

2. UTTAKSPRØVE

til den



7. nordiske kjemiolympiaden i Gøteborg

og

57. internasjonale kjemiolympiaden i Dubai,

De forente arabiske emirater (FAE)



Dag: Torsdag 30. januar 2025

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 2024-25

Navn: _____ Skole: _____

E-postadresse: _____

Mobil: _____ Fødselsdato: _____

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	

Tema 2024/25 - Nernst likning for elektrokjemisk spenning

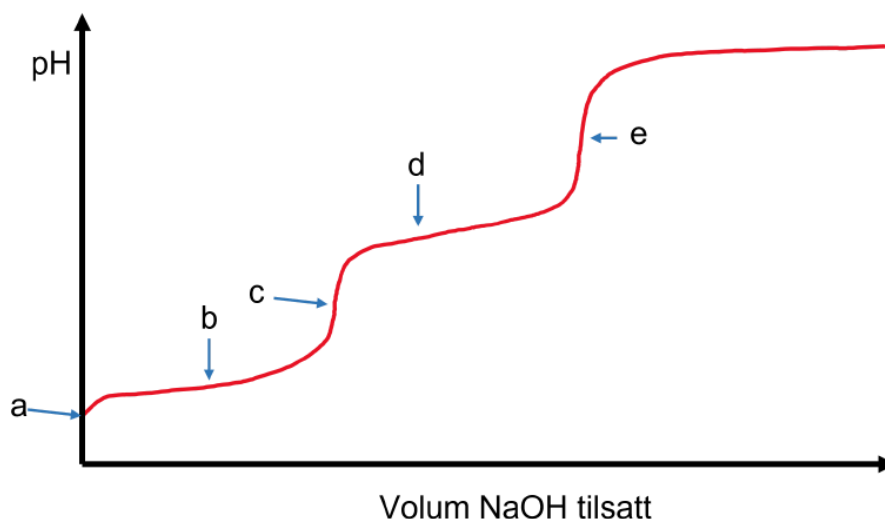
$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln(Q)$$

E og E° er celledspenninger, R = 8,314 J mol⁻¹ K⁻¹, T er temperatur, F = 96485 C mol⁻¹, n er antall overførte elektroner, Q er reaksjonskvotienten. [1 Volt = 1 Joule / 1 Coulomb].

Oppgave 1 (20 poeng, 2 poeng per deloppgave)

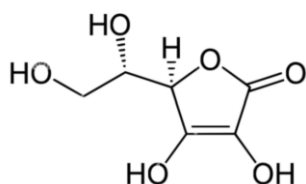
Hvert av spørsmålene i denne oppgaven skal besvares ved å angi bokstavkoden til det alternativet som er korrekt. *Kun ett svar* er korrekt for hvert spørsmål.

- 1) Vi titerer karbonsyre (H_2CO_3) med NaOH-løsning. Syrekonstantene K_{a1} og K_{a2} for første og andre protolysetrinn er henholdsvis $10^{-6,30}$ og $10^{-10,3}$. Hvilket utsagn er i overenstemmelse med figuren?



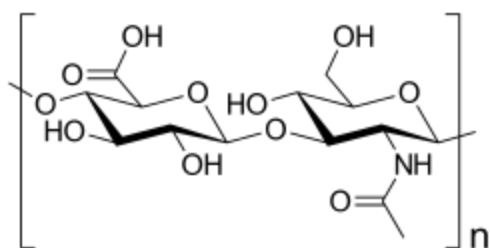
(Figur hentet fra oppgave 9, eksamen KJM1101, Universitetet i Oslo, 2023H)

- A) pH i punkt a er 6,30
B) pH i punkt b er 6,30
C) pH i punkt c er 6,30
D) pH i punkt d er 6,30
- 2) Hvor mange kirale sentra har askorbinsyre?

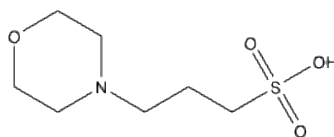


- A) 1
B) 2
C) 3
D) 4

- 3) Figuren under viser strukturen til den repeterende enheten i hyalorunan, en viktig biopolymer som fins i ledd og hud. Hvilket utsagn beskriver ladningen til hyalorunan i nøytral pH?

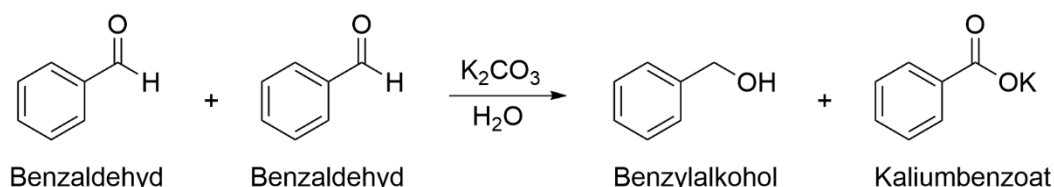


- A) Syregruppen vil være negativ, og amid-gruppen vil være nøytral.
 B) Syregruppen vil være nøytral, og amid-gruppen vil være positiv.
 C) Syregruppen vil være negativ, og amid-gruppen vil være positiv.
 D) Begge gruppene vil være nøytrale.
- 4) Hva er masseprosenten av karbon i glukose, $C_6H_{12}O_6$?
- A) 10 %
 B) 20 %
 C) 30 %
 D) 40 %
- 5) En løsning av et tungtløselig metallhydroksid $M(OH)_2$ med $K_{sp} = 2 \cdot 10^{-11}$ har pH = 10. Hva er konsentrasjonen av metallionet M^{2+} i den mettede løsningen?
- A) $2 \cdot 10^{-5}$ M
 B) $4 \cdot 10^{-5}$ M
 C) $2 \cdot 10^{-3}$ M
 D) $4 \cdot 10^{-3}$ M
- 6) MOPS er en buffer som brukes i biologiske systemer med pK_a -verdi på 7,2 (Molekylvekt 209,3 g/mol). Du veier ut 20,93 g MOPS (syreform) og tilsetter 1,0 liter 0,10 M NaOH-løsning. Hva er pH i denne løsningen ved likevekt?



- A) 3,9
 B) 7,2
 C) 8,2
 D) 10,1

- 7) Hvilket av følgende par molekyler har lik struktur?
- A) H_2O og OF_2
 B) NH_3 og BF_3
 C) NH_3 og SiCl_4
 D) H_2O og BeCl_2
- 8) Ubalansert likning for forbrenning av propan er $\text{C}_3\text{H}_8 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Hva er koeffisienten til oksygen i den balanserte reaksjonslikningen?
- A) 3
 B) 4
 C) 5
 D) 6
- 9) Den italienske kjemikeren Stanislao Cannizzaro (1826–1910) observerte i 1853 at når han behandlet benzaldehyd med en vandig oppløsning av kaliumkarbonat, ble det dannet en blanding av benzylalkohol og kaliumbenzoat. Hvilket utsagn nedenfor om denne reaksjonen er korrekt?



- A) Dette er en syre-base-reaksjon der benzaldehyd er både syre og base.
 B) Dette er en eliminasjonsreaksjon der to molekyler benzaldehyd eliminerer med hverandre.
 C) Dette er en substitusjonsreaksjon der et molekyl benzaldehyd substituerer inn et vannmolekyl på et annet molekyl benzaldehyd under basekatalyse.
 D) Dette er en form for redoksreaksjon der benzaldehyd fungerer både som reduksjons- og oksidasjonsmiddel (disproporsjonering).
- 10) Den svenske kjemikeren Jöns Jacob Berzelius (1779–1848) fremstilte i 1823 silisium gjennom å behandle kaliumfluorsilikat med smeltet kalium (vist under). Hvilket utsagn nedenfor er korrekt?



- A) Dette er en redoksreaksjon der kalium fungerer som oksidasjonsmiddel.
 B) Dette er en redoksreaksjon der kalium blir oksidert.
 C) Dette er en redoksreaksjon der kalium reduseres.
 D) Dette er ingen redoksreaksjon, men en substitusjonsreaksjon.

Oppgave 2 (14 poeng)

En kjemisk reaksjon er gitt ved følgende likning:

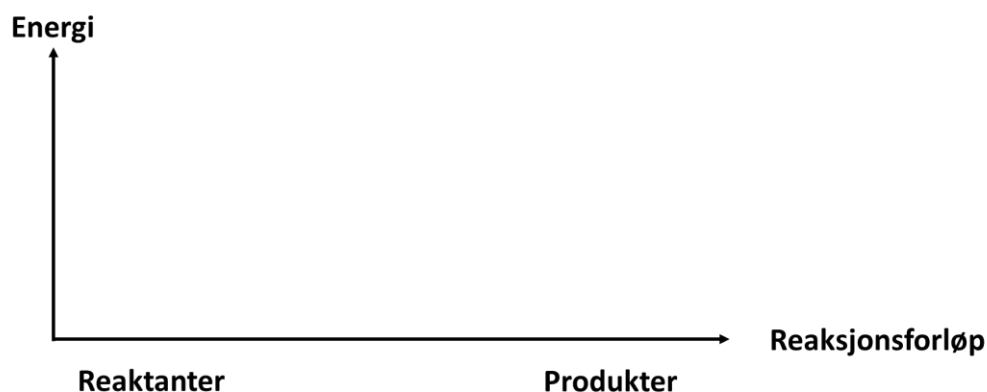


Entalpiendringen (ΔH) for reaksjonen er -50 kJ/mol , og entropiendringen (ΔS) er $-100 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$.

- a) Beregn Gibbs fri energi (ΔG) for reaksjonen ved 300 K , og avgjør om reaksjonen er spontan under disse forholdene.
- b) Hvordan endrer ΔG seg når temperaturen øker? Gi en kort begrunnelse.
- c) Ved hvilken temperatur vil reaksjonen gå fra å være spontant til ikke-spontan?
- d) Hvilke(n) av følgende fire reaksjonsligninger er forenelig med den observerte entropiendringen $\Delta S = -100 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$? (Flere alternativer er mulig)
 - i) $2 A (g) + B (g) \rightarrow C (s)$
 - ii) $2 A (s) + B (s) \rightarrow C (g)$
 - iii) $2 A (aq) + B (aq) \rightarrow C (s)$
 - iv) $2 A (l) + B (l) \rightarrow C (g)$

Aktiveringsenergien (E_a) for denne reaksjonen er $+ 15 \text{ kJ/mol}$.

- e) Tegn en skisse som viser endring i ΔH som funksjon av reaksjonsforløpet fra produkter til reaktanter. Vis hvilke nivåforskjeller i energi som tilsvarer ΔH og E_a .

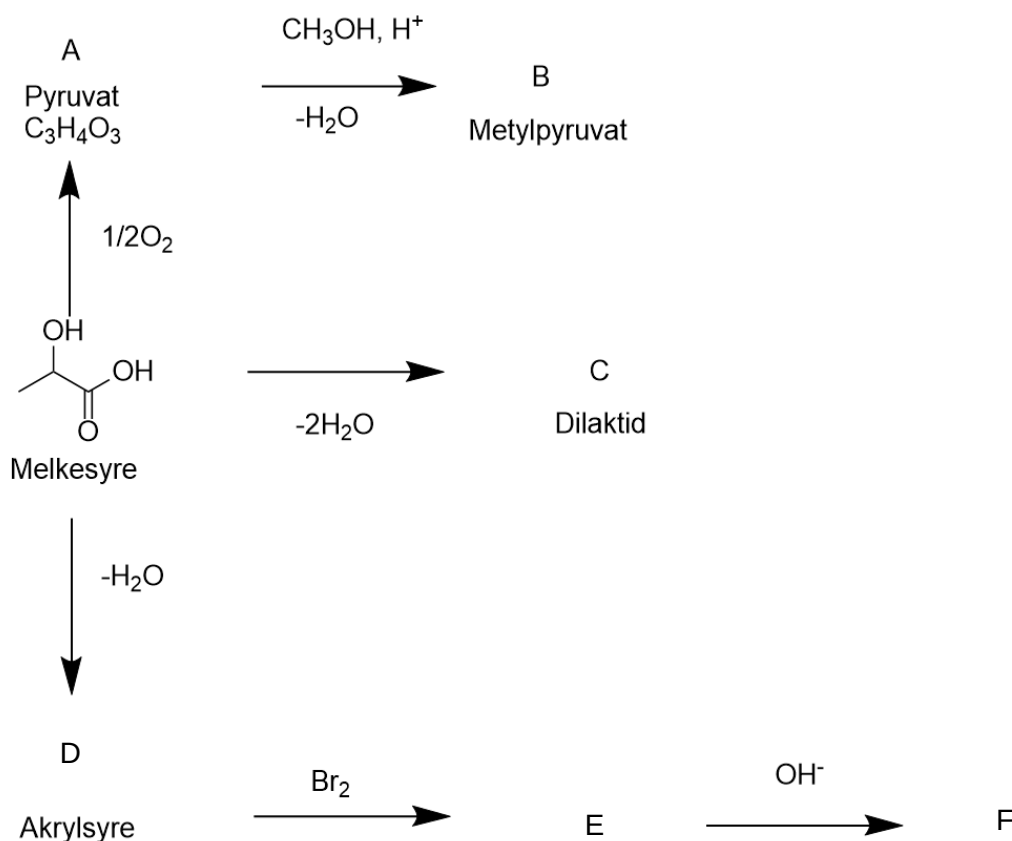


- f) Hvor stor er aktiveringsenergien for den motsatte reaksjonen?
- g) Reaksjonshastigheten til reaksjonen er gitt ved $r = k [A]^2 \cdot [B]$. Hvordan vil reaksjonshastigheten til denne reaksjonen endres dersom konsentrasjonen av forbindelse **A** dobles?

Oppgave 3 (16 poeng)

Melkesyre er et viktig produkt som dannes i kroppen vår ved forbrenning av sukker når det er lite oksygen tilstede. Selv om den ofte omtales som melkesyre i dagligtale, forekommer denne forbindelsen naturlig i kroppen som den konjugerte basen laktat. Det er lav pH i musklene fra protolyse av melkesyre som gjør at man stivner i muskulaturen under hard belastning. Ved påfølgende tilgang på oksygen vil melkesyre/laktat omdannes til ketosyren pyruvat, som omsettes videre og pH vil igjen øke.

Melkesyre kan brukes som utgangsstoff for syntese av flere ulike forbindelser, både naturlige og syntetiske. Ulike reaksjonsveier er vist i skjema på neste side.



- Hva er det systematiske navnet på melkesyre?
- Oksidering av melkesyre kan gi pyruvat (**A**), et annet viktig biologisk molekyl. Hvis pyruvat behandles med metanol og syre dannes metylpyruvat (**B**). Tegn strukturene til pyruvat og metylpyruvat.
- Hva heter reaksjonstypen fra pyruvat til metylpyruvat?
- To molekyler melkesyre kan dimerisere og danne det sykliske molekylet dilaktid (**C**) ved avspalting av to vannmolekyler. Dilaktid inneholder to ester-grupper. Tegn strukturen til dilaktid **C**.

- e) Eliminering av vann fra melkesyre kan danne akrylsyre (**D**), et viktig industrielt stoff. Tegn strukturen til akrylsyre.
- f) Akrylsyre kan reagere brom og danne forbindelse **E**, som ved behandling med sterk base danner forbindelsen **F**. **F** inneholder ikke brom. Tegn strukturene til **E** og **F**.
- g) Byttes den ene hydroxylgruppen til melkesyre ut med en aminogruppe dannes aminosyren alanin. Tegn strukturen til alanin ved nøytral pH med forventet ladninger på funksjonelle grupper.

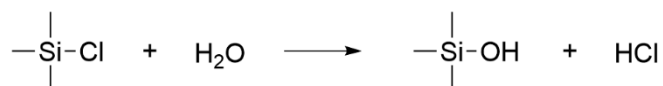
Oppgave 4 (18 poeng)

Silikoner er en gruppe syntetiske polymerer som består av silisium, oksygen, karbon og hydrogen. De er blant annet temperaturresistente, vanntolerante og lite brennbare. Industriell produksjon av silikoner starter med den såkalte Rochow-Müller-prosessen. I denne prosessen reageres et overskudd av klormetan, CH_3Cl , med rent silisium, under nærvær av kobber som katalysator, ved temperaturer på rundt $300\text{ }^\circ\text{C}$ og trykk på 2-5 bar. Det dannes en rekke forbindelser **A – F**.

$\text{CH}_3\text{Cl} + \text{Si} \xrightarrow{\text{Cu}}$	A	+	B	+	C	+	D	+	E	+	F
	21,76% Si		18,79% Si		20,74% Si		24,42% Si		25,85% Si		16,53% Si
	54,94% Cl		71,15% Cl		78,52% Cl		61,64% Cl		32,63% Cl		83,47% Cl
	18,61% C		8,04% C		0,00% C		10,44% C		33,17% C		0,00% C
	4,69% H		2,02% H		0,74% H		3,51% H		8,35% H		0,00% H

- a) Rochow-Müller-prosessen danner de seks produktene **A-F**, som alle er væsker. Hver av disse forbindelsene inneholder kun ett silisiumatom. Anta at alle karbonatomer er i form av metylgrupper. Bruk de oppgitte masseprosentene til å finne molekylformel og tegn de kjemiske strukturene til produktene **A-F**. *Hint:* Silisium har samme valens som karbon.

A-F separeres gjennom en lang destillasjonsprosess (de har ganske like kokepunkter). Generelt vil klorsilaner reagere med vann og danne silanoler som vist nedenfor, og de dannede silanolene kan reagere videre med hverandre under vannavspaltning.



- b) Hovedproduktet fra Rochow-Müller-prosessen er produkt **A**. Reageres denne med vann fås en lineær polymer som vanligvis kalles for polydimetylsiloksan (PDMS). Tegn den repeterende enheten i denne polymeren.
- c) Når produkt **A** reageres med vann, fås i tillegg til PDMS en blanding av sykliske produkter, hvorav de to viktigste er oktametylsyktetrasiloksan (gjørne kalt **D₄**) og dekametylsyklopentasiloksan (**D₅**). Stoffene **D₄** og **D₅** har blant annet vært mye brukt i kosmetikk. Tegn de kjemiske strukturene til **D₄** og **D₅**.

- d) Hva er problemet hvis produkt **A** med mye innhold av enten produkt **B**, **C** eller **F** (som en urenhet) brukes for fremstilling av PDMS gjennom reaksjon med vann? Hint: Gå ut ifra at det er ønskelig med størst mulig innhold av lineære polymerer.
- e) Hvis produkt **A** med innhold av produkt **E** (som en urenhet) brukes for å lage PDMS gjennom reaksjon med vann, forventer du da en kortere eller lengre kjedelengde på de dannede polymerene enn om du brukte **A** i tilnærmet helt ren form? Gi en kort begrunnelse for ditt svar.
- f) Produkt **C** fra Rochow-Müller-prosessen er utgangsstoffet for fremstillingen av ultrarent silisium for bruk i halvledere. Skriv en balansert kjemisk reaksjon for den termiske dekomponeringen av produkt **C** til ren silisium, produkt **F** og hydrogenklorid i en såkalt kjemisk dampavsetting (Siemens-prosessen).

Oppgave 5 (8 poeng)

Gravimetri er en vanlig kvantitativ metode som går ut på finne mengden av et stoff ved å veie det, enten isolert, eller i en forbindelse med kjent sammensetning. Et eksempel på dette er å bestemme mengden jern i en prøve ved å danne tungt løselig jern(III)hydroksid ved tilsetning av lut til en løsning med oppløste jernioner. Dette bunnfallet kan filtreres og tørkes, og ved oppvarming til 850 °C dannes forbindelsen Fe_2O_3 ved avspalting av vann. Deretter kan massen til Fe_2O_3 måles.

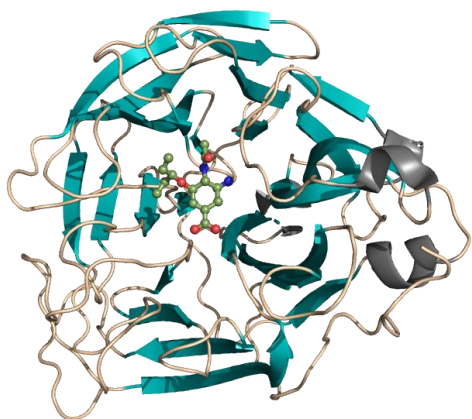
- a) Skriv balanserte reaksjonslikninger og angi aggregattilstander for dannelse av utfelt jern(III)hydroksid, og videre hva som skjer ved oppvarming av dette bunnfallet etter tørking.
- b) Hvordan vil konsentrasjonen av frie jernioner variere med løsningens pH? Antatt at du starter med rent jern(III)hydroksid og forsøker å løse det opp i rent vann.
- c) Hva blir løseligheten av jern(III)hydroksid (i molar) når vi vet at løselighetsproduktet er $K_{\text{sp}} = 4 \cdot 10^{-38}$. Vis ved utregning.

En ukjent prøve av et vannløselig stoff med masse 3,00 gram ble løst opp i 100,00 mL vann, tilsatt 1 M lut til fullstendig felling av jern(III)hydroksid. Bunnfallet ble filtrert, tørket, og deretter varmet opp til 850 °C, deretter avkjølt og veid. Massen ble målt til 0,64 gram.

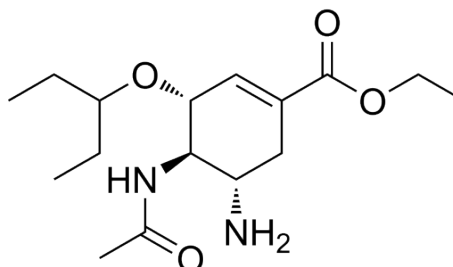
- d) Finn masseprosent jern i den opprinnelige prøven, og beregn konsentrasjonen (i molar) til jernioner i vannløsningen før tilsetning av lut.

Oppgave 6 (8 poeng)

Neuraminidase (NA) er et enzym på overflaten av influensaviruset som spalter sialinsyre slik at nye influensavirus kan spre seg i kroppen. Legemiddelet Tamiflu® (oseltamivir) ligner på sialinsyre og hemmer NA ved å binde til det aktive setet i forholdet 1:1.



Strukturen til neuraminidase med bundet oseltamivir (PDBid 2HT8)

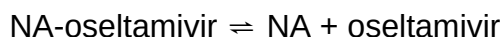


Strukturen til oseltamivir

Molekylvekten til NA er 51572,9 g/mol og oseltamivirfosfat er 312,2 g/mol.

- a) En Tamiflu® tablett inneholder 75 mg av oseltamivirfosfat. Hvor mange mg NA kan dette hemme dersom vi for enkelhetsskyld antar at vi har 100% hemming og hvert molekyl med NA binder ett enkelt molekyl oseltamivir?

Hvor sterkt oseltamivir binder til NA kan beskrives med følgende dissosiasjonslikevekt:

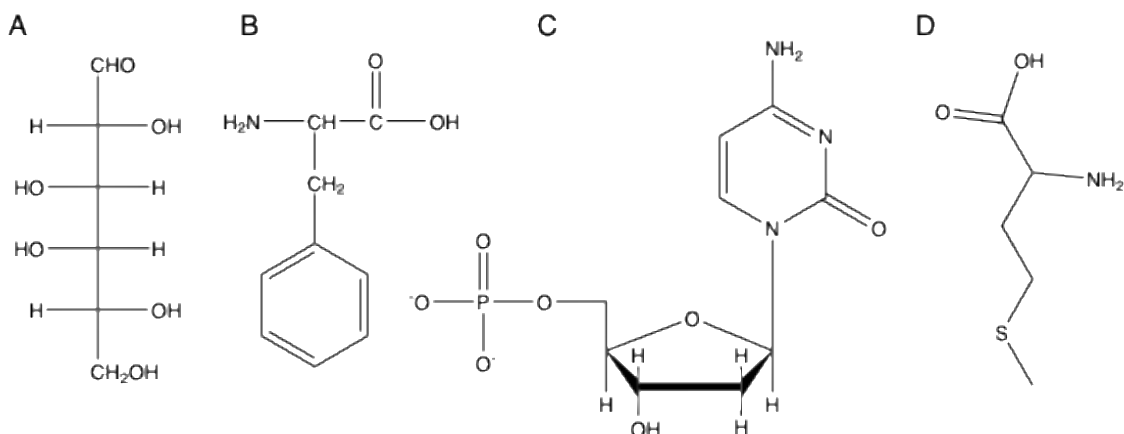


Likevektskonstanten for denne reaksjonen kalles dissosiasjonskonstanten, og $K_D = 140 \text{ nM} = 140 \cdot 10^{-9} \text{ M}$ (*) for denne likevekten.

(*) SI-prefikser: milli (m) = 10^{-3} , mikro (μ) = 10^{-6} , nano (n) = 10^{-9} , piko (p) = 10^{-12}

- b) Hvilken konsentrasjon har vi ved likevekt av hemmet NA (dvs. NA-oseltamivir) hvis du blander 1,0 mL 2,0 mM NA med 1,0 mL 2,0 mM oseltamivirfosfat? Hvor mange prosent hemmet NA har vi da?

c) Angi hvilken klasse/type de forskjellige biologiske molekylene tilhører.



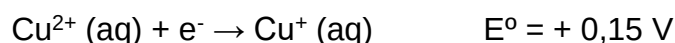
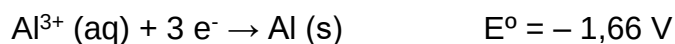
Oppgave 7 (16 poeng)

Kobber er et av de eldste kjente metaller da det er et av få metaller som kan finnes i ren form i naturen. Sammen med gull og sølv var kobber de tre viktigste bruksmetallene i tidlig kjente sivilisasjoner.

Aluminium, på den annen side, finnes stort sett som oksid i ulike mineraler da det er lett oksiderbart. Rent metallisk aluminium ble først fremstilt av den danske kjemikeren Hans Chr. Ørsted og den tyske kjemikeren Friedrich Wöhler i 1825. Fremstillingen var krevende, og aluminium var den gang dyrere enn gull.



Gitt følgende standard reduksjonspotensialer



En elektrokjemisk celle består av følgende to halvceller (temperatur 298,15 K).

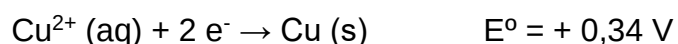
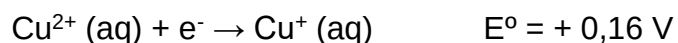
- En metallisk aluminiumstav som elektrode i en 1,00 M $\text{Al}^{3+} (\text{aq})$ løsning
 - En grafittelektrode i en løsning med 1,00 M $\text{Cu}^{+} (\text{aq})$ og 1,00 M $\text{Cu}^{2+} (\text{aq})$ (grafittstaven kan kun lede strøm og vil ikke delta i den kjemiske reaksjonen)
- Skriv en balansert reaksjonslikning for den elektrokjemiske cellen.
 - Hva blir oksidert og hva blir redusert?
 - Hva er standard cellespenning (E°_{celle}) for denne reaksjonen?

Volumet til løsningene ved elektrodene er begge 0,50 liter og aluminiumstaven veier 10,0 gram. Etter en liten stund er konsentrasjonen av det ionet som blir redusert senket til 0,10 M.

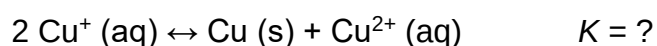
- d) Hva er nå konsentrasjonene av det kationet som dannes ved oksidasjon og kationet som dannes ved reduksjon?
- e) Hvor mye har massen til aluminiumstaven endret seg frem til dette punktet (målt i gram)?
- f) Bruk Nernst-likningen til å beregne cellespenningen ved dette tidspunktet.

Kobber(I) ioner er ustabile i løsning og vil både reduseres og oksideres til henholdsvis metallisk kobber og kobber (II). Dette kalles disproporsjonering.

Reaksjonen er en kombinasjon av følgende to halvreaksjoner:



Disse kombineres til disproporsjoneringsreaksjonen



- g) Bruk Nernst-likningen til å finne likevektskonstanten K for denne likevekten.