

2. UTTAKSPRØVE



til den
55. internasjonale kjemiolympiaden 2023
i Zürich, Sveits



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023

Dag: Torsdag 2. februar 2023

Varighet: 180 minutter

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

Maksimal poengsum: 100 poeng

Oppgavesettet er på **10** sider (inklusive forsiden og svarark)
og har **7** oppgaver

www.kjemiolympiaden.no

SVARARK

2. UTTAKSPRØVE 2022-23

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?**

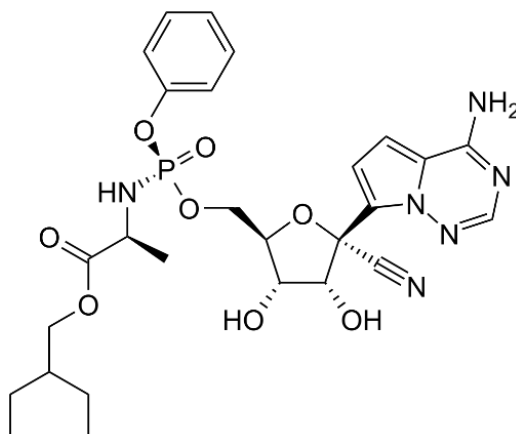
Sett kryss:

JA	☐	NEI	☐
----	--------------------------	-----	--------------------------

Oppgave 1

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

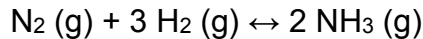
Oppgave 7d og 7e



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) Ammoniakk produseres etter følgende eksoterme reaksjon:



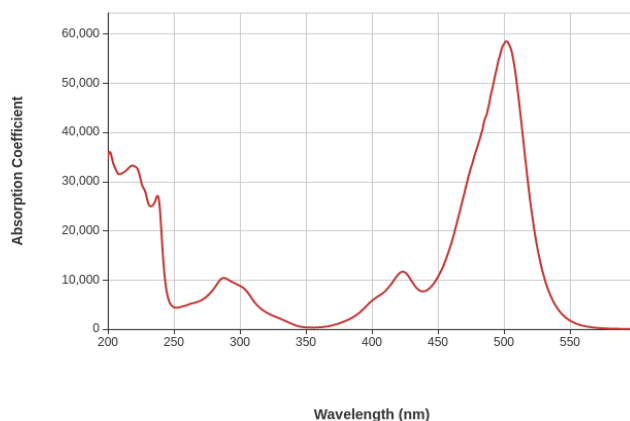
Hvilket tiltak vil forskyve likevekten mot mer produkt?

- A) Øke trykket av NH_3
 - B) Senke trykket av H_2
 - C) Anvende en effektiv katalysator
 - D) Senke temperaturen
- 2) Hva er løseligheten av SrSO_4 i en 1,0 mol/L løsning av svovelsyre?
 $K_{\text{sp}} = 3,4 \cdot 10^{-7}$ for SrSO_4 .
- A) 0,031 mg/L
 - B) 0,062 mg/L
 - C) 0,63 mg/L
 - D) 9,4 mg/L
- 3) Hvilken av følgende molekylformler kan representere en eterforbindelse?
- A) CH_2O
 - B) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$
 - C) CH_4O_2
 - D) $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$
- 4) Hva er formel for tettheten d (g/cm^3) til en ren væske av et stoff **A** dersom molekylmassen til **A** er M (g/mol), volumet til væsken er V (dm^3), og n er antall mol av stoffet i beholderen?
- A) $d = V \cdot n \cdot 1000 / M$
 - B) $d = M / (V \cdot n \cdot 1000)$
 - C) $d = n \cdot 1000 / (M \cdot V)$
 - D) $d = M \cdot n / (1000 \cdot V)$
- 5) Hvilket av følgende stoffer har det høyeste kokepunktet?
- A) HF
 - B) N_2
 - C) HCl
 - D) Cl_2

- 6) Effusjon er lekkasje av gass gjennom en liten åpning. Grahams lov sier at effusjon hastigheten til et gass (r) er invers proporsjonalt med kvadratroten av gasspartiklenes masse (M). Hvis effusjon hastigheten til nitrogen er 10 mol per sekund, hva er effusjon hastigheten til karbondioksid hvis alt annet (temperatur, trykk) er konstant?

$$r \propto \sqrt{\frac{1}{M}}$$

- A) 7.98 mol per sekund
 B) 5.64 mol per sekund
 C) 1.54 mol per sekund
 D) 12.54 mol per sekund
- 7) Hvis absorpsjonsspekteret til et molekyl er som vist nedenfor, hvilken farge vil en prøve som inneholder molekylet mest sannsynlig være?



Navn	Bølglengder	Frekvenser
rødt	~ 625 – 740 nm	~ 480 – 405 THz
oransje	~ 590 – 625 nm	~ 510 – 480 THz
gult	~ 565 – 590 nm	~ 530 – 510 THz
grønt	~ 520 – 565 nm	~ 580 – 530 THz
blått	~ 445 – 520 nm	~ 675 – 580 THz
indigo	~ 425 – 445 nm	~ 700 – 675 THz
fiolett	~ 380 – 425 nm	~ 790 – 700 THz

- A) Rød/orange
 B) Usynlig på grunn av absorpsjon i UV-båndet
 C) Gul/grønn
 D) Blå/indigo/fiolett
- 8) Utfelling av et salt fra en vannløsning er ofte en eksoterm prosess. Hvordan vil løselighetsproduktet, K_{sp} , til et salt som dette er tilfelle for påvirkes hvis temperaturen senkes?
- A) Løselighetsproduktet vil bli større
 B) Løselighetsproduktet vil forbli uendret
 C) Løselighetsproduktet vil bli mindre
 D) Løselighetsproduktet vil først bli større og så mindre igjen
- 9) Hvilken av følgende forbindelser består av de mest polare molekylene?
- A) 1,3,5-trifluorbenzen
 B) Svovelheksafluorid
 C) Fosforpentaklorid
 D) Trimetylamin

10) Hvilken påstand er sann for reaksjonen $A(g) + B(g) \rightarrow AB(g)$, der A og B er to vilkårlige grunnstoffer?

- A) $\Delta H^o < 0$ og $\Delta S^o > 0$
- B) $\Delta H^o > 0$ og $\Delta S^o < 0$
- C) $\Delta H^o < 0$ og $\Delta S^o < 0$
- D) $\Delta H^o = 0$ og $\Delta S^o = 0$

Oppgave 2 (16 poeng)

Du ønsker å lage en bufferløsning, og har til rådighet fast NaF-pulver og en løsning med 0,10 M flussyre (HF). HF har $K_a = 6,6 \cdot 10^{-4}$.

- a) Hva er pH i HF-løsningen?
- b) Hvorfor kan man lage en bufferløsning av flussyre og natriumfluorid?

For å gjøre ting enkelt, tenker du å lage en bufferløsning med forholdstall 1:1 mellom syre og base. Du måler ut en halv liter med HF-løsning.

- c) Hvor mye NaF-pulver må du veie ut?

Ved en feil veier du ut 2.99 g pulver i stedet, og tilsetter alt til løsningen før du oppdager feilen.

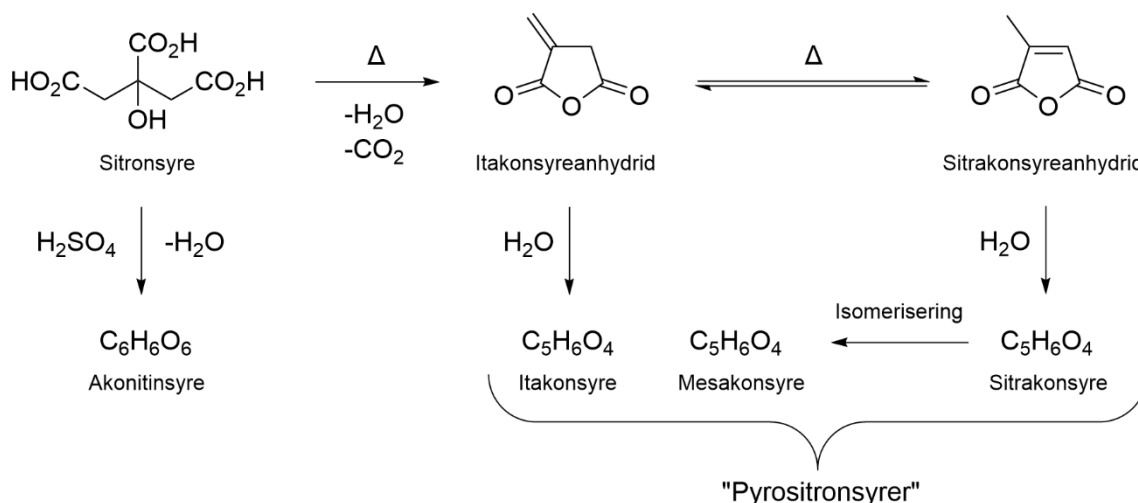
- d) Hva blir konsentrasjonen av NaF i løsningen?
- e) Hva blir pH i bufferløsningen? Du kan bruke bufferlikningen som en tilnærming (selv om K_a for flussyre er i overkant stor for en slik forenkling)
- f) Hva er dermed konsentrasjonen av H^+/H_3O^+ ?

Flussyre kan etse glass ved å danne forbindelsen $SiF_4(g)$.

- g) Om vi antar at glass har kjemisk formel SiO_2 , hva blir reaksjonslikningen for dannelsen av SiF_4 ? Ta med tilstandssymboler.
- h) Hva tror du etser glass best; den rene flussyren eller bufferløsningen? Begrunn svaret.

Oppgave 3 (14 poeng)

Såkalte pyrosyrer er reaksjonsprodukter som dannes når organiske syrer varmes opp. Hvis sitronsyre varmes opp, dannes to syreanhydrider via avspalting av vann og CO₂ som vist nedenfor (symbolet Δ = varme). Gjennom hydrolyse av disse med vann dannes itakonsyre og sitrakonsyre – to av de tre såkalte «pyrositronsyrene». Sitrakonsyre kan isomerisere til mesakonsyre.



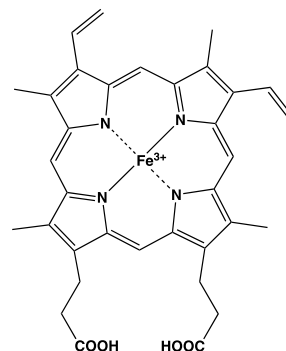
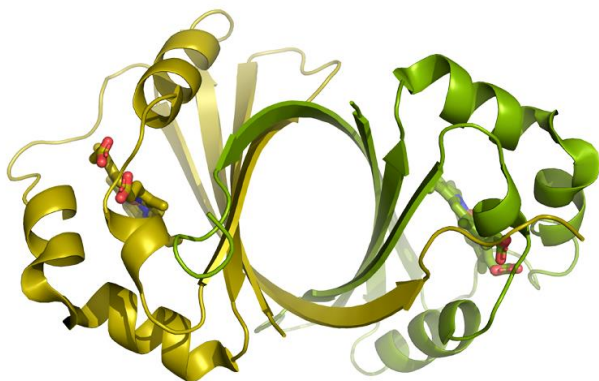
- Tegn de kjemiske strukturene til itakonsyre og sitrakonsyre.
- Ved oppvarming i nærvær av syre kan sitrakonsyre isomerisere til mesakonsyre. Tegn den kjemiske strukturen til mesakonsyre. Hva slags isomeriforhold er det mellom sitrakonsyre og mesakonsyre?

Hvis sitronsyre behandles med konsentrert svovelsyre, avspaltes et vannmolekyl og det dannes akonitinsyre (se over), en syre som har fått sitt navn fra planten storhjelme eller venusvogn (*Aconitum napellus*). Syren forekommer som to isomerer.

- Tegn de kjemiske strukturene til de to isomerene av akonitinsyre.
- Ved dehydrogenering av ravsyre (butandisyre) dannes henholdsvis fumarsyre og maleinsyre. Kun maleinsyre kan lett danne et syklisk anhydrid. Tegn de kjemiske strukturene til fumarsyre og maleinsyre.
- Adderes vann over karbon-karbon-dobbeltbindingen i fumarsyre eller maleinsyre dannes eplesyre, og det kan dannes to isomerer. Tegn de kjemiske strukturene til disse to isomerene og angi isomeriforholdet mellom dem.
- Når vinsyre (2,3-dihydroksybutandisyre) varmes opp, dannes to ulike pyrosyrer. Den ene er metylravsyre og den andre er pyrodruesyre (2-ketopropansyre). Tegn de kjemiske strukturene for utgangsstoffet og produktene i denne reaksjonen.

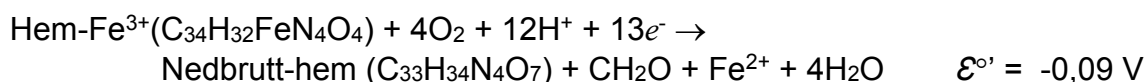
Oppgave 4 (12 poeng)

For at patogene bakterier skal overleve og vokse mens de angriper oss trenger de blant annet å skaffe seg jern-ioner når de lager nye proteiner. En måte de gjør det på er ved å bryte ned såkalte hemgrupper som inneholder jern-ioner. Dette gjøres av hemoksygenaser, og i bakterien *Bacillus cereus* gjøres dette av enzymet IsdG. IsdG får elektroner til reduksjon og nedbrytning av hemgruppen fra molekylet NADPH. Reaksjonen er oksygen-avhengig, og formaldehyd dannes i tillegg.



Figuren til venstre viser 3D strukturen av IsdG, og figuren til høyre viser strukturformel av hemgruppa.

Utdrag fra tabell over standard biokjemisk reduksjonspotensial for følgende halvreaksjoner (standard biokjemiske reduksjonspotensial er ved 25°C og pH 7):



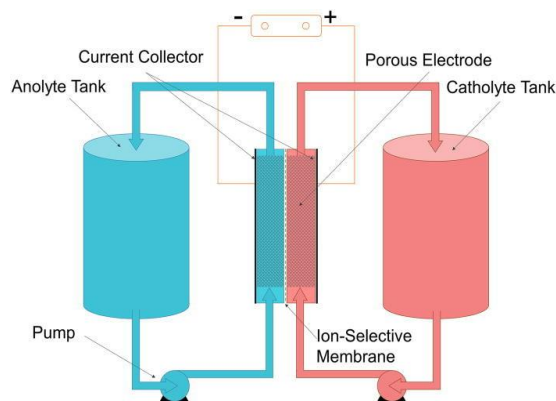
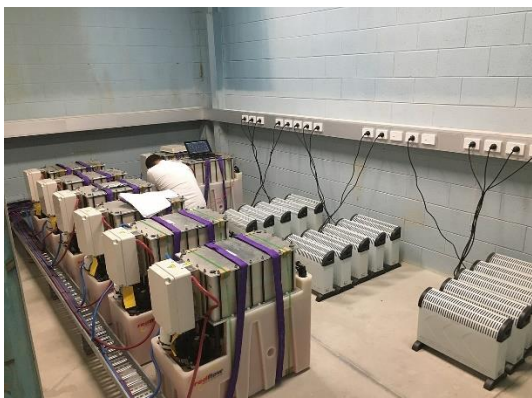
(I standard reduksjonspotensialer $\mathcal{E}^{\circ}$ er $[\text{H}^+] = 1,0$, men biokjemiske reaksjoner foregår ofte ved pH = 7,0. Derfor oppgis vanligvis standard reduksjonspotensialer i biokjemien $\mathcal{E}^{\circ'}$ ved pH = 7,0.)

- Tegn strukturformelen til CH_2O , og angi oksidasjonstallet til karbonatomet.
- Skriv balansert reaksjonsligning for nedbrytningen av hem med NADPH som reduksjonsmiddel.
- Er reaksjonen spontan ved standardbetingelser ved pH 7? Begrunn svaret.

Hemgruppa absorberer lys ved 405 nm, og du kan dermed bestemme konsentrasjonen til proteinet IsdG ved å måle hvor mye lys proteinet absorberer ved 405 nm. Lysveien som lyset går igjennom proteinprøven er 1,0 cm, og proporsjonalitetsfaktoren til IsdG ved 405 nm er $150000 \text{ cm}^{-1} (\text{mol/L})^{-1}$. Molekylvekten til IsdG er 12650 g/mol.

- Hva er konsentrasjonen av proteinet i mg/mL dersom du måler en absorpsjon (absorbans) på 0,2?

Oppgave 5 (18 poeng)

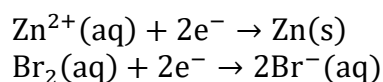


Venstre: Sink-brom-batteri under testing. **Høyre:** Skjematisk framstilling av et redoks-flytbatteri.
Kilder: Venstre: wikimedia commons. Høyre: <https://avs.scitation.org/doi/10.1116/1.4983210>

Dersom man skal basere framtidens strømproduksjon på fornybare kilder må det være mulig å lagre energi i stor skala til de timene sola er borte eller vinden ikke blåser. En av teknologiene som det forskes mye på til slikt bruk er redoks-flytbatterier. Batteriene ligner veldig på den klassiske Danielcellen, men med separate oppbevaringstanker til de vannbaserte elektrolyttene ved katoden og anoden. Saltbroen i disse cellene er som regel byttet ut med en ioneselektiv membran/separator.

Her skal vi se på et slikt batteri som bruker sink og brom i henholdsvis anode- og katode.

De aktuelle halvreaksjonene skrevet som reduksjoner er:



- Skriv reaksjonsligning for utladning av batteriet.
- Finn cellepotensialet til cella.
- Hvor mye energi kan vi regne med å få ut av et batteri som inneholder 4 kg sink (og brom/bromid i overskudd)? Dersom du ikke fikk til oppgave b) over kan du bruke cellepotensialet 2 V for utregningen her.
- Hva vil skje dersom brom kommer i kontakt med sinkelektroden?

Flere varianter av batteriene eksisterer. Blant annet har en produsent kvittet seg med membranen i batteriet og byttet det ut med et organisk løsemiddel.

- Forklar hvorfor Br_2 er mindre løselig i vann enn i et organisk løsemiddel.

Målet på forholdet mellom løseligheten av et oppløst stoff i vann og løseligheten i et ikke-vannløselig organisk løsemiddel (ofte oktanol) kalles fordelingskoeffisienten P .

Tabeller oppgir ofte logaritmen til denne størrelsen som $\log P$ der $\log P$ er gitt ved formelen

$$\log P_{\text{okt/vann}} = \log_{10} \left(\frac{[\text{Oppløst stoff}]_{\text{oktanol}}}{[\text{Oppløst stoff}]_{\text{vann}}} \right)$$

hvor $[\text{Oppløst stoff}]$ er konsentrasjonen av stoffet i det respektive løsemiddel.

- f) $\log P$ for brom er oppgitt til 1,9. Vi har et system i likevekt bestående av vann, oktanol og brom, og hvor konsentrasjonen av Br_2 i oktanol er 2,1 mol/L. Hva er konsentrasjonen av Br_2 i vannfasen i dette systemet?
- g) Dersom man lader batteriet for langt opp vil en kunne danne bromationer, BrO_3^- , ved den ene elektroden. Hva er oksidasjonstallet til brom i bromationet?

Oppgave 6 (8 poeng)

Wolframoksid, WO_3 , er et gult stoff som blant annet anvendes i pigmenter. Rent metallisk wolfram kan fremstilles ved å la wolframoksid reagere med hydrogengass ved høy temperatur. Da dannes det vann som et biprodukt.

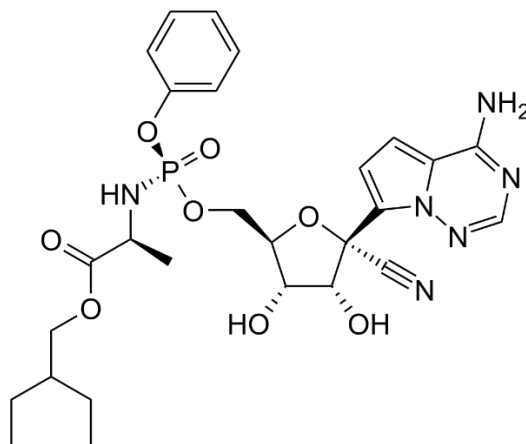
- a) Skriv ned balansert reaksjonslikning for reaksjonen mellom wolframoksid og hydrogengass når det dannes metallisk wolfram og vann.

Termodynamiske data for reaksjonen er $\Delta H^\circ = 27,4 \text{ kJ/mol}$ og $\Delta S^\circ = 29,8 \text{ J/mol K}$.

- b) Vis ved beregning at reaksjonen er spontant ved 1100°C .
- c) Hva er den laveste temperaturen (i **grader Celsius**) hvor reaksjonen fremdeles er spontan?

Oppgave 7 (12 poeng)

Remdesivir er et bred-spektrert anti-viralt legemiddel utviklet for behandling av hepatitt C, men som i 2020 ble godkjent også for bruk mot SARS CoV-2, viruset som forårsaker COVID-19. Remdesivir er et komplisert organisk molekyl med molekylformel $C_{27}H_{35}N_6O_8P$ og med følgende strukturformel:



- Hvor mange kirale karbonatomer er det i Remdesivir?
- Finnes det andre kirale atomer (ikke karbon) i Remdesivir? I så fall, hvor mange og hvilke(t)?
- Gitt at hvert enkelt kiralt atom kan danne 2 ulike stereoisomerer, hvor mange varianter av molekyler med strukturformel som Remdesivir finnes det?
- Remdesivir er et såkalt nukleotidbasert molekyl. Bruk tegningen av Remdesivir på svararket og tegn en sirkel rundt følgende tre fragmenter av Remdesivir og skriv på hvilken del som er hva;
 - Ribose-lik del
 - Fosfat-lik del
 - Adenin-lik del (som i DNA)
- Remdesivir inneholder også et fragment som ligner på en aminosyre. Merk også av denne på figuren. Hvilken aminosyre er dette?