NTNU, Institutt for kjemi

Faglig kontakt under eksamen:
Førsteamanuensis Håvard Karoliussen, tlf. 735(58998), mobil 92295082

KJ1000 Generell kjemi

Eksamen fredag 14/12 2012
Tid : 0900-1400 (5 timer)

Hjelpemidler: C - Oppslagsboken « Aylward & Findlay: SI Chemical Data» tillatt.
Enkel kalkulator tillatt.

Oppgavesettet består av 5 oppgaver med 4 delspørsmål i hver oppgave.
Alle delspørsmål teller likt. Formelark er vedlagt bak i oppgavesettet.

Sensurfrist : Fredag 11/1-2013

Oppgave 1

a) Utfør omregningene under, der du trinnvis viser hvordan gammel benevning forkortes bort. Ta hensyn til gjeldende siffer under omregningene.

i) 1,16 μg/ml til g/liter
ii) 1,40 $inch^3$ til nm^3
iii) 123 kWh til MJ
iv) 10 GJ til MWh
v) 752,4 torr til atm

b) Balanser redoksreaksjonene ved hjelp av forskjell i oksidasjonstall. Vis trinnvis framgangsmåte.

i) $Cr_2O_7^{2-}(aq) + Mn^{2+}(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + MnO_4^-(aq)$ (surt miljø)
ii) $NH_4^+(aq) + IO_3^-(aq) \rightarrow I_2(s) + NO_3^-(aq)$ (surt miljø)

c) Surmontil er et antidepressivt legemiddel, som inneholder 81,58 vekt% C, 8,90 vekt% H og 9,52 vekt% N. Molvekten er 294,43 g/mol.

Hva er empirisk formel og molekylformel ?

d) Når 1,000 kg $Fe_2O_3(s)$ og 0,262 kg C(s) varmes opp, skjer følgende reaksjon :

$$Fe_2O_3(s) + 3C(s) \rightarrow 2Fe(s) + 3CO(g)$$

Anta at reaksjonen går fullstendig til høyre inntil den begrensende reaktanten er oppbrukt.

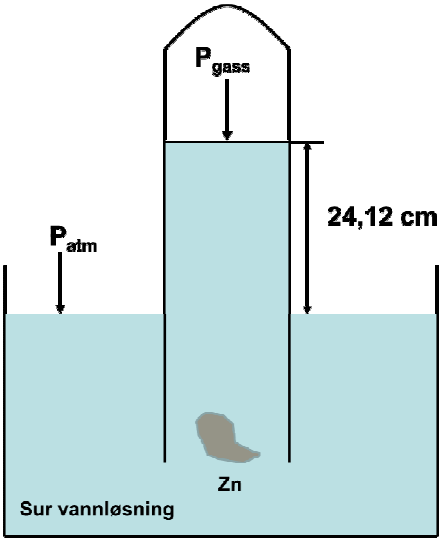
i) Hva er den begrensende reaktant ?
ii) Hva er maksimalt antall gram Fe(s) som kan dannes ?
iii) Hvor mange gram har man igjen av den ikke begrensende reaktant etter at reaksjonen er komplett ?

Oppgave 2

a) En 1000 liters gasstank inneholder ren $O_2(g)$. Trykket i tanken er 152 bar, mens temperaturen er 18,5 ^oC. Anta ideell gasslov.

Hva er vekten av $O_2(g)$ i tanken ?

b) Det slippes en sinkbit på 2,565 gram ned i en sur vannløsning. Sinkbiten korroderer helt bort med dannelse av $H_2(g)$. All gass samles opp i et reagensrør som vist på figuren.



Temperaturen er 23,5 ^oC, mens atmosfæretrykket (P_{atm}) leses av på et barometer til 754,6 mmHg.

i) Sett opp en balansert reaksjonsligning.

ii) Har vi overtrykk eller undertrykk i reagensrøret (begrunn svaret) ? Beregn partialtrykket av $H_2(g)$ i røret ?

iii) Beregn volumet av $H_2(g)$.

c) Følgende likevektskonstanter ble funnet ved 1400 K :

1) $H_2(g) + Br_2(g) = 2HBr(g)$ $\quad K_p = 6.7 \cdot 10^4$
2) $H_2(g) = 2H(g)$ $\quad K_p = 2.96 \cdot 10^{-11}$
3) $Br_2(g) = 2Br(g)$ $\quad K_p = 3.03 \cdot 10^{-2}$

Beregn K_p for reaksjon 4) ved hjelp av dataene over.

4) $H(g) + Br(g) = HBr(g)$

d) Gassen arsin, AsH_3, dekomponerer i følge reaksjonsligningen :

$$2AsH_3(g) = 2As(s) + 3H_2(g)$$

$AsH_3(g)$ plasseres i en tom, forseglet beholder slik at trykket er 0,52 atm. Etter 48 timer er det oppnådd likevekt i beholderen, der totaltrykket er konstant og lik 0,64 atm.

i) Beregn partialtrykkene av $H_2(g)$ og $AsH_3(g)$ etter at likevekt har innstilt seg.

ii) Beregn likevektkonstanten K_p for dekomponeringsreaksjonen.

Oppgave 3

a) En diprotisk syre H_2A har pKa1 = 4,25 og pKa2 = 9,00.
Tegn log-diagram for 0,020 M H_2A. Log-diagram er gitt i vedlegg-2.

b) Bruk diagrammet til å finne pH i en løsning av 0,020 M H_2A. Sett opp protonbalanser som gir grunnlag for avlesningen.

Kontroller svaret ved hjelp av beregninger.

c) Bruk diagrammet til å finne pH i en løsning av 0,020 M NaHA. Sett opp protonbalanser som gir grunnlag for avlesningen.

Kontroller svaret ved hjelp av beregninger.

d) Bruk diagrammet til å finne pH i en løsning av 0,020 M Na_2A. Sett opp protonbalanser som gir grunnlag for avlesningen.

Kontroller svaret ved hjelp av beregninger.

Oppgave 4

a) Bruk Hess lov til å beregne ΔH^o for reaksjon 4) fra ΔH^o for reaksjon 1), 2) og 3).

1) $CH_3OH(l) + 3/2O_2(g) = CO_2(g) + 2H_2O(l)$ $\Delta H^o_1 = -726$ kJ/mol
2) $H_2O(l) = H_2O(g)$ $\Delta H^o_2 = 44$ kJ/mol
3) $CH_3OH(l) = CH_3OH(g)$ $\Delta H^o_3 = 38$ kJ/mol

4) $CH_3OH(g) + 3/2O_2(g) = CO_2(g) + 2H_2O(g)$ $\Delta H^o_4 = ?$

b) Beregn ΔH^o, ΔS^o og ΔG^o for reaksjonen ved 25 ^oC. Kommenter betydningen av fortegnene både på ΔH^o, ΔS^o og ΔG^o.

$$C_3H_8(g) + 3H_2O(g) = 3CO(g) + 7H_2(g)$$

c) Beregn E^o for hver av reaksjonene under. Hvilke reaksjoner vil gå spontant når alle stoffer er i standardtilstand (begrunn svaret) ?

i) $2Ag^+(aq) + Cu(s) \rightarrow 2Ag(s) + Cu^{2+}(aq)$
ii) $H_2(g) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Cu(s) + 2H^+(aq)$
iii) $Fe^{3+}(aq) + Br^-(aq) \rightarrow 1/2Br_2(aq) + Fe^{2+}(aq)$
iv) $Fe^{2+}(aq) + 2Br^-(aq) \rightarrow Br_2(aq) + Fe(s)$
v) $O_3(g) + Cl^-(aq) \rightarrow OCl^-(aq) + O_2(g)$

d) Ta utgangspunkt i standard reduksjonspotensialer gitt i tabell 21 i SI-CD. Beregn standard reduksjonspotensial (E^o) for følgende halvreaksjon ved 25 ^oC :

$$TiOH^{3+}(aq) + H^+(aq) + 2e^- \rightarrow Ti^{2+}(aq) + H_2O(l)$$

Oppgave 5

a) Reaksjonen under ble studert ved 25 ^{o}C :

$$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) \rightarrow I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aql)$$

Resultatene av målingene er gitt i tabellen under :

Eksperiment	Utgangskons. $S_2O_8^{2-}(aq)$ [mol/l]	Utgangskons. $I^-(aq)$ [mol/l]	Målt utgangshastighet [mol/(l·s)]
1	0.0400	0.080	$1{,}250 \cdot 10^{-5}$
2	0.0400	0.020	$3{,}125 \cdot 10^{-6}$
3	0.0200	0.080	$6{,}250 \cdot 10^{-6}$

Bestem hastighetsloven.

Finn verdien til hastighetskonstanten (k), husk benevnelse.

b) Aktiveringsenergien (E_a) for reaksjonen under kan bestemmes ved å måle hastighetskonstanten (k) ved forskjellige temperaturer.

$$NO(g) + O_3(g) \rightarrow NO_2(g) + O_2(g)$$

Temperatur (^{o}C)	Hastighetskonstant, k (liter/(mol·s))
-44,9	$2{,}95 \cdot 10^{9}$
-20,5	$5{,}42 \cdot 10^{9}$
20,8	$1{,}20 \cdot 10^{10}$
104,7	$3{,}55 \cdot 10^{10}$

Bruk en grafisk metode til å bestemme aktiveringsenergien.

c) Aldersbestemmelse av historiske funn kan gjøres ved hjelp av C-14 metoden. Når et tre dør, dannes det ikke noe mer av C-14. I et dødt materiale brytes C-14 ned med en halveringstid på 5730 år.

Arkeologer finner et gammelt nedgravd skip, der innholdet av C-14 er 68,40 % av det normale i et levende tre. Hvor gammelt er skipet ?

d) Tell valenselektroner og tegn Lewis strukturer for følgende molekyler og ioner.

Bruk VSEPR-modellen til å skissere geometrisk form på molekylene.

i) H_2O ii) CH_4 iii) CrO_4^{2-} iv) ClF_5 v) SF_6

Formelark KJ1000 Generell kjemi (side 1 av 3)

$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$	Fortynningsloven
$c_x = \frac{\sum c_i \cdot V_i}{\sum V_i}$	Blandingsloven
$PV = nRT$	Ideelle gasslov, bruk riktig R.
$P_i = n_i RT/V$	P_i er partialtrykk av gasskomponent i.
$P_i = y_i \cdot P_{tot}$	y_i er molfraksjon i gassfasen av komponent i.
$P_{tot} = \Sigma P_i$	Totaltrykket er lik summen av partialtrykkene.
$\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$	Trykkendring over væskesøyle
$\left(P + a \cdot \frac{n^2}{V^2}\right) \cdot (V - nb) = nRT$	van der Waals' tilstandsligning
$Z = (PV)/(nRT)$	Kompresjonsfaktoren, Z = 1 for en ideell gass
$\Delta U = q + w$	Pass på definisjon av retningene for q og w.
$H = U + PV$	H = Entalpi og U er indre energi
$\Delta H = q$	q er her tilført varme.
$\Delta H° = \Sigma \Delta_f H°(\text{produkter}) - \Sigma \Delta_f H°(\text{reaktanter})$	Husk støkiometriske konstanter.
$\Delta H°_T = \Delta H°_{298} + \int c_p dT$	cp er spesifikk varmekap ved konstant trykk.
$c_p = c_v + R$	Bruk R = 8.314 J/(K mol)
$c_p = a + bT + c/T^2$	c_p er temperaturavhengig
$\Delta U = -C_{kal} \cdot \Delta T$	Kalorimeterligning
$\Delta H = \Delta U + RT \cdot \Delta n_g$	Δn_g er endring i antall mol gass i reaksjonen
$\Delta H_{sub} = \Delta H_{fus} + \Delta H_{vap}$	sublimering, smelting og fordampning
$\gamma = (c_p)/(c_v)$	Adiabatisk faktor, γ
$(P_1) \cdot (V_1)^\gamma = (P_2) \cdot (V_2)^\gamma$	Adiabatisk tilstandsligning
$\Delta S = q_{rev}/T$	ΔS = Entropi. T er konstant.
$\Delta S = \int \frac{c_p}{T} dT$	Beregning av ΔS fra varmekapasiteten
$\Delta S°_T \approx \Delta S°_{298} + \Delta C_p° \cdot \Delta \ln T$	Eksakt hvis $\Delta C°_p$ er konstant.
$\Delta S_{trans} = (\Delta H_{trans})/T_{trans}$	T_{trans} er faseovergangstemp i Kelvin
$\Delta S_{vap} = (\Delta H_{vap})/T_b$	T_b er kokepunktet i Kelvin
$\Delta S_{vap} \cong 88$ J/(K mol)	Troutons regel

Formelark KJ1000 Generell kjemi (side 2 av 3)

$G = H - TS$; $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$	G = Gibbs fri energi
$\Delta G_T \approx \Delta H_{298} - T\Delta S_{298}$	Eksakt hvis ΔH og ΔS er konstant.
$\Delta G = \Delta G° + RTlnQ$	Q er aktivitetsproduktet (reaksjonsbrøken).
$\Delta G° = -RTlnK$	Fordi ΔG = 0 ved likevekt.
$\Delta G^o = -nFE^o$	E^o = standard cellespenning
$\Delta G = -nFE^{rev}$	E^{rev} = reversibel cellespenning
$2A + 3B \rightarrow 2C \quad K = ([C]^2)/([A]^2 \cdot [B]^3)$	Produkter over og reaktanter under.
$a_i = \gamma_i \cdot c_i$	aktivitet, aktivitetskoeffisient og konsentrasjon
$dP/dT = \Delta H/(T \cdot \Delta V_m)$	Clapeyrons ligning
$\ln(K_1/K_2) = -\Delta H/R\,(1/T_1 - 1/T_2)$	van't Hoff's ligning der ΔH og ΔS konstant.
$\ln(P_1/P_2) = -\Delta_{vap}H/R\,(1/T_1 - 1/T_2)$	Clausius-Clapeyron for væskers damptrykk.
$\sum x_i = 1$	Summen av molfraksjoner i væskefasen er 1
$P_i = xi \cdot P_i^o$	Raoults lov. P_i^o er damptrykk over ren i.
$m_g = k_H \cdot P_g$	Henrys lov, m_g er molalitet av løst gass.
$\Delta P = P_1^o - P_1 = x_2 \cdot P_1^o$	Damptrykksreduksjon pga stoff 2 løst i 1.
$\Delta T = -K_f \cdot m_l$	K_f : Frysepunktdepresjonskonstant
$\Delta T = K_b \cdot m_l$	K_b : Kokepunktforhøyelseskonstant
$\gamma_\pm = \sqrt{\gamma_+ \cdot \gamma_-}$	Middelaktivitetskoeffisient
$\Lambda_m = \kappa/c$	Definisjon av molar konduktivitet
$\Lambda_m = \Lambda^o_m - k\sqrt{c}$	Kohlrauschs lov
$\Lambda^o_m = \nu_+ \cdot \lambda^o_+ + \nu_- \cdot \lambda^o_-$	Loven for uavhengig vandring av ioner
$\mu = ½ \sum(c_i \cdot z_i^2)$	μ er ionestyrke
$\log(\gamma_\pm) = -0.509 \cdot \lvert z_+ \rvert \cdot \lvert z_- \rvert \cdot \sqrt{\mu}$	Debye-Hückels grenselov i fortynnet vannløsn.
$Q = I \cdot t = F$	Strømmengde for 1 mol elektroner.
$N = I/(n \cdot F)$	Faradays lov der N er gitt i mol/s
$E^{rev} = E° - (RT/nF)\,lnQ$	Nernst ligning, $E_{celle} = E^{rev}$ uten tap
$E^{rev} = E° - (0{,}0591/n)\,logQ$	Forenklet Nernst ligning ved 25°C.
$pH = -log([H^+])$	Definisjon på pH
$[H^+] \cdot [OH^-] = K_w = 10^{-14}$	pH + pOH = 14, ved 25°C
$i = I/A$	Strømtetthet (i) er strøm(I) dividert på areal (A)

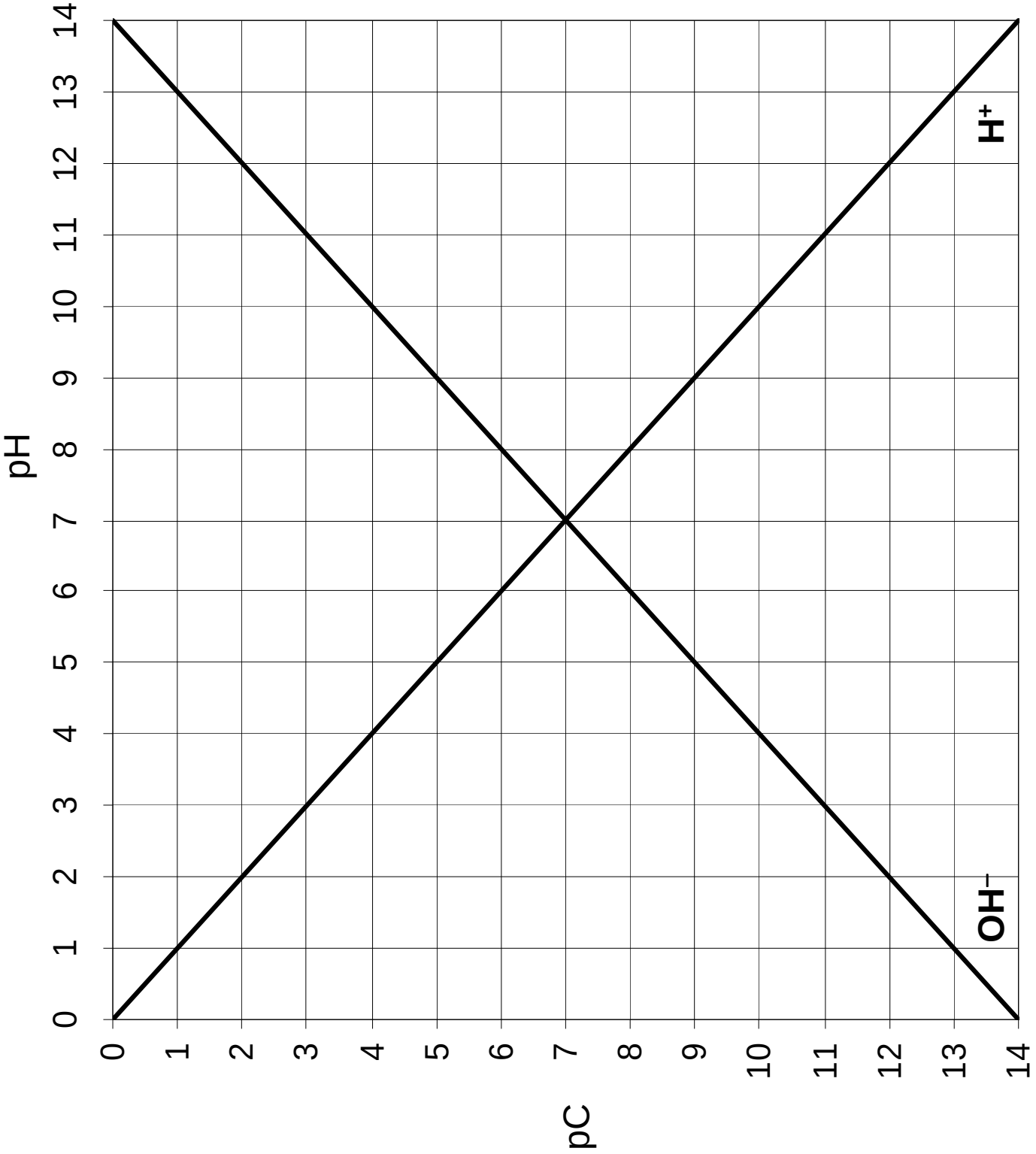
Formelark KJ1000 Generell kjemi (side 3 av 3)

$U = E^{rev} + RI + \eta_a + \lvert\eta_k\rvert$	Cellespenning (U) ved elektrolyse $U = E^{rev}$ dersom vil kan se bort fra ohmsk spenningsfall (RI) og overspenninger (η).
$r = d[A]/dt = k[A]^n[B]^m$	Generelt hastighetsuttrykk målt utfra [A]
$-1/a\ d[A]/dt = -1/b\ d[B]/dt = 1/c\ d[C]/dt$	$aA + bB \rightarrow cC$
$r = -d[A]/dt = k;\ [A] = [A]_o - kt$	0. ordens reaksjon; t = tiden
$r = -d[A]/dt = k[A];\ \ln[A] = \ln[A]_o - kt$	1. ordens reaksjon; r = reaksjonshastigheten
$r = -d[A]/dt = k[A]^2;\ 1/[A] = 1/[A]_o + kt$	2. orden reaksjon; k = hastighetskonstanten
$k = k_o \cdot e^{-Ea/RT};\ \ln k = \ln k_o - E_a/RT$	Arrheniusligningen
$\ln(r_2/r_1) = \ln(k_2/k_1) = E_a/R\ (1/T_1 - 1/T_2)$	Hastighetens temperaturavhengighet
$E = h\cdot\nu = h\cdot f = (h\cdot c)/\lambda$	Energien i lyset
$A = \log\left(\frac{I_o}{I}\right) = a \cdot b \cdot c$	Beer-Lamberts lov for absorbans b = lengden av prøvecellen c = konsentrasjonen av løsningen a = absorbtiviteten A = absorbans (ubenevnt)
$\%T = 100 \cdot \frac{I}{I_o}$	Prosent transmittans
$A = 2 - \log(\%T)$	Sammenheng mellom absorbans og transmittans.
$e^{(a+b)} = e^a \cdot e^b;\ \ln e^a = a;\ \ln(a/b) = \ln a - \ln b$	Regneregler for logaritmer og eksponenter
$\ln(x) = \ln(10) \cdot \log(x)$	Sammenheng mellom ln og log

Vedlegg 2a : Log-diagram

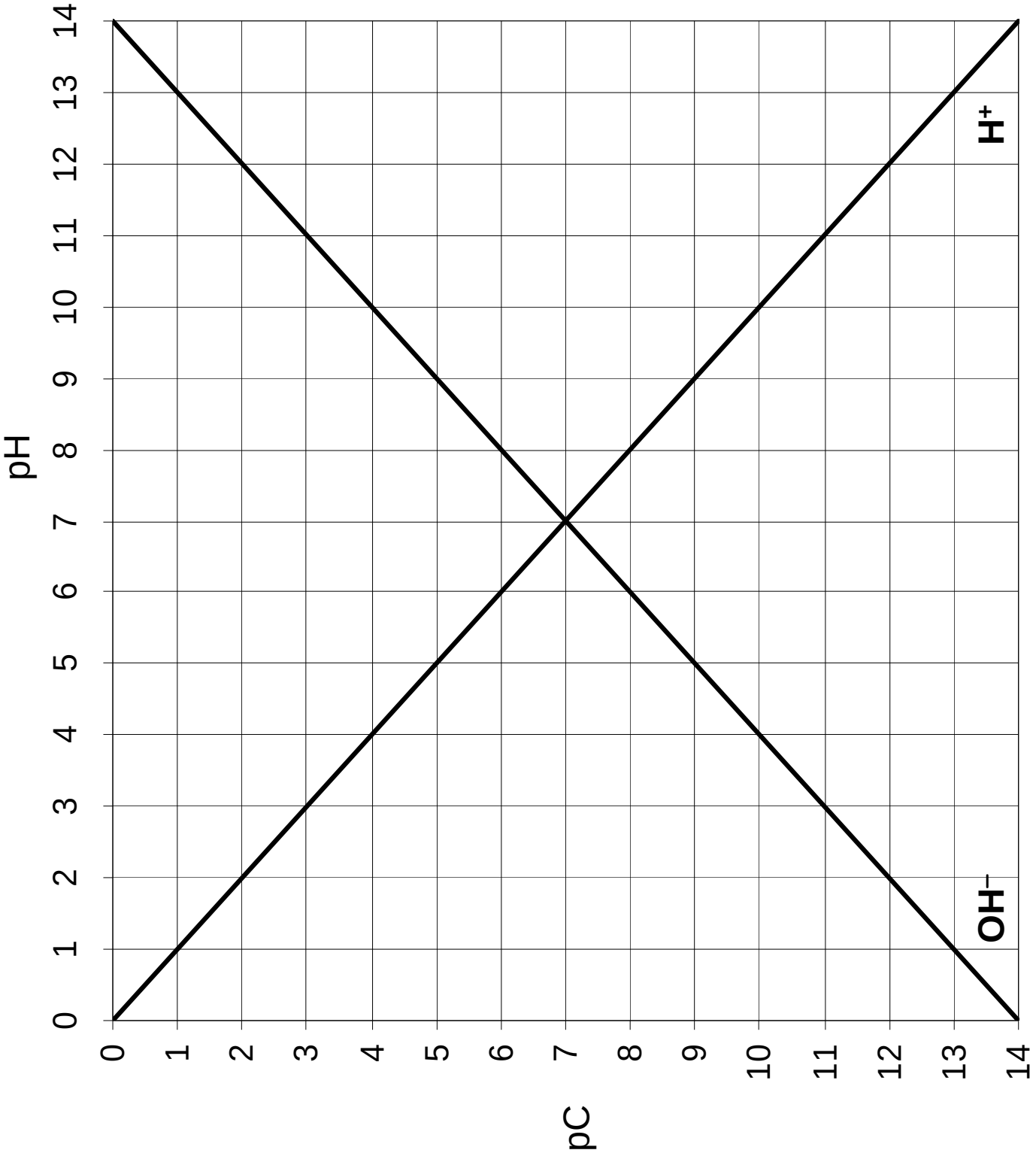
Kandidatnr……..……..…
Arknr……..…..……..

Antall ark……..……



Vedlegg 2b : Log-diagram

Kandidatnr……..……..…

Arknr……..…..……..

Antall ark……..……