

Universitetet i Oslo
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

løsningsforslag

Eksamen i KJM1100 Generell kjemi

Eksamensdag: onsdag 9. desember 2015

Oppgavesettet består av 17 oppgaver med følgende vekt (også gitt i overskriften til hver oppgave):

Opgave	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Poeng	7	3	3	4	8	7,5	4	7,5	3	10	8	8	8	2	8	4,5	4,5

Totalsum er 100 poeng.

Vedlegg: Periodesystemet med atommasser.

Tillatte hjelpemidler: Lommekalkulator.

Konstanter du kan få bruk for:

$$R = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{mol}) = 0,0821 \text{ L atm}/(\text{K} \cdot \text{mol})$$

$$F = 96500 \text{ J}/(\text{V} \cdot \text{mol})$$

Nernst ligning er:

$$E = E^{\circ} - (RT/nF) \ln Q = E^{\circ} - (0,0257 \text{ V}/n) \ln Q = E^{\circ} - (0,0592 \text{ V}/n) \log Q$$

To regneregler for logaritmer: $\log(1/a) = -\log a$, $\log a^n = n \log a$

Oppgave 1 (7 poeng)

Hver 1,75 poeng

a) Hvilket grunnstoff har elektronkonfigurasjonen $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$?

Angi kjemisk symbol her: **Ar**

b) Hvilket ion har den største ioneradien?

Mg^{2+} **Br^-** Be^{2+} Na^+ F^-

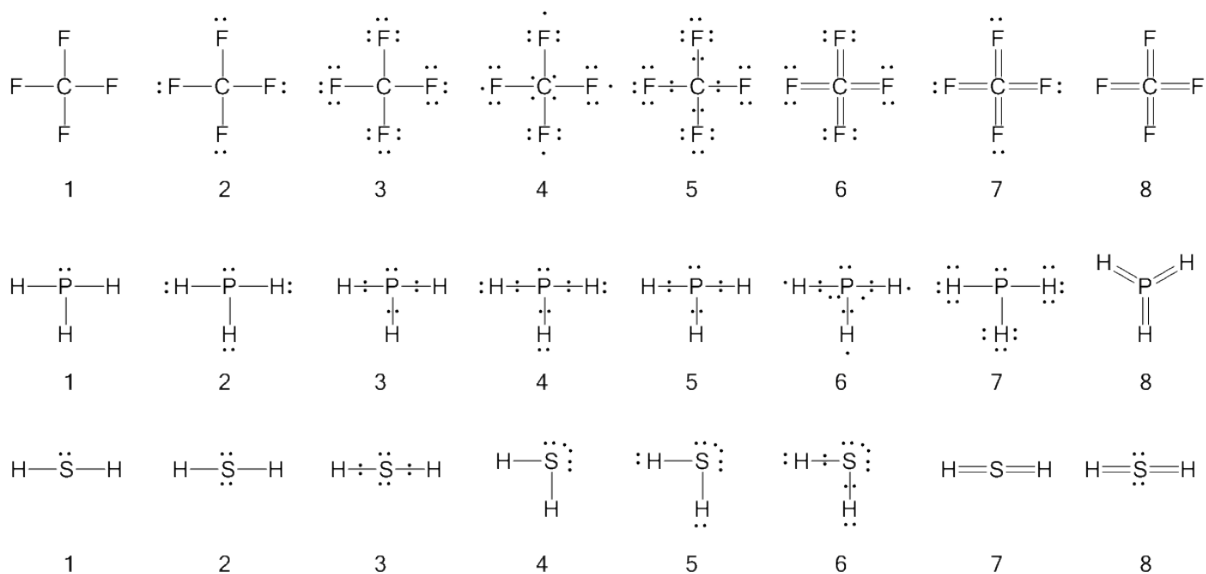
c) Hvilket av disse grunnstoffene har lavest elektronegativitet?

Cl Si Sn **K** O

d) I hvilken av forbindelsene er sentralatomet sp^3d hybridisert?

NH_3 **PCl_5** SF_6 CCl_4 NO_2

Oppgave 2 (3 poeng)



Velg riktig Lewisstruktur for CF₄, PH₃ og H₂S fra figuren over.

Hver 1 poeng

Stoff	1	2	3	4	5	6	7	8
CF ₄								
PH ₃								
H ₂ S								

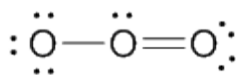
Oppgave 3 (3 poeng)

Bruk VSEPR-modellen til å forutsi geometrien til CF₄, PH₃ og H₂S.

Hver 1 poeng

Stoff	Vinklet	Lineær	Plan trigonal	Pyramidal	T-formet	Tetraedrisk
CF ₄						
PH ₃						
H ₂ S						

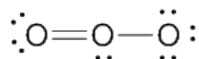
Oppgave 4 (4 poeng)



Figuren viser en mulig resonansform for ozonmolekylet, O₃. Velg riktig alternativ for de ulike påstandene under.

Hver 1 poeng

A) Hvor mange flere (i tillegg til den som er vist) resonansformer er det rimelig å tegne for ozon?



1 Ingen

2 En

Denne (som ikke var vist i oppgavesettet)

3 To

B) Hva er formell ladning på de tre oksygenatomene fra venstre mot høyre på figuren over?

1 -1 0 +1 **2** 0 +1 -1 **3** -1 +1 0

C) Hvilken geometri har ozon?

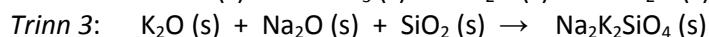
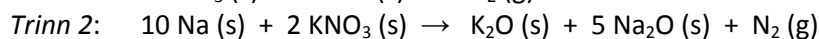
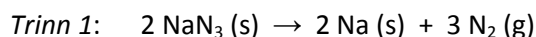
1 Vinklet **2** Lineær **3** Plan trigonal

D) Hva slags dipolmoment har ozon?

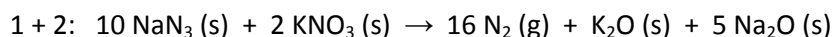
1 Ikke noe (upolart) **2** Svak dipol **3** Sterk dipol

Oppgave 5 (8 poeng)

Når en luftpute (airbag) utløses i forbindelse med at en bil kolliderer, skjer det tre ulike kjemiske reaksjoner:



Vi skal ikke se på trinn 3, men summen av trinn 1 og 2:



Hvor mange liter nitrogengass får du fra 60,0 g natriumazid, NaN_3 , når trykket er 1,000 atm. og temperaturen er 22,0 °C? Vi antar at kaliumnitrat er til stede i overskudd.

Utrekning:

$M(\text{NaN}_3) = 22,99 + 3 \times 14,01 = 65,02 \text{ g}$

$n(\text{NaN}_3) = m/M = 60,0 \text{ g} / 65,02 \text{ g/mol} = \underline{0,923 \text{ mol}}$ 2 poeng

Fra reaksjonsligningen ser vi at 10 mol $\text{NaN}_3(\text{s})$ gir 16 mol $\text{N}_2(\text{g})$, molforholdet er 1:1,6

$n(\text{N}_2) = 1,6 \cdot n(\text{NaN}_3) = 1,6 \cdot 0,923 \text{ mol} = \underline{1,476 \text{ mol}}$ 2,5 poeng

Finner gassvolumet fra den ideelle gassligning $PV = nRT \rightarrow V = nRT/P$ der $T = 22,0 + 273,15 = 295,15 \text{ K}$

$V(\text{N}_2) = 1,476 \text{ mol} \cdot 0,0821 \text{ L atm}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \cdot 295,15 \text{ K} / 1,000 = \underline{35,8 \text{ L}}$ 3,5 poeng

Oppgave 6 (7,5 poeng)

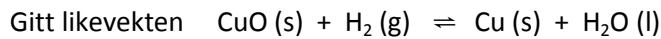
Hver 1,5 poeng

Følgende system er i likevekt ved 600 K: $\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 (\text{g})$ $\Delta H^\circ = -46 \text{ kJ/mol}$

Bruk Le Chateliers prinsipp til å avgjøre hvordan det går med mengden H_2 i gassblandingen hvis vi

	øker	avtar	uendret
setter til mer N_2			
minsker trykket ved å øke volumet			
endrer temperaturen til 700 K			
tilsetter en katalysator			
øker trykket ved å tilsette litt argon			

Oppgave 7 (4 poeng)

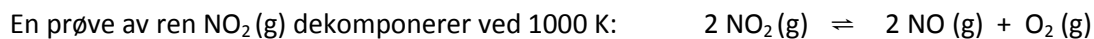


Skriv opp uttrykket for likevektskonstanten under.

Svar:

$K = 1/p_{\text{H}_2}$ eller $K_c = 1/[\text{H}_2]$

Oppgave 8 (7,5 poeng)



Likevektskonstanten K_p er 158. En analyse viser at partialtrykket til O_2 , P_{O_2} , er 0,25 atm. ved likevekt. Beregn partialtrykkene til NO og NO_2 .

Utrekning:

Det dannes 2 NO-molekyler for hvert O_2 -molekyl, følgelig må P_{NO} være dobbelt så stort som P_{O_2}

$P_{\text{NO}} = 2 \cdot P_{\text{O}_2} = 2 \cdot 0,25 \text{ atm} = \underline{0,50 \text{ atm}}$

2,5 poeng

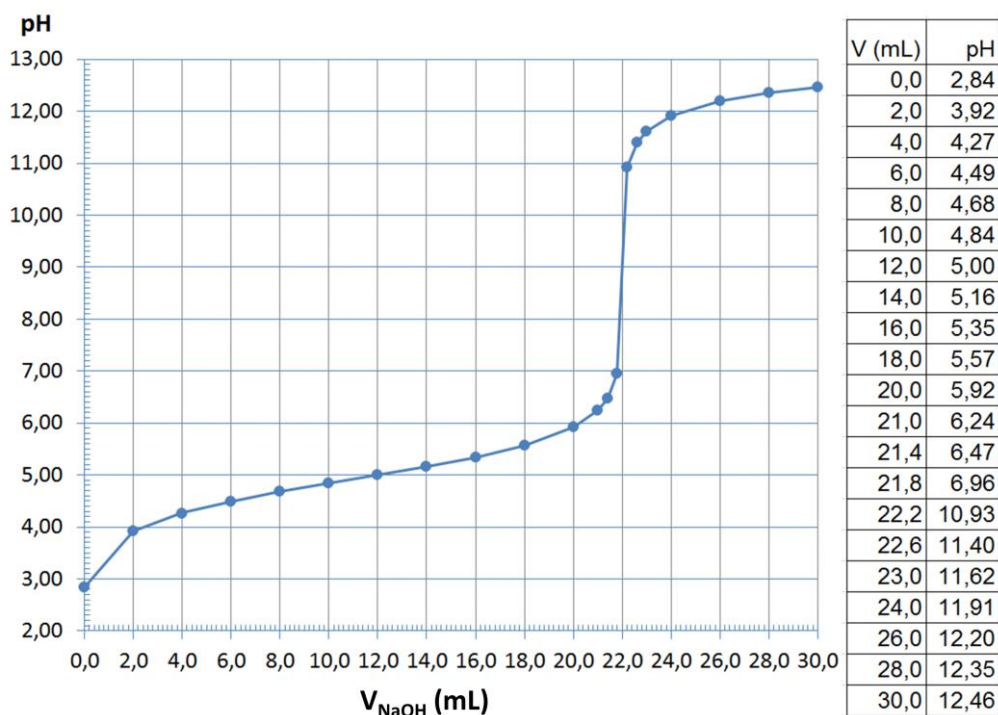
Finner P_{NO_2} fra likevektskonstanten $K_p = (P_{\text{NO}})^2 \cdot P_{\text{O}_2} / (P_{\text{NO}_2})^2 = 158$

$(P_{\text{NO}_2})^2 = (P_{\text{NO}})^2 \cdot P_{\text{O}_2} / K_p = (0,50)^2 \cdot 0,25 / 158 = 3,96 \cdot 10^{-4}$

$P_{\text{NO}_2} = \underline{0,020 \text{ atm}}$

5 poeng

Oppgave 9 (3 poeng)



Vi titrerer 25,00 mL av en ukjent, énpotisk organisk syre HA med 0,2000 M NaOH mens vi fortløpende måler pH. Dette gir titrerkurven vist over der punktene viser faktiske pH-målinger. Hva er konsentrasjonen til syren? Bruk fire desimaler i svaret.

Utgning (ikke spurt om):

Anslår titrervolumet av lut til 22,00 mL, kan regne ut antall mol tilsatt:

$$n_{\text{NaOH}} = c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} = 0,2000 \text{ mol/L} \cdot 0,02200 \text{ L} = \underline{4,40 \cdot 10^{-3} \text{ mol}} \quad (\text{det er mulig å regne direkte uten å gå om antall mol})$$

Antall mol syre og antall mol lut forholder seg 1:1, dvs

$$n_{\text{HA}} = 4,40 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Kjenner volumet, kan finne konsentrasjonen fra $n_{\text{HA}} = c_{\text{HA}} \cdot V_{\text{HA}} \rightarrow c_{\text{HA}} = n_{\text{HA}} / V_{\text{HA}}$

$$c_{\text{HA}} = 4,40 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / 25,00 = \underline{0,1760 \text{ mol/L}}$$

Svar i intervallet 0,1742 – 0,1778 er automatisk godkjent, andre svar kan gi noe uttelling etter manuell retting.

Oppgave 10 (10 poeng)

a) Bruk titrérkurven (den samme som i Oppgave 9) til å anslå en verdi for syrens syrekonstant, K_a .

b) Beregn pH i ekvivalenspunktet ved hjelp av K_a -verdien du fant i a). Dersom du ikke fant et svar i a), kan du bruke verdien $K_a = 2,0 \cdot 10^{-5}$. NB: Dette er ikke riktig svar på a). Dersom du ikke klarer å regne ut pH-verdien, kan du bruke titrérkurven til å gjøre et anslag.

Utgning:

a) Titrér volumet er fortsatt 22,00 mL, før vi kommer til ekvivalenspunktet har vi en buffer der man finner pH med bufferligningen:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log(c_{\text{A}^-} / c_{\text{HA}})$$

Ved halvtitrépunktet, dvs 11,00 mL er $c_{\text{A}^-} = c_{\text{HA}}$ og $\text{pH} = \text{p}K_a$

Har pH-avlesninger ved 10,00 mL = 4,84 og ved 12,00 mL = 5,00. Vi er midt mellom disse.

$$\text{p}K_a = 4,92 \rightarrow \underline{K_a = 1,20 \cdot 10^{-5}}$$

4 poeng

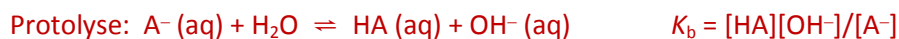
$K_a = 1,45 \cdot 10^{-5}$ og $K_a = 1,00 \cdot 10^{-5}$, som man får ved å bruke henholdsvis 4,84 og 5,00 som pH ved halvtitrépunktet, gir 2 poeng

b) Fra Oppgave 9 fant vi at $n_{\text{HA}} = 4,40 \cdot 10^{-3}$ mol, ved ekvivalenspunktet er alt dette overført til den korresponderende basen A^- og vi har $n_{\text{A}^-} = 4,40 \cdot 10^{-3}$ mol.

Vi skal beregne pH i en svak base, trenger konsentrasjonen og dessuten basekonstanten K_b .

$$c_{\text{A}^-} = n_{\text{A}^-} / V_{\text{total}} = n_{\text{A}^-} / (V_{\text{syre}} + V_{\text{base}}) = 4,40 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / (0,02500 + 0,02200) \text{ L} = \underline{0,0936 \text{ mol/L}}$$

$$K_a \cdot K_b = K_w \rightarrow K_b = K_w / K_a = 1,00 \cdot 10^{-14} / 1,20 \cdot 10^{-5} = \underline{8,33 \cdot 10^{-10}}$$



konsentrasjoner	$[\text{A}^-]$	$[\text{HA}]$	$[\text{OH}^-]$
start	0,0936	0	≈ 0
endring	-x	+x	x
slutt	0,0936-x	x	x

$$\text{Innsetting i uttrykket for } K_b \text{ gir: } K_b = x \cdot x / (0,0936 - x) = x^2 / (0,0936 - x) = 8,33 \cdot 10^{-10}$$

$$\text{Antar } x \ll 0,0936 \rightarrow 0,936 - x \approx 0,936 \rightarrow x^2 / 0,0936 = 8,33 \cdot 10^{-10} \rightarrow x^2 = 7,80 \cdot 10^{-11}$$

$$[\text{OH}^-] = x = 8,83 \cdot 10^{-6} \rightarrow \text{pOH} = 5,05 \rightarrow \text{pH} = 14,00 - \text{pOH} = 14,00 - 5,05 = \underline{8,95}$$

6 poeng

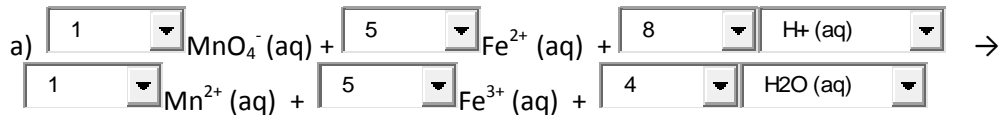
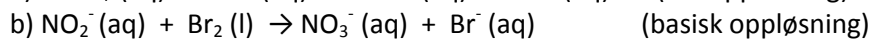
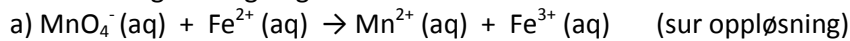
Antagelsen gjort over er god.

Dersom man benytter den alternative K_a -verdien på $2,0 \cdot 10^{-5}$ blir svaret i b) $\text{pH} = \underline{8,84}$. Dette gir også 6 poeng.

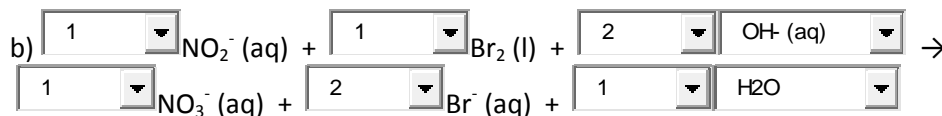
Dersom man ikke regner ut, men korrekt anslår pH til i underkant av 9 fra titrérkurven, gir dette 2 poeng.

Oppgave 11 (8 poeng)

Balanser følgende ligninger:



4 poeng



4 poeng

Oppgave 12 (8 poeng)

Løselighetsproduktet til bariumsulfat er $K_{\text{sp}} = 1,0 \cdot 10^{-10}$.

a) Regn ut den molare løseligheten x av BaSO_4 i rent vann.

Angi først siffer, deretter eksponent, f.eks. **2,3** og **-5** for **$2,3 \cdot 10^{-5}$** .

$x = 1,0 \cdot 10^{-5}$

4 poeng

b) Regn ut den molare løseligheten x av BaSO_4 i en 1,00 M $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ -oppløsning.

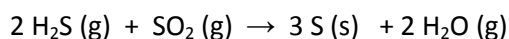
$x = 1,0 \cdot 10^{-10}$

4 poeng

Oppgave 13 (8 poeng)

Stoff	ΔH_f° (kJ/mol)	S° (J/(mol·K))
$\text{H}_2\text{O} (\text{g})$	-241,8	188,7
$\text{H}_2\text{S} (\text{g})$	-20,2	205,6
$\text{S} (\text{s})$	0,0	31,9
$\text{SO}_2 (\text{g})$	-296,4	248,5

Nær vulkaner finnes det noen ganger elementært svovel, $\text{S} (\text{s})$, som man antar er dannet ved følgende reaksjon:



Reaksjonen kan også brukes til å fjerne svoveldioksid fra avgassene til olje- og gasskraftverk.

a) Bruk tabellverdier fra figuren over til å beregne ΔG° ved 25,0 °C.

b) Finn likevektskonstanten K for reaksjonen. Dersom du ikke har funnet et svar i a), kan du bruke at $\Delta G^\circ = -100,0$ kJ/mol. NB: Dette er ikke riktig svar på a).

Utgning:

a) Beregner først ΔH° og ΔS° , deretter ΔG° .

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H_f^\circ(\text{produkter}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{reaktanter}) = 2\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}) - [2\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{S}) + \Delta H_f^\circ(\text{SO}_2)]$$

$$\Delta H_f^\circ = 2(-241,8) - [2(-20,2) + (-296,4)] = \underline{-146,8 \text{ kJ/mol}}$$

1,5 poeng

$$\Delta S^\circ = \sum S^\circ(\text{produkter}) - \sum S^\circ(\text{reaktanter}) = 3S^\circ(\text{S}) + 2S^\circ(\text{H}_2\text{O}) - [2S^\circ(\text{H}_2\text{S}) + S^\circ(\text{SO}_2)]$$

$$\Delta S^\circ = 3(31,9) + 2(188,7) - [2(205,6) + 248,5] = \underline{-186,6 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}}$$

1,5 poeng

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ \quad T \text{ må oppgis i K, } \Delta S^\circ \text{ omgjøres til kJ/(mol}\cdot\text{K)}$$

$$\Delta G^\circ = -146,8 \text{ kJ/mol} - 298,15 \text{ K} \cdot [-0,1866 \text{ kJ/(mol}\cdot\text{K)}] = \underline{-91,2 \text{ kJ/mol}}$$

2 poeng

b) Bruker $\Delta G^\circ = -RT \ln K \rightarrow K = e^{-\Delta G^\circ/RT}$

$$K = e^{91,2/(8,31 \cdot 10^{-3} \cdot 298,15)} = \underline{9,6 \cdot 10^{15}}$$

3 poeng

Svaret kan variere noe avhengig av hvor mange siffer man har tatt med i mellomregninger

Benyttes $\Delta G^\circ = -100,0 \text{ kJ/mol}$ blir svaret $K = e^{100,0/(8,31 \cdot 10^{-3} \cdot 298,15)} = \underline{3,4 \cdot 10^{17}}$. Dette gir også 3 poeng

Oppgave 14 (2 poeng)

Tabellen under inneholder termodynamiske data for fire forbindelser, men det har sneket seg inn en feil; én av verdiene kan ikke være riktig. Klikk på denne.

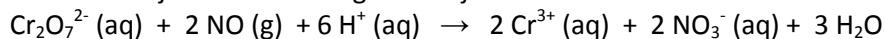
Stoff	ΔH_f° (kJ/mol)	S° (J/(mol·K))	ΔG_f° (kJ/mol)
C (grafitt)	0,0	5,7	0,0
NO ₂ (g)	33,9	240,5	51,8
PbS (s)	-94,3	-91,2	-92,7
glukose (s)*	-1274,5	212,1	-910,6

* C₆H₁₂O₆

Entropiverdier kan ikke være negative

Oppgave 15 (8 poeng)

I en elektrokjemisk celle foregår reaksjonen



Standard cellepotensial (emf) er $E^\circ_{\text{cell}} = 0,37 \text{ V}$.

a) Regn ut ΔG° for denne cellen.

$$\Delta G^\circ = \underline{-214 \text{ kJ/mol}}$$

4 poeng

Utgning (ikke spurt om):

$$\Delta G^\circ = -nFE^\circ = -6 \cdot 96500 \cdot 0,37 = -2,142 \cdot 10^5 \text{ J/mol} = -214,2 \text{ kJ/mol}.$$

Svar i intervallet -214,0 til -215,0 er automatisk godkjent, andre svar kan gi noe uttelling etter manuell retting.

b) Regn ut den elektromotoriske spenningen E_{cell} når pH er endret til 3,00 (alle andre betingelser like)

$$E_{\text{cell}} = \underline{0,19 \text{ V}}$$

4 poeng

Utrekning (ikke spurt om):

Bruker Nernst ligning $E = E^{\circ} - (RT/nF) \ln Q$ med $n = 6$

$$E = E^{\circ} - (0,0257 \text{ V}/6) \ln ([\text{Cr}^{3+}][\text{NO}_3^-]^2 / [\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]\text{P}_{\text{NO}_2}^2[\text{H}^+]^6)$$

pH = 3,00 gir $[\text{H}^+] = 1,00 \cdot 10^{-3}$, alle andre konsentrasjoner og trykk er 1,00, $E^{\circ} = 0,37 \text{ V}$

$$E = 0,37 - (0,0257 \text{ V}/6) \ln 1/(1,00 \cdot 10^{-3})^6 \quad \text{eller fra regneregelen } \ln (1/a) = -n \text{ a}$$

$$E = 0,37 + (0,0257 \text{ V}/6) \ln (1,00 \cdot 10^{-3})^6 \quad \text{eller fra regneregelen } \ln a^n = n \ln a$$

$$E = 0,37 + 0,0257 \text{ V} \ln (1,00 \cdot 10^{-3}) = 0,192 \text{ V}$$

Svar i intervallet 0,19 til 0,20 V er automatisk godkjent, andre svar kan gi noe uttelling etter manuell retting.

Oppgave 16 (4,5 poeng)

Dra navnet til riktig boks (det kan plasseres to eller flere navn i samme boks).

Ikke vist på figur

Transmutasjon

Fusjon Fisjon beta-stråling Naturlig radioaktivitet alfa-stråling

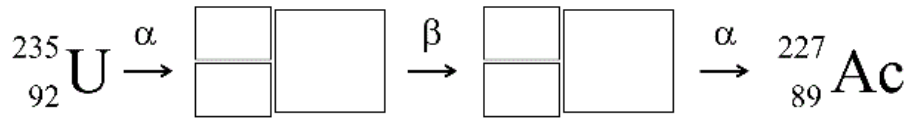
Svar:

Ikke beta-stråling gur

Det er også godkjent å plassere «alfa-stråling» i samme boks som fusjon

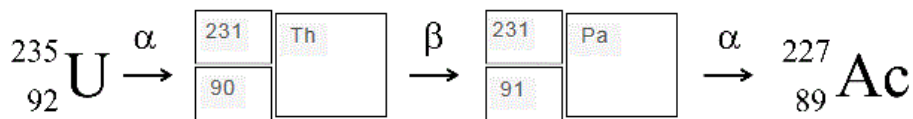
Oppgave 17 (4,5 poeng)

Fyll ut data i de manglende boksene i desintegrasjonsserien vist under. Bruk tall og kjemiske tegn fra den venstre gruppen for det første ukjente stoffet i serien og fra den høyre gruppen for det andre.



Ac	Th	Pa	U		Ac	Th	Pa	U	
235	234	233	232	231	235	234	233	232	231
230	229	228	227		230	229	228	227	
92	91	90	89		92	91	90	89	

Svar:



Ac	Pa	U		Ac	Th	U	
235	234	233	232	235	234	233	232
230	229	228	227	230	229	228	227
92	91	89		92	90	89	