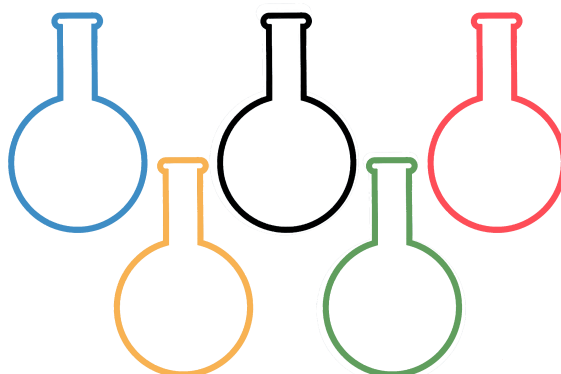


2. UTTAKSPRØVE



til den
1. Nordiske kjemiolympiaden
2016
i København



Dag: 27. januar 2016

Varighet: 180 minutter.

Hjelpemidler: Lommeregner og "Tabeller og formler i kjemi".

Maksimal poengsum: 100 poeng.

Oppgavesettet er på **7** sider (inklusive forsiden)
og har **6** oppgaver:

Oppgave 1 skal besvares på det vedlagte svararket,
og du må også fylle ut det andre som etterspørres på svararket.

www.kjemiolympiaden.no

Oppgave 1 (25 poeng – 2,5 per deloppgave)

Hvert av spørsmålene i denne oppgaven skal besvares ved å krysse av for det alternativet som er korrekt på SVARARKET. *Kun ett svar* er korrekt for hvert spørsmål.

- 1) En vannløsning av eddiksyre, CH_3COOH , har $\text{pH} = 5,32$. Konsentrasjonen av eddiksyre i løsningen er da:
 - A) $1,3 \cdot 10^{-6}$ mol/L
 - B) $4,2 \cdot 10^{-6}$ mol/L
 - C) $6,1 \cdot 10^{-6}$ mol/L
 - D) $8,0 \cdot 10^{-6}$ mol/L
- 2) 1,0 M eddiksyreløsning titreres mot 1,0 M NaOH. Hva er pH ved henholdsvis halvtitreringspunktet og ekvivalenspunktet?
 - A) 9,4 og 11,6
 - B) 4,7 og 9,4
 - C) 7,0 og 9,4
 - D) 4,7 og 7,0
- 3) Sølvkromat, $\text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s})$, blir forsøkt oppløst i følgende fire vannløsninger. I hvilken av løsningene løser sølvkromat seg dårligst?
 - A) Rent vann
 - B) 0,1 M NaNO_3
 - C) 0,1 M AgNO_3
 - D) 0,1 M Na_2CrO_4
- 4) Konsentrert saltsyre inneholder 38 masseprosent HCl og har en tetthet på 1,2 g/mL. pH i konsentrert saltsyre er da:
 - A) 1,10
 - B) 1,02
 - C) 0
 - D) -1,1
- 5) Hvilken av følgende vandige løsninger inneholder samme antall oppløste partikler som 250 mL av en 2 M natriumkloridløsning?
 - A) 1 L 0,5 M etanol, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
 - B) 250 mL 2 M kalsiumklorid, CaCl_2
 - C) 500 mL 1 M saltsyre, HCl
 - D) 500 mL 1 M eddiksyre, CH_3COOH

6) Hvilken bruttoformel kan representere mer enn én forbindelse?

- A) CH₄O
- B) C₂HCl₃
- C) H₂CO₂
- D) C₂H₆O

7) Et organisk stoff har følgende forekomster av C, H og O: 40,5 % karbon, 5,4 % hydrogen og 54,1 % oksygen. Molmassen til stoffet kan være:

- A) 88 g/mol
- B) 118 g/mol
- C) 148 g/mol
- D) 176 g/mol

8) Et ukjent organisk stoff **A** analyseres. Massespektrometri gir massen 104 u, og ¹H-NMR antyder at det er en karboksylsyre.

Vi mistenker at stoffet er propandisyre, siden molmassen stemmer. Derfor vil vi gjøre en titrering: 25,0 mL av en løsning som inneholdt 8,00 g av **A** per liter, skal titreres med 0,200 mol/L NaOH.

Hva vil i så fall forbruket av NaOH være ved ekvivalenspunktet?

- A) 7,7 mL
- B) 9,6 mL
- C) 15,4 mL
- D) 19,2 mL

9) Vi har 1,0 gram av hver av disse gassene ved samme trykk og temperatur. Hvilken gass opptar det største volumet?

- A) Neon
- B) Etan
- C) Fluor
- D) Dihydrogensulfid

10) To vannløsninger av HCl har pH = 4,50 (løsning **A**) og pH = 5,32 (løsning **B**). Hva er forholdet **A/B** mellom H₃O⁺-konsentrasjonen i løsning **A** og **B**?

- A) 0,15
- B) 0,85
- C) 1,18
- D) 6,60

Oppgave 2 (12 poeng)

En galvanisk celle genererer elektrisk strøm og er oppkalt etter Luigi Galvani (1737-1798) som forsket på elektrisitet i dyr ved Universitetet i Bologna.

Gitt følgende standard reduksjonspotensialer:



- Skriv en balansert reaksjonsligning for reaksjonen som vil skje i en galvanisk celle bestående av Ag^+/Ag og Cu^{2+}/Cu og angi cellepotensialet.
- Angi hvilken halvreaksjon som vil skje på anoden.

Formelen $\Delta G = -nFE^0$ angir forholdet mellom Gibbs energi (ΔG) og cellepotensialet (E^0). n er antall elektroner som er overført i reaksjonen og F er Faradays konstant ($F = 96500 \text{ C/mol}$).

- Bruk cellepotensialet du fant i oppgave a til å bestemme om reaksjonen er termodynamisk spontan eller ikke. (Husk at $V = \text{J/C}$.)
- Hvordan vil tilsetning av natriumkloridløsning til hvert av kamrene i den galvaniske cellen påvirke cellepotensialet?

Oppgave 3 (17 poeng)

Enkelte plantevekster har en kvalmende lukt som kommer fra en organisk forbindelse. Samme duft forekommer hos fisk, og lukten kan dempes ved å senke pH. Det er nok en av grunnene til at fisk ofte serveres med sitron.

En analyse ble gjennomført for å bestemme empirisk formel til forbindelsen. Resultater viser at den består av karbon, hydrogen og nitrogen. Forbrenning av 0,125 gram av forbindelsen gir 0,172 gram H_2O og 0,279 gram CO_2 .

- Finn empirisk formel til forbindelsen.
- Et massespektrum viser en høy topp med masse 59 u. Hva er forbindelsens molekylformel? Begrunn svaret.
- Det finnes fire isomere forbindelser med denne molekylformelen. Tegn strukturformel for de fire isomerene.
- En av forbindelsene har kun én topp i $^1\text{H-NMR}$ -spektret. Hvilken av de fire isomerene er det? Begrunn svaret.
- De fire isomerene har kokepunkter som varierer mellom 3°C og 48°C . Angi de to isomerene som henholdsvis har det høyeste og det laveste kokepunktet og gi en kort begrunnelse.
- Hvorfor dempes lukten når en løsning av denne typen forbindelser blir tilsatt sitronsaft?

Oppgave 4 (15 poeng)

Fosfat er et viktig stoff i alle levende organismer, og fosfatbufferer er viktige for mange prosesser i kroppen.

Syrekonstanter for fosforsyre:

$$K_1 = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ M} \quad pK_{a1} = 2,12$$

$$K_2 = 6,2 \cdot 10^{-8} \text{ M} \quad pK_{a2} = 7,21$$

$$K_3 = 2,2 \cdot 10^{-13} \text{ M} \quad pK_{a3} = 12,7$$

- a) Beregn pH i en 0,2 mol/L løsning av NaH_2PO_4 .

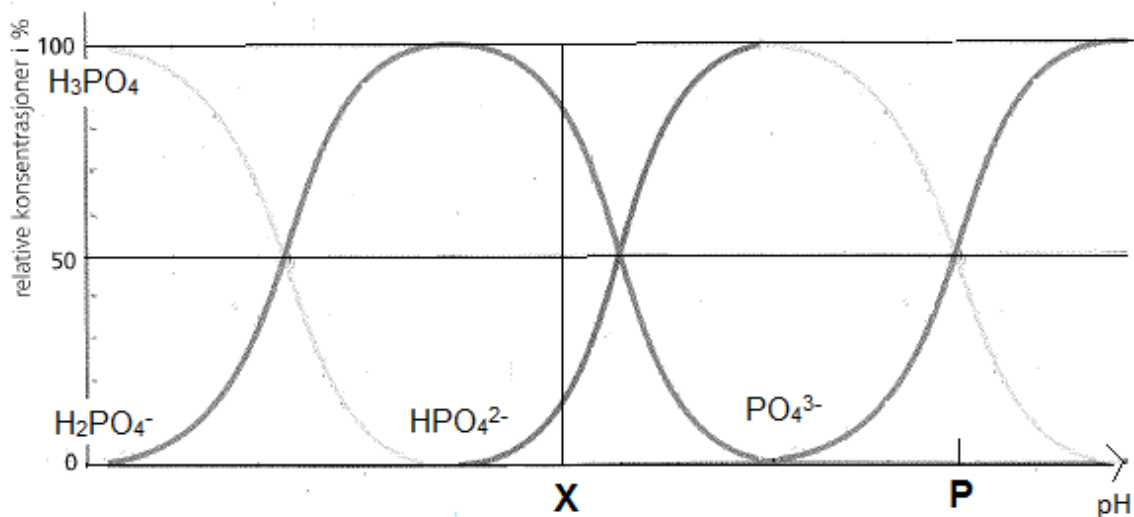
Vi lager en fosfatbuffer ved å blande 200 mL 0,5 mol/L NaH_2PO_4 med en 0,2 mol/L Na_2HPO_4 -løsning til pH = 7,4.

- b) Skriv en reaksjonsligning for likevekten mellom de to stoffene.
c) Hvor stort volum av Na_2HPO_4 -løsningen ble tilsatt? Vis beregning.

For å lage en buffer med pH = 7,0, vil vi bruke NaH_2PO_4 og NaOH . Konsentrasjonen av H_2PO_4^- -ioner skal være 0,1 mol/L i den ferdige bufferen.

- d) Hvilke masser av fast NaH_2PO_4 og fast NaOH går med for å lage 1 L av bufferen?

Grafen nedenfor er et Bjerrumdiagram; det viser relativ forekomst av alle spesiene (molekyler/ioner) i fosfatsystemet ved ulike pH.



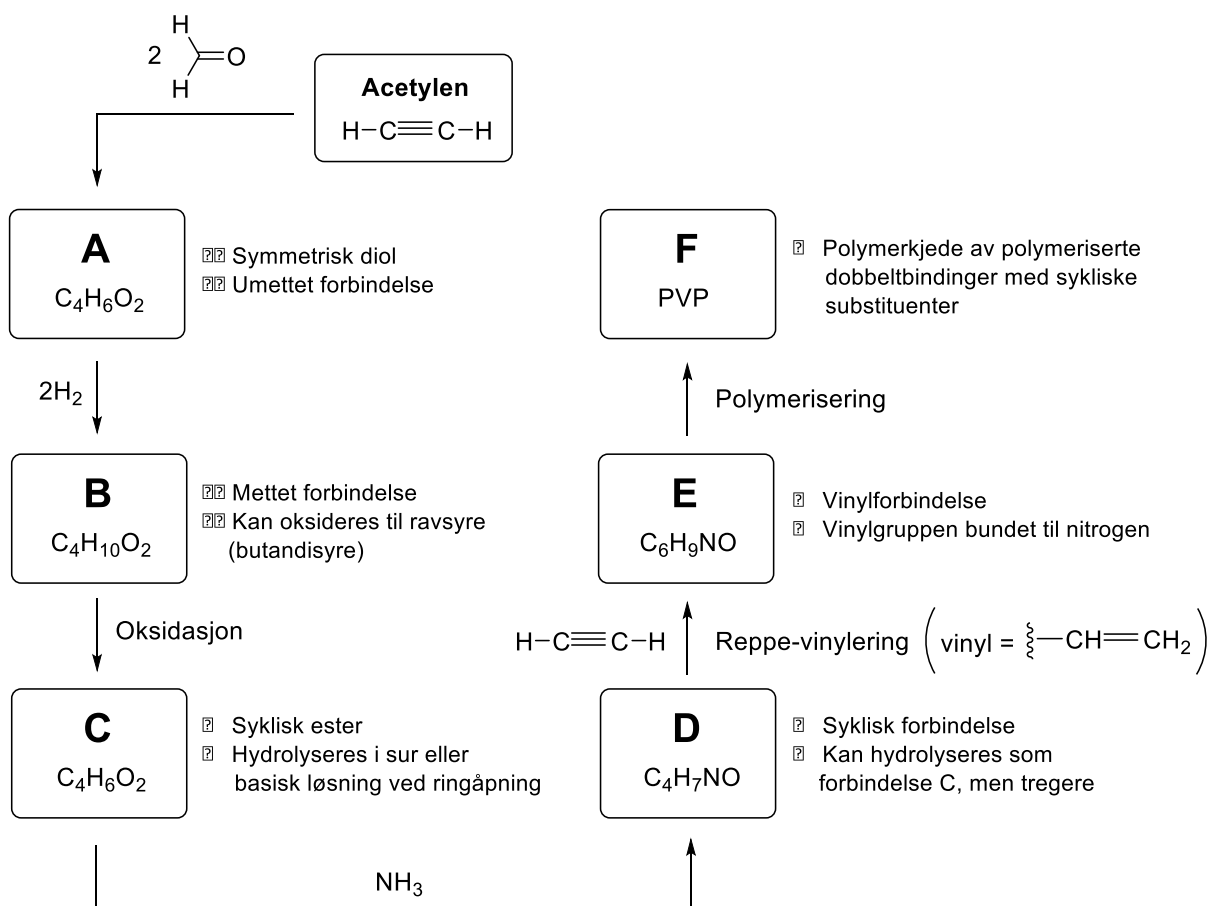
På x-aksen er avmerket to punkter **P** og **X**.

- e) Gi pH-verdien i punktet **P**.
f) Bruk figuren til å beskrive en buffer ved den pH-verdien som er merket med **X**. Hva består den av; hvor mye er det av hver bufferkomponent; hva er omtrentlig pH?

Oppgave 5 (15 poeng)

Polyvinylpyrrolidon (PVP) er blant den kjemiske industriens mest anvendelige polymerprodukter. Den brukes for det meste innen kosmetikk (hårgelé, hårspray, hårvask etc.) og farmasi (bl.a. i salver og som bindemiddel i tabletter), men har også en rekke mer tekniske anvendelser, som innen limprodukter, maling, vaskemidler, elektronikk, bryggerivirksomhet, jordbruk og stålproduksjon.

PVP ble laget for første gang i 1939 av den tyske industrikjemikeren Walter Reppe (1892-1969), og senere markedsført under navnet Luvitec[®]. Utgangsstoffet for syntesen var acetylen, og Reppe utviklet med tiden et intrikat system for produksjon av kjemikalier fra dette råstoffet. Syntesen av PVP er vist i skjemaet nedenfor (eventuelle katalysatorer er ikke angitt).



a) Ved hjelp av opplysningene i skjemaet ovenfor (reagenser, molekylformler og hint) skal du identifisere og tegne de kjemiske strukturene til forbindelsene **A-F** (der **F** er PVP).

b) Vurder den kjemiske strukturen til PVP (forbindelse **F**). Vil du anta at denne polymeren er 1) hovedsakelig vannløselig, 2) kun løselig i organiske løsemidler eller 3) løselig i både vann og mange organiske løsemidler?

Oppgave 6 (16 poeng)

Homeopati er en pseudovitenskap med lange røtter. Ideen er – i strid med alle vitenskapelige prinsipper – at medisiner virker sterkere jo mer de er fortynnet. De fleste kjente gifter, inkludert arsen, barium, kvikksølv og plutonium, er en eller annen gang anvendt til å lage homeopatiske miksturer.

Arsen forbindelsen som vanligvis er brukt, er oksidet As_2O_3 . I homeopatiske løsninger kalles den *Arsenicum album* (= hvitt arsenikk). Oksidet lages industrielt ved røsting (i luft) av arsenholdige mineraler som f. eks. arsenopyritt, FeAsS . De andre produktene er da jern(III)oksid og svoveldioksid.

- Hva er oksidasjonstallet til arsen i As_2O_3 ?
- Skriv en balansert reaksjonsligning for fremstilling av As_2O_3 fra FeAsS .

As_2O_3 er vannløselig; 1 L mettet løsning inneholder 20,6 g. Når oksidet løses i vann, reagerer det til syren arsensyring, H_3AsO_3 . Ved å bruke ^1H -NMR-spektroskopi, ser man at alle H-atomene har samme omgivelser.

- Tegn strukturformel og forklar geometrien rundt arsenatomet i arsensyring.
- Skriv en reaksjonsligning for dannelse av arsensyring fra As_2O_3 .
- Beregn molar konsentrasjon av arsensyring i en mettet løsning.

I homeopati brukes en «desimalskala» for å angi fortynningen av et gitt stoff: D1 betyr at stoffet er fortynnet med 1 del i 10. D2 betyr at prøven er fortynnet til 1 del i 10^2 . En D6-løsning har da en fortynning på 1 del i 10^6 (= 1 million).

Arsenicum album selges ofte som en D30 løsning. Vi antar at den opprinnelige stamløsning som er basis for fortynningen, var en mettet løsning som inneholdt 20,6 g As_2O_3 per liter løsning.

- Beregn massen (i gram) av As_2O_3 i 100 mL av D30 Arsenicum album-løsningen.
- 0,1 gram As_2O_3 er vanligvis dødelig. Beregn hvilket volum (i L) av D30-løsningen som må inntas for å få en dødelig dose av As_2O_3 .
- Hvis D30-løsningen selges i flasker à 25 mL, hvor mange flasker må kjøpes (i gjennomsnitt) for at man skal få 1 atom arsen?