

2. UTTAKSPRØVE

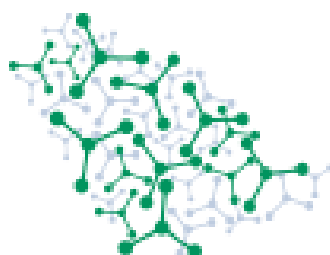
til den



6. nordiske kjemiolympiaden i Oslo

og

56. internasjonale kjemiolympiaden i Riyadh, Saudi-Arabia



56THIChO International
Chemistry Olympiad
Saudi Arabia 2024

Dag: Torsdag 1. februar 2024

Varighet: 180 minutter.

Hjelpemidler: Lommeregner og "Vedlegg 1 til eksamen i kjemi 2".

Maksimal poengsum: 100 poeng.

Oppgavesettet er på **12** sider (inklusive forsiden og svarark)
og har 7 oppgaver.

www.kjemiolympiaden.no

SVARARK

2. UTTAKSPRØVE 2023-24

NAVN: _____

Vi legger ut resultatliste med de 50 beste i 2. runde. **Hvis du er blant de 50 beste i 2. runde er det greit at navnet ditt står på resultatlista?**

Sett kryss:

JA	☐
----	--------------------------

NEI	☐
-----	--------------------------

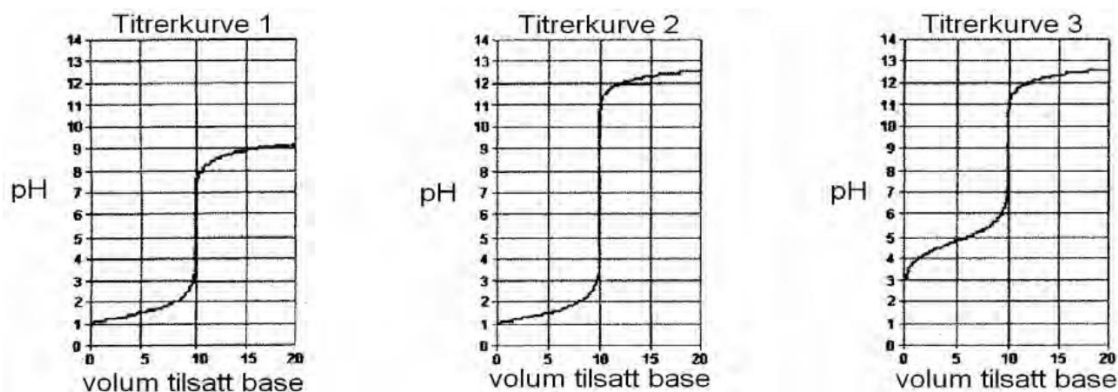
Oppgave 1

Oppgave nr	Svar
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Oppgave 1 (20 poeng, 2 poeng per deloppgave)

Hvert av spørsmålene i denne oppgaven skal besvares ved å angi bokstavkoden til det alternativet som er korrekt. *Kun ett svar* er korrekt for hvert spørsmål.

- 1) Figuren nedenfor viser tre ulike titreringskurver. Hvilket utsagn er i overenstemmelse med figuren?

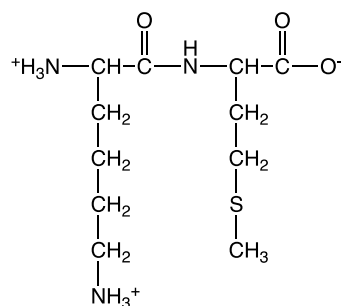


(Figur hentet fra oppgave 3d, eksamen 3KJ for privatister 2009)

- A) Titrerkurve 1 viser titrering av saltsyre med ammoniakk; Titrerkurve 2 viser titrering av saltsyre med lut; Titrerkurve 3 viser titrering av eddiksyre med lut.
- B) Titrerkurve 1 viser titrering av saltsyre med lut; Titrerkurve 2 viser titrering av eddiksyre med lut; Titrerkurve 3 viser titrering av eddiksyre med ammoniakk.
- C) Titrerkurve 1 viser titrering av eddiksyre med ammoniakk; Titrerkurve 2 viser titrering av eddiksyre med lut; Titrerkurve 3 viser titrering av saltsyre med lut.
- D) Titrerkurve 1 viser titrering av saltsyre med ammoniakk; Titrerkurve 2 viser titrering av saltsyre med lut; Titrerkurve 3 viser titrering av eddiksyre med ammoniakk.
- 2) Hvordan påvirker katalysatorer en reaksjon?
- A) De forskyver likevekten mot produkter
- B) De forskyver likevekten mot reaktanter
- C) De gjør at likevekten innstilles raskere
- D) De sørger for fullstendig reaksjon, uten likevekt
- 3) Hvordan framstilles metallisk aluminium?
- A) Oksidasjon ved hjelp av elektrolyse
- B) Oksidasjon ved hjelp av karbon og elektrolyse
- C) Reduksjon ved hjelp av karbon og elektrolyse
- D) Reduksjon ved hjelp av elektrolyse

- 4) En mettet løsning av et metallhydroksid, $M(OH)_2$, har $pH = 9,09$. Hva er verdien til løselighetsproduktet K_{sp} til $M(OH)_2$?
- A) $1,8 \cdot 10^{-15}$
 B) $9,3 \cdot 10^{-16}$
 C) $1,5 \cdot 10^{-10}$
 D) $1,2 \cdot 10^{-5}$
- 5) Elektrolyse av 1 gram av et kobbersalt krevde 0,1 A (ampere) strøm i 4 timer for at alt kobberet skulle bli avleiret som metallisk kobber. Hvilket kobbersalt ble elektrolysert i dette forsøket? Info: Faradays konstant $F = 96485 \text{ C/mol}$, og 1 ampere = 1 C per sekund.
- A) $CuCl$ (99 g/mol)
 B) $CuBr_2$ (223 g/mol)
 C) $CuCl_2$ (134 g/mol)
 D) $Cu(NO_3)_2$ (188 g/mol)
- 6) Hydrogenperoksid, H_2O_2 , kan oksidere jodid til jod. En ferdig balansert reaksjonslikning for denne redoksreaksjonen er
- A) $2 I^- + 2 H_2O_2 + 8 H^+ \rightarrow 4 H_2O + I_2$
 B) $1 I^- + H_2O_2 + 2 H^+ \rightarrow 2 H_2O + \frac{1}{2} I_2$
 C) $4 I^- + H_2O_2 + 2 H^+ \rightarrow 2 H_2O + 2 I_2$
 D) $2 I^- + H_2O_2 + 2 H^+ \rightarrow 2 H_2O + I_2$
- 7) Hvilket av følgende molekyler har et odde antall elektroner og dermed er et reaktivt radikal?
- A) N_2O
 B) NO
 C) CO_2
 D) H_2O_2

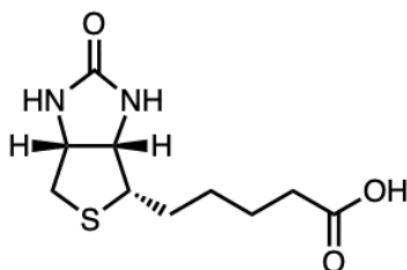
- 8) Figuren under viser et dipeptid. Hva slags reaksjon vil kløyving av dipeptidet til individuelle aminosyrer være?



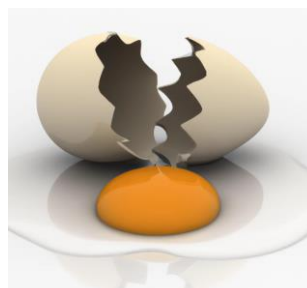
- A) Hydrolyse
B) Eliminering
C) Substitusjon
D) Addisjon
- 9) Hva er den høyeste konsentrasjonen av Pb^{2+} -ioner du kan tilsette til en 0,20 M natriumjodidløsning før du får utfelling
- A) $9,8 \cdot 10^{-9}$
B) $4,9 \cdot 10^{-8}$
C) $2,5 \cdot 10^{-7}$
D) $4,9 \cdot 10^{-4}$
- 10) Hvilke(t) av følgende metaller kan løses opp ved oksidasjon i en løsning av konsentrert salpetersyre (HNO_3)?
- A) Kobber
B) Sink
C) Ingen av de
D) Begge to

Oppgave 2 (12 poeng)

I egg finner vi to spennende molekyler; avidin og biotin. Avidin er et protein i eggehviten mens biotin – også kjent som vitamin B₇ – finnes for det meste i eggeplommen. Molekylene er således separert av en tynn membran i egget. Samtidig kan de to molekylene danne en av de alle sterkeste ikke-kovalente bindinger som vi kjenner til.



Biotin



- a) Hva er molekylformel og molekylmassen til biotin?
- b) Hvor mange kirale karbonatomer finnes i biotin?

I biologiske systemer dannes det ofte mange hydrogenbindinger som bidrar til affinitet mellom to molekyler. De er av den generelle formen



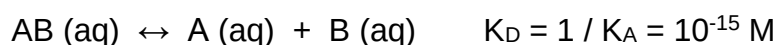
hvor atom D kalles *donor* og atom A kalles *akseptor*. Akseptorer er normalt nitrogen eller oksygen da de har ledige elektronpar som danner en sterk elektrostatiske interaksjon med det delvis positivt ladete hydrogenatomet.

- c) Hvor mange hydrogenbindinger kan biotin danne med avidin hvor biotin er hydrogenbindingsdonor?
- d) Hvorfor er oksygen i karbonyl- og hydroksylgrupper ofte akseptor for 2 hydrogenbindinger, mens nitrogen (i for eksempel aminer av form $-NH_2$) normalt er akseptor for kun 1 hydrogenbinding? Begrunn svaret med en enkel skisse.
- e) Hvor mange hydrogenbindinger kan biotin danne med avidin hvor biotin er hydrogenbindingsakseptor?

Likevekten mellom avidin (A) og biotin (B) kan noe forenklet formuleres ved



hvor K_A kalles assosiasjonskonstanten. Dersom vi snur denne likningen får vi dissosiasjonslikevekten



hvor K_D – den inverse av K_A – da kalles dissosiasjonskonstanten.

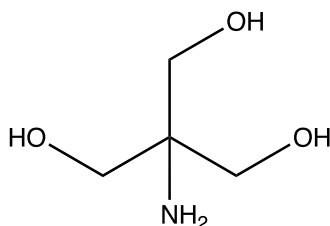
I et forsøk blandes biotin og avidin slik at utgangskonsentrasjonen av begge komponentene blir 10^{-3} M.

- f) Hva er konsentrasjonen av fritt biotin og fritt avidin ved likevekt? Hint: Anta først at det dannes 100% kompleks og at dissosiasjonslikevekten deretter innstiller seg. Begrunn kort eventuelle forenklinger i beregningen.
- g) Hvor stor andel av fritt biotin finnes i forhold til bundet biotin når likevekten er etablert? Du kan oppgi svaret i ppm (parts per million) eller som forholdstall (f eks $1:50000 = 20$ ppm)

Oppgave 3 (10 poeng)

Å holde pH stabil i biologiske systemer er viktig. En vanlig buffer som brukes i biologiske systemer er Tris (tris(hydroksymetyl)aminometan). pK_a verdien til syreformen av Tris er 8,1. Molekylmassen er 121,1 g/mol.

- a) Skriv protolysereaksjonen for Tris når baseformen er oppgitt i figuren under.



- b) Hvis du veier ut 12,11 g Tris (baseformen) og løser i 1 L vann, hva blir da pH-verdien i løsningen?
- c) Hvor mange mol HCl må du tilsette til løsningen i b) for å få en løsning med pH 8,1?
- d) Hvis du isteden ønsker å lage en buffer med pH 7,5, hvor mange mol HCl må du da tilsette?
- e) I hvilket pH-område kan du bruke Tris som buffer?

Oppgave 4 (8 poeng)



Hææ? Frosken er jo helt frossen!

Skogfrosk (*Rana sylvatica*) tåler kalde vintre uten å ta skade; de tiner når våren kommer. I Alaska tåler skogfrosker -15 grader Celsius! De klarer dette ved å endre på sin blodsammensetning: de pumper mye salter og andre stoffer til blodet som gjør at blodet ikke fryser.

Dette fenomenet heter frysepunktnedsettelse og skjer i alle typer væsker. Vi kan beregne endringen i frysepunktet til en løsning med denne formelen:

$$\Delta T = K \cdot m$$

hvor ΔT er hvor mye frysepunktet blir nedsatt, målt i Kelvin, og K er den kryoskopiske konstanten, som for vann er $1,86 \text{ K kg/mol}$, og m er samlet molalitet av alle oppløste partikler (molekyler/ioner) i løsningen (mol/kg).

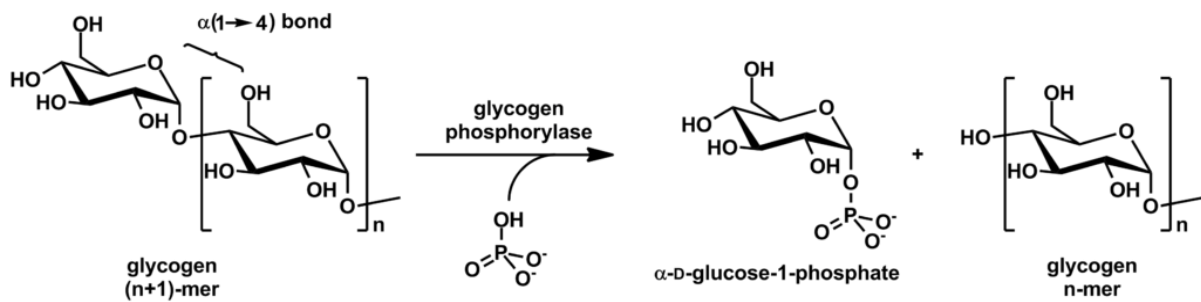
NB! Merk at det her brukes konsentrasjonsbegrepet molalitet (ikke molaritet). Forskjellen er at molalitet beregnes som antall mol løst stoff per masse løsemiddel (og ikke volum løsemiddel som vi bruker for det mer vanlige begrepet molaritet). For vandige løsninger blir forskjellen liten da tettheten til vann er rundt $1 \text{ gram per milliliter}$ ($=\text{cm}^3$).

- a) La oss anta at frosken har 1 mL vann (tetthet 1 g/mL) som blod. Hvor mye NaCl i gram må den ha i blodbanen for å unngå at blodet fryser ved -15°C ? Husk at NaCl oppløses til **to ioner**: Na^+ og Cl^- .

Vi kan bruke frysepunktnedsettelse for å bestemme ukjente væsker. Du har en ren væske som kan enten være benzen ($K = 5$) eller sykloheksan ($K = 20$). Begge har frysepunkt rundt 6°C .

- b) Du oppløser $0,67 \text{ g}$ CaCl_2 i 200 gram av denne ukjente væsken, og måler at frysepunktet blir endret til $4,5^\circ\text{C}$. Hva er K til denne væsken, og er det mest sannsynlig benzen eller sykloheksan?

Frosker bruker også glukose for å overleve i vinterdvale. Glukose kan dannes ved nedbryting av polymeren glykogen. Dette skjer gjennom glykogenolyse hvor det frigjøres én enhet glukose fra kjeden ved hjelp av molekylet «glycogen phosphorylase»;



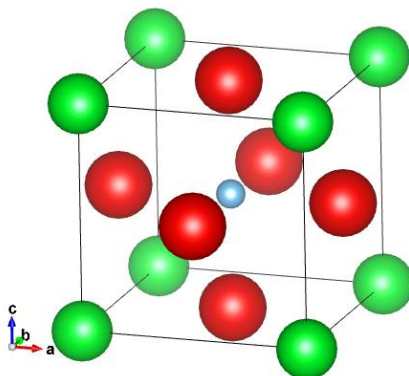
- c) Hvilken type molekyl er «glycogen phosphorylase» og hvilken funksjon har dette molekylet i reaksjonen?



En litt skummel frosk

Oppgave 5 (16 poeng)

SrTiO_3 er et fast stoff med struktur som vist på figuren under. Denne kuben, med Sr (grønt) i hjørnene, O (rødt) midt på sideflatene, og Ti (blått) i midten, kan stables i alle retninger (a, b og c) for å bygge strukturen til SrTiO_3 . For oversiktens skyld er ionene gjort mindre, men de relative størrelsene er omtrent riktige.



- a) Hva er oksidasjonstallene til Sr, Ti og O i forbindelsen SrTiO_3 ?

SrTiO_3 kan lages ved å blande pulver av SrO og TiO_2 ved høy temperatur, men fortsatt under smeltepunktet for alle forbindelsene. Dannelsesentalpier for forbindelsene er $\Delta H^\circ_{f, \text{SrTiO}_3} = -1670 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H^\circ_{f, \text{SrO}} = -592 \text{ kJ/mol}$ og $\Delta H^\circ_{f, \text{TiO}_2} = -945 \text{ kJ/mol}$.

- b) Skriv balansert reaksjonsligning for denne prosessen.
- c) Er reaksjonen endoterm eller endoterm? Vis ved utregning.

Eksperimenter viser at sidelengden til kubens vist over er $3,9 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$), og at alle sider er like lange. (Du kan godt regne med enheten $\text{\AA}$ i resten av oppgaven).

- d) Hvor lang er diagonalen på sideflatene i kubens (altså *ikke* den lengste diagonalen som går gjennom sentrum av kubens)?
- e) Hvor lang er avstanden mellom senteret av et Sr- og et O-ion langs diagonalen hvis vi antar at de «berører» hverandre langs denne diagonalen? (Hvis du ikke fant svar på deloppgave e) kan du bruke $8 \text{ \AA}$ som lengde på diagonalen)

Oksygenioner har en radius på ca. $1,3 \text{ \AA}$.

- f) Hva er radiusen til Sr-ionet i denne forbindelsen?

Oppgave 6 (16 poeng)

Når 80,0 g fast natriumhydroksid løses i 2,00 L vann ved 25°C og konstant trykk, avgis det 89,0 kJ varme til omgivelsene.

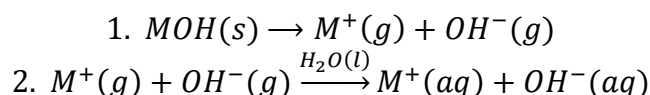
- a) Hva er (standard) entalpiforandringen, ΔH° , i kJ/mol for denne prosessen?

Standard dannelsesentalpiene til fast natriumhydroksid, NaOH(s), og hydratiserte hydroksidioner, OH⁻(aq), er henholdsvis -425,61 kJ/mol og -229,99 kJ/mol.

- b) Hva er standard dannelsesentalpien til hydratiserte *natriumioner*?

Hvis du ikke fikk til deloppgave a, kan du anta at $\Delta H^\circ = -40$ kJ/mol for oppløsning av NaOH(s). For oppløsning av fast *kaliumhydroksid*, KOH(s), er $\Delta H^\circ = -57,61$ kJ/mol.

For begge de nevnte alkalimetallhydroksidene kan oppløsningsprosessen ses på som sammensatt av følgende to trinn:



der M er henholdsvis Na eller K.

- c) Hva kan forskjellen i ΔH° mellom de to oppløsningsprosessene skyldes? Det andre trinnet er mer eksotermt for M = Na enn M = K. (*Hint*: Coulombs lov)

0,50 L av natriumhydroksidløsningen i deloppgave a) blandes med et like stort volum av en 1,0 mol/L vannløsning av kalsiumklorid ved 25°C. Det felles da ut et hvitt fast stoff (**A**).

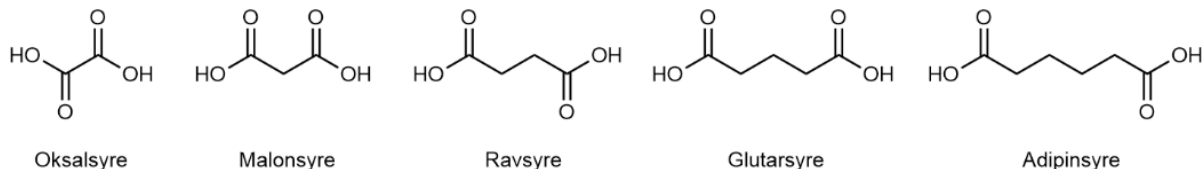
- d) Hvilket stoff felles ut, og hvorfor? Skriv ned den balanserte netto reaksjonsligningen.

Endringene i standard Gibbs fri energi og entalpi for den sistnevnte reaksjonen er henholdsvis $\Delta G^\circ = -31,18$ kJ/mol og $\Delta H^\circ = 15,81$ kJ/mol ved 25°C.

- e) Hva blir standard entropiforandringen, ΔS° , for reaksjonen? Er fortegnet som forventet for en fellingsreaksjon?
- f) Er det mulig ved å justere temperaturen å unngå at stoff **A** feller ut fra en løsning der konsentrasjonene av Ca²⁺ og OH⁻ før reaksjon er 1,0 mol/L?
- g) Ta utgangspunkt i løsningen i deloppgave d) etter at det ikke skjer noen netto utfelling lenger. Vis at den molare løseligheten til stoffet **A** i denne løsningen, $x \frac{\text{mol}}{\text{L}}$, er gitt ved ligningen $4x^3 + x^2 = 5,06 \cdot 10^{-6}$. *Hint*: Anta at fellingsreaksjonen først skjer, og at en liten mengde av det utfelte stoffet så løser seg opp igjen i løsningen.

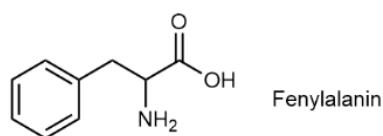
Oppgave 7 (18 poeng)

Toverdige syrer er syrer som kan protolysere i to trinn, og dikarboksylysyrer hører til blant disse. Blant de vanlige lineære (mettede) dikarboksylysyrer finner vi blant annet forbindelsene tegnet nedenfor.



- Hva er de korrekte kjemiske navnene til henholdsvis malonsyre og adipinsyre?
- For syrene over, hvordan tror du syrestyrken i første protolysetrinn endrer seg etter hvert som man går utover i serien, altså fra oksalsyre til adipinsyre?
- Fumarsyre (*trans*-butendisyre) er en umettet dikarboksylsyre. Denne behandles med brom, etterfulgt av en løsning av kaliumhydroksid i etanol under oppvarming. Etter surgjøring av kaliumsaltet med svovelsyre fås da acetylendikarboksylsyre. Tegn den kjemiske strukturen til denne. Hva kalles de to reaksjonstypene involvert, altså reaksjonene som involverer henholdsvis brom og kaliumhydroksid?
- Behandles malonsyre med den basiske forbindelse urea ($\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$) under vannavspaltning fås en syklisk forbindelse med kjemisk formel $\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_3$. Denne er best kjent under trivialnavnet barbitursyre, men det er ingen karboksylsyre. Tegn den kjemiske strukturen til barbitursyre og angi hvilke(t) hydrogenatom(er) i forbindelsen du antar er surest.
- Innføres en aminogruppe (-NH_2) i ravsyre fås aminosyren asparaginsyre. Gjøres det samme i glutarsyre fås aminosyren glutaminsyre. Tegn strukturene til disse to aminosyrene og sett ring rundt eventuelle kirale karbonatomer.
- Mononatriumsaltet av glutaminsyre er det kjente krydderstoffet (smaksforsterkeren) natriumglutamat. Løses saltet i rent vann dannes et anion som er opphavet til den såkalte umami-smaken. Tegn strukturen til dette anionet og indiker alle ladninger.

På samme måte som asparaginsyre og glutaminsyre er også fenylalanin en av de tjue vanlige aminosyrene som inngår i proteiner. Strukturen til fenylalanin er gitt nedenfor.



- Hvis metylesteren av fenylalanin bindes til asparaginsyre gjennom peptidbinding, ved hjelp av karboksylysyregruppen i asparaginsyre nærmest aminogruppen, fås det kunstige søtningsmiddelet aspartam. Tegn strukturen til aspartam.