

Samarbejde mellem matematik og kemi

I forbindelse med udviklingsprojektet matematik-kemi, der er afviklet i 2007, har arbejdsgruppen bl.a. blevet arbejdet med de emner, der er beskrevet nedenfor:

a) Indledende samarbejde mellem kemi og matematik

b) Lineære sammenhæng i kemi baseret på forsøg

- 1. Forløb standard kurve, absorbans**
- 2. Standardkurve, salt (og sukker)**
- 3. Endotermproces i kuldeposer**
- 4. Opgaver om lineære sammenhænge**

c) Ligevægt

d) Reaktionshastighed/reaktionskinetik

- 1. Spektroskopi og proportionalitet**
- 2. Reaktionshastighed**
- 3. Reaktionskinetik**

e) Reaktionskinetik især enzymer

f) Oversigter over fagsamarbejder

- 1. Syrer og baser**
- 2. Sammenhænge**
- 3. Reaktionskinetik**
- 4. Det naturvidenskabelige sprog**

a) Indledende samarbejde mellem kemi og matematik

Forløbsbeskrivelse

Matematik og kemi samarbejder om basale regnefærdigheder i de to fag: enheder, tre-ledede formler, ti-talspotenser, procentregning, dekadiske præfikser, omregning mellem enheder. Målet er at eleverne opnår gode regnetekniske evner, som de samtidig kan se nytten af.

Fagligt indhold

Kemi

Atommasser, molekylmasser, reaktionsskemaer, mængdeberegninger

Matematik

Brøkregning, størrelsesligninger, talbehandling, 10-talspotenser, bytte rundt på led i simple ligninger, procentregning.

Faglige forudsætninger

Kemi

Eleverne skal have prøvet at lave opgaver/øvelser hvor de har set, at en størrelse har en enhed, og at man skal regne med den. De skal have hørt om atomer, molekyler, mol, unit og masse og også gerne molarmasse. Desuden har eleverne hørt om dekadiske præfikser.

Matematik

Eleverne har arbejdet med de basale regneregler for brøker, potensregneregler (10-talspotenser) og ligningsløsning.

Tidsramme

Et par uger

Tidsmæssig placering

Det andet forløb i 1.g

Program

1. Efter en kort introduktion arbejder eleverne sig gennem nedenstående opgaveark i selskab med matematik-læreren
2. Kemilæreren introducerer eleverne for begrebet grænseværdi f.eks. ifm. forsøget om salmiak, som eleverne skal lave.
3. Matematiklæreren og klassen arbejder med ensvinklede trekanter.
4. Eleverne løser de to opgaver om grænseværdier
5. Kemilæreren introducerer omregning mellem masse og stofmængde.
6. Eleverne laver opgaverne

Regneøvelser

Regning med enheder:

Skriv resultatet af følgende regnestykker med enheder: Husk på brøkretnereglerne!

$$\begin{array}{lll}
 m \cdot s : m = & \frac{m}{s} : m = & \frac{m}{s} : s = \\
 \frac{l}{mol} \cdot mol = & \frac{mol}{l} \cdot l = & \frac{mol}{l} : l = \\
 \frac{mol}{l} : mol = & \frac{kg}{s} \cdot \frac{s}{m} = & \\
 \frac{kg}{s} \cdot \frac{m}{s} = & \frac{J}{N} = & \\
 \frac{J}{N} \cdot kg = & N \cdot m = &
 \end{array}$$

$$\frac{bar \cdot L}{mol \cdot K} \cdot \frac{mol}{L} = \quad \frac{bar \cdot L}{mol \cdot K} : \frac{bar}{mol} =$$

$$\begin{array}{lll}
 \frac{g}{mol} = & \frac{g/mol}{g} = & \frac{g/mol}{mol} = \\
 \frac{g}{mol} \cdot mol = & \frac{g}{mol} \cdot g = &
 \end{array}$$

***Vi skal vise, at gaskonstanten kan have 2 forskellige enheder, nemlig $\frac{J}{mol \cdot K}$ og

$$\frac{kPa \cdot L}{mol \cdot K}$$

Vis, at de to enheder er ens. Hint: $J = N \cdot m$ og $Pa = \frac{N}{m^2}$. Overvej selv hvor mange liter der går på en m^3 .

Nogle af de ovenstående enheds-regnestykker stammer fra det virkelige liv i fysik og kemi. Kan du genkende nogle af dem? Og kan du placere dem i deres rette sammenhæng (altså hvilken formel kommer de ud af?)

Omskrivning mellem decimaltal og titalspotenser:

Skriv nedenstående decimaltal som titalspotens med ét ciffer foran kommaet:

1. 0,00000456 mol =
2. 2345,89g =
3. 0,0017 mol =
4. 602200000000000000000000 mol⁻¹
5. 0,0000000000000000000000001602 C
6. 0,0123 L =
7. 0,0034g =

Omskriv nedenstående titalspotenser til decimaltal:

1. $1,5 \cdot 10^{-3}$ mol =
2. $0,516 \cdot 10^{-7}$ m³ =
3. $0,516 \cdot 10^3$ g =
4. $1,673 \cdot 10^{-27}$ kg =
5. $6,022 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹ =
6. 10^{-2} =
7. 10^{-1} =
8. 10^0 =

Dekadiske præfikser

1. Omregn 7,3 L til mL
2. Omregn 0,15 L til mL
3. Omregn 7,1g til kg
4. Omregn 7,8 L til m³

5. Omregn 34m^3 til L
6. Omregn 1m^2 til cm^2 . Hvad skal man gange med?
7. Omregn $0,023$ mol til mmol
8. Omregn 784mg til kg
9. Omregn 23567g til ton
10. Omregn 1cm^3 til L
11. Omregn 1L til m^3
12. Omregn 1cm^3 til m^3
13. Omregn $1\mu\text{g}$ til kg
14. Omregn 1 Mton til g
15. Omregn $19\text{g}/\text{cm}^3$ til g/L
16. Omregn $19\text{g}/\text{cm}^3$ til kg/L

Procent, promille og ppm (parts per million)

Eks: Lad os finde ud af, hvor mange procent 27g er ud af 78g. Regneproceduren er som følger:

$$\frac{27\text{g}}{78\text{g}} \cdot 100\% = 34,62\% \approx 34,6\%$$

Tilsvarende kan vi finde ud af, hvor mange promille det er:

$$\frac{27\text{g}}{78\text{g}} \cdot 1000\text{‰} = 346,2\text{‰} \approx 346\text{‰}$$

Og i ppm:

$$\frac{27\text{g}}{78\text{g}} \cdot 1000000\text{ppm} = 346200\text{ppm}$$

Opgaver:

1. Hvor mange procent er 12g ud af 89g?
2. Hvor mange procent er 76,23mg ud af 2g?
3. Hvor mange procent er 17mg ud af 0,012g?
4. Hvor mange procent er 4L ud af 1m^3 ?
5. Hvor mange promille er 4L ud af 1m^3 ?
6. Hvor mange promille er 1g ud af 2,3 kg?
7. Hvor mange ppm (parts per million) er $2,3\mu\text{g}$ ud af 40g?
8. Hvor mange ppm er 0,5ml ud af 1m^3 ?

Repetition af procentregning fra folkeskolen:

1. Find 20% af 345g
2. Find 2,3 % af 56L
3. Find 0,1% af 47kg

Ligningsløsning; at isolere en størrelse i et formel.

$n = \frac{m}{M}$: Isolér m og isolér derefter M. Husk at skrive dine mellemregninger i tekst.

$\rho = \frac{m}{V}$: Isolér m og isolér derefter V. Husk mellemregninger i tekst.

$c = \frac{n}{V}$: Isolér n og isolér derefter V. Husk mellemregninger.

$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$: Isoler n, isoler T, isoler p, isoler V. Husk mellemregninger skrevet i ord.

Grænseværdier

1. En klodset kemilærer spilder 50 mL 3-dobbelt salmiakspiritus på gulvet her i lokalet uden at tørre op.
Salmiakspiritus har en massefylde på 1,05 g/mL og indeholder 25 masse-% ammoniak (NH_3).

Beregn hvor mange g salmiakspiritus der er spildt.

Beregn hvor mange g ammoniak der er spildt. Hvor mange mg er det?

Beregn lokalets rumfang i m^3 .
(Brug din viden om geometri og ensvinklede trekanter).

Beregn om klodsede kemilærere kan være farlige for dig.
Undersøg hvordan 3-dobbelt salmiakspiritus er mærket.

2. En *meget* klodset elev taber en hel flaske whisky (70 cL) på gulvet her i lokalet.
Whiskyen er på 40 vol. %, og ethanols massefylde er 0,79 g/mL.

Flasken splintres i 1000 stykker, og man kan ikke rigtig tørre op for glasskår, så al spritten (Herren forbyde det) fordamper.

Beregn om I stadig må sidde i lokalet og nyde duften.
Hvordan skal whiskyen mærkes?

Molære masser og størrelsesligning

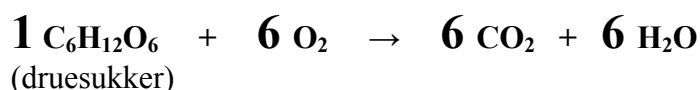
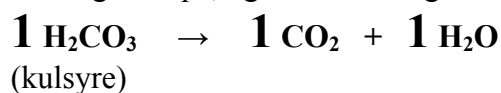
Et *mol* af et stof vejer lige så mange g som én formelenhed vejer i unit.

Massen af et mol betegnes ”den molare masse”.

1. Beregn den molare masse for følgende stoffer ved hjælp af atommasserne:

HCl	saltsyre
H ₃ PO ₄	phosphorsyre
K ₂ Cr ₂ O ₇	kaliumdichromat
(NH ₄) ₂ CO ₃	hjortetaksalt
C ₁₇ H ₂₁ O ₄ N	kokain
C ₆ H ₅ CH ₂ CHNH ₂ CH ₃	speed

2. Beregn *den molare masse* for alle de stoffer der indgår i følgende 2 reaktioner og forklar hvad reaktionerne går ud på, og hvor de foregår:



Hvor er *koefficienterne*? Hvad betyder de? Skal de indgå i beregningerne af *de molare masser*?

3. Forklar hvad der foregår i reaktionen.



Afstem reaktionsskemaet på sædvanlig vis ved hjælp af koefficienter.

Passer denne afstemning til størrelsen af *de molare masser* for stofferne?

4. **n**, **m** og **M** hænger altså sammen i en formel.

I forskellige sammenhænge har man brug for at kunne finde *massen m*, når man kender de 2 andre størrelser.

Isoler **m**, så der står **m** =

Isoler **n**

Isoler **M**

5. En druesukkertablet indeholder 1,8 g druesukker (C₆H₁₂O₆).

Hvor mange mol er det?

6. En ”superflyer” indeholder 0,037 mol salmiak (NH_4Cl) og 0,025 mol druesukker. Lav en opskrift på ”superflyerpulver”, som din mor kan forstå. Beregn hvor stor en procent af massen af superflyerpulveret, der udgøres af salmiak.
7. 0,2 mol af et stof vejer 10,7 g. Kan der være tale om salmiak?
8. Bilisten Tom må indeholde 0,66 mol ethanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$). Han drikker 30 g ethanol (= 3 genstande). Må han køre bil? Hvor mange procent af det tilladte har Tom drukket?
9. Maren og Emma koger 1 kg kartofler i 2 L vand. Kartoffler indeholder 4,8 g salt (NaCl) pr. kg. Maren hævder, at der skal 0,14 mol salt ved kartoflerne. Emma siger, at der skal 9,6 g til. Hvem får de salteste kartofler? Hvem har ret og hvorfor?
10. Hr. Håcel får tilsendt en mystisk væske fra hr. Lud. Væsken farver indikatorpapir rødt og vejer 24,5 g. Etiketten på den gulnede flaske er svær at læse, men Håcel får dechifreret den anløbne tekst: indeholder 0,25 mol
Hvilken væske var der tale om?

Mel. : menuetten fra Elverhøj

*Der var en mand, han sad og lo
Nu er han ikke mere
For han tog fejl af hå-to-o
Og hå-to-es-o-fire*

Fremstilling af salmiak

Kemikalier : Brugsens 30 % saltsyre, Brugsens salmiakspiritus.

Materialer : 250 mL bægerglas, 2 stk. 25 mL måleglas, spatel, bunsenbrænder, trefod med trådnet, morter med pistil.

Udførelse : Rens bægerglasset grundigt. Ifør dig beskyttelsesbriller og –handsker. Gå over i stinkskalet, og hæld 25 mL salmiakspiritus op i bægerglasset. Hæld forsigtigt 7 mL 30 % saltsyre oveni. Rør rundt med spatlen. Når røgudviklingen er overstået afmonteres handskerne men ikke brillerne, og bægerglasset med blandingen tages med tilbage og anbringes på et trådnet på en trefod. Bunsenbrænderen placeres under trefoden, udsuget placeres over bægerglasset, og der varmes nu på blandingen, indtil den er kogt helt ind. Lige før blandingen er kogt helt ind skal man passe på stænk, når det sprutter! Når det har spruttet i 1 min. slukkes der for bunsenbrænderen. Efter ca. 3 min. ´s afkøling kan salmiakken skræbes ud af bægerglasset med en spatel. Med en fingerspids smages på råproduktet. Salmiakken smages nu til med en passende mængde sukker eller flormelis ved at morte stofferne sammen i en morter og overføres derefter til et plastbæger med låg af husholdningsfilm. Prøv fx. følgende opskrift :

Toms "speedblanding":

1 g salmiak
6 g sukker

Når almen vederkvælgelse ønskes, indtages 1 g af denne blanding, og en berusende opkvikker vil skylle gennem kroppen.

Spørgsmål : Antag, at det er en rigtig Tycho Brahes-dag. Rum-udsuget og bord-udsugene er brudt sammen, stinkskalet er kortsluttet, og en klodset 1.g´er spilder 25 mL 30 % saltsyre på gulvet. Det hele fordamper. 30 % saltsyre har en massefylde på 1,1 g/mL.

1. Hvor mange g saltsyre spilder 1.g´ere?
2. Hvor mange g ren HCl spildes der?
Hvor mange mg er det?
3. Beregn kemilaboratoriets rumfang i m^3 .
4. Beregn hvor mange mg HCl, der er spildt pr. m^3 .
5. Find grænseværdien for HCl i mg/m^3 (opslag 29). Er grænseværdien overskredet?

6. Hvad ville du gøre, hvis bemeldte Tycho Brahes-dag indtraf?
7. Hvilke kemiske stoffer er der i henholdsvis saltsyre og i salmiakspiritus?
8. Opskriv et reaktionsskema for reaktionen mellem saltsyre og salmiakspiritus (et H^+ overføres fra saltsyre til ammoniak).
9. Opskriv et reaktionsskema for reaktionen, der sker ved inddampningen.
10. Salmiakspiritus og saltsyre er koncentreret base og syre.
Forklar hvorfor det i vores forsøg ikke er nødvendigt at sikre sig, at blandingen er helt neutraliseret, selvom salmiakken efter reaktionen skal spises.
11. Hvad er det kemiske navn for salmiak? Find ud af hvordan salmiak skal mærkes. Kommentér.

b) Lineære sammenhænge i kemi, baseret på forsøg.

1. Standardkurve, absorptions

Forløbsbeskrivelse: Eleverne laver målinger af sammenhængen mellem koncentrationen af et farvestof og absorptions, laver derefter lineær regression på data, og får bedste rette linie. Måler så på en fødevarer, der indeholder farvestoffet, og placerer det på kurven for at bestemme farvestofindholdet i den.

Fagligt indhold

Kemi

Standardkurven for absorptionsmålinger, farvestoffer.

Matematik

Lineære funktioner, regression, tolkning af hældning, løsning af ligning grafisk og ”i hånden”.

Faglige forudsætninger

Kemi

Eleverne har arbejdet lidt med spektrofotometri og koncentration i mg/L. Lambert-Beers lov.

Matematik

Eleverne er blevet introduceret til lineære funktioner, ganske kort.

Tidsramme

Ca. 7 timer

Tidsmæssig placering

Nov/dec, 1.g

Produktkrav:

Journal, evt. en mundtlig præsentation af dele af resultaterne.

Program

1. Kemilæreren repeterer Lambert-Beers lov, eleverne laver en øvelse, hvor de laver standardkurven for det udvalgte farvestof.
2. Matematiklæreren hjælper med at bearbejde data: Regression på Excel eller lommeregner, den bedste rette linie findes, grafen tegnes, hældningen tolkes.
3. Eleverne måler absorptions af farvestofindholdet i relevante fødevarer (sodavand, udkogte vingummi, opløstede bolcher, frugtfarve.....)
4. Eleverne bruger standardkurven til at bestemme indholdet af farvestof i fødevarer. Ligningen løses grafisk, vha. solve og i hånden.
5. Evt. afsluttes med en præsentation af de forskellige fødevarers indhold af farvestof, og en sammenligning med positivlisten.

2. Standardkurve, salt (og sukker)

Forløbsbeskrivelse: Eleverne laver vha. titreringer sammenhørende målinger af saltindhold og forbrugt volumen AgNO_3 i opløsninger med kendt saltkoncentration, laver derefter lineær regression på data, og får bedste rette linie. Titrerer så på en fødevare, der indeholder salt, og placerer den på kurven for at bestemme saltindholdet i den. Forløbet kan også laves med sukker. Her måler man på sukkerindholdet versus enten densitet (med pyknometer). eller drejningsvinkel (med polariometer).

Fagligt indhold

Kemi

Mohr-titrering, standardkurver.

Matematik

Lineære funktioner, regression, tolkning af hældning, løsning af ligning grafisk og ”i hånden”.

Faglige forudsætninger

Kemi

Eleverne har arbejdet lidt med fældningsreaktioner og titreringer.

Matematik

Eleverne er blevet introduceret til lineære funktioner, ganske kort.

Tidsramme

Ca. 7 timer

Tidsmæssig placering

Nov/dec, 1.g

Produktkrav:

Journal, evt. en mundtlig præsentation af dele af resultaterne.

Program

1. Kemilæreren gennemgår Mohr-titreringen og de tilhørende fældningsreaktioner.
2. Eleverne laver hver en titrering af en opløsning med kendt saltkoncentration. Resultaterne samles i én fælles tabel.
3. Matematiklæreren hjælper med at bearbejde data: Regression på Excel eller lommeregner, den bedste rette linie findes, grafen tegnes, hældningen tolkes.
4. Eleverne måler sølvnitratforbruget ved titrering for relevante udvalgte fødevarer (f.eks. brød, chips, spegepølse, ost.....)
5. Eleverne bruger standardkurven til at bestemme saltindholdet i fødevaren. Ligningen løses grafisk, på lommeregneren og i hånden.
6. Evt. afsluttes med en præsentation af de forskellige fødevarers indhold af salt, og en sammenligning med varedeklarationen.

3. Endoterm proces i kuldeposer

Forløbsbeskrivelse: Vi skal se en lineær sammenhæng mellem energiforbrug og masse for en endoterm proces. Vi bruger det til at finde massen af NH_4NO_3 i en kuldepose.

Fagligt indhold

Kemi

Ionforbindelser, exoterme og endoterme processer.

Matematik

Lineære funktioner, regression, tolkning af hældning, løsning af ligning grafisk og ”i hånden”.

Faglige forudsætninger

Kemi

Ionforbindelser, exoterme og endoterme processer.

Fysik

Sammenhængen $\Delta E = m \cdot c \cdot \Delta T$

Matematik

Eleverne er blevet introduceret til lineære funktioner, ganske kort.

Tidsramme

Ca. 7 timer

Tidsmæssig placering

Nov/dec, 1.g

Produktkrav:

Journal eller rapport

Program

1. Kemilæreren gennemgår ionforbindelser og viser eksempler på exoterme og endoterme processer.
2. Eleverne laver forsøg: Måler sammenhørende værdier for massen af NH_4NO_3 (fuldt opløst i den mængde vand, der er i en kuldepose) og temperaturfald. Måler også temperaturfaldet i en kuldepose med NH_4NO_3 .
3. Matematiklæreren og eleverne laver databehandling på grafregner eller i Excel. Laver omregning fra temperaturfaldet til energiforbruget. Laver lineær regression på data, med massen af NH_4NO_3 på 1.aksen og energien på 2. aksens.
4. Energiforbruget pr. g opløst NH_4NO_3 bestemmes som hældningen af grafen. Sammenlignes evt. med en tabelværdi eller en varedeklaration, eller lærerens beregnede tabelværdi.
5. Posens indhold af NH_4NO_3 bestemmes vha. grafen, efter at man først har omregnet posens temperaturændring til et energiforbrug.

4. Opgaver om lineære sammenhænge

Regressionsopgave 1 baseret på tal, som læreren har fundet på. Sammenhæng mellem massen og stofmængden.

Masse (kaldes **m**) måles i g og er et produkt af et tal og en enhed (massen kan f.eks. være 7,0·g og skrives normalt 7,0g)

Stofmængde (kaldes **n**) måles i mol (udtales som i sol) og er et produkt af et tal og en enhed (stofmængden kan f.eks. være 0,36·mol og skrives normalt 0,36 mol)

Masse og stofmængde er eksempler på *størrelser*.

For stoffet CH ₃ CH ₂ OH gælder:			For stoffet C ₆ H ₁₂ O ₆ gælder:			For stoffet CO ₂ gælder:		
Masse (m)	svarer til	Stofmængde (n)	Masse (m)	svarer til	Stofmængde (n)	Masse (m)	svarer til	Stofmængde (n)
23 g	↔	0,50 mol	7,0 g	↔	0,039 mol	0,36 g	↔	8,2·10 ⁻³ mol
40 g	↔	0,87 mol	10,4 g	↔	0,058 mol	0,43 g	↔	9,8·10 ⁻³ mol
75 g	↔	1,63 mol	15,9 g	↔	0,088 mol	0,61 g	↔	1,4·10 ⁻² mol
90 g	↔	1,96 mol	26,6 g	↔	0,148 mol	0,82 g	↔	1,9·10 ⁻³ mol
120 g	↔	2,61 mol	34,8 g	↔	0,193 mol	0,95 g	↔	2,2·10 ⁻³ mol

Spørgsmål

Lav en afbildning der viser sammenhængen mellem *stofmængde* og *masse* for hvert af de tre stoffer (*stofmængden* ud ad x-aksen) (evt. ved hjælp af grafregneren).

Hvordan vil du beskrive sammenhængen?

Beregn forskriften for hver af afbildningerne. Aflæs hældningen. Denne størrelse hedder *den molare masse* (kaldes **M**). Afrund til nærmeste hele tal.

For stofferne gælder åbenbart en simpel sammenhæng mellem *stofmængde*, *masse* og *den molare masse*.

Forklar sammenhængen med ord.

Skriv sammenhængen med en matematisk formel.

Skriv formlen med ord.

Hvilken enhed skal *den molare masse*(**M**) have?

Forklar ud fra stoffernes kemiske formler, hvorfor konstanten er størst for C₆H₁₂O₆.

Hvad siger *den molare masse* altså om det enkelte stof?

Regressionsopgave 2, baseret på tænkte målinger, sammenhæng mellem de to temperaturskalaer.

Grader celsius	-50,3	-30,0	11,5	18,9	40,0	102	135
Grader kelvin	223,6	242	283,8	293,6	310	375	410

Lav lineær regression på ovenstående data. Celsius-graderne skal være på 1. akse. Find ligningen for sammenhængen. Hvad betyder hældningen og hvad betyder skæringen med y-aksen? Og hvad betyder skæringen med x-aksen?

Hvordan opfører molekylerne sig kemisk ved 0K? Hvorfor findes der en laveste temperatur?

c) Ligevægt

- Beskrivelse af det faglige indhold fra de to fag, dækkede faglige mål fra læreplanerne, indgående kernestof.

Kemisk ligevægt og matematiske modeller.

	Fagligt indhold i	Forløbsindhold
Matematik:	Opstilling af modeller. Definitions­mængder Løsning af ligninger Potens regneregler Polynomier Forståelse for faktorerers/tællers/nævners indflydelse på størrelse af en brøk.	Matematik skal i forbindelse med forløbet gennemgå begreber som definitions­mængde, løsning af ligninger af højere orden, potens regneregler og brøkgregning. Matematikken kan få spillerum, når vi betragter fænomenet indgreb i et ligevægtssystem.
Kemi	Grundlæggende teori om ligevægt i kemi.	Derefter kan kemi begynde at gennemgå den grundlæggende teori om ligevægt.

- Hvilke faglige forudsætninger skal eleverne have.

Matematik:

Grundlæggende matematik i 1.g (mængder, intervaller, kvadratsætningerne m.m)
Kendskab til modelbegrebet, variabelkontrol og variablsammenhænge

Kemi:

Idealgasloven det er ikke en forudsætning for forløbet, men det vil øge elevernes forståelse i forbindelse med gennemgangen af ligevægt.
Koncentrationsbegrebet, herunder formel og aktuel koncentration.
Exoterme og endoterme reaktioner

- Forslag til tidsramme.

Matematik:

det kunne forløbe på 5-? lektioner af 45 minutter
(alt efter om man vil gennemgå alt teorien i forbindelse med afviklingen af forløbet, eller man bruger det som repetition/perspektivering)

kemi

det vil kunne afvikles på 6-9 lektioner af 45 minutter

- **Forslag til tidsmæssig placering / niveau**

Forslag til matematik/kemi forløb, der kan placeres i starten af 2.g på studieretninger, der har matematik på B/A niveau og kemi på B/A niveau

- **Materialesamling:**

Kemi:

Kemi B eller Kemi A niveau bog. Vælg afsnittet om ligevægt.

Alternativt læs nedenfor:

Kend Kemien 2 side 60-76 af Henrik Parbo m.fl

Forlag: Gyldendal 1.udgave 1. oplag 2007

Eller

Kemi H1 side128-145 af Jens Pilegaard Hansen m. fl.

Forlag: FAG 1.udgave

eller

Kemi M side161-172 af Jens Pilegaard Hansen

Forlag: FAG 1.udgave

eller

Kemi 2000 A-niveau 1 side 24-41 af Helge Mygind

forlag Haase 1. udgave

Eller

Kemi 2000 B-niveau side 24-41 af Helge Mygind

Forlag: Haase 1. udgave

eller

Isis kemi B side 50-57 af Kim Bruun m.fl

Forlag : Systime 1.udgave 1.oplag 2002

Matematik:

Vilkårlig 1.g/2.g bog, der gennemgår de beskrevne emner.

Alternativt

Gyldendals Gymnasiematematik Arbejdsbog B1 værktøjer s. 15-17

brøkreger,potensregneregler og rødder.

Af Flemming Clausen m.fl

Forlaget Gyldendal 1.udgave 1. oplag 2005

Gyldendals Gymnasiematematik Grundbog B1 side75-79(Her er der konkrete eksempler om kemisk ligevægt, eksempel 63,64 ,65,66 og 67.)

Gyldendals Gymnasiematematik Grundbog B1 s. 117-123,127-131:

Af Flemming Clausen m.fl

Forlaget Gyldendal 1.udgave 1. oplag 2005

En note om definitions mængder

- **Forløbsbeskrivelse, dvs. f.eks. en tidsplan, hvad skal de to fag lave hvornår, hvordan arbejdes der med materialet osv.**

Matematik vil typisk gennemgå definitions mængder, brøker og potensregnereglerne i løbet af grundforløbet i 1.g..

Definitionsmængder:

Her vil det være godt at tage udgangspunkt i nogle praktiske eksempler, så eleverne får en fornemmelse af, at der er nogle konkrete begrænsninger i opgaven, der definerer definitionsmængderne.

Potensregnerne.

Her skal eleverne kunne beherske udtryk som $(2 \cdot z)^3$ eller $(\frac{1}{4} \cdot z)^3$

Brøkerne:

Her skal man have særlig fokus brøker på formen

$$\frac{y^n \cdot x^m}{z^p \cdot u^q}$$

Her skal man lave nogle opgaver, der giver eleverne en mulighed for at vurdere, hvorledes brøken's værdi ændrer sig, hvis x erstattes af $2 \cdot x$, eller $\frac{1}{2} \cdot x$. Tilsvarende skal eleverne forholde til, hvad det betyder for brøkens værdi, hvis z erstattes af $2 \cdot z$ eller $\frac{1}{2} \cdot z$.

Det er også vigtig at kunne forholde sig til en brøk af typen:

$$\frac{y^2 \cdot x^3}{z^4 \cdot u^1}$$

Hvor eleverne skal kunne vurdere, hvad der skal med brøkens værdi, hvis x,y,z,u alle fire fordobles eller halveres i ovenfor stående udtryk.

Det er dog ikke afgørende af man har trænet disse typer at opgaver i grundforløbet. Man kan sagtens lave en mindre seance på et par lektioner, hvor man bruger opgave typerne til træning af opgaver uden hjælpemidler

Løsning af ligninger af højere orden:

Løsning af ligninger af højere grad vil man typisk placere i slutning af 1. g eller i begyndelsen af 2. g.

Denne del af forløbet kan med fordel påbegyndes samtidig med forløbet om ligevægt. På den måde vil den matematiske model være klar for eleverne, når de skal anvende den i kemi, og samtidig vil de i matematik kunne bruge de kemiske eksempler som perspektiverende.

- **Opgave til eleverne, opgaveark mm**

Øvelsesvejledninger:

Bestemmelse af ligevægtskonstanten, K for thiocyanat (FeSCN^{2+})

I eksperimenter i Kemi 2 , af Bjarne Lyders Pedersen. Forlag B.L.P.2.udgave 1983

Bestemmelse af K for reaktionen mellem blyulfat og iodidioner –

kun indledende forsøg – kan bruges som argument for at fastestoffer udelades i K-udtryk.

Kemi 2/3 øvelser s. 199 af Helge Mygind

Koblede ligevægte : i Kemi 2/3 øvelser s. 55 af Helge Mygind eller i Kemiøvelser MH s. 41 af Jens Pilegaard Hansen

Ammoniumsalte – ligevægtsforskydning og bestemmelse af K-værdi ved brug af Ks/Kb-værdi.

Ligevægtskonstant for Ester ligevægt i Kemiøvelser MH s. 43 af Jens Pilegaard Hansen

d) Reaktionshastighed /Reaktionskinetik

Forløbet afhænger naturligvis af, hvilket niveau fagene er på – begge fag skal dog være på mindst B-niveau. Hvilket niveau det nedenfor drejer sig om er angivet i parentes.

Fagligt indhold – Kemi

Kernestof:

B-niveau

- Reaktionshastighed på kvalitativt grundlag, herunder katalyse
- Kvalitativ analyse

A-niveau

- Reaktionshastighed, herunder hastighedskonstantens temperaturafhængighed og katalyse
- Kvalitativ og kvantitativ analyse, herunder spektroskopi

Faglige mål:

Eleverne skal kunne:

- Relatere observationer, model- og symbolfremstillinger til hinanden
- Udføre beregninger
- Tilrette og udføre kemiske eksperimenter med udgangspunkt i kendte metoder
- Registrere og efterbehandle data og iagttagelser samt analysere, vurdere og formidle forsøgsresultater

Fagligt indhold – Matematik

Kernestof:

- Formeludtryk til beskrivelse af ligefrem proportionalitet, eksponentielle sammenhænge og potenssammenhænge
- Anvendelse af regression
- Fortolkning af differentialkvotient
- Lineære differentiaalligninger af 1. orden, kvalitativ analyse af givne differentiaalligninger samt opstilling af simple differentiaalligninger. – *kun A-niveau*

Faglige mål:

Eleverne skal kunne:

- Håndtere simple formler, herunder kunne oversætte mellem symbolholdig og naturligt sprog, kunne redegøre for foreliggende symbolholdige beskrivelser af

variabelsammenhænge og kunne anvende symbolholdigt sprog til at løse simple problemer med matematisk indhold

- Anvende simple funktionsudtryk i modellering af givne data, kunne foretage simuleringer og fremskrivninger og forholde sig reflekterende til idealiseringer og rækkevidde af modellerne
- Anvende differentialkvotient for simple funktioner og fortolke forskellige repræsentationer af disse
- Anvende forskellige fortolkninger af stamfunktion og forskellige metoder til løsning af differentialligninger – *kun A-niveau*

Faglige forudsætninger og tidsmæssig placering:

1. Forløb: Spektroskopi og proportionalitet

Dette forløb kan man med fordel benytte allerede i 1g. Når man i matematik introducerer proportionale størrelser og lineær regression i matematik, vil det være oplagt at inddrage Lambert-Beers lov og give eksempler på koncentrationsbestemmelser ved brug af spektroskopi. I kemi er det en fordel (men absolut ikke en nødvendighed) at have gennemgået mængdeberegning incl. forskellige koncentrationsmål

2. Forløb: Reaktionshastighed

I en klasse, som har begge fag på B-niveau vil forløbet naturligt ligge i 2g – meget gerne kort efter at differentialregningen er startet op i matematik. I kemi er forudsætningerne mængdeberegninger og koncentrationsmål.

3. Forløb: Reaktionskinetik

I en klasse, der har kemi på A-niveau skal forløbet først bruges, når eleverne har beskæftiget sig med differentialligninger.

I en klasse, der har matematik på A-niveau men kemi på B-niveau er reaktionskinetikken oplagt som supplerende stof i matematik i forlængelse af gennemgangen af differentialligninger.

Materialer:

Knud Erik Nielsen m. fl., Vejen til matematik AB1, Forlaget HAX – forkortet AB1

Helge Mygind, Kemi 2000 B-niveau, Forlaget Haase – forkortet 2000B

Helge Mygind, Kemi 2000 A-niveau 1, Forlaget Haase – forkortet 2000A1

Helge Mygind, Kemi 2000 A-niveau 2, Forlaget Haase – forkortet 2000A2

- men andre gængse lærebøger kunne sagtens træde i stedet for ovenstående

Forløbsbeskrivelse

1. Forløb: Spektroskopi og proportionalitet

Tidsplan:

Modulnr.	Matematik	Kemi	Litteratur
1	Proportionalitet		AB1: s. 62-66 + opgave 61,62,64
2	Grafisk analyse af proportionalitet – eksperimentel bestemmelse af sammenhæng mellem areal og masse af karton		AB1: s. 74-78, 83 + opgave 73,74
3	Lineær regression – dataanalyse med grafregner eller TI-Interactive		AB1:s. 88-89 + databehandling af egne resultater fra modul 2 eller fra forsøg med densitetsbestemmelse
4		Absorbans. Lambert Beers lov. Eksempel på absorptionsspektrum for farvet stof – f. eks. azorubin	2000 B: , s. 250-253
5		Elevøvelse: Bestemmelse af azorubin-indholdet i en rød sodavand	Bilag 1 med øvelsesvejledning
6	Opgaveregning – proportionalitet og regression		F.eks. skriftlig eksamensopgave i kemi 22/5-06, opg.3 – de første 3 spørgsmål

2. Forløb : Reaktionshastighed

Modulnr.	Matematik	Kemi	Litteratur
1	Grafisk bestemmelse af differentialkvotient		B2: s. 73-75 + opgave 71, 72 og 73
2	Differentialkvotienten som væksthastighed		B2: s. 76-79 incl. øvelserne 6.3, 6.4, 6.5 og 6.6
3		Introduktion til reaktionshastighed	2000B: s. 9-13 incl. opgave 1 side 12
4		Demonstrationsforsøg – bestemmelse af reaktionshastighed for dibromdannelse	Øvelse som beskrevet i 2000B: s. 9-11 med supplerende spørgsmål – Bilag 2
5		Elevøvelse – Landolts forsøg	Øvelsesvejledning – Bilag 3
6	Opgaveregning – reaktionshastighed og reaktionsorden		Opgaveark – Bilag 4
7		Opgaveregning – fortsat	Bilag 4 – sættet kan benyttes i både kemi- og matematikundervisningen
8		Faktorer, som påvirker en reaktionshastighed	2000B. s. 11-23
9		Opsamling – demonstrationsforsøg og opgaveregning	Øvelsesvejledning – Bilag 5

3. Forløb : Reaktionskinetik

Modulnr.	Matematik	Kemi	Litteratur
1	Grafisk bestemmelse af differentialkvotient		B2: s. 73-75 + opgave 71, 72 og 73
2	Differentialkvotienten som væksthastighed		B2: s. 76-79 incl. øvelserne 6.3, 6.4, 6.5 og 6.6
3		Introduktion til reaktionshastighed	2000A1: s. 9-13 incl. opgave 1 side 12
4		Demonstrationsforsøg – bestemmelse af reaktionshastighed	Øvelse som beskrevet i 2000B: s. 9-11 med supplerende spørgsmål –

		for dibromdannelse	Bilag 2
5		Elevøvelse – Landolts forsøg	Øvelsesvejledning – Bilag 3
6		Faktorer, som påvirker en reaktionshastighed	2000A1. s. 11-23
7	Udled af formler for nulte-, første- og andenordens reaktioner		2000A2. s. 136-143
8	Opgaveregning – reaktionshastighed og reaktionsorden		Opgaveark – Bilag 4
9		Opgaveregning – fortsat	Bilag 4 – sættet kan benyttes i både kemi- og matematikundervisningen
10		Demonstrationsforsøg og opgaveregning	Øvelsesvejledning – Bilag 5
11		Reaktionsmekanismer og reaktionskinetik	2000 A2. s. 148-152
12		Elevøvelse	Kinetisk undersøgelse af blegning af azorubin – Bilag 6 – eller fremstilling og reaktionskinetisk undersøgelse af 2-chlor-2-methylpropan (se Mygind Kemiøvelser 2/3)
13		Opgaveregning - reaktionskinetik	Eksamensopgaver i kemi – f.eks. 1996-8 (krystalviolet), 1998-8 (stilben) 2000-8 (trifluorethansyre) 2006(vejl. opg) (eugenol)
14		Opgaveregning - fortsat	

Bestemmelse af azorubin-indholdet i en rød sodavand

Formål:

Det røde farvestof azorubin anvendes blandt andet som tilsætningsstof i rød sodavand.

Formålet med denne undersøgelse er at bestemme indholdet af azorubin i en sodavand og herefter kontrollere, om den tilladte grænseværdi overskrides.



colorimeter

Teori:

Azorubin(E122) anvendes blandt andet som tilsætningsstof i rød sodavand og har i neutral eller sur opløsning en maximal lysabsorption ved bølgelængden $\lambda_{\max} = 514 \text{ nm}$.

Mange røde sodavand indeholder også et gult farvestof (quinolingult), men dette ændrer kun sodavandets absorptionsspektrum ved lavere bølgelængder.

Azorubin har en ADI (acceptabel daglig indtagelse) på 4 mg pr. kg. legemsvægt. Det betyder, at stoffet er sundhedsmæssigt vurderet. Hvis et barn vejer 20 kg betyder det, at det er vurderet, at barnet kan indtage 80 mg af farvestoffet azorubin uden at det giver sundhedsmæssige problemer. Denne vurdering tager dog ikke højde for overfølsomhedsreaktioner.

Ud fra standardopløsninger med kendte koncentrationer af azorubin, hvor man måler absorbansen, fremstilles en standardkurve, hvorefter man ved måling på en rød sodavand kan bestemme indholdet af azorubin i denne.

Målingerne foretages med LabPro med forbundet colorimeter og databehandlingen foregår ved brug af edb-programmet Logger Pro.

Udstyr og kemikalier:

Lab Pro
Colorimeter
Kuvetter
Azorubin-opløsning med kendt koncentration - **stamopløsning**
Rød sodavand
1 M HCl-opløsning
Reagensglas
Diverse pipetter
250 mL bægerglas
25 mL måleglas
Plastikpipette

Udførelse:

Til en LabPro-enhed tilsluttes:

En net-adaptor
Et colorimeter
Et usb-stik, som tilsluttes en pc

Colorimetret skal opvarmes ca. 5 minutter før det er stabilt. Herefter skal det kalibreres. Bølgelængden vælges med piletasterne til 470 nm. En ren kuvette fyldes med demineraliseret vand, som placeres i colorimetret – uden at sætte fedtfingre på! (dette vil også give en absorption).

Tryk nu på **CAL**. Når den røde lampe holder op med at lyse er apparatet kalibreret – dette betyder, at absorbansen for opløsningsmidlet vand sættes til 0.

Herefter skal man fremstille en standardkurve: i 4 reagensglas blandes stamopløsningen og demineraliseret vand som angivet i skemaet under resultater. For hver af de fortyndede opløsninger udregnes koncentrationen og absorbansen måles på følgende måde:

Opstart programmet LoggerPro I bjælken øverst startes et nyt forsøg med et klik på uret. Vælg under **Mode**: Events with entry og indsæt en ny søjle til angivelse af koncentrationer (enhed mg/L). Start eksperimentet – tryk på **Keep**, og indtast koncentrationen 0 mg/L.

Indsæt derefter på skift kuvetter med de 4 fortyndende opløsninger i colorimetret. Når absorbansen er konstant (husk at lukke låget på colorimetret!) trykkes **Keep** og koncentrationen indtastes.

Stop eksperimentet, hvorefter de målte absorbanser indsættes i skemaet under Resultater og/eller gemmes i programmet.

I et 250 mL bægerglas hældes ca. 100 mL rød sodavand, og der tilsættes ca. 1 mL 1 M saltsyre. Der oprøres med spatel indtil al CO_2 er bruset af.

Bestem herefter absorbansen ved 470 nm.

Gem jeres resultater.

Resultater:

mg/L Stamopløsningens nøjagtige koncentration: _____

Rumfang dem. vand [mL]	Rumfang stamopløsning [mL]	Koncentration af azorubin [mg/L]	Absorbans
9,0	1,0		
7,0	3,0		
5,0	5,0		
3,0	7,0		

Absorbans – sodavand: _____

Efterbehandling:

- 1) Tegn standardkurven, dvs. en kurve som viser sammenhængen mellem absorbansen og koncentrationen af de fire fortyndede opløsninger af azorubin – her benyttes lineær regression.
- 2) Bestem ved brug af regressionslinien koncentrationen af azorubin i den røde sodavand.
- 3) Undersøg varedeklarationen på sodavanden – hvilke farvestoffer er tilsat?

- 4) Sammenlign det fundne indhold med den tilladte værdi, som kan findes i Positivlisten, som kan findes på flg. hjemmeside:
<http://www.foedevarestyrelsen.dk/FDir/Publications/2005100/Rapport.htm>
(se fødevaregruppe nr. 14: *Drikkevarer*)
- 5) Beregn hvor mange røde sodavand I må drikke pr. dag uden at den tilladte ADI-værdi overskrides.
- 6) Vurder metoden – anfør usikkerheder og fejlkilder

Reaktionen mellem bromid- og bromat-ioner

Teori:

Ved reaktionen mellem bromid-ioner og bromat-ioner (BrO_3^-) dannes der frit dibrom. Denne reaktion er en meget langsom kemisk reaktion, som kan følges, idet man dannelsen af brom ændrer opløsningens farve fra farveløs til gul. Farveintensiteten er således et mål for opløsningens dibromkoncentration. Man kan i et såkaldt spektrofotometer gennemlyse opløsningen med lys med en bestemt bølgelængde og måle opløsningens lysabsorption. Man kan vise, at denne absorption er proportional med opløsningens dibromkoncentration (i flg. Lambert-Beers lov)

Eksperimentelt:

Spektrofotometeret tændes i god tid, så det kan nå at varme op inden forsøget startes. Målingerne foretages ved brug af Logger Pro og LabPro, hvortil der er tilsluttet et spektrofotometer – eventuelt tilsluttet spektrofotometeret direkte til computeren uden brug af LabPro-enhed.

Først vælges et såkaldt bølgelængdescan, hvor resultatet er et absorptionsspektrum – d.v.s. en kurve, der viser sammenhængen mellem bølgelængde og absorption for en given opløsning.

Der hældes en fortyndet dibromopløsning i en kuvette, og der foretages bølgelængdescan i bølgelængdeområdet 440-600 nm.

Til selve forsøget skal vi nu vælge en bølgelængde, hvor absorption både er forholdsvis høj og ret stabil.

Hvorfor mon det?

Hvilken bølgelængde vælges?

10,29 g NaBr og 0,1670 g KBrO_3 opløses i 900 mL demineraliseret vand i et stort bægerglas. Der tilsættes 100 mL 2 M saltsyre samtidig med at et stopur startes. Efter omrøring overføres en prøve af opløsningen til et spektrofotometer. Der måles sammenhørende værdier af tid og absorption indtil absorptionen er næsten konstant.

Behandling:

- 1) Afstem redoxprocessen
- 2) Beregn, hvor mange mol Br_2 der maksimalt kan dannes ved reaktionen

- 3) I Logger Pro tilføjes en ny søjle med følgende formel:

$$[\text{Br}_2] = \frac{A_t \cdot c_{\text{max}}}{A_{\text{max}}},$$

hvor A_{max} er forsøgets maximale stabile absorption og c_{max} er den under 2) beregnede maximale Br_2 -koncentration.

- 4) Forklar formlen
- 5) Tegn og udskriv grafen (t , $[\text{Br}_2]$)
- 6) Forklar grafens udseende
- 7) Bestem ved hjælp af grafen gennemsnitshastigheden i tidsrummet 100s - 300s
- 8) Bestem ved hjælp af grafen hastigheden til tidspunktet 200 s

9) Bestem ved hjælp af grafen begyndelseshastigheden

Bilag 3Dato:
Journal nr:

Reaktionshastighed - Landolt's forsøg

Udstyr og kemikalier:

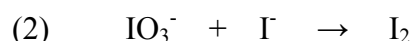
400 ml bægerglas	0,10 M kaliumiodat
magnetomrører	0,10 M natriumhydrogensulfit
omrørermagnet	stivelseopløsning (5%)
stopur	isterninger
1M HCl-opløsning	diverse måleglas: 10 ml, 25 ml, 100 ml, 250 ml
termometer	

Teori:

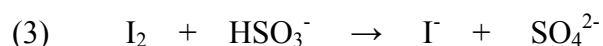
Vi skal undersøge reaktionen mellem iodat-ioner (IO_3^-) og hydrogensulfit-ioner (HSO_3^-). Ved sammenblanding af disse ioner i vandig opløsning sker der følgende reaktion:



Iodat-ionerne reagerer imidlertid også med de dannede iodid-ioner, hvilket betyder, at sideløbende med reaktionen (1) forløber følgende reaktion:



Det herved dannede iod vil øjeblikkelig reagere med HSO_3^- efter reaktionsskemaet:



Bemærk at ingen af de anførte reaktionsskemaer er afstemte - se under **A**Behandling af forsøgsresultater@.

Det viser sig, at reaktionerne (2) og (3) begge forløber hurtigt, mens (1) er en langsomt forløbende reaktion - det hastighedsbestemmende trin. Det viser sig også, at reaktion (1) svarer til processens bruttoreaktion - dette skal også vises i efterbehandlingen.

Hvis vi nu sørger for, at HSO_3^- er til stede i underskud i forhold til IO_3^- , vil omdannelsen af I_2 efter (3) ophøre i samme øjeblik, som HSO_3^- slipper op. Man vil altså fra dette tidspunkt kunne konstatere tilstedeværelsen af iod i opløsningen. I_2 erkendes ved, at man til opløsningen sætter lidt stivelsesopløsning, idet stivelse sammen med iod danner et kompleks, der er kraftigt blå (næsten sort) farvet.

Da reaktion (1) forløber langsomt, vil der gå nogen tid, før al HSO_3^- er opbrugt. Denne tid bruges til at vurdere hastigheden for reaktion (1).

Forsøgsgang:

Der laves seks forsøg (A, B, C, D, E og F) med de væskemængder, som er angivet i skemaet nedenfor.

Alle forsøg udføres på følgende måde:

I et 400 ml bægerglas hældes demineraliseret vand, KIO_3 -opløsning og de 5 ml stivelsesopløsning. Der kommer en omrørmagnet i bægerglasset, og det stilles herefter på en magnetomrører, som indstilles på en passende hastighed.

Der afmåles 25 ml NaHSO_3 -opløsning, stopuret nulstilles, og samtidig med at opløsningen hældes i bægerglasset, startes stopuret. Stopuret standses igen, når den blå (eventuelt sorte) farve viser sig. Den aflæste tid indføres i skemaet. I forsøgene A, D og E måles temperaturen i blandingen umiddelbart efter at den blå farve er fremkommet.

Bemærk, at forsøg D foretages med opvarmet dem. vand, forsøg E foretages med isvand og at der til forsøg F tilsættes 1 ml 1M saltsyre.

Forsøgsresultater:

For-søg	ml dem. vand	ml 0,10M KIO_3	ml 5% stivelse	ml 0,10M NaHSO_3	Specielt	tid - t (s)	1/t (s^{-1})	Temp ($^{\circ}\text{C}$)
A	225	25	5	25				
B	200	50	5	25				
C	175	75	5	25				
D	225	25	5	25	varmt vand			
E	225	25	5	25	isvand			
F	225	25	5	25	1 ml HCl			

Behandling af forsøgsresultater:

- 1) Afstem reaktionsskemaerne (1), (2) og (3).
Du kan gå ud fra, at reaktionen starter i neutral opløsning.

- 2) Ved at addere de to afstemte reaktionsskemaer (2) og (3) kan man få det afstemte reaktionsskema (1). Vis det!

Reaktionsskema (1) svarer altså til processens bruttoreaktionsskema.

- 3) Vis, at der i forsøg A er tilsat HSO_3^- i underskud.
- 4) Når det er tilfældet, er der naturligvis også underskud af HSO_3^- i de øvrige forsøg. Hvorfor?
- 5) Angiv udtrykket for reaktionshastigheden, som benyttes i forsøget.
- 6) Hvorfor kan $1/t$ bruges som mål for reaktionshastigheden?

Bilag 4

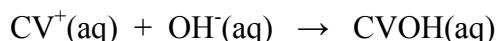
Opgaver – reaktionshastighed og reaktionsorden**Opgave 1:**

For en kemisk mellem indikatorer krystalviolet og hydroxidioner måles reaktionshastigheden til at være $1,27 \cdot 10^{-6}$ M/s når koncentrationen af krystalviolet er $4,13 \cdot 10^{-5}$ M.

- Beregn hvor lang det vil tage for krystalvioletkoncentrationen at falde fra $4,13 \cdot 10^{-5}$ M. til $3,96 \cdot 10^{-5}$ M.
- Kan man bruge sammen metode til at finde den tid, det vil tage for krystalvioletkoncentrationen at falde fra $4,13 \cdot 10^{-5}$ M. til $0,43 \cdot 10^{-5}$ M.? Forklar hvorfor eller hvorfor ikke

Opgave 2:

Vi undersøger igen reaktionen mellem krystalviolet (forkortet CV^+) og hydroxid:



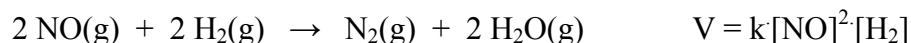
Der fås følgende begyndelseshastigheder:

Forsøg	$[CV^+]$	$[OH^-]$	Hastighed
1	$4,3 \cdot 10^{-5}$ M	0,10 M	$1,3 \cdot 10^{-6}$ M/s
2	$2,2 \cdot 10^{-5}$ M	0,10 M	$6,7 \cdot 10^{-7}$ M/s
3	$1,1 \cdot 10^{-5}$ M	0,10 M	$3,3 \cdot 10^{-7}$ M/s

- Er det muligt at bestemme hele reaktionsordenen ud fra disse data?
- Antag at hastigheden ikke afhænger af OH^- koncentrationen. Hvad er så hastighedsudtrykket?
- Bestem hastighedskonstanten under forudsætning af, at hastigheden ikke afhænger af OH^- -koncentrationen.
- Beregn begyndelseshastigheden, hvis $[CV^+] = 0,00045$ M og $[OH^-] = 0,10$ M

Opgave 3:

Vi har følgende reaktion med tilhørende hastighedsudtryk:



- Hvad er reaktionsorden m.h.t. NO?
- Hvad er reaktionsordenen m.h.t. H₂?
- Hvad er den samlede reaktionsorden?
- Antag, at man tredobler koncentrationen af NO og samtidig mindsker koncentrationen af H₂ med en faktor 8. Vil reaktionshastigheden nu blive større eller mindre? (antag at temperaturen er ens i de to forsøg)

Opgave 4:

Under indvirkning af gærceller kan sukker omdannes til ethanol og carbondioxid. Meget forenklet kan stofomdannelsen skrives:



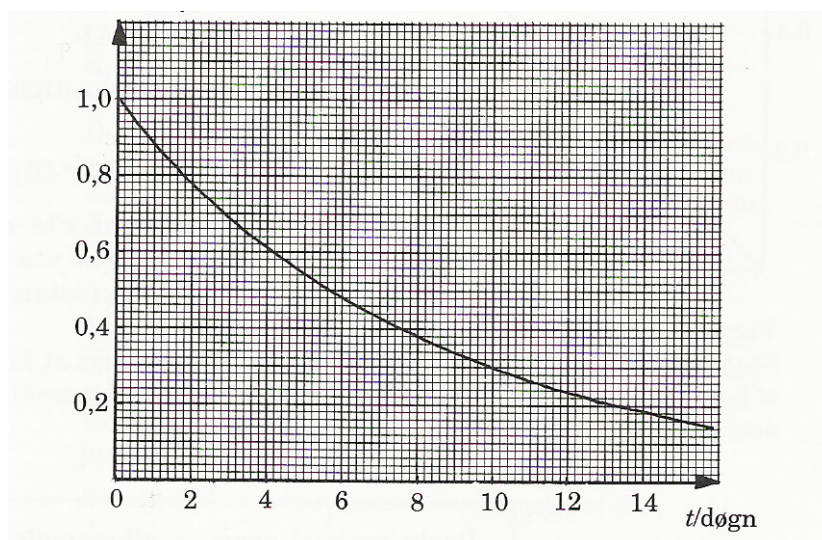
I en gærende sukkeropløsning aftog sukkerkoncentrationen som vist på figuren

1) Bestem gennemsnitshastigheden i de første 10 døgn

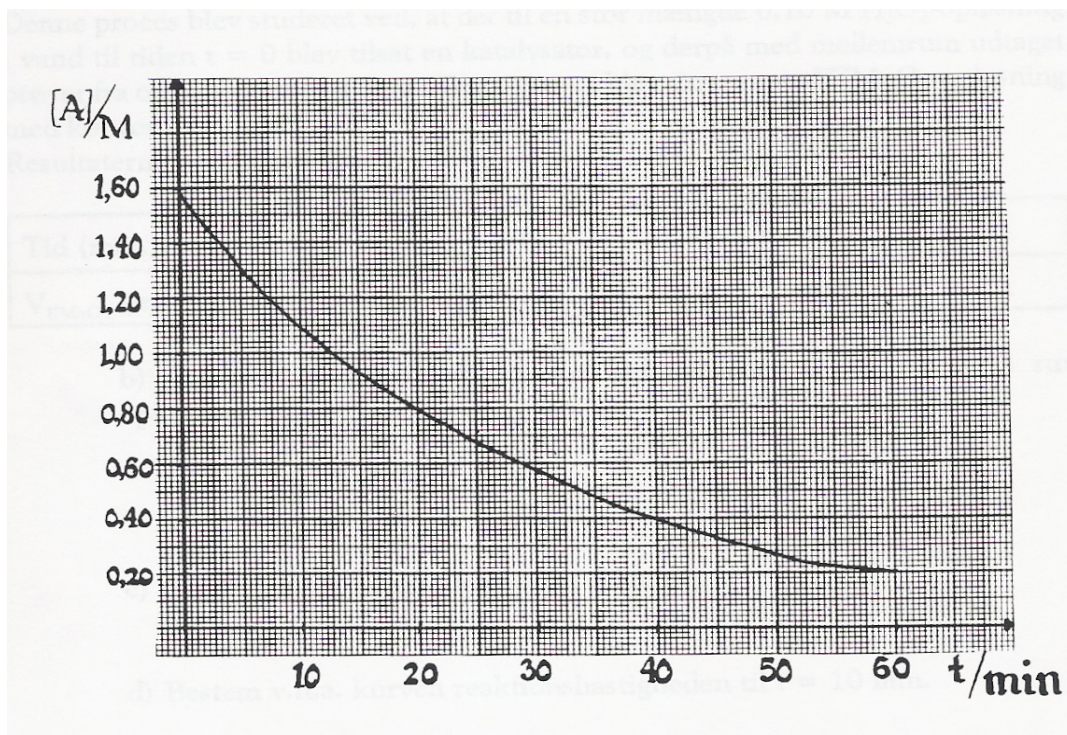
2) Bestem reaktionshastigheden efter 3 døgn gæring.

3) Beregn tilvæksten pr. time af [C₂H₅OH] efter 3 døgn gæring

4) Hvordan måler hjemmebrygere reaktionshastigheden under alkoholgæring?

**Opgave 5:**

Grafen viser den aktuelle koncentration af et stof A i en reaktionsblanding som funktion af tiden t ved en given temperatur.



- a) Bestem ud fra grafen reaktionshastigheden til tidspunktet 0 min. og 40 min.
- b) Sandsynliggør ved at sammenhold de fundne reaktionshastigheder med de tilhørende koncentrationer, at reaktionen er af første orden med hensyn til A
- c) Beregn hastighedskonstanten under forudsætning af, at reaktionen er af første orden.

Opgave 6:

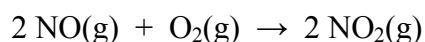
Vi har flg. sammenhæng mellem koncentration og begyndelseshastighed:

c(M)	0,010	0,020M	0,030M	0,040M	0,060M	0,080M	0,100M
V(M/s)	$4,21 \cdot 10^{-4}$	$1,69 \cdot 10^{-3}$	$3,72 \cdot 10^{-3}$	$6,75 \cdot 10^{-3}$	$1,50 \cdot 10^{-2}$	$2,71 \cdot 10^{-2}$	$4,09 \cdot 10^{-2}$

Bestem ved regression reaktionsordenen

Opgave 7:

I en forsøgsrække undersøges en reaktion, hvor stofferne NO og O₂ reagerer efter følgende reaktionsskema:



Der fås flg. begyndelseshastigheder:

Forsøgsnr	[NO]	[O ₂]	Hastighed
1	0,020M	0,010M	0,028 M/s
2	0,020M	0,020M	0,057 M/s

3	0,020M	0,040M	0,114 M/s
4	0,040M	0,020M	0,227 M/s
5	0,010M	0,020 M	0,014 M/s

- a) Find hastighedsudtrykket
- b) Beregn en værdi for hastighedskonstanten

Opgave 8:

Hydrogenperoxid spaltes ved tilsætning af en passende katalysator

- a) Opskriv reaktionsskema for spaltningsprocessen

Denne proces blev studeret ved, at der til en stor mængde 0,10 M H_2O_2 -opløsning i vand til tiden $t = 0$ blev tilsat en katalysator, og derpå med mellemrum udtaget prøver fra opløsningen på 10 mL. Disse prøver blev titreret med KMnO_4 -opløsning med koncentrationen 0,0325 M

Resultaterne blev som følger:

Tid (min.)	5	10	15	20	25
V_{KMnO_4} (mL)	9,9	8,0	6,4	5,2	4,1

- b) Opskriv reaktionsligningen for redoxprocessen, der foregår i sur opløsning
- c) Afbild $[\text{H}_2\text{O}_2]$ som funktion af tiden t
- d) Bestem v.h.a. kurven reaktionshastigheden til $t = 10$ min.
- e) Giv et bud på reaktionsordenen af reaktionen.

Bilag 5

Journaløvelse nr:
Dato:

Kemiske reaktioners hastigheder

Indledning:

Vi vil i denne journal undersøge nogle af de faktorer, der påvirker hastigheden af en kemisk reaktion

Forsøg A:

I et højt cylinderglas hældes ca. 20 mL 10% H₂O₂-opløsning. Desuden tilsættes ca. 5 mL 2 M NaOH-opløsning og nogle dråber sulfosæbe. Glasset omrystes.

Der tilsættes ca. 2 mL KI-opløsning

Iagttagelser, forklaring og reaktionsskema:

Det er iodid-ionerne fra KI-opløsningen, der virker som katalysator for reaktionen

Opskriv reaktionsskema for de to delprocesser, hvori katalysatoren indgår:

I:

II:

Brutto:

Husk definitionen fra lærebogen:

En katalysator er et stof, som forøger reaktionshastigheden uden selv at forbruges ved reaktionen.

Synes du, at det er en fornuftig definition?

Forsøg B:

H₂O₂ kan oxidere tartrationer, C₄H₄O₆²⁻ til CO₂ og H₂O. Aktiveringsenergien er imidlertid så stor, at selv ved opvarmning er reaktionen "død". Co²⁺ kan dog katalysere reaktionen, hvilket bl.a. kan følges ved farveskiftet under reaktionsforløbet.

Der laves flg. opløsninger:

- 25 g K,Na-tartrat opløses i 250 mL vand
- 50 mL konc. H₂O₂ blandes med 50 mL vand
- 2 g cobolt(II)chlorid, hexahydrat opløses i 25 mL vand

I 5 cylinderglass blandes:	1	2	3	4	5
Tartrat-opløsning: mL	50	50	50	50	50
Hydrogenperoxid mL	20	20	20	20	20
Varmt vand (ca. 90 °C) mL	100	75	50	25	0
Koldt vand (ca. 20 °C) mL	0	25	50	75	100

Til hvert af de 5 glas sættes til slut 5 mL cobolt(II)chlorid-opløsning

Opskriv reaktionsskema for redoxprocessen:

Iagttagelser og forklaring:

Hvilke faktorer viser denne øvelse, at reaktionshastigheden afhænger af?

Hvilken vigtig faktor afhænger reaktionshastigheden for en homogen reaktion også af?

Bilag 6

Dato:
Rapport nr:

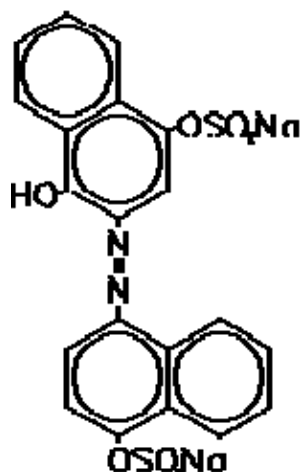
Azorubin

Formål:

At bestemme koncentrationen af azorubin i en rød sodavand ved brug af spektrofotometri og at undersøge reaktionskinetikken ved blegning af azorubin med klorin.

Teori:

Det røde farvestof azorubin har strukturformlen



Azorubin(E122) anvendes blandt andet som tilsætningsstof i rød sodavand og har i neutral eller sur opløsning en maximal lysabsorption ved bølgelængden $\lambda_{\max} = 514$ nm.

Mange røde sodavand indeholder også et gult farvestof (quinolingult), men dette ændrer kun sodavandets absorptionsspektrum ved lavere bølgelængder.

Azorubin har en ADI (acceptabel daglig indtagelse) på 4 mg pr. kg. legemsvægt. Det betyder, at stoffet er sundhedsmæssigt vurderet. Hvis et barn vejer 20 kg betyder det, at det er vurderet, at barnet kan indtage 80 mg af farvestoffet azorubin uden at det giver sundhedsmæssige problemer. Denne vurdering tager dog ikke højde for overfølsomhedsreaktioner.

Ud fra standardopløsninger med kendte koncentrationer af azorubin, hvor man måler absorbansen, fremstilles en standardkurve, hvorefter man ved måling på en rød sodavand kan bestemme indholdet af azorubin i denne.

Azorubin kan bleges med klorin, som indeholder hypochlorit-ionen ClO^- . Vi blander azorubin med klorin og måler absorbansen af opløsningen som funktion af tiden. Vi kan således undersøge om denne reaktion er en nulte-, en første- eller en andenordens reaktion med hensyn til azorubin.

Målingerne foretages med LabPro med forbundet colorimeter og databehandlingen foregår ved brug af edb-programmet Logger Pro.

Udstyr og kemikalier:

Lab Pro
Colorimeter
Kuvetter
Azorubin-opløsning med kendt koncentration - **stamopløsning**
Klorin
Rød sodavand
1 M HCl
Reagensglas
Diverse pipetter
250 mL bægerglas
25 mL måleglas
Plastikpipette

Udførelse:

Til en LabPro-enhed tilsluttes:
En net-adaptor
Et colorimeter
Et usb-stik, som tilsluttes en pc

Colorimetret skal opvarmes ca. 5 minutter før det er stabilt. Herefter skal det kalibreres. Bølgelængden vælges med piletasterne til 470 nm. En ren kuvette fyldes med demineraliseret vand, som placeres i colorimetret – uden at sætte fedtfingre på! (dette vil også give en absorption).

Tryk nu på **CAL**. Når den røde lampe holder op med at lyse er apparatet kalibreret – dette betyder, at absorbansen for opløsningsmidlet vand sættes til 0.

Herefter skal man fremstille en standardkurve: i 4 reagensglas blandes stamopløsningen og demineraliseret vand som angivet i skemaet under resultater. For hver af de fortyndede opløsninger udregnes koncentrationen og absorbansen måles på følgende måde:

Opstart programmet LoggerPro (ligger under Fagprogrammer/Fysik). I bjælken øverst startes et nyt forsøg med et klik på uret. Vælg under **Mode**: Events with entry og

indsæt en ny søjle til angivelse af koncentrationer (enhed mg/L). Start eksperimentet – tryk på **Keep**, og indtast koncentrationen 0 mg/L.

Indsæt derefter på skift kuvetter med de 4 fortyndende opløsninger i colorimetret. Når absorbansen er konstant (husk at lukke låget på colorimetret!) trykkes **Keep** og koncentrationen indtastes.

Stop eksperimentet, hvorefter de målte absorbanser indsættes i skemaet under Resultater og/eller gemmes i programmet.

I et 250 mL bægerglas hældes ca. 100 mL rød sodavand, og der tilsættes ca. 1 mL 1 M saltsyre. Der oprøres med spatel indtil al CO_2 er brusset af.

Bestem herefter absorbansen ved 470 nm.

Gør herefter klar til et nyt eksperiment i LoggerPro. I **Mode** vælges ny TIME BASED – 30 målinger på 60 sekunder.

Afmål nu 25 mL af stamopløsningen af azorubin i et 25 mL måleglas.

Inden for max. 1 minut skal der nu ske følgende:

- Tilsæt med plastikpipette ca. 1 mL Klorin (eller Klorolin) til de 25 mL azorubin.
- Sørg for god sammenblanding og overfør så mellem 2,5 og 3,5 mL til en kuvette
- Anbring kuvetten i kuvetteholderen og start dataopsamlingen

Gem jeres resultater.

Resultater:

Stamopløsningens nøjagtige koncentration: _____ mg/L

Rumfang dem. vand [mL]	Rumfang stamopløsning [mL]	Koncentration af azorubin [mg/L]	Absorbans
9,0	1,0		
7,0	3,0		
5,0	5,0		
3,0	7,0		

Absorbans – sodavand: _____

Efterbehandling:

- 1) Tegn standardkurven og bestem ved brug af denne koncentrationen af azorubin i den røde sodavand.
- 2) Undersøg varedeklarationen på sodavanden – hvilke farvestoffer er tilsat?
- 3) Sammenlign det fundne indhold med den tilladte værdi, som kan findes i Positivlisten
- 4) Beregn hvor mange røde sodavand I må drikke pr. dag uden at den tilladte ADI-værdi overskrides.
- 5) Vurder metoden – anfør usikkerheder og fejlkilder
- 6) Ved brug af standardkurven omregnes alle de fundne absorbanser fra dataopsamlingen til azorubin-koncentrationer.
- 7) Afbild herefter koncentrationen som funktion af tiden – hvad kan I allerede nu sige om reaktionsordenen med hensyn til azorubin?
- 8) Afbild den naturlige logaritme til koncentrationen af azorubin som funktion af tiden og den reciprokke værdi af koncentrationen som funktion af tiden. Foretag databehandling af værdierne og bestem på den baggrund reaktionens orden mht azorubin.
- 9) Bestem hastighedskonstanten k og halveringstiden $T_{1/2}$.
- 10) Bestem begyndelseshastigheden (initialhastigheden)
- 11) Hvornår er koncentrationen af azorubin faldet til 1% af begyndelseskoncentrationen? Hvad er hastigheden på dette tidspunkt?
- 12) Diskuter metoden – anfør usikkerheder og fejlkilder. Forklar herunder hvad der skal gælde om forholdet mellem startkoncentrationerne af azorubin og hypochlorit. Undersøg ved beregning om dette er gældende i dette forsøg.

e) Reaktionskinetik, især enzymer

Fagligt samspil mellem mat A og kemi A, hvor forløbet i matematik er en indledning til differentialligninger (ordet 1. ordens differentialligninger skal udelades i forløbet p.gr.a. reaktionsordenen). *Her mangler en beskrivelse.*

- **Beskrivelse af det faglige indhold fra de to fag, dækkede faglige mål fra læreplanerne, indgående kernestof.**

Faglige mål – matematik A

- anvende funktionsudtryk og afledet funktion i opstilling af matematiske modeller på baggrund af datamateriale eller viden fra andre fagområder, kunne forholde sig reflekterende til idealiseringer og rækkevidde af modellerne, kunne analysere givne matematiske modeller
- anvende stamfunktion og metode til løsning af differentialligninger

Kernestof – matematik A

- lineære differentialligninger af 1. orden, kvalitativ analyse af givne differentialligninger samt opstilling af simple differentialligninger
- principielle egenskaber ved matematiske modeller, modellering

Supplerende stof – matematik A

- differentialligningsmodeller, herunder både opstilling, anvendelse og løsning af differentialligninger

Faglige mål – kemi A

- registrere og efterbehandle data og iagttagelser, analysere, vurdere og formidle forsøgsresultater såvel mundtligt som skriftligt samt i enkelte tilfælde præsentere en fortolkning af mere komplekse problemstillinger
- gennemføre analyser af og beregninger på kemiske problemstillinger og formidle kemisk viden såvel skriftligt som mundtligt i både fagsprog og dagligsprog
- identificere, redegøre for og forholde sig til kemiske problemstillinger samt perspektivere den opnåede faglige viden, også i forhold til og i samspil med andre fag

Kernestof – kemi A

Kemiske reaktioner

- reaktionskinetik, herunder hastighedskonstantens temperaturafhængighed og katalyse

Eksperimentelt arbejde

- kvantitativ analyse fx spektrofotometri, kemikalier og sikkerhed

Hvilke faglige forudsætninger skal eleverne have:

Mat: differential- og integralregning

Reaktionshastighed generelt.

Forslag til tidsramme

Matematik 5 klokketimer,

kemi 4 klokketimer til forsøg, 2 til teori, 2 til opgaveregning:

i alt 13 klokketimer.

Forslag til tidsmæssig placering:

5. eller 6. semester, gerne efter SRP

Materialsamling

Lærebøger i matematik og kemi til A-niveau

Forløbsbeskrivelse, dvs. f.eks. en tidsplan, hvad skal de to fag lave hvornår, hvordan arbejdes der med materialet osv.

Kemi opstiller differentilligningerne, matematik løser dem. Kemi laver forsøg, matematik bearbejder

Tidsplanen afhænger af lokale forhold.

Eksperimenter, opgave til eleverne, opgaveark mm

Eksperiment: en 0'te ordens reaktion fx brændende lys på en vægt eller skumhøjder og et forsøg med højere ordener: peroxodisulfat, Landolts forsøg, mikroskalaforsøg

Der afleveres en rapport af sædvanligt udseende, matematik retter resultater,

databelandling, vurdering og konklusion, kemi fokuserer på resten.

Henvisning til forsøgsvejledninger

Opgaver i matematik og kemi: gamle eksamensopgaver

henvisning

- *Og meget mere.....* Samspillet kan fortsættes med Arrhenius' ligning eksperimentelt eller andre forsøg med indsamling af data.

Studieretningsprojekter om reaktionskinetik

Eksempler på problemformuleringer til studieretningsprojekter i fagene matematik A og kemi A, med begge fag eller kun det ene som hovedfag.

Det forudsættes at eleverne i matematik har gennemgået differential- og integralregning, men ikke differentiaalligninger. I kemi forudsættes at begrebet reaktionshastighed er bekendt.

Der kan ved ændring af hvilket enzym der anvendes i eksperimenterne laves forskellige opgaver, således at flere elever kan lave studieretningsprojekt indenfor området. I matematik kan vægten på koblede differentiaalligninger eller differentialligninger af højere orden varieres.

Problemformuleringer

Eksempel 1

Hovedfag	Matematik A og Kemi A
Inddragne fag	
Område	Reaktionskinetik
Opgave	<p>Enzymer, reaktionshastighed og differentiaalligninger</p> <p>a) Gør kort rede for enzymernes funktion, opbygning og klassificering b) Med udgangspunkt i koblede differentiaalligninger skal du opstille og gøre rede for Michaelis-Menten ligningen c) Du skal eksperimentelt undersøge forskellige faktoreres indflydelse på enzymaktiviteten af basisk phosphatase (BASP) d) Diskuter anvendeligheden af koblede differentiaalligninger til løsning af praktiske problemer indenfor naturvidenskaben generelt</p>
Bilag	Vejledning til enzymeksperiment
Omfang	Besvarelsens omfang forventes at være mellem 15 og 20 sider, hvortil kommer bilag i form af eksperimentelle data, grafer og lignende.

Litteratur til inspiration:

Enzymkinetik, H.C. Jensen, J. Schøidt og U. Christensen, Kemi Forlaget, 2005

Enzymes at work, Hans Sejr Olsen, Novozymes, 2004

Eksempler på differentiallyigningsmodeller, Tommy Steindorff Jacobsen, Hobro Gymnasium og HF (en undervisningsnote til 3.g'ere om koblede differentiallyigninger, der kan finde på

<http://www.dtu.dk/upload/institutter/mat/studieretningsprojekter/kinetik/differentiallyigningsmodeller.pdf>)

Eksempel 2

Hovedfag	Matematik A
Inddragne fag	Kemi A
Område	Reaktionskinetik
Opgave	<p>Koblede differentiallyigninger og enzymkatalyserede reaktioner</p> <p>a) Gør kort rede for løsning af simple differentiallyigninger</p> <p>b) Med udgangspunkt i reaktionskinetik, skal du opstille og gøre rede for koblede differentiallyigningers anvendelse i udledningen af Michaelis-Menten ligningen</p> <p>c) Du skal eksperimentelt undersøge amylases funktion ved nedbrydning af stivelse</p> <p>d) Diskuter anvendeligheden af højere ordens differentiallyigninger til løsning af praktiske problemer indenfor naturvidenskaben generelt</p>
Bilag	Vejledning til enzymeksperiment
Omfang	Besvarelsens omfang forventes at være mellem 15 og 20 sider, hvortil kommer bilag i form af eksperimentelle data, grafer og lignende.

Litteratur til inspiration:

Enzymkinetik, H.C. Jensen, J. Schøidt og U. Christensen, Kemi Forlaget, 2005

Enzymes at work, Hans Sejr Olsen, Novozymes, 2004

Eksempler på differentiallyigningsmodeller, Tommy Steindorff Jacobsen, Hobro Gymnasium og HF (en undervisningsnote til 3.g'ere om koblede differentiallyigninger, der kan finde på

<http://www.dtu.dk/upload/institutter/mat/studieretningsprojekter/kinetik/differentiallyigningsmodeller.pdf>)

Eksempel 3

Hovedfag	Kemi A
Inddragne fag	Matematik A
Område	Reaktionskinetik
Opgave	<p>Enzymer</p> <p>a) Gør kort rede for enzymernes funktion, opbygning og klassificering</p> <p>b) Med udgangspunkt i koblede differentialligninger skal du opstille og gøre rede for Michaelis-Menten ligningen</p> <p>c) Du skal eksperimentelt undersøge forskellige enzymers betydning for reaktionshastighed afhængig af relevante parametre</p> <p>d) Diskuter anvendelsen af enzymer i dagligdagen</p>
Bilag	Vejledning til enzymeksperimenter
Omfang	Besvarelsens omfang forventes at være mellem 15 og 20 sider, hvortil kommer bilag i form af eksperimentelle data, grafer og lignende.

Litteratur til inspiration:

Enzymkinetik, H.C. Jensen, J. Schøidt og U. Christensen, Kemi Forlaget, 2005

Enzymes at work, Hans Sejr Olsen, Novozymes, 2004

Eksempler på differentialligningsmodeller, Tommy Steindorff Jacobsen, Hobro Gymnasium og HF (en undervisningsnote til 3.g'ere om koblede differentialligninger, der kan finde på <http://www.dtu.dk/upload/institutter/mat/studieretningsprojekter/kinetik/differentialligningsmodeller.pdf>)

Løsning af koblede diff.ligninger:

Links:

http://www.ribekedralskole.dk/~hoeyrup/noter/num_dif/node1.html af Morten Høyrup 1998
Differentialligninger (mange links, herunder Eksempler på løsning af separable differentialligninger og anvendelser heraf i kemi.): <http://www.mat1.dk/WYDifLig.htm>

Tommy Steindorff Jacobsen, Hobro Gymnasium og HF: [Differentialligningsmodeller](#), en undervisningsnote til 3.g'ere om kompartmentmodeller og koblede 1.ordens differentialligninger. Har et eksempel med radioterapi af cancersvulster, som kan overføres til reaktionskinetik med mellemprodukt.

<http://www.dtu.dk/upload/institutter/mat/studieretningsprojekter/kinetik/differentialligningsmodeller.pdf> samme indhold som ovenfor

Hans Lundager Madsen, KVL: [Reaktionskinetik](#), et kapitel fra en note om fysisk kemi (3,74MB)
Matematisk beskrivelse af reaktionshastighed, bl.a. med bromid-bromat reaktionen

Litteratur:

H. Elbrønd Jensen m.fl.: Matematisk Analyse 1, Matematisk Institut, DTU, 1992, kapitlet 1, især afsnit 1.3 om lineære differentiaalligninger af første orden.

Sidst opdateret 05.07.2007

Differentiaalligninger generelt:

Integral- og differentiaalligninger, Clausen, Printz, Shoemacher

Bentzen, Steen: Differentiaalligninger og matematiske modeller. Forlaget BogS (2003) [Dansk]

Hemmingsen, Carl; Borch, Tommy. Integralregning og differentiaalligninger. FAG (1990) [Dansk]

Reaktionskinetik:

Links:

<http://www.emu.dk/gym/tvaers/biotek/uv/uv.html> Enzymkinematikbogen

http://www.kvl.dk/moed_kvl/gymnasiebesoeg/Foredrag_og_oevelser/Oe21.aspx Bliv klogere på

enzymmer - proteiner på arbejde 4 timers forsøg på KVL

http://www.math.ku.dk/formidling/studieretningsprojekter/filer/Mat_kemi/Reaktionskinetik/Reaktionskinetik.doc med mangfoldige links videre, se nedenfor

Alle bøger angivet herunder er tilgængelige fra biblioteker i Danmark

Mygind, Helge. Kemi 2000 – A-niveau 2. P Haase & Søns Forlag (2000) [Dansk]
(p. 133-148, p.175-190)

Jespersgaard, Paul. Kemi 3 – Hverdag og videnskab. Gyldendal (1991) [Dansk] (p. 67-87)

Hansen, Jens Pilegaard; Jensen, Hans Christian; Kjeldgård, Anni. KEMI H1. FAG (1989) [Dansk] (p. 100-128)

De tre ovenstående bøger behandler det samme stof om reaktionskinetik på forholdsvis elementær vis; de har forskellige tilgangsvinkler, men det er altså kun nødvendigt for eleven at benytte en af dem. Desuden er det nødvendigt at anvende supplerende materialer, for eksempel fra Internettet eller kemibøger på universitetsniveau, for at hæve niveauet.

Hansen, Jens Pilegaard; Jensen, Hans Christian; Kjeldgård, Anni. KEMI ØVELSER MH. FAG (1989) [Dansk] (p. 29-35)

Denne bog indeholder flere forskellige forsøgsvejledninger, der kan benyttes i forbindelse med studieretningsprojekter i reaktionskinetik; vejledninger til forsøg hvor man ønsker at bestemme reaktionsorden, aktiveringsenergi osv.

Jensen, Hans Christian; Schiødt, Jakob; Christensen, Ulla. Enzymkinetik. Kemi Forlaget (2005) [Dansk] (p. 4 -20)

*Indeholder materiale om Michaelis-Menten modellen. Kan benyttes hvis man ønsker at anlægge en enzymkinetisk vinkel på projektet. **Se link tidligere***

Alle referencer herunder var tilgængelige på Internettet den 2. marts 2007 og den 3. april 2007

Basal Almen Kemi for Biologer: Kapitel 7 – Reaktionskinetik [Dansk]
<http://forlag.fadl.dk/sample/basalkemi/kap7-reaktionskinetik-040205.pdf>
(Introduktion til reaktionskinetik. Godt supplement.)
<http://forlag.fadl.dk/sample/basalkemi/kap8-enzymkin-040205.pdf>

Reaktionskinetik [Dansk]
<http://www.matnatverdensklasse.dk/skoler/20022003/a/reaktion.pdf>
(Ganske udmærket kilde, der bevæger sig ud over pensum.)
meget grundig matematik af Per Hammershøj Jensen V. Borgerdyd
<http://www.matnatverdensklasse.dk/uv-mat/cas/diffliagn.pdf>
Kemiske reaktioner kap.6
Introduction to Reaction Kinetics [Engelsk]
<http://www.cop.ufl.edu/safezone/prokai/pha5100/kinetics.htm>
(God hjemmeside om reaktionskinetik med interaktive guides.)
Chemical kinetics [Engelsk]
http://en.wikipedia.org/wiki/Chemical_kinetics
(Til brug for supplerende læsning.)

Rate equation [Engelsk]
http://en.wikipedia.org/wiki/Rate_law
(Til brug for supplerende læsning.)

Steady state (chemistry) [Engelsk]
http://en.wikipedia.org/wiki/Steady_state_%28chemistry%29
(Til brug for supplerende læsning.)

Chemical Kinetics [Engelsk]
<http://www.chm.davidson.edu/ChemistryApplets/kinetics/index.html>
[med teori og applet om reaktionskinetik]

Chemical Kinetics [Engelsk]
<http://chemed.chem.purdue.edu/genchem/topicreview/bp/ch22/rateframe.html>
med generel kinetik og regneopgaver
Mange af de ovenstående links kan benyttes til inspiration eller supplerende læsning, men de er ikke alle lige relevante.

[Consecutive first-order reactions](#), underside til hjemmesiden [General Chemistry](#), som er en slags online lærebog i kemi.

<http://www.dtu.dk/upload/institutter/mat/studieretningsprojekter/kinetik/reaktionskinetik.pdf>

[Øvelsesvejledning til hydrolyse af acetylsalicylsyre](#), University of Maryland, [School of Pharmacy](#). NB! Øvelsesvejledningen er ikke afprøvet af opgavestilleren, men vurderes at være af passende sværhedsgrad.

http://www.emu.dk/gym/tvaers/biotek/uv/forsoeg_enzzymer.pdf

7 eksperimenter med enzymer: amylase, catecholase, lactase og sweetzyme.

Litteratur:

Arne E. Nielsen: Fysisk kemi

W.J.Moore: Physical Chemistry

W.G.Clark m.fl.: Goth's Medical Pharmacology, Mosby 1992, 13.udg.

Enzymkinetik, Kemiforlaget

Materiale fra Novozymes: Enzymes at work,

Dansk kemi: **84**, nr 11, 2003, **86** nr. 8, 9, 10, 12 2005, **87**, nr.1, 2, 3, 5, 2006. Omhandler vaskemidler, blegning og enzymer.

Nye Kemiske Horisonter: Industriel organisk kemi (8,7MB)

<http://www.kemi.dtu.dk/upload/kemiske%20horisonter/kemibog%203105.pdf>

f) Oversigter over fagsamarbejder

1. Syrer og baser

Oversigten herunder viser med udgangspunkt i emnet syrer og baser, hvad man kan arbejde med i hhv. kemi og matematik på de forskellige niveauer, for at skabe en sammenhæng mellem fagene. Der er rigtig mange oplagte samarbejds muligheder på tværs af fag og niveauer.

Kemi	Matematik
Koncentrationer – formel og aktuel (kernestof C, B og A)	Ekspontiel notation (kernestof C, B og A)
Vands ionprodukt (kernestof C, B og A)	
Styrke eksponenter (kernestof B og A)	Logaritmer til brug ved løsning af ligninger (kernestof C, B og A)
Beregning af pH for stærke syrer og baser (kernestof C)	Logaritmefunktioner (kernestof B og A)
Beregning af pH for Stærke og ikke-stærke syrer og baser(kernestof B og A)	Opstilling af ligninger (typisk polynomier) (kernestof B og A)
Beregning af pOH (supplerende stof C, B og A)	Andengradsligninger (Kernestof B og A)
Titrekurver (kernestof B? og A?)	Differenskvotienter (kernestof B og A)
	Logistisk vækst -Finde differentialkvotienten af denne (kernestof A)
	Taylorudvikling (supplerende stof A)
Puffersystemer (kernestof A)	
Bjerrumdiagrammer (kernestof A)	Kurvefit (supplerende stof C, B og A)
Syre og base brøk (kernestof A)	

2. Sammenhænge

Lineære sammenhænge

1. Bestemmelse af f.eks. alkoholindhold vha. **gaschromatografi**.
 - a. Fremstilling af standardkurve med kendte koncentrationer af alkohol (0, 5, 10, 15, 20 %). Dette er en graf med arealet under ”alkoholtoppen” som funktion af alkoholprocenten. Lineær sammenhæng.

- b. Måling på opløsning med ”ukendt” alkoholkoncentration. Alkoholkoncentrationen findes vha. standardkurven.
2. **Lambert-Beers Lov:** $A = l \cdot \varepsilon \cdot c$. l og ε er konstante, dermed fås en simpel lineær sammenhæng.
- a. **Bestemmelse af farvestoffet azorubin i rød sodavand.** (standardkurve ud fra absorbans af bestemte konc. af azorubin. Derefter bestemmelse af koncentrationen i rød sodavand, hvor konc. ikke er kendt)
- b. **Bestemmelse af proteinindholdet i mælk med biuretmetoden** (Standardkurve ud fra proteinopløsning (casein) med kendt koncentration. Proteinen danner farvet kompleks vha. biuretreaktions (indeholder Cu^{2+}). Derefter prøve på mælk for at finde proteinindholdet.)
- c. **Kvantitativ bestemmelse af glukose** (Ved hjælp af absorbansmålinger af kendte glukoseopløsninger konstrueres en kalibreringskurve, der viser sammenhæng ml. absorbans og glukosekonc. Derefter benyttes kurven til at bestemme glukosekonc. af ukendte opløsninger)
- d. **Bestemmelse af metalindhold i mønter/smykker** (Kobber: Standardkurve m. kobbersulfat. Bestemmelse af indhold af kobber i smykke/mønt (opløses nogen dage før vha. salpetersyre). Tilsvarende forsøg findes med nikkel)
3. **Idealgasligningen:** Bestemmelse af gasudvikling fra bagepulver ved opvarmning (forsk. mgd. bagepulver opvarmes og mængden af gas, som udvikles, bestemmes. Dette giver en lineær sammenhæng, som kan bruges til at eftervise idealgasligningen. Volumen som funktion af massen giver ret linie).

EkspONENTIELLE SAMMENHÆNGE

1. **Azorubin.** Hvis man tilsætter klorin til en opløsning af azorubin og følger reaktionen i et kolorimeter (F.eks. m. loggerpro), ses et eksponentielt forløb. Det er altså en 1. ordens reaktion.
2. 1. ordens reaktioner. Differentialregning kan her inddrages alt efter niveauet i matematik og kemi.

Potens sammenhænge

2. ordens reaktioner. Differentialregning kan her inddrages alt efter niveauet i matematik og kemi.

3. Reaktionskinetik

Oplagt samarbejds mulighed mellem matematik og kemi, når differentiaalligninger skal indføres i matematik. Mange fine kemiske eksempler på anvendelser af matematikken.

Kemi	Matematik
Kemiske reaktioner af 0. orden (lineære), 1. orden (eksponentielle) og 2. orden (potens, specielt x^a , hvor $a=2$) (Kernestof på A-niveau)	1. ordens differentiaalligninger, Opstilling og løsning (Kernestof på A-niveau)
0. ordens reaktion	Lineær funktion (koncentrationen som funktion af tiden).
1. ordens reaktion	Ekspontielle funktioner. Grafen er en ret linie på enkeltlogaritmisk papir. Halveringstid. Løsning af differentiaalligninger af typen $-\frac{d[A]}{dt} = k \cdot [A]$
2. ordens reaktion	Potensfunktion. Ret linie på dobbeltlogaritmisk papir. Løsning af differentiaalligninger af typen $-\frac{d[A]}{dt} = k \cdot [A]^2$
Højere ordens reaktioner	Mere avancerede differentiaalligninger. Opstilling plus løsning kan være emne til evt. studieretningsprojekt.

4) Det naturvidenskabelige sprog

Korrekt formulering ifbm: Kemiske formler, reaktionskemaer, ligninger, reduktion, beviser, udledninger m.m.