

# Grundlæggende Nanokemi

## Eksamensstræning 4

### 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 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 Eksamen.
- **Husk at mærke besvarelsen med navn og/eller eksamensnummer.**

## Eksamensstrøening 4

### Opgave 1. Ligevægte – 24 point

Mælkesyre ( $C_3H_6O_3$ ) er en svag monovalent syre der ved  $25^\circ C$  har syrestyrkekonstanten  $K_A = 1,45 \cdot 10^{-4}$  M, vands ionprodukt er  $K_V = 1,0 \cdot 10^{-14}$  M $^2$ .

- Beregn  $pK_A$  for mælkesyre og  $pK_B$  for mæleklysres korresponderende base.
- Beregn  $[H^+]$ ,  $[HA]$  samt  $[A^-]$  i en 0,100 M opløsning af mælkesyre.

Under anaerob forbrænding danner vores muskler mælkesyre.

- Beregn fordelingen mellem mælkesyre og dennes korresponderende base i blod ( $pH = 7,40$ ).

Pufferkapaciteten af blod er faktisk ret lav, nemlig kun 38,5 mM med  $pK_A = 7,4$ . Et menneske indeholder 5 L blod. Sukker har en molvægt på 342,30 g/mol, og forbrændes anaerobt ved denne reaktion:



- Hvor meget mælkesyre dannes ved anerob forbrænding af 10 g sukker
- Hvor meget ændres pH i blodet ved anaerob forbrænding af 10 g sukker

Calciumlaktat  $Ca(C_3H_5O_3) \cdot 5H_2O$  er letopløseligt og bruges til berigelse af soyamælk, havremælk m.m.

- Beregn pH af en 0,050 M opløsning af calciumlaktat i vand.

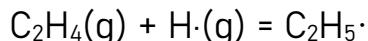
### Opgave 2. pH – 24 point

I skal fremstille en buffer med en bufferstyrke på 0,333 M, som kan holde fysiologisk på  $pH = 7,5$ , og med isotonisk salt. I har følgende reagenser til rådighed: 1M NaOH, NaCl, MES, CHES, HEPES, PBS, og TRIS. Alle bufferne er på syreformen.

- Hvilke to reagenser kan I ikke bruge, svaret begrundes alene med  $pK_A$
- 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

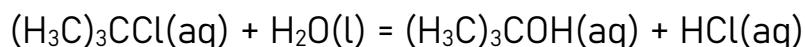
En metode til at lave polyethylen (tænk fryseposer) er at starte en kædereaktion med brint radikaler:



k [cm <sup>3</sup> /(molekyler·s)]	2,00e13	2,98e13	4,01e13	6,31e13	9,43e13	11,34e13	14,52e13
T [K]	198	216	234	258	283	298	320

- Bestem reaktionsordenen og opskriv et godt bud på hastighedsudtrykket. Der må bruges én graf i besvarelsen.
- Lav et Arrhenius plot og bestem E<sub>a</sub> og A.
- Kommenter på størrelsen af E<sub>a</sub>.

Reaktionen mellem solventet og 0,0465 M *tert*-butylklorid blev monitoreret ved at titrere 5 mL af reaktionsblandingen med 0,025 M NaOH:



t [h]	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,5	8,0	10,0
V NaOH [mL]	0,65	1,28	1,85	2,35	3,32	4,18	4,88	5,70	6,40	7,22

- Omregn dataserien til t [s] mod [(H<sub>3</sub>C)<sub>3</sub>CCl] [M].
- Bestem reaktionsorden og hastighedskonstant. Der må bruges tre grafer i besvarelsen

### Opgave 4. Elektrokemi – 22 point

Kobber(II)bromat reagerer med iodid under sure betingelser.

- Opskriv ligevægten der indstiller sig når Kobber(II)bromat opløses i 12 M saltsyre.

Kobber(II) bromat kan indeholde vand, og for at bestemme, hvor mange krystalvand der er i stoffet, reageres stoffet med iodid. Husk at iod reagerer med overskud af iodid og danner triiodid.

- Opskriv og afstem ligevægten, hvor kobber(II) reagerer med iodid og danner kobber(I)iodid
- Opskriv og afstem ligevægten, hvor bromat reagerer med iodid og danner bromid
- Hvor mange mol triiodid dannes der når 1 mol kobber(II)bromat reagerer

Mængden af triiodid kan bestemmes med titrering med thiosulfat. 84,55 mg kobber(II)bromat med X krystalvand i 8 mL 12 M HCl med 1 g KI, hvorved der straks dannes et hvidt fast stof. Denne opløsning titreres med 24,84 mL 0,1035 M natriumthiosulfat opløsning.

- Opskriv og afstem ligevægten mellem triiodid og thiosulfat, beregn E<sub>celle</sub> og ΔG° for reaktionen
- Beregn stofmængden af opløst kobber(II)bromat
- Udregn molmassen ogallet X.

# 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
Mælkkesyre	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