Efnafræðifélag Íslands
The Icelandic Chemical Society

∞∞∞

16. Almenna landskeppnin í efnafræði

1. mars 2017, 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 20 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 2 stærri spurningar sem gefa fimmtán stig hvor. 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 næstu tvær blaðsíður, en á þeim eru formúlur, fastar og lotukerfið. Þið megið rífa formúlublöðin frá verkefninu.
7. Í fjölvalsspurningunum skal setja kross í viðeigandi kassa, en í öðrum spurningum skal svarið skrifað fyrir neðan spurninguna. Sýnið útreikninga. 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
$A = A_0 \cdot e^{-kt}$	$1\mathrm{J} = 1\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{s}^{-2}$	

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 72,61	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 (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 (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 (145)	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)

I. hluti - Þriggja stiga spurningar

1. dæmi

Álsúlfíð er lyktarlaust jónaefni sem er myndað úr jónum áls (Al) og brenniteins (S).
Hver er efnaformúla álsúlfíðs?

- ☐ AlS
- ☐ AlS_2
- ☐ Al_2S
- ☐ Al_2S_3
- ☐ Al_3S_2

2. dæmi

Frumefnið gadolinium er nefnt eftir steindinni gadolinite, þrátt fyrir að steindin innihaldi aðeins snefilmagn af frumefninu.
Hvað eru margar rafeindir, róteindir og nifteindir í eftirfarandi samsætu gadoliniums: $^{158}_{64}Gd$?

- ☐ 64 rafeindir, 64 róteindir, 158 nifteindir
- ☐ 64 rafeindir, 64 róteindir, 94 nifteindir
- ☐ 94 rafeindir, 94 róteindir, 64 nifteindir
- ☐ 64 rafeindir, 94 róteindir, 94 nifteindir
- ☐ 158 rafeindir, 158 róteindir, 64 nifteindir

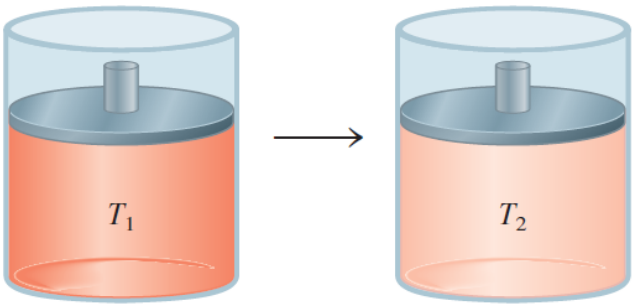
3. dæmi

Raðið eftirfarandi atómum í stærðarröð: Sn, Rb, Cl, S

- ☐ Rb > Sn > S > Cl
- ☐ Cl > S > Sn > Rb
- ☐ Sn > Rb > Cl > S
- ☐ S > Cl > Rb > Sn
- ☐ Rb > Sn > Cl > S

4. dæmi

Efnahvarf á sér stað við fast rúmmál og fastan þrýsting eins og sést á mynd. Upphafshitastigið, T_1, er tvöfalt lokahitastigið, T_2. Efnin sem um ræðir eru öll á gasformi. Hvaða efnajafna lýsir best efnahvarfinu?



- ☐ $A \rightarrow B$
- ☐ $A + B \rightarrow C$
- ☐ $AB \rightarrow C + D$
- ☐ $A + B \rightarrow C + D$
- ☐ $A + B \rightarrow 2\,C + D$

5. dæmi

Gefið er efnahvarf í jafnvægi

$$H_2(g) + CO_2(g) \rightleftharpoons H_2O(g) + CO(g)$$

Notið reglu Le Châteliers til að ákvarða hver áhrifin eru á jafnvægið ef rúmmál er minnkað.

- ☐ Hvarfið mun ganga til hægri því að þrýstingur eykst
- ☐ Hvarfið mun ganga til hægri því að þrýstingur minnkar
- ☐ Hvarfið mun ganga til vinstri því að þrýstingur eykst
- ☐ Hvarfið mun ganga til vinstri því að þrýstingur minnkar
- ☐ Rúmmálsbreyting mun ekki hafa áhrif á jafnvægið

6. dæmi

Emil efnafræðingur finnur flösku á tilraunastofunni en innihald flöskunnar kemur ekki fram á umbúðunum. Það eina sem stendur á flöskunni er *0,0035 M* og *pH = 2,46*.
Hvers konar efni er í flöskunni?

- [ ] Veikur basi
- [ ] Veik sýra
- [ ] Sterk sýra
- [ ] Sterkur basi
- [ ] Hlutlaust salt

7. dæmi

Hvert eftirtalinna efnahvarfa er **oxunar-afoxunarhvarf**?

- [ ] $NH_4HS(s) \rightarrow NH_3(g) + H_2S(g)$
- [ ] $2\,NaHCO_3(s) \rightarrow Na_2CO_3(s) + H_2O(g) + CO_2(g)$
- [ ] $N_2O_4(g) \rightarrow 2\,NO_2(g)$
- [ ] $2\,SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,SO_3(g)$
- [ ] $2\,CH_3COOH(aq) + Ba(OH)_2(aq) \rightarrow Ba(CH_3COO)_2(aq) + 2\,H_2O(l)$

8. dæmi

Emil efnafræðingur er að leita að efni sem hefur efnaformúlu C_4H_{10} en flöskurnar á tilraunastofunni eru aðeins merktar með nafni. Hvaða flaska inniheldur efnið sem hann er að leita að?

- [ ] 2-metýlprópan
- [ ] 2-metýlbútan
- [ ] 3-metýlpentan
- [ ] 3-metýlbútan
- [ ] 2-metýlpentan

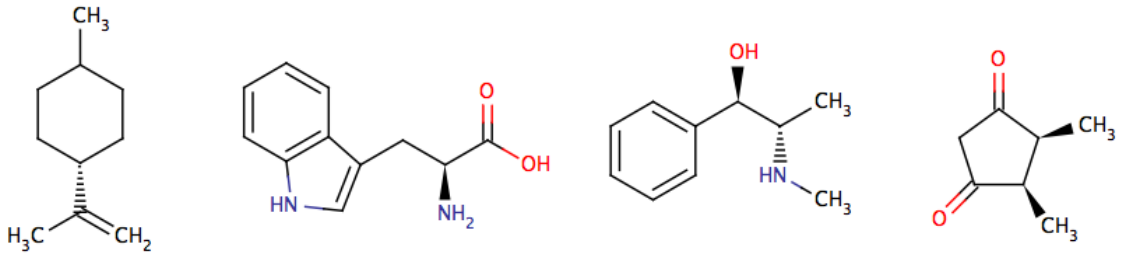
9. dæmi

Í eftirtöldum sameindum eru öll efnatengi skautuð. Hvaða sameind er þó óskautuð þrátt fyrir skautuð tengi?

- ☐ CF_4
- ☐ PH_3
- ☐ H_2Te
- ☐ $CHCl_3$
- ☐ BrI_3

10. dæmi

Efni A, B, C og D eru lífræn efnasambönd. Hver þeirra eru hendin?



A B C D

- ☐ B og C
- ☐ A, B og D
- ☐ A og C
- ☐ B og D
- ☐ öll

II. hluti - Fimm stiga spurningar

1. dæmi

Emil efnafræðingur ætlar að útbúa mjög þunna plötu úr blýi. Platan á að vera ferhyrnd með hliðarlengdir 33,0 cm og 45,0 cm og þykkt hennar á aðeins að vera 0,140 mm. Hvað þarf mörg blýatóm í plötuna hans Emils? Blý hefur eðlismassann 11,35 g/cm^3.

- [ ] $6{,}86 \cdot 10^{23}$
- [ ] $2{,}29 \cdot 10^{26}$
- [ ] $2{,}29 \cdot 10^{25}$
- [ ] $6{,}86 \cdot 10^{22}$
- [ ] $1{,}42 \cdot 10^{26}$

2. dæmi

Ester efnafræðingur vildi athuga styrk $AgNO_3$ lausnar og ákvað að fella út silfurjónirnar sem silfurklóríð. Til að fella út allar silfurjónir í 50,0 mL af $AgNO_3$ lausn þurfti hún 45,8 mL af 3,14 M NaCl lausn. Hver er mólstyrkur $AgNO_3$ lausnarinnar?

- [ ] 2,88 M
- [ ] 1,50 M
- [ ] 3,14 M
- [ ] 3,42 M
- [ ] 1,71 M

3. dæmi

Blásýra, HCN, er mjög eitrað gas. Það er litlaust en lyktar eins og möndlur. Efnið myndast að mjög litlu leyti þegar acetylen, C_2H_2, kemst í snertinu við köfnunarefni:

$$N_2(g) + C_2H_2(g) \rightleftharpoons 2\,HCN(g)$$

2,560 mól af $N_2(g)$ og 2,800 mól af $C_2H_2(g)$ var komið fyrir 1,600 L íláti og blöndunni leyft að hvarfast við 25°C. Við jafnvægi voru 2,539 mól af $N_2(g)$ til staðar í ílátinu.
Hver er jafnvægisfasti hvarfsins, K_c, við 25°C?

- [ ] $9{,}8 \cdot 10^{-4}$
- [ ] $9{,}4 \cdot 10^{-3}$
- [ ] $2{,}5 \cdot 10^{-4}$
- [ ] $4{,}7 \cdot 10^{-3}$
- [ ] $6{,}7 \cdot 10^{-5}$

4. dæmi

Eftirfarandi oxunar-afoxunarhvarf á sér stað í basískri lausn.

$$P \rightarrow PH_3 + H_2PO_2^-$$

Hver er stuðullinn við P í stilltri efnajöfnu?

- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 6

5. dæmi

1,00 g af NH_4Cl og 1,00 g af $Ba(OH)_2 \cdot 8\,H_2O$ er leyst upp í afjónuðu vatni í mæliflösku og fyllt að marki við 100,0 mL. Þá fer af stað eftirfarandi efnahvarf:

$$2\,NH_4Cl(aq) + Ba(OH)_2(aq) \rightarrow BaCl_2(aq) + 2\,NH_3(aq) + 2\,H_2O(l)$$

Þekkt er að $K_a(NH_4^+) = 10^{-9,24}$ fyrir hvarfið $NH_4^+ \rightleftharpoons NH_3 + H^+$
Hvert er pH gildi lausnarinnar?

- ☐ 7,00
- ☐ 8,95
- ☐ 9,02
- ☐ 9,24
- ☐ 9,53

6. dæmi

Myndun $NO_2(g)$ úr $N_2(g)$ og $O_2(g)$ er innvermið efnahvarf:

$$N_2(g) + O_2(g) \rightarrow NO_2(g) \text{ (óstillt)}$$

Vermibreyting efnahvarfsins (með lægstu heiltölustuðlum) er $\Delta H = 67{,}7$ kJ.
Nú er 0,250 L af $N_2(g)$ og 0,450 L af $O_2(g)$ við 100°C og 3,50 atm blandað saman. Ef gert er ráð fyrir að hvarfið geti gengið að fullu, hversu mikinn varma þarf til að fá hámarksheimtur af $NO_2(g)$?

svar = _____

7. dæmi

Efni X inniheldur 63,3% mangan (Mn) og 36,7% súrefni (O) af massa. Þegar X er hitað losnar súrefni og til verður nýtt efnasamband Y sem inniheldur 72,0% Mn og 28,0% O.
a) (3 stig)
Ákvarðið efnaformúlur X og Y.

efnaformúla X = _____

efnaformúla Y = _____

b) (2 stig)
Skrifið stillta efnajöfnu fyrir umbreytingu á X yfir í Y sem á sér stað við hitun.

Stillt efnajafna: _____

8. dæmi

25,0 mL af lausn sem inniheldur bæði Fe^{2+} og Fe^{3+} er títruð með 23,0 mL af 0,0200 M $KMnO_4$ í daufsúrri lausn. Þá oxast Fe^{2+} jónir í Fe^{3+}. Lausnin, sem þá inniheldur aðeins Fe^{3+}, er svo meðhöndluð með Zn málmi en við það umbreytist Fe^{3+} yfir í Fe^{2+}. Þá er lausnin aftur títruð með sömu $KMnO_4$ lausninni og áður en í þetta sinn þurfti 40,0 mL að endapunkti.
Hver er mólstyrkur Fe^{2+} og Fe^{3+} í upprunalegu lausninni?
Efnajafnan er

$$MnO_4^- + 5\,Fe^{2+} + 8\,H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 5\,Fe^{3+} + 4\,H_2O$$

Mólstyrkur Fe^{2+} = _____

Mólstyrkur Fe^{3+} = _____

III. hluti - Fimmtán stiga spurningar

1. dæmi Eldsneyti

Venjulegt bensín er blanda af fjöldamörgum mislöngum og misgreinóttum lífrænum sameindum. Um 30% blöndunnar er oktan en aðrar sameindir finnast í mun minna mæli. Til einföldunar skulum við gera ráð fyrir því að bensín sé hreint oktan. Þar sem olíulindir heimsins eru takmarkaðar og olíuvinnsla hefur slæm umhverfisáhrif hafa menn lengi leitað að efnum sem geta komið í stað bensíns. Eitt þeirra efna sem horft hefur verið til í því skyni er metanól.
Í töflunni hér að neðan er staðalmyndunarvarmi (ΔH_f°) og staðalóreiða (ΔS°) nokkurra efna við 25°C. Gerum ráð fyrir að ΔH_f° og S° breytist ekki með hitastigi.

Efni	ΔH_f°(kJ/mól)	$S^\circ(\frac{J}{mól \cdot K})$
$C_8H_{18}(l)$	-208,4	361,2
$CH_3OH(l)$	-238,4	126,8
$O_2(g)$	0,0	205,1
$CO_2(g)$	-393,5	213,7
$H_2O(g)$	-241,8	188,8

a) (4 stig)
Þegar lífræn efni brenna hvarfast þau við súrefni og mynda koltvíoxíð og vatn. Ritið stilltar efnajöfnur fyrir bruna oktans annars vegar og metanóls hins vegar.

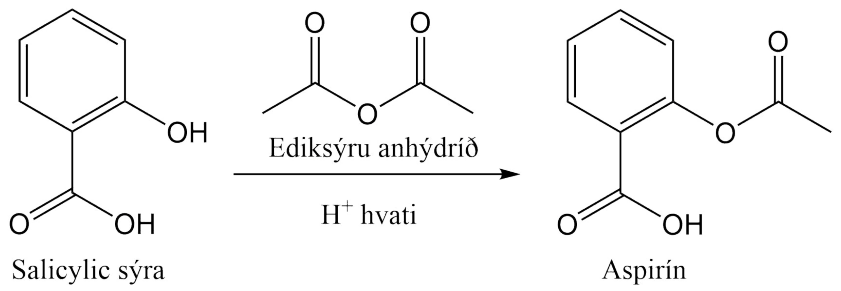
b) (3 stig)
Brennsluvarmi efnis, ΔH_c, er sá varmi sem losnar við bruna á efni. Reiknið brennsluvarma eins móls af oktani og metanóli.

c) (4 stig)
Það hve mikil orka fæst til að framkvæma vinnu ræðst þó ekki beint af brennsluvarmanum, heldur af Gibbs-orkunni; ΔG. Reiknið ΔG fyrir bruna á bæði oktan og metanóli. Gerið ráð fyrir að hitastigið í bílvél sé 90°C.

d) (4 stig)
Gerum ráð fyrir að öll Gibbs-orkan nýtist í vinnu. Reiknið orkuna sem nýta má til vinnu úr einum lítra af annars vegar oktani og hins vegar metanóli. Eðlismassi oktans er 0,703 kg/L og eðlismassi metanóls er 0,792 kg/L.

2. dæmi Lífræn efnafræði

Víðitré hafa verið notuð í yfir 2400 ár vegna þeirra góðu áhrifa sem laufblöðin hafa á heilsu manna. Heimildir eru til um að Súmarar og Forn-Egyptar hafi nýtt sér laufin, t.d. til að búa til lyfjate. Strax á 19. öld höfðu vísindamenn áttað sig á því að virka efnið í víðitréinu væri *salicylic sýra*. Fljótlega fóru vísindamenn að þróa aðferðir til að framleiða betri valkosti til lyfjagerðar. Það leiddi til þess að aspirín var þróað um aldamótin 1900.
Ein leið til að búa til aspirín er að hvarfa ediksýru anhýdríð við salicylic sýru:

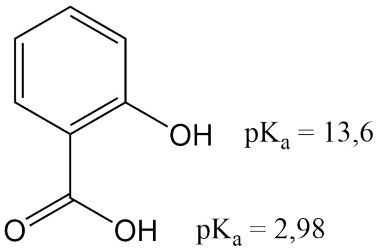


a) (2 stig)
Hvaða hliðarafurð myndast við hvarfið?

b) (2 stig)
Hvaða virku hópar finnast í aspirín sameindinni?

c) (3 stig)
Efnahvarfið milli salicylic sýru og ediksýru anýdríðs er kallað kjarnsækið skiptihvarf.
Hvort hvarfefnið er kjarnsækirinn og hvort er rafsækirinn? Rökstyðjið í stuttu máli.

d) (1 stig)
Salicylic sýra hefur tvær súrar prótónur og pK_a gildi þeirra eru merkt inn á myndina.
Dragið hring um súrari prótónuna.



Salicylic sýra

e) (3 stig)
0,205 g af salicylic sýru eru leyst upp vatni og fyllt að 100,0 mL marki. Hvert verður pH gildi lausnarinnar? (mólmassi salicylic sýru er 138,12 g/mól)

f) (4 stig)
Teiknið hvarfgang fyrir myndun aspiríns. Notið örvar til að sýna flutning rafeinda.