

# Grundlæggende Nanokemi

## Prøveeksamen 1

### Bemærkninger:

- Denne opgave er udleveret gennem Digital Eksamens, 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 tekstdoks i det medfølgende skema.
- Numeriske svar markeres med gul overstregning.
- Besvarelsen skrives/kopieres ind i tekstdoksene i det medfølgende skema.
- Der må ikke ændres (tekststørrelse, linjeafstand, tekstdoks mv.) i det medfølgende skema.
- Eksamensopgaven afleveres som en enkelt pdf i Digital Eksamens.
- **Husk at mærke besvarelsen med navn og/eller eksamensnummer.**

### Opgave 1. Ligevægte – 24 point

En 10 mL oppløsning af en blanding af metaller tilslættes 90 mL 1,000 M natriumhydrogensulfid. Bemærk at hydrogensulfid reagerer er en amfolyt (amphoteric) med syrekonstanterne  $K_{A^-} = 1,0 \cdot 10^{-7}$  M og  $K_{A^{\prime -}} = 1,0 \cdot 10^{-19}$  M ved 25°C, hvor vands ionprodukt er  $K_v = 1,0 \cdot 10^{-14}$  M<sup>2</sup>.

Blandingen kan indeholde Bi(III), Cd(II), Cu(II), Pb(II), Mn(II), Ni(II), Pd(II), Pt(II), Ag(I) og Sn(II).

$K_{SP}$	1,82e-99 M <sup>5</sup>	1,4e-29 M <sup>2</sup>	1,27e-36 M <sup>2</sup>	9,04e-29 M <sup>2</sup>	4,65e-14 M <sup>2</sup>	1,07e-21 M <sup>2</sup>	2,03e-58 M <sup>2</sup>	9,91e-74 M <sup>2</sup>	6,69e-50 M <sup>3</sup>	3,25e-28 M <sup>2</sup>
stof	Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	CdS	CuS	PbS	MnS	NiS	PdS	PtS	Ag <sub>2</sub> S	SnS

- Skriv klokkeslæt
- Beregn opløseligheden af sulfiderne  $s$  i 100 mL i molær og gram.
- Opskriv en general ligevægten, der beskriver udfældningen af et metal fra opløsningen, der kan ses bort fra  $K_{A^-}$ .
- Beregn ligevægtskonstanterne  $K$ , husk enhed.
- Omregn opløselighedsprodukterne  $K_{SP}$  og ligevægtskonstanten for udfældning  $K$  til fri energi.
- Beregn mængden af hvert metal der skal være til stede i den oprindelige prøve for at der observeres udfældning.
- Skriv klokkeslæt

### Opgave 2. pH – 24 point

I skal fremstille en buffer med en bufferstyrke på 0,050 M, som kan holde pH = 9,3. I har følgende reagenser til rådighed: 2M saltsyre, 1M NaOH, CHES, borsyre, natron, TRIS, og koncentreret fosforsyre.

- Skriv klokkeslæt
- Hvilke to reagenser kan I ikke bruge, svaret begrundes med brug af  $pK_A$
- For alle de svage syrer plottes et Bjerrum diagram. Den ønskede pH angives på plottet. Der må bruges én graf i besvarelserne.
- Forslå en opskrift på bufferen.
- Skriv klokkeslæt

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

I har denne afstemte reaktion:



Og I har bestemt disse data:

$$\Delta H(\text{butadiene}) = 110 \text{ kJ/mol}, \Delta S(\text{butadiene}) = 199 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$\Delta H(4\text{-vinyl-1-cyclohexene}) = 69,5 \text{ kJ/mol}, \Delta S(4\text{-vinyl-1-cyclohexene}) = 310,45 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

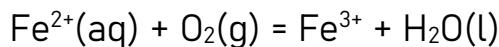
T [°C]	326	342	370	388
$10^5 k [\text{torr}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}]$	2,50	4,15	10,0	17,5

Bemærk at tallene er i tabellen er  $10^5$  ganget med  $k$ , altså er  $k$ tallet divideret med  $10^5$ .

- Skriv klokkeslæt
- Opskriv funktionen for  $\Delta G(T)$
- Omregn hastighedskonstanten til M og s.
- Bestem aktiveringsenergien for reaktionen, der må bruges én graf i besvarelsen.
- Opskriv et reaktionskoordinat med angivelse af  $\Delta G$  og  $E_A$ , der må bruges én graf i besvarelsen.
- Angiv usikkerhed på  $\Delta G$  i det temperaturinterval  $E_A$  er bestemt i.
- Skriv klokkeslæt

### Opgave 4. Elektrokemi – 22 point

For redoxreaktionen:



- Skriv klokkeslæt
- Afstem reaktionen.
- Opskriv ligevægtsbrøken for reaktionen.
- Beregn cellepotentialet.
- Tegn et galvanisk element bestående af de to halvceller.
- Hvad er den elektromotorisk kraft i et element med  $[\text{Fe}^{2+}] = 0,020 \text{ M}$ ,  $[\text{Fe}^{3+}] = 0,050 \text{ M}$ ,  $[\text{H}^+] = 0,10 \text{ M}$  og  $p(\text{O}_2) = 0,20 \text{ bar}$ .
- Beregn  $\Delta G_e$  for reaktionen og  $\Delta G$  ved  $\text{pH} = 7$
- Argumenter for hvorvidt jern(II) eller jern(III) er stabil på Jordens overflade.
- Skriv klokkeslæt

# 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 ½brom(aq) (surt)	1,574 V
Bromat til ½brom(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(III) (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)iiodid 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 sulfat(aq)	-0,93 V
Sulfit(aq) til svovl(s) (surt)	0,449 V
Tetrationat $S_4O_6^{2-}$ (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 J/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
Iodsyre	12,74
Bromsyre	13,80
Saltsyre	-9,5
Flussyre	-8,00
Periodsyre	-7,00
Perchlorsyre	3,45
Hydrogencyanid	1,64
Salpetersyre	1,77
Salpetersyrling	9,31
Sfovlsyre	-1,35
Sfovlsyrling	3,37
Phosphorsyre	-3,0
Ammonium	1,9
Eddikesyre	6,91
Mælkesyre	2,12
Myresyre	7,21
Oxalsyre	12,67
Benzoesyre	9,24
Phenol	4,75
Citronsyre	3,08
Tris(2-hydroxyethyl)amine (TRIS)	3,75
MES	9,89
HEPES	1,23
CHES	4,19
Kulsyre	8,06
Malonsyre	6,10
	7,48
	9,49
	6,77
	9,93
	2,83
	5,69

## pK<sub>B</sub>-værdier

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

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