

Norges teknisk-naturvitenskapelige
universitet
Institutt for materialteknologi

TMT4115 Generell
kjemi
Høst 2019
Øving 2

Veiledning: Tirsdag 24. september kl. 08:15-12:00 i S5.

Innleveringsfrist: Fredag 27. september kl. 10:15. Levering i hylle merket TMT4115 utenfor R7 (eller på Blackboard). Tallsvar til noen av oppgavene er gitt til slutt i oppgavesettet.

Noen nyttige (stikk-) ord:

Norsk:	Engelsk:
damptrykk	vapour pressure
likevekt	equilibrium
prøve	sample
likevektskonstant	equilibrium constant
aktivitet	activity
reaksjonskvotient	reaction quotient
teller	numerator
nevner	denominator

- 1 En prøve Al(s) på 2.35 g reageres med overskudd HCl(aq) . Utviklet $\text{H}_2(\text{g})$ samles opp over vannet ved 20°C og et atmosfæretrykk på 754 mm Hg.¹ Hvilket totalvolum gass (i liter) blir samlet opp? Damptrykk av vann ved 20°C finner du i SI Chemical Data.

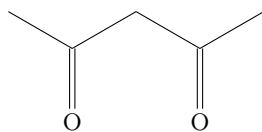
[Hint: Sett først opp en balansert ligning for reaksjonen. Aluminium løser seg som $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$.]

- 2 Metallet beryllium (Be) reagerer med anionet $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2^-$ og danner berylliumacetylacetonat² som har kjemisk formel $\text{Be}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_n(\text{g})$ der n er et heltall. Reaksjonsproduktet samles opp og kan antas å følge ideell gasslov. Data for den gassen som utvikles i to forskjellige eksperimenter — I og II — er gjengitt i Tabell 1.

Hva er oksidasjonstallet til beryllium i berylliumacetylacetonat?

¹Det antas at vannsøylen er 0 mm, dvs. totaltrykket i beholderen med det oppsamlede hydrogenet er også 754 mm Hg.

²Reaksjonen foregår ved å la berylliumklorid, BeCl_2 , reagere med acetylaceton,

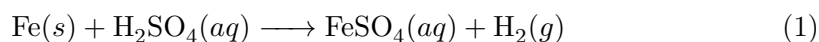


	Forsøk I	Forsøk II
Masse av gass	0.2022 g	0.2224 g
Volum av utviklet gass	22.6 cm ³	26.0 cm ³
Temperatur	13 °C	17 °C
Trykk [‡]	765.2 mmHg	764.6 mmHg

[‡] Dette er partialtrykket til produktet. Vi trenger ikke ta hensyn til vanndamp i denne gassen.

Tabell 1: Data for reaksjonen mellom beryllium og C₅H₇O₂⁻. Dataene ble publisert i 1894 av A. Combes.

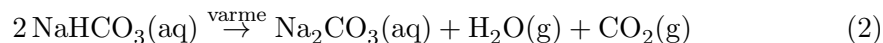
- 3 I 1897 forsøkte ingeniøren Salomon August Andrée å nå Nordpolen med ballong³. Ballongen var fylt med hydrogengass som er lettere enn luft og derfor sørger for oppdrift. Hydrogengassen ble laget ved hjelp av flg. reaksjon,



Ballongen til Andrée hadde et volum lik 4800 m³. Anta at hydrogentapet er 20% ved fylling. Hvor mye jern og hvor mye 98% (vektbasis) svovelsyre trengs for å fylle en slik ballong?

Utfør beregningen for standard trykk og temperatur (STP), og gå ut fra at reaksjonen ovenfor har et utbytte på 100%.

- 4 Er det sannsynlig at likevekt vil innstille seg for flg reaksjon



dersom reaksjonen foregår i et åpent kar?

- 5 Hva er aktiviteten til

i is?

ii Cl₂(g) ved et trykk på 1 atm?

iii 0.1 mol/l metanol i vann (CH₃OH(aq))?

- 6 En prøve av fast ammoniumklorid ble plassert i en ampulle av kvartsglass, som ble forseglet under vakuum. Ammoniumklorid dekomponerer ved oppvarming i følge reaksjonen



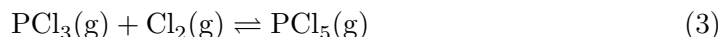
Etter at ønsket temperatur var nådd, var totaltrykket i ampullen 4.4 atm.

Beregn den støkiometriske⁴ likevektskonstanten K_p ved den aktuelle temperaturen.

³Se f. eks. Per Olof Sundman, "Ingeniør Andrées luftferd", Den Norske Bokklubben (1969). Boken er også filmatisert ("Ingenjör Andrées luftfärd" fra 1982) av Jan Troell som senere også laget dokumentarfilmen "En frusen dröm" fra 1997.

⁴Vi bruker her uttrykket *støkiometrisk* likevektskonstant om likevektskonstanter som er forutsetter bruk av trykk eller konsentrasjoner (med enheter), og *termodynamisk* likevektskonstant eller bare likevektskonstant som er beregnet med aktiviteter. Uttrykket støkiometrisk likevektskonstant er imidlertid ikke godt innarbeidet.

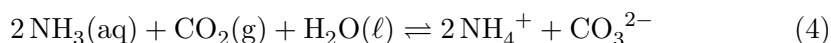
- 7 Likevektskonstanten for reaksjonen



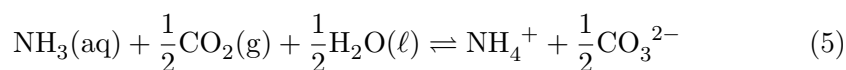
ved 400 K er $K_c = 96.2 \text{ l mol}^{-1}$.

- I hvilken retning vil reaksjonen forløpe dersom konsentrasjonene ved et gitt tidspunkt er 0.1 mol/l for PCl_3 , 2.1 mol/l for PCl_5 og 3.5 mol/l for Cl_2 ?
- Hva er konsentrasjonen av Cl_2 ved likevekt dersom begynnelseskonsentrasjonene var 0.1 mol/l for PCl_3 , 2.1 mol/l for PCl_5 og 3.5 mol/l for Cl_2 ?
- Hva er likevektskonstanten K_p for denne reaksjonen ved 400 K?
- Hva er den termodynamiske likevektskonstanten K for denne reaksjonen ved 400 K?

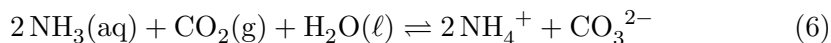
- 8
- Vis at likevektskonstanten for en reaksjon som kan skrives som en sum av to reaksjoner er lik produktet av likevektskonstantene for disse to reaksjonene.
 - Uttrykk likevektskonstanten $K_{(4)}$ for reaksjonen



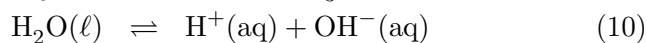
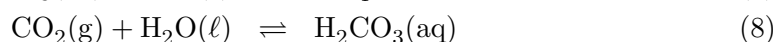
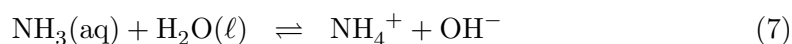
ved hjelp av likevektskonstanten for reaksjonen



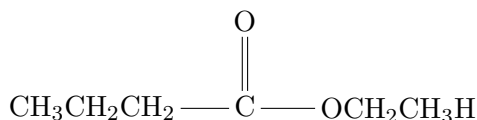
- Uttrykk likevektskonstanten $K_{(6)}$ for reaksjonen



ved hjelp av likevektskonstantene for flg reaksjoner

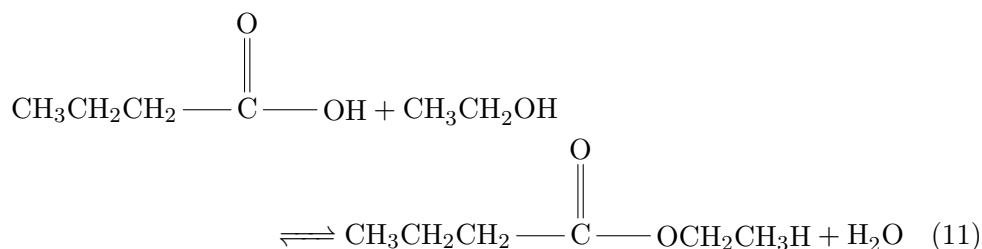


- 9
- Duften til mange naturlig forekommende luktstoffer forårsakes ofte av en type forbindelser som kalles *estere*. Esteren butylbutyrat,



gir f. eks. opphav til en lukt som kan minne om ananas. Den kan framstilles ved flg. (kondensasjons-) reaksjon mellom butyrinsyre ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$) og

etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$),



Syren lukter vondt, og vi ønsker et høyest mulig utbytte av denne reaksjonen. Hvilket løsningsmiddel ville du da velge av rent vann, en blanding av vann og etanol (5% vann og 95% etanol), 100% etanol eller acetonitril (CH_3CN , et ikke-reaktivt løsningsmiddel)?

b) Hvordan vil likevekten til reaksjonen



forskyves dersom

- H_2O tilsettes løsningen?
- AgNO_3 tilsettes løsningen? (AgSCN er uløselig.)
- NaOH tilsettes løsningen? ($\text{Fe}(\text{OH})_3$ er uløselig.)
- $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ tilsettes løsningen?

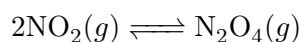
(Ekstra-oppgaver om tiden strekker til ...)

- 10 En metallprøve består av en blanding av Cr og Zn. Du tar en prøve på 0.362 g og løser denne i $\text{HCl}(\text{aq})$ mens du samler opp hydrogengassen i et gassmålerør i kontakt med vann. Når krom og sink løses, dannes henholdsvis $\text{Cr}^{3+}(\text{aq})$ og $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$. Når alt metall er oppløst, har du fått dannet 225 mL gass. Temperaturen er 27°C og totaltrykket finnes fra barometeret til å være 776.6 torr. Sett damptrykket av vann ved 27°C til 26.6 torr.

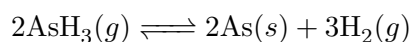
Bestem vektprosent Zn i prøven.

- 11 En glasskolbe inneholder de to gassene NO_2 og N_2O_4 med partialtrykk ved likevekt; $P(\text{NO}_2) = 0.13 \text{ atm}$ og $P(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.25 \text{ atm}$ ved 15°C .

- Beregn mol% og konsentrasjon i mol dm^{-3} til NO_2 i kolben.
- Beregn den støkiometriske likevektskonstanten K_p for reaksjonen



- 12 a) Gassen arsin, AsH_3 , dekomponerer i følge reaksjonsligningen



$\text{AsH}_3(\text{g})$ plasseres i en tom, forseglet beholder slik at trykket er 0.52 atm. Etter 48 timer er trykket i beholderen konstant og lik 0.64 atm.

Beregn likevektstrykket av $\text{H}_2(\text{g})$.

- b) Beregn likevektskonstanten K for dekomponeringsreaksjonen.

13 Svar **kort** på følgende oppgaver:

- a) Karakteriser et system i kjemisk likevekt med hensyn til
1. Reaksjonshastighet mot høyre (produkter) og venstre (reaktanter)
 2. Sammensetning av reaksjonsblandingen
- b) Er følgende utsagn riktig eller galt: "Reaksjoner med store likevektskonstanter er svært raske"?
- c) Betrakt reaksjonen $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) = \text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$
En likevektsblanding av H_2O , CO , H_2 og CO_2 plasseres i en beholder. Hvis CO i beholderen inneholder radioaktivt ^{14}C , vil det finnes ^{14}C bare i CO -molekylene når svært lang tid har gått? Begrunn svaret.
- d) Betrakt samme reaksjon som i c). I et eksperiment plasseres 1.0 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ og 1.0 mol $\text{CO}(\text{g})$ i en beholder, og blandingen varmes til 350 °C. I et annet forsøk plasseres 1.0 mol $\text{H}_2(\text{g})$ og 1.0 mol $\text{CO}_2(\text{g})$ i en annen beholder med samme volum som den første, og denne varmes også til 350 °C. Når likevekt er innstilt, vil det være forskjell i sammensetning av gassblandingene i de to beholderne?

Tallsvar:

Oppg. 1: 3.30 L; Oppg. 2: $n = 2$; Oppg. 3: 14.2 t jern, 25.5 t 98% svovelsyre; Oppg. 6: 4.8 atm²; Oppg. 7, c: $2.89 \times 10^{-5} \text{ Pa}^{-1}$, d: 2.89