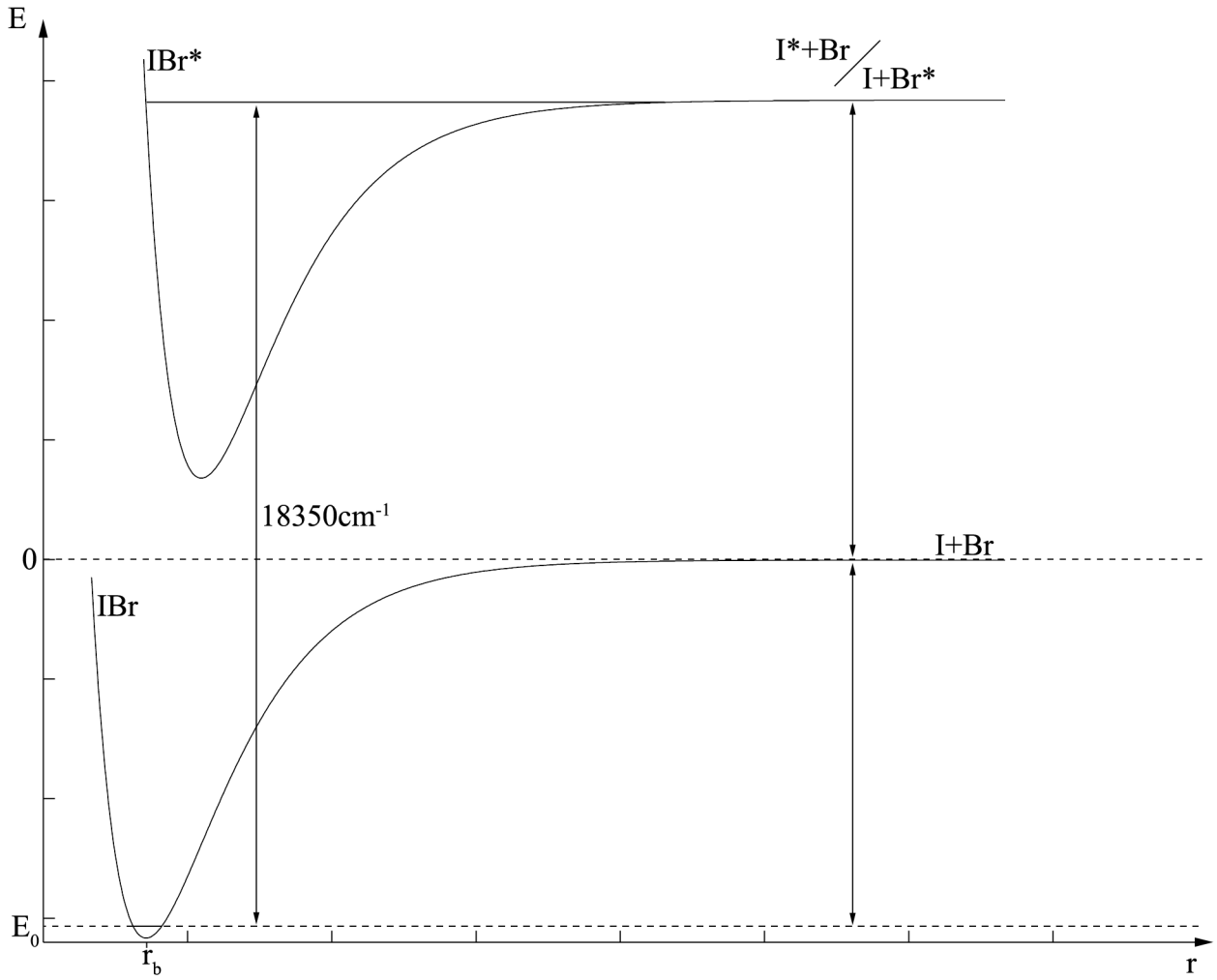



**b)** Notaðu þessa vitneskju til að gera rissmynd af því hvernig $^{1}$H-NMR-róf anhýdríðsins í **a)** myndi líta út.

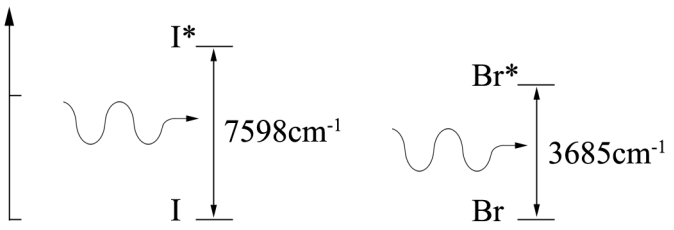
**21. dæmi**

Stöðuorku tvíatóma sameindar má lýsa með orkubrunni líkt og sjá má á myndinni hér að neðan. Lárétti ásinn táknar lengd á milli atómanna en sá lóðrétti orku. Inn á myndina er búið að merkja tengjalengd sameindarinnar, $r_b$, og núllpunktsorkuna, $E_0$. Tengiorka sameindarinnar er $E_b = -E_0$. Þegar fjarlægðin á milli atómanna verður næg, hætta þau að hafa áhrif hvert á annað og teljast því stök atóm (ekki sameind).

Efri orkuferillinn táknar sömu sameind, en nú í örvuðu ástandi. Eins og sjá má hefur tengjalengdin og orkuhæðin breyst. Oft er hástæð stjarna notuð til að tákna örvað ástand, sbr. IBr*.



Á minni myndinni sjáum við örvun joðatóms annars vegar og brómatóms hins vegar. Athugið að í raun er $cm^{-1}$ orkueining, líkt og J.




**a)** Notið upplýsingarnar hér að ofan til að reikna tvö möguleg gildi á tengiorku IBr sameindarinnar.

**b)** Hér að neðan gefur að líta upplýsingar um tengiorku $I_2$ og $Br_2$ auk enthalpíu IBr.

$\Delta H_{IBr}$ = 41 kJ/mól
$D$(I-I) = 151 kJ/mól
$D$(Br-Br) = 193 kJ/mól

Notið þessar upplýsingar til að meta hvor niðurstaðan úr **a)** er réttari.