

# Grundlæggende Nanokemi

## Eksamenstræning 2

---

*Hvad betyder det et vi har en oxiderende atmosfære?*

---

### Bemærkninger:

- Denne opgave er udleveret gennem Digital Eksamen, bemærk at der kan være flere filer.
- **Eksamensbesvarelsen udarbejdes individuelt.**
- Det er tilladt at bruge alle hjælpemidler.
- Det er en forudsætning at Python kan benyttes.
- Det er **ikke** tilladt at modtage hjælp til at udarbejde eksamensbesvarelsen.
- Der er 4 opgaver på i alt 2 sider.
- I opgaven anvendes dansk decimalkomma.
- Hvert enkelt svar begrundes.
- Der må kun svares ved indsætning af billede, grafer og anden grafik, hvor det er anført.
- Passende argumentation skal indføres i det medfølgende skema.
- Pointantal ud af et total på 100 er angivet for hver opgave.
- Alle delopgaver vægter ens.
- Det endelige svar på hver opgave indføres i den korrekte tekstboks i det medfølgende skema.
- Numeriske svar markeres med gul overstregning.
- Besvarelsen skrives/kopieres ind i tekstboksene i det medfølgende skema.
- Der må ikke ændres (tekststørrelse, linjeafstand, tekstbokse mv.) i det medfølgende skema.
- Eksamensopgaven afleveres som en enkelt pdf i Digital Eksamen.
- **Husk at mærke besvarelsen med navn og/eller eksamensnummer.**

## Eksamenstræning 2

### Opgave 1. Ligevægte – 24 point

De mest almindelige grundstoffer i jordens skorpe er Na, Mg, Al, K, Ca, Ti og Fe. Jordens overflade er dækket af en oxiderende atmosfære, mens jordens kerne er en reducerende smelte af flydende jern. 250 km nede i skorpen er temperaturen 2500 °C.

- Opskriv og afstem redoxligevægtene for dannelsen af jern(II)oxid og aluminiumoxid.
- Ud fra  $\Delta H_f^\circ$  og  $S^\circ$ , bestem da  $\Delta G$  og  $K$  for de to reaktioner ved 298K og 2500 °C.
- Hvilke parametre ( $p(O_2)$ ,  $Y$ ,  $[Fe]$ ,  $c(FeO)$ ,  $n(O_2)$ ,  $m(Fe)$  etc.) har en reelt indflydelse på hvad der sker med en smeltede rene jern  $Fe(l)$ , der kommer i kontakt med atmosfæren ved et vulkanudbrud.
- Når et mineral primært indholdene calciumoxid, presses 250 km ind i jorden, vis da ved udregning af  $\Delta G$  og  $K$  hvordan ligevægten forskydes mellem calcium og calcium oxid.
- Forklar ved brug af Le Chatelier's princip hvorfor der ingen, eller kun meget begrænsede, mængder oxider er at finde inde i jorden.
- Beregn  $\Delta G$  for reaktionerne mellem oxiderne:  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $Al_2O_3$  og jern  $Fe$  250 km nede i jordens skorpe. Det kan antages at alle rene metaller er smeltede, og oxiderne er faste.

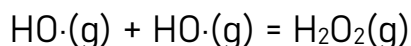
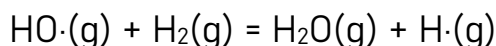
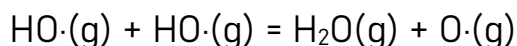
### Opgave 2. pH – 24 point

I skal fremstille en buffer med en bufferstyrke på 1 M, som kan holde  $pH = 7,3$ . I har følgende reagenser til rådighed: 6M saltsyre, NaOH (s), kalium acetate, borax, natron, konc. fosforsyre (80 vægtprocent).

- Hvilke to reagenser vil I umiddelbart bruge, svaret begrundes på baggrund af den ønskede pH.
- For alle de svage syrer plottes et Bjerrum diagram. Den ønskede pH angives på plottet. Der må bruges én graf i besvarelsen.
- Forslå en opskrift på bufferen.

### Opgave 3. Termodynamik og kinetik – 30 point

I har disse tre ligevægte, der alle involverer ilt:

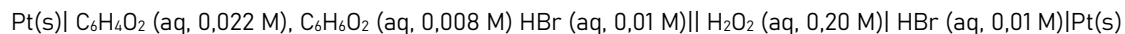


- Udregn  $\Delta H$  og  $\Delta S$  for hver reaktion ud fra tabelværdierne.
- Opskriv funktionen for  $\Delta G(T)$  for hver reaktion
- Plot  $\Delta G(T)$  for hver reaktion fra  $T = 0\text{K}$  til  $T = 400\text{K}$ . Der må bruges én graf i besvarelsen.
- Angiv ved hvilken temperatur, hvor der ingen drivkraft er for reaktionen.
- Argumenter for hvilken reaktion, du forventer at der vil ske når to hydroxyl-radikaler mødes i atmosfæren

### Opgave 4. Elektrokemi – 22 point

Bombaderbilen har en kirtel med to kamre, der hver indeholder reaktive kemikalier opløst i vand. Når disse blandes udvikles der varme, og bilen kan derfor udsende en varm sky af damp (og kemikalier), som kan skramme angribere væk.

- I det ene kammer har bilen hydroquinon, der kan oxideres til quinon med  $E_{red} = +0,699\text{ V}$ . Slå disse kemikalier op og opskriv halvcellereaktionen.
- I det andet kammer har bilen hydrogenperoxid, der reduceres til vand, opskriv denne halvreaktion.
- Opskriv totalreaktionen og udregn  $\Delta G$  og  $K$  for ligevægten.
- Argumenter for hvilke værdier du skal bruge for at kunne beskrive, hvor varm væsken som bilen skyder ud bliver.
- Skitser det galvaniske element der er beskrevet ved:



- Beregn den elektromotoriske kraft og Gibbs energien for cellen.
- Beregn koncentrationerne af stofferne i opløsning ved ligevægt.

# Data på ligevægte

## Standard reduktionspotentialer

25°C, 1 atm

Sølv(I) (aq) til sølv (s)	0,7996 V
Sølv(II) til sølv(I)	1,980 V
Sølv(acetat) til sølv (s) og acetat	0,643 V
Sølv(I)bromid til sølv (s) og bromid	0,07133 V
Sølv(I)bromat til sølv (s) og bromat	0,546 V
Sølv(I)oxalat til sølv (s) og oxalat	0,4647 V
Sølv(I)chlorid til sølv (s) og chlorid	0,22233 V
Sølv(I)cyanid til sølv (s) og cyanid	-0,017 V
Sølv(I)karbonat til sølv (s) og carbonat	0,47 V
Sølv(I)chromat til sølv (s) og chromat	0,4470 V
Sølv(I)fluorid til sølv (s) og fluorid	0,779 V
Sølv(I)iodid til sølv (s) og iodid	-0,15224 V
Sølv(I)iodat til sølv (s) og iodat	0,354 V
Sølv(I)nitrat til sølv (s) og nitrat	0,564 V
Sølv(I)oxid til sølv (s) og hydroxid	0,564 V
Sølv(I)diammin til sølv (s) og ammoniak	-0,373 V
Sølv(III)oxid til sølv(II)oxid (s) og hydroxid	0,739 V
Sølv(II)oxid til sølv(I)oxid og hydroxid	0,607 V
Aluminium(III) (aq) til aluminium (s)	-1,662 V
Aluminium(III)hydroxid til aluminium (s) og hydroxid	-2,31 V
tetrahydroxyaluminat(III) til aluminium (s) og hydroxid	-2,328 V
Brom(aq) til bromid	1,0873 V
Brom(l) til bromid	1,066 V
Hypobromit til bromid (surt)	1,331 V
Hypobromit til bromid (basisk)	0,761 V
Bromat til bromid (surt)	1,423 V
Bromat til bromid (basisk)	0,61 V
Hypobromit til $\frac{1}{2}$ brom(aq) (surt)	1,574 V
Bromat til $\frac{1}{2}$ brom(aq) (surt)	1,482 V
Kuldioxid til myresyre	-0,199 V
Cerium(III) (aq) til cerium (s)	-2,336 V
Cerium(IV) (aq) til cerium(III) (aq)	1,72 V
Cerium(IV)hydroxid til cerium(III)	1,715 V
Chlor til chlorid	1,35827 V
Hypochlorit til chlorid (surt)	1,482 V
Hypochlorit til chlorid (basisk)	0,81 V
Chlorit til chlorid (surt)	1,570 V
Chlorit til chlorid (basisk)	0,76 V
Chlorat til chlorid (surt)	1,451 V
Chlorat til chlorid (basisk)	0,62 V
Perchlorat til chlorid (surt)	1,389 V
Cobolt(II) (aq) til cobalt (s)	-0,28 V
Cobolt(III) (aq) til cobolt(II) (aq)	1,92 V
Cobolt(III)hexaamin til cobolt(II)hexaamin	0,108 V

Cobolt(II)hydroxid til cobolt (s) og hydroxid	-0,73 V
Cobolt(III)hydroxid til cobolt(II)hydroxid og hydroxid	0,17 V
Krom(II) (aq) til krom (s)	-0,913
Krom(III) (aq) til krom(II) (aq)	-0,407
Krom(III) (aq) til krom (s)	-0,744
Dichromat til krom(III) (surt)	1,232 V
Chromat til krom(III) (surt)	1,350 V
Krom(III)hydroxid til krom (s) og hydroxid	-1,48 V
Jern(II) (aq) til jern (s)	-0,447 V
Jern(III) (aq) til jern (s)	-0,037 V
Jern(III) (aq) til jern(II) (aq)	-0,771 V
Protoner (aq) til brint (g)	0.00000V
Hydrogenperoxid til vand (surt)	1,776 V
Mangan(II) (aq) til mangan (s)	-1,185 V
Mangan(III) (aq) til mangan(II) (aq)	1,5415 V
Mangan(IV)oxid/brunsten (s) til mangan(II) (aq)	1,224 V
Permanganat til brunsten (surt)	1,679 V
Permanganat til brunsten (basisk)	0,595 V
Permanganat til mangan(II) (aq) (surt)	1,507 V
Mangan(II)hydroxid til mangan (s) og hydroxid	-1,56 V
Mangan(III)hydroxid til mangan(II)hydroxid og hydroxid	0,15 V
Mangan(III)oxid til mangan(II) (aq)	1,485 V
Deuterium(I) til deuterium(g)	-0,013 V
Dysprosium(III) (aq) til dysprosium (s)	-2,295 V
Dysprosium(II) (aq) til dysprosium (s)	-2,2 V
Dysprosium(III) (aq) til dysprosium(II) (aq)	-2,0 V
Einsteinium(III) (aq) til einsteinium (s)	-1,91 V
Einsteinium(II) (aq) til einsteinium (s)	-2,23 V
Einsteinium(III) (aq) til einsteinium(II) (aq)	-1,3 V
Erbium(III) (aq) til erbium (s)	-2,331 V
Erbium(II) (aq) til erbium (s)	-2,0 V
Erbium(III) (aq) til erbium(II) (aq)	-3,0 V
Europium(III) (aq) til europium (s)	-1,991 V
Europium(II) (aq) til europium (s)	-2,812 V
Europium(III) (aq) til europium(II) (aq)	-0,36 V
Fluor(g) til fluorid (surt)	3,053 V
Fluor(g) til fluorid (neutral & basisk)	2,866 V
Kvælstof(g) til ammoniumhydroxid (obs pH)	0,092 V
Kvælstof(g) til azid (surt)	-3,09 V
Lattergas til kvælstof (surt)	1,766 V
Nitrogenmonooxid til lattergas (surt)	1,591 V
Nitrogenmonooxid til lattergas (basisk)	0,76 V
Nitrit til lattergas (surt)	1,297 V
Nitrit til nitrogenmonooxid (basisk)	-0,46 V
Nitrit til lattergas (basisk)	0,15 V
Nitrat til nitrit (surt)	0,934 V
Nitrat til nitrogenmonooxid (surt)	0,957 V
Nitrat til nitrit (basisk)	0,01 V
Natrium(I) (aq) til natrium(s)	-2,71 V
Nikkel(II) (aq) til nikkel(s)	-0,257 V

Nikkel(II)hydroxid(s) til nikkel(s)	-0,72 V
Nikkel(IV)oxid(s) til nikkel(II) (aq) (surt)	1,678 V
Nikkel(IV)oxid(s) til nikkel(II)hydroxid (s) (basisk)	-0,490 V
Ilt til hydrogenperoxid (surt)	0,695 V
Ilt til vand	1,229 V
Ilt til hydrogenperoxid (basisk)	-0,076 V
Ilt til hydroxid	0,401 V
Ozon til ilt (surt)	2,076 V
Ozon til ilt (basisk)	1,24 V
Bly(II) (aq) til bly (s)	-0,1262 V
Bly(II)bromid til bly (s)	-0,284 V
Bly(II)klorid til bly (s)	-0,2675 V
Bly(II)fluorid til bly (s)	-0,3444 V
Bly(II)iodid til bly (s)	-0,365 V
Bly(II)oxid til bly(s) (basisk)	-0,580 V
Bly(IV)oxid til bly(II) (aq) (surt)	1,455 V
Bly(IV)oxid til bly(II)oxid (basisk)	0,247 V
Rubidium(I) (aq) til rubidium (s)	-2,98 V
Samarium(III) (aq) til samarium (s)	-2,304 V
Samarium(II) (aq) til samarium (s)	-2,68 V
Samarium(III) (aq) til samarium(II) (aq)	-1,55 V
Svovl til sulfid	-0,47627 V
Svovl til dihydrogensulfid (aq)	0,142 V
Svovl til hydrogensulfid (basisk)	-0,478 V
Sulfat(aq) til sulfit(aq)	-0,93 V
Sulfit(aq) til svovl(s) (surt)	0,449 V
Tetratationat $S_4O_6^{2-}$ (aq) til thiosulfat $S_2O_3^{2-}$ (aq) (surt)	0,080 V
Tin(II) (aq) til tin(s)	-0,1375 V
Tin(IV) (aq) til tin(II) (aq)	0,151 V
Iod(aq) til iodid(aq)	0,5355 V
Triiodid(aq) til iodid(aq)	0,536 V
Iodat(aq) til hypoiodit(aq)	0,15 V
Iodat(aq) til iodid (aq)	1,085 V
Iodat(aq) til iod(s)	1,439 V
Zink(II) (aq) til zink(s)	-0,7618 V
Zink(II)sulfat (aq) til zink(s)	-0,7993 V
Zink(II)hydroxid (aq) til zink(s)	-1,249 V
Tetrahydroxozinkat(II) (aq) til zink(s)	-1,199 V

# Data på ligevægte

## Dannelses Gibbs energier

25°C, 1 atm

AgCl(s)	-109,789 kJ/mol
AgN <sub>3</sub> (s)	591,0 kJ/mol
Ag <sub>2</sub> O(s)	-11,2 kJ/mol
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	-1582,3 kJ/mol
Br <sub>2</sub> (l)	0,0 kJ/mol
Br <sub>2</sub> (g)	3,110 kJ/mol
CaO(s)	-604,03 kJ/mol
CaCO <sub>3</sub> (s)	-1128,79 kJ/mol
C grafit	0,0 kJ/mol
C diamant	2,9 kJ/mol
CH <sub>4</sub> (g)	-50,72 kJ/mol
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (g)	209,2 kJ/mol
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (g)	68,15 kJ/mol
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (g)	-32,82 kJ/mol
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (l)	124,5 kJ/mol
CO(g)	-137,168 kJ/mol
CO <sub>2</sub> (g)	-394,359 kJ/mol
CuO(s)	-129,7 kJ/mol
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	-742,2 kJ/mol
HBr(g)	-53,45 kJ/mol
HCl(g)	-95,299 kJ/mol
HI(g)	1,7 kJ/mol
H <sub>2</sub> O(g)	-228,572 kJ/mol
H <sub>2</sub> O(l)	-237,129 kJ/mol
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (l)	-120,35 kJ/mol
H <sub>2</sub> S(g)	-33,56 kJ/mol
HgO(s)	-58,539 kJ/mol
I <sub>2</sub> (s)	0,0 kJ/mol
I <sub>2</sub> (g)	19,327 kJ/mol
KCl(s)	-409,14 kJ/mol
KBr(s)	-380,66 kJ/mol
MgO(s)	-569,43 kJ/mol
MgH <sub>2</sub> (s)	76,1 kJ/mol
NH <sub>3</sub> (g)	-16,45 kJ/mol
NO(g)	86,55 kJ/mol
NO <sub>2</sub> (g)	51,31 kJ/mol
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (g)	97,89 kJ/mol
NF <sub>3</sub> (g)	-83,2 kJ/mol
NaCl(s)	-384,138 kJ/mol
NaBr(s)	-348,983 kJ/mol
O <sub>3</sub> (g)	163,2 kJ/mol
SO <sub>2</sub> (g)	-300,194 kJ/mol
SO <sub>3</sub> (g)	-371,06 kJ/mol
ZnO(s)	-318,3 kJ/mol

## Standard dannelses Enthalpi

25°C, 1 atm

O <sub>2</sub> (g)	0 kJ/mol
C(graphite)	0 kJ/mol
CO(g)	-110,5 kJ/mol
CO <sub>2</sub> (g)	-393,5 kJ/mol
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	11,30 kJ/mol
NO <sub>2</sub>	33,10 kJ/mol
H <sub>2</sub> (g)	0 kJ/mol
H <sub>2</sub> O(g)	-241,8 kJ/mol
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (g)	-136,11 kJ/mol
HO·	38,99 kJ/mol
H·	218,0 kJ/mol
I·	106,76 kJ/mol
I <sub>2</sub> (g)	62,42 kJ/mol
HF(g)	-271,1 kJ/mol
NO(g)	90,25 kJ/mol
NO <sub>2</sub> (g)	33,18 kJ/mol
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (g)	9,16 kJ/mol
SO <sub>2</sub> (g)	-296,8 kJ/mol
SO <sub>3</sub> (g)	-395,7 kJ/mol
Fe(s)	0 kJ/mol
Fe(l)	12,4 kJ/mol
FeO(l)	-249,53 kJ/mol
FeO(s)	-272,04 kJ/mol
Cu(s)	33,15 kJ/mol
Cu(l)	11,86 kJ/mol
Cu <sub>2</sub> O(s)	-170,71 kJ/mol
Cu <sub>2</sub> O(l)	-112,00 kJ/mol
CuO(s)	-156,06 kJ/mol
Zn(l)	6,52 kJ/mol
Zn(s)	0 kJ/mol
ZnO(s)	-350,46 kJ/mol
Al(s)	0 kJ/mol
Al(l)	10,56 kJ/mol
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	-1675,7 kJ/mol
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (l)	-1620,57 kJ/mol
Ca(s)	0 kJ/mol
Ca(l)	7,79 kJ/mol
CaO(s)	-634,92 kJ/mol
CaO(l)	-557,33 kJ/mol
Mg(s)	0 kJ/mol
Mg(l)	4,79 kJ/mol
MgO(s)	-601,6 kJ/mol
MgO(l)	-532,6 kJ/mol
Ti(s)	0 kJ/mol
Ti(l)	13,65 kJ/mol
TiO <sub>2</sub> (s, rutile)	-944,0 kJ/mol
TiO <sub>2</sub> (s, anatase)	-938,72 kJ/mol
TiO <sub>2</sub> (l, anatase)	-894,05 kJ/mol



## Standard Entropi

25°C, 1 atm

H <sub>2</sub> (g)	131,0 J/K·mol
H·	114,72 J/K·mol
O <sub>2</sub> (g)	205,0 J/K·mol
H <sub>2</sub> O(l)	69,9 J/K·mol
H <sub>2</sub> O(g)	188,7 J/K·mol
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (g)	232,95 J/ K·mol
HO·	183,71 J/K·mol
C(graphite)	5,69 J/K·mol
C(diamond)	2,4 J/K·mol
CO(g)	197,66 J/K·mol
CO <sub>2</sub> (g)	213,5 J/K·mol
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	346,55 /K·mol
NO <sub>2</sub>	240,04 kJ/mol
I·	180,79 J/K·mol
I <sub>2</sub> (g)	260,69 J/K·mol
Fe(l)	34,76 J/K·mol
FeO(l)	75,40 J/K·mol
FeO(s)	60,75 J/K·mol
Cu(s)	33,17 J/K·mol
Cu(l)	41,62 J/K·mol
Cu <sub>2</sub> O(s)	92,37 J/K·mol
Cu <sub>2</sub> O(l)	129,96 J/K·mol
CuO(s)	42,59 J/K·mol
Zn(s)	41,72 J/K·mol
Zn(l)	50,79 J/K·mol
ZnO(s)	43,65 J/K·mol
Al(s)	28,27 J/K·mol
Al(l)	39,55 J/K·mol
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	50,92 J/K·mol
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (l)	67,24 J/K·mol
Ca(s)	41,59 J/K·mol
Ca(l)	45,51 J/K·mol
CaO(s)	38,1 J/K·mol
CaO(l)	62,31 J/K·mol
Mg(s)	32,62 J/K·mol
Mg(l)	34,46 J/K·mol
MgO(s)	26,95 J/K·mol
MgO(l)	48,34 J/K·mol
Ti(s)	30,72 J/K·mol
Ti(l)	39,18 J/K·mol
TiO <sub>2</sub> (s, rutile)	50,62 J/K·mol
TiO <sub>2</sub> (l, anatase)	72,32 J/K·mol



# Data på syrer

## pK<sub>A</sub>-værdier

Borsyre	9,14 12,74, 13,80
Iodsyre	-9,5
Bromsyre	-8,00
Saltsyre	-7,00
Flussyre	3,45
Periodsyre	1,64
Perchlorsyre	1,77
Hydrogencyanid	9,31
Salpetersyre	-1,35
Salpetersyrning	3,37
Svovlsyre	-3,0, 1,9
Svovlsyrning	1,81, 6,91
Phosphorsyre	2,12, 7,21, 12,67
Ammonium	9,24
Eddikesyre	4,75
Mælkesyre	3,08
Myresyre	3,75
Oxalsyre	1,23, 4,19
Benzoesyre	4,19
Phenol	9,89
Citronsyre	3,14, 4,77, 6,39
Tris(2-hydroxyethyl)amine (TRIS)	8,06
MES	6,10
HEPES	7,48
CHES	9,49
Kulsyre	6,77, 9,93
Malonsyre	2,83, 5,69

## pK<sub>B</sub>-værdier

Methylamin	10,657
Ethylamin	10,807
Dimethylamin	10,732
Ethylene-diamin	7,564, 10,712
Pyridin	5,25
Imidazolium	6,953
Urinstof	0,10
Phosphat	1,62
Carbonat	3,68
cyanid	4,69
ammoniak	4,75
borat	4,76
hypobromit	5,4
hypochlorit	6,46
sulfit	6,75

hydrogenphosphat	6,79
hydrogensulfid	7,04
hydrogencarbonat	7,63
iodit	9,0
nitrit	10,65
bromit	11,0
fluorid	11,83