UNDERVISNINGS
MINISTERIET
STYRELSEN FOR
UNDERVISNING OG KVALITET

Lærerens hæfte

til

Digitale opgavesæt i kemi A stx
Version august 2018

Undervisningsministeriet
Styrelsen for Undervisning og Kvalitet

August 2018

Indholdsfortegnelse

Forord **4**

Digitalisering af kemi A's skriftlige prøver **6**

Hvad er nyt? 6

Faglige mål og bedømmelse 6

Typeord i skriftlige kemiopgaver **7**

Vigtige råd til forberedelse af elever **10**

Introduktion 10

Kort om opgavesættenes opbygning 10

Nogle områder, hvor træning af eleverne især er vigtig 10

Talforståelse, herunder brug af betydende cifre og enheder, og fagsprog 12

Digitale værktøjer 12

Beregning af pH ved brug af it-redskaber 15

Syre–baseligevægte 16

Fordelingsligevægte og opløselighed 16

Generelt om navngivning 17

Specielt om navngivning af organiske forbindelser 18

Funktionelle grupper og stofklasser 19

Spektroskopi 21

Reaktionstyper 22

Lineære modeller i kemiske problemstillinger, fx bestemmelse af reaktionsorden 23

Modeller og eksperimentelle data 25

Isomeri 26

Termodynamik 27

Brug af standardtegn i kemisk termodynamik i gymnasiet 27

Gode generelle råd 28

Opgaver med flere "spørgsmål" 28

Eksaminanden bør prøve at besvare alle spørgsmål 28

Eksaminanden skal ikke skrive opgaveteksten af 28

Eksaminanderne skal kunne aflæse grafer præcist 29

Eksaminanderne skal vænnes til at dokumentere og forklare 29

Bedømmelse ved de skriftlige prøver i kemi 29

Links **30**
Bilag **31**
Bilag 1 - Baggrund digitalisering af kemi A's skriftlige prøver 31
Rammer for de digitaliserede skriftlige opgavesæt i kemi A, stx 31
Bilag 2 - Hvordan er opgavesættet opbygget? 32
Bilag 3 - Hvordan pakkes zip-filerne ud? 33
Bilag 4 - ChemSketch vejledning 35
Bilag 5 - MarvinSketch vejledning 37
Bilag 6 - MarvinSketch - sådan åbnes/gemmes *.mrv filerne 39
Bilag 7 - Indstilling af MarvinSketch til at åbne direkte i programmet 40
Bilag 8 - Kort om eksempler på digitalisering af enkelte opgaver i de vejledende sæt 42

Forord

Hæftet er en lærervejledning til brug ved de digitale prøver. Det indeholder typeord samt en tydeliggørelse af forventningerne til den skriftlige prøve. Således er hæftet tænkt, som en hjælp til den daglige undervisning i kemi A, og i forberedelse af eleverne til den skriftlige prøve i kemi A med de digitale opgavesæt.

Afsnittet ”Vigtige råd til forberedelse af eleverne" sammenfatter erfaringer fra den skriftlige censur af de væsentlige problemfelter i eksaminandernes besvarelse samt gode råd til den daglige kemiundervisning. Håbet er, at afsnittet kan give inspiration og hjælp til den daglige undervisning, og mest af alt, hjælpe eksaminanderne i forbindelse med den skriftlige prøve i kemi.

Ved skriftlige prøver i maj/juni 2019 bliver de skriftlige prøver digitale uden netadgang. De digitale opgavesæt er opbygget som websider. Filerne, som tilsammen udgør webstedet med opgavesæt, bliver hentet af eleverne via Netprøver.dk. Det er vigtigt at orientere sig i hvilke browser, som kan benyttes, og på hvilke platforme, da man ellers ikke kan være sikker på, at opgavesættets websider fungerer efter hensigten.

I bilag 1 beskrives baggrund samt rammerne for tilblivelsen af de digitale prøver i kemi.
Bilag 2 beskriver hvorledes opgavesættene er opbygget.
I bilag 3-7 er givet nogle kortere vejledninger til, hvordan zip-filerne udpakkes, hvordan ChemSketch og MarvinSketch filer gemmes og åbnes (disse er udarbejdet af firmaet, som opsætter CD-rommerne). Det er vigtigt, at eleverne i den daglige undervisning trænes i at kunne hente og åbne filerne uden problemer.
Bilag 8 indeholder en kort beskrivelse af de vejledende sæt som er digital med netadgang. **Bemærk at internetadgang ikke er tilladt sommeren 2019.**

De digitale opgavesæt kan indeholde

- film/animationer/simuleringer,
- større datafiler leveres som **excel-filer** oprettet med dansk decimalkomma,
- filer til kemispecifikke programmer oprettet med **ChemSketch 2017** (kan hentes via Acdlab’s hjemmeside) og **MarvinSketch 18.xx**[1] (kan hentes via ChemAxon’s hjemmeside).

Konsekvensen af at eleverne ikke må benytte internettet ved de skriftlige prøver fra maj/juni 2019, er

- **Typeordene** er justeret. Følgende er fjernet: Anfør, Benyt, Generer, Konstruer, Opskriv, Skitser. Der er også tilføjet følgende: Afbild, Analyser og Opstil.
- Følgende hjælpemidler forudsættes
  DATABOG, fysik kemi (F&K Forlaget), 11. udgave (2007) eller senere udgave.
- Eleverne må (selvfølgelig) ikke gå online, når det er uden netadgang. Dette betyder at de **ikke kan** bruge funktionerne i **Marvinsketch** under file - Find Structure Online samt i **ChemSketch** under Add-Ons.

I forlængelse af erfaringer fra forsøget med digitale prøveforsøg med netadgang sommer 2017 og 2018 kan følgende råd til arbejdet med de digitale opgavesæt gives.
Det er vigtigt i undervisningen, at

- arbejde med brugen af de ”digitale elementer”, som forekommer ved de skriftlige prøver. Det gælder brugen af fx **film i sættet**, **kemispecifikke programmer** (fx ChemSketch eller

[1] Xx betyder at der kan være forskellige versioner, men at så længe der står 18 forrest kan versionen bruges til at åbne filerne med. Fx vil man hente udgave 18.18 pr august 2018.

MarvinSketch) til tegning og kemiske analyser af kemiske forbindelser og **filer med datamaterialer** (fx fra eksperimenter) til tegning af grafer eller lignende. På EMU'en kan findes materialer til brug af disse kemiprogrammer.
- hjælpe eleverne med at kunne hente data i en Excel-fil og eventuelt omforme data til en form, som deres matematikprogram kan benytte (hvis det ikke kan ske direkte via en Excel-fil)

De tre vejledende opgavesæt til forsøget med digitale opgaver i kemi (med netadgang) er siden blevet lagt på materialeplatformen, se evt. oversigten med links, således at
- første vejledende opgavesæt findes under stx, kemi i 2015
- andet og tredje vejledende opgavesæt findes under stx, kemi i 2016.

Det er endvidere håbet, at hæftet vil bidrage til forståelsen af det nye opgaveformat, således at der både kan ses ligheder til kemi A's tradition ved de skriftlige prøver, og hvori de nye elementer til de digitale skriftlige prøver i kemi A findes.

Kommentarer, spørgsmål og tilbagemeldinger på hæftet eller den digitale skriftlige prøveform i kemi er meget velkomne og kan sendes til fagkonsulenten i kemi.

Med venlig hilsen
Mette Malmqvist, fagkonsulent i kemi ved de gymnasiale uddannelser
Mette.Malmqvist@stukuvm.dk
August 2018

Digitalisering af kemi A's skriftlige prøver

Hvad er nyt?

Rammerne for det faglige indhold er ikke ændret i forhold til læreplanen 2013. Men introduktionen af de digitale opgaver giver dog nye muligheder inden for kernestoffet samt for et større fokus på faglige mål, som tidligere ikke har haft samme fokus ved de skriftlige prøver. Det kan fx dreje sig om de faglige mål "formidle kemisk viden … skriftligt … i både fagsprog og dagligsprog" og "registrere og efterbehandle data og iagttagelser, analysere, vurdere og formidle forsøgsresultater … skriftligt".

De væsentlig nye elementer i den digitale prøve er kort beskrevet her, men de udfoldes bedst ved at se på opgavesættene fra prøveforsøget sommer 2017 og 2018 samt til dels i eksemplerne i de tre vejledende opgavesæt.

1. **Film**
   Kortere film af fx eksperimentelt arbejde. Dette vil især give en mere direkte inddragelse af eksperimentelt arbejde i opgaverne.
2. **Digitalisering af datamaterialer**
   Større datamængder kan inddrages ved analyser, fx af eksperimentelle data. Eleverne skal ikke først indtaste data i et regneark/matematikprogram, før de kan analyses. Data kan hentes direkte ind fra filer.
3. **Anvendelse af specielle kemiprogrammer**
   Brug af specielle it-programmer til kemi, fx programmer som ChemSketch og MarvinSketch. Filer med fx kemiske strukturformler eller reaktionsskemaer kan gives, således at eleverne ikke først skal tegne disse, men kan bearbejde disse materialer direkte. Programmerne giver også mulighed for at inddrage forskelle parametre, som kan bestemmes ved hjælp af disse specielle kemiprogrammer.
4. **Anvendelse af andre it-redskaber**
   Naturlig integration af it-redskaber fra fx matematikundervisningen. Matematik- og tekstbehandlingsprogrammer kommer direkte i brug på en måde, der svarer til elevernes daglige arbejdsform.
5. **Brug af animationer, simuleringer m.m.**
   Animationer kan bruges til i forsimplet form til at vise kemiske principper i forskellige sammenhæng.

Bilag overflødiggøres ved en digitalisering, idet disse kan indgå som en integreret del af selve opgavesættene, og derpå inddrages direkte i besvarelsen. Kombineret med tekstbehandlingsprogrammer kan dette føre til større sammenhæng og kvalitet i besvarelserne.

Faglige mål og bedømmelse

I kemi A's læreplan (2013) er angivet en række faglige mål, bedømmelseskriterier ved den skriftlige prøve og et særligt afsnit om it. Det er ikke alle faglige mål og alle punkter i afsnittet om it, som er relevante for de digitaliserede skriftlige opgaver. Men flere mål er dog relevante med direkte eller indirekte reference til de digitaliserede skriftlige prøver, og målene kan skifte betydning i forhold til de tidligere ordinære skriftlige opgavesæt. Fx vil det faglige mål, at eleverne skal kunne "gennemføre analyser og fortolkninger af kemiske problemstillinger" ved de digitale opgavesæt bevirke, at eleverne skal kunne anvende kemi og matematik it-redskaber mere direkte i deres besvarelser end de behøver i dag, og "formidle kemisk viden … skriftligt … i både fagsprog og dagligsprog" vil bevirke, at eleverne også skal kunne skrive deres fagsprog, fx kemiske formler og reaktionsskemaer, ved at bruge it-redskaber på en overskuelig måde, således at besvarelserne fremstår klart for en eventuel censor.

Bedømmelse af opgavebesvarelser følger læreplanens bedømmelseskrav og med samme procedure som normalt følges ved bedømmelse i skriftlig kemi. Der er således også ved de digitale skriftlige prøver lagt vægt på "… at eksaminanden er i stand til at anvende sin kemiske viden på nye problemstillinger, og at besvarelsen er ledsaget af forklarende tekst, reaktionsskemaer, beregninger, figurer og kemiske formler i et sådant omfang, at tankegangen klart fremgår". Teksten står også i selve opgaven under menupunktet "Vejledning".

At "tankegangen skal fremstå klart" indbefatter også, at dokumentationen i besvarelsen er i orden, fx at anvendelsen af it-redskaberne til skrivning af kemisk formelsprog er korrekt ud fra kemiens synsvinkel, og ikke ud fra it-programmets. Hvis sådanne dele ikke er opfyldt tilstrækkeligt, vil det betragtes som mangler ved en besvarelse og derfor påvirke bedømmelsen.

Typeord i skriftlige kemiopgaver[2]

Anvendelsen af typeord i delopgaverne kan ofte give en anvisning på, hvad der forventes i besvarelsen, for at den vurderes som fyldestgørende. Listen er ikke endegyldig, men vil løbende blive revideret, både med hensyn til hvilke typeord listen indeholder, og hvordan deres anvendelse beskrives. Ved udarbejdelsen af opgavesæt er opgavestillerne ikke bundet af kun at anvende typeord fra listen, men det tilstræbes at typeordene benyttes, hvis det er muligt.
Det kan være en fordel for eleverne at stifte bekendtskab med typeordene i løbet af undervisningen, fx kan man give listen til eleverne. Det er vigtigt, at typeordenes anvendelse i en konkret opgave altid skal læses i den sammenhæng, de indgår i.

Afbild
Der skal udarbejdes en graf, som tydeligt besvarer det, der spørges efter.
Ved grafer er der krav om aksetitler med størrelser (eventuelt angivet med symbol) og med enhed. Grafen kan ikke stå alene. Der skal gives en kortere, men præcis omtale af, hvad grafen viser. Ved regression forventes såvel synlige datapunkter som regressionslinje i afbildningen. Synlige datapunkter er undtaget ved så store datamængder, at det ikke er muligt at se disse.

Analyser
En grundig og systematisk behandling af data, figurer, spektre og/eller oplysninger i opgaven. Analysen tager udgangspunkt i en beskrivelse af førnævnte, men skal også indeholde en forklaring på årsagssammenhænge. Analysen afsluttes med en opsummering.

Afstem
Omfanget af en medfølgende tekst, som beskriver fremgangsmåden ved afstemningen, vil afhænge af reaktionstypen. Fx vil en afstemning af en redoxreaktion kræve mere dokumentation end de fleste andre reaktionstyper. Ved helt simple afstemninger, hvor der kun afstemmes med en enkelt koefficient, kan en medfølgende tekst undlades.

Angiv
Et kort præcist svar med brug af relevant fagsprog. Hvis der er krav om en begrundelse, vil der blive bedt om dette eksplicit.

[2] For at lette uddeling af typeordene til eleverne vil typeordene vil være at finde i ét dokument på EMU.dk.

Afgør
I opgaveteksten opstilles en række muligheder i forbindelse med en kemisk problemstilling. Ud fra kemisk viden og enten eksperimentelle data, en grafisk afbildning eller lignende materiale fra opgaven, skal det begrundes hvilken af mulighederne, der i den konkrete situation er korrekt.

Argumenter
På baggrund af givne informationer skal der fremføres en kemifaglig begrundelse for en beskrevet problemstilling eller en iagttagelse i forbindelse med et eksperiment. Der kan være tale om at inddrage kemisk baggrundsviden fra forskellige dele af kemien og at benytte såvel kvalitative som kvantitative forhold i argumentationen. Besvarelsen skal uddybes, således at de faglige overvejelser bag svaret tydeligt fremgår.

Begrund
Giv en kort kemifaglig forklaring på en påstand.
Der kan være tale om at inddrage kemisk baggrundsviden fra forskellige dele af kemien og at benytte såvel kvalitative som kvantitative forhold i begrundelsen. Besvarelsen skal uddybes, således at de faglige overvejelser bag svaret tydeligt fremgår.

Beregn
Besvarelsen skal indeholde et beregnet resultat. Beregningerne skal ledsages af forklarende tekst, delresultater, enheder, reaktionsskemaer, figurer og formler i et sådant omfang, at tankegangen er klar. Der skal afsluttes med en afrundende tekst, der kort omtaler, hvad der er beregnet og hvilket resultat, som blev opnået. Der vil blive lagt vægt på, om både enheder og talstørrelser er fornuftigt angivet, fx i form af antal betydende cifre.

Beskriv
Der skal gives en uddybende beskrivelse af det, der bedes om, ud fra materialet i opgaveteksten. Materialet kan fx være en figur, oplysninger i opgaven eller en film. Beskrivelsen skal inddrage relevant teori og fagbegreber, samt fx de konkrete resultater og oplysninger der er i opgaven.

Bestem
Besvarelsen kan typisk indeholde en kombination af aflæsning på en graf eller et spektrum kombineret med beregning eller analyse. Der skal afsluttes med en afrundende tekst, der kort omtaler, hvad der er bestemt. Der vil blive lagt vægt på, om både enheder og talstørrelser er fornuftigt angivet, fx i form af antal betydende cifre.

Foreslå/ Giv forslag til
Et eller få udvalgte forslag er normalt tilstrækkelige. Forslag skal fagligt begrundes i en kort tekst.

Forklar
Besvarelsen skal bygge på kemisk viden og forståelse. Anvend relevant teori og fagbegreber på de konkrete resultater, figurer eller oplysninger i opgaven.

Færdiggør
Der præsenteres et ufuldstændigt materiale, som skal afsluttes ved brug af kemiske begreber og lignende. Ved besvarelsen forventes angivet de manglende kemiske forbindelser med kemisk symbolsprog, det vil sige ikke som kemiske navne. Især i sammenhæng med organisk kemi er tegning af strukturformler vigtig. Der skal ikke kun benyttes molekylformler, bortset fra ved meget simple forbindelser.

Identificer
Der præsenteres fx et ^{1}H-NMR spektre eller en beskrivelse af resultater fra kemiske eksperimenter, hvorudfra en kemisk forbindelse skal bestemmes. Ved besvarelsen forventes en kemifaglig begrundelse for den identificerede kemiske forbindelse. Besvarelsen skal uddybes, således at de faglige overvejelser bag svaret tydeligt fremgår.

Inddrag
I besvarelsen inddrages det materiale, der henvises til, fx en figur af en kemisk forbindelse, kemisk begreb, titrerkurve eller lignende.

Kommenter
Optræder normalt som en del af en opgave, hvor en kemisk størrelse er beregnet eller bestemt. Resultatet skal efterfølgende sættes i relation til relevant kemisk viden. Der er tale om en relativ kort faglig beskrivelse af betydningen af det opnåede resultat. Fx kan der være tale om kort at forklare betydningen af en beregnet termodynamisk størrelse.

Marker
Det forventes ikke, at der er en medfølgende forklarende tekst. Der vil blive lagt vægt på, om der er foretaget en korrekt markering, men også om der er foretaget forkerte markeringer.

Navngiv
Besvarelsen skal indeholde navngivning af en given struktur. Navngivning følger som udgangspunkt anbefalinger fra IUPAC/Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg.

Opskriv
En kortfattet opskrivning af fx et kemisk begreb, kemisk struktur eller reaktionsskema, som ikke behøver at blive ledsaget af en uddybende tekst.

Opstil
På baggrund af iagttagelser og/eller tekst anføres en kemifagligt begrundet hypotese.

Redegør/Gør rede for
En redegørelse er en struktureret og fagligt begrundet fremstilling af en kemisk problemstilling. Fx kan redegørelsen dreje sig om en kobling mellem en kemisk forbindelses struktur og dens egenskaber.

Tegn
Der skal udarbejdes en tegning, som tydeligt viser det kemiske emne, der spørges efter.
En tegning kan ikke stå alene. Der skal gives en kortere men præcis omtale af, hvad tegningen viser. Der kan i visse sammenhænge være behov for, at der med relevante faglige begrundelser gives forklaring af den præsenterede tegning.

Undersøg
Ud fra fx eksperimentelle data, en grafisk afbildning eller lignende materiale skal en sammenhæng mellem kemisk relevante størrelser bestemmes. Der skal fremlægges passende kemisk dokumentation, som argumentation for den viste sammenhæng. Dokumentationen kan fx inddrage beregninger, fremstilling af grafer og tegning af strukturer, men det er væsentligt, at dokumentationen knyttes sammen af en tekst. Der afsluttes med en kort konklusion.

Vis
En påstand fremsættes. Der skal fremlægges passende kemisk dokumentation, som viser, at påstanden er korrekt. Dokumentationen kan fx inddrage beregninger, fremstilling af grafer, regression og tegning af strukturer, men det er væsentligt, at dokumentationen knyttes sammen af en tekst, som efterviser påstanden.

Vurder
På baggrund af kemisk viden og eventuelt en analyse af eksperimentelle resultater foretages en afvejning af forskellige muligheder eller synspunkter i forhold til en kemisk relevant problemstilling. Der afsluttes med en konklusion.

Vigtige råd til forberedelse af elever

Introduktion
Afsnittet sammenfatter erfaringer fra den skriftlige censur af de væsentligste problemfelter i eksaminandernes besvarelser samt gode råd til den daglige kemiundervisning.
Håbet er, at afsnittet kan give inspiration og hjælp til den daglige undervisning, og mest af alt, hjælpe eksaminanderne i forbindelse med den skriftlige prøve i kemi.

Kort om opgavesættenes opbygning
De skriftlige opgavesæt er bl.a. udarbejdet efter følgende retningslinjer:

- Sættene består af flere større sammenhængende opgaver, der hver indeholder en række delopgaver. Der er ikke på forhånd fastlagt et bestemt antal større opgaver eller delopgaver i sættene. De benyttede opgavesæt vil pege på typiske muligheder for antal større opgaver samt delopgaver.
- Der tilstræbes en faglig progression gennem den enkelte opgave med voksende sværhedsgrad. Progressionen er dog ikke altid mulig at opretholde i den enkelte opgave.
- De fleste opgaver vil indeholde en kort præsentation af en ”historie” eller problemstilling, som resten af opgaven bygger på. Der kan forekomme informationer i denne præsentation, som skal benyttes senere i besvarelsen af delopgaverne.
- Opgaveteksten kan indeholde informationer, hvoraf nogle vil være en forudsætning for at kunne besvare delopgaverne, mens andre ikke er nødvendige. Eksaminander skal derfor kunne udvælge de relevante informationer i lighed med, hvad de gør, når de anvender Databogen, lignende opslagsværker eller andre kilder til at fremskaffe de nødvendige informationer til løsning af en opgave.
- Opgaverne kan indeholde grafiske afbildninger, der skal aflæses, eller data som skal benyttes til at afbilde sammenhænge mellem forskellige størrelser. Der forekommer delopgaver, som kræver brug af it-redskaber for at kunne løses. Fx kan it-redskaber benyttes til løsning af ligninger eller tegning af grafer.
- Der kan forekomme delopgaver, hvor der skal besvares flere spørgsmål.
- I beskrivelse af delopgaverne, der skal besvares, anvendes så vidt muligt en række Typeord i skriftlige kemiopgaver. Disse kan give en indikation af den fyldestgørende besvarelses omfang.

Nogle områder, hvor træning af eleverne især er vigtig
Ved de skriftlige prøver er der faglige områder og delopgaver, som ofte optræder. En del af områderne optræder ikke sjældent i en sammenhæng, hvor der er tale om relativt konkrete og enkle delopgaver, dvs.

der er tale om delopgaver, hvor der forventes svar ud fra et relativt enkelt kompleksitetsniveau i anvendelse af faglig viden. Det kan være en god ide, at eleverne ofte arbejder med disse områder, således at de opnår sikkerhed i besvarelse af typeopgaver inden for områderne, uanset elevernes faglige niveau. Man kan dog ikke forlade sig på, at eleverne kan nøjes med kun at kunne besvare denne type af opgaver til de skriftlige prøver. *Dels er listen ikke udtømmende - der er kun tale om ofte stillede opgavetyper* - og dels testes eleverne også i væsentligt mere komplekse anvendelser (og kompetencer) end listen er udtryk for.

Liste med faglige områder, der ofte inddrages ved skriftlige prøver i kemi:

- bestemme en empirisk formel ud fra data fra en elementaranalyse
- angive en molekylformel ud fra en empirisk formel og andre relevante data
- opskrive ioner, som indgår i et salt, ud fra saltets kemiske formel
- gennemføre simple stofmængdeberegninger, som bl.a. inddrager beregninger med masse, stofmængde, stofmængdekoncentration, densitet og partialtryk (og tilknyttede begreber). Stofmængdeberegninger kan også indgå i sammenhæng med titrering og elementaranalyse. Med simple forstås, at det indbefatter brug af 1-2 af de velkendte formler ved stofmængdeberegninger
- redegøre for kemiske forbindelsers systematiske navne og opskrive en kemisk formel ud fra et navn
- identificere funktionelle grupper med tilknyttede stofklasser ud fra en strukturformel
- identificere og skelne mellem forskellige typer af strukturisomeri ud fra strukturformler
- identificere og skelne mellem cis-transisomere forbindelser ud fra en strukturformel (både cis-trans og E/Z-navngivning forventes at kunne anvendes)
- identificere asymmetriske C-atomer i en strukturformel og knytte det til spejlbilledisomeri
- identificere de vigtigste karakteristiske bånd over 1500 cm^{-1} i IR-spektre
- analysere et ^{1}H-NMR ved at identificere kemisk skift, integral, koblingsmønster, antal nærmeste naboatomer og tilordne til en kemisk struktur
- fuldføre, herunder afstemme, et reaktionsskema ud fra et ikke færdiggjort reaktionsskema, både organiske og uorganiske reaktioner
- afgøre om et atom reduceres eller oxideres i en given reaktion ved brug af oxidationstal
- opskrive et ligevægtsudtryk ud fra et reaktionsskema, både med anvendelse af aktuel koncentration og partialtryk
- beregne en ligevægtskonstant hhv reaktionsbrøk ud fra givne talværdier
- beregne tilvæksten (ved standardbetingelser og 25 °C) i de termodynamiske størrelser ud fra tabelopslag, og kommentere på resultatets betydning i relation til et reaktionsskema
- beregne pH i vandig opløsning af en stærk hhv ikke-stærk syre hhv base
- beregne pH i et puffersystem
- afbilde en titrerkurve ud fra givne data, aflæse og anvende et ækvivalenspunkt på en titrerkurve samt bestemme pK_s
- aflæse syre- hhv basebrøken ud fra et bjerrumdiagram
- angive en egnet syre-baseindikator ud fra en titrerkurve
- identificere både uorganiske og organiske reaktionstyper[3] ud fra et givet reaktionsskema
- anvende (klassiske) organiske testmetoder, fx Fehlings prøve, i forbindelse med stofidentifikation
- vurdere organiske forbindelsers polaritet og opløselighedsforhold
- afgøre hvilken reaktionsorden et sæt af data kan beskrives ved, fx ud fra en graf
- ud fra et sæt data sandsynliggøre at Lambert-Beers lov kan beskrive data

[3] Liste over reaktionstyper, som det forventes, eksaminander kan identificere, findes omtalt i vejledningen til Kemi A.

- gennemføre simple beregninger ved anvendelse af Lambert-Beers lov

Talforståelse, herunder brug af betydende cifre og enheder, og fagsprog

Eksaminanderne skal have en god talforståelse i forbindelse med løsning af kemiske problemstillinger. Det betyder bl.a., at eksaminanderne skal kunne forholde sig fornuftig til brug af enheder, betydende cifre og om en beregnet størrelse er realistisk. Det hører med til en naturvidenskabelig almendannelse at kunne sammenholde beregnede størrelser med fænomener i virkelighed. Man bør løbende i undervisningen træne eleverne i korrekt brug af enheder og betydende cifre, samt vurdering af, om et resultat er et rimeligt svar ud fra et kemisk synspunkt - der forventes en rimelig sammenhæng mellem talstørrelser i opgaven og eksaminandernes svar. Det er en god idé fortsat at træne eleverne i altid at huske at undersøge, om der skal enhed på et resultat, og evt. hvad enheden skal være.

I delopgaver, hvor der er særlig fokus på eksaminandernes evner til at vise forståelse for de kvantitative aspekter af kemiske problemstillinger, vil eksaminandernes talforståelse have en vigtig betydning for vurderingen. Dette gælder ikke mindst i de mere simple beregningsopgaver inden for kemisk mængdeberegning.
Generelt er der en del eksaminander, som har problemer med at anvende kemisk fagsprog. Det kan fx ses ved brugen af ”grader” i stedet for °C og angivelse af enheder, bl.a. [[mol]] i stedet for mol, og lignende eksempler. Det er vigtigt, at fagsproget trænes løbende i den daglige undervisning.

Digitale værktøjer

Meget overordnet betragtet skal eleverne kunne benytte og håndtere en række forskellige it-redskaber:

1. **Programmer til kemiske analyser**, herunder tegning af kemiske strukturer i ChemSketch (ACD Labs) og MarvinSketch (ChemAxon). På EMU’en kan findes manualer til at anskaffe, installere og benytte disse programmer.
   Det er meget vigtigt, at man **benytter de seneste versioner af programmerne**, for at sikre at programmerne fungerer med opgavernes filer.
   ChemSketch filer er gemt som *.sk2 format og MarvinSketch filer er gemt som *.mrv.

2. **Programmer til tegning af grafer og analyse af data**. Datafilerne indeholder typisk større mængder data fra eksperimenter. Data[4] kan hentes som Excel regnearksfiler (*.xlsx) med dansk decimaladskillelse i form af ”,” (komma). *Det er vigtigt, at eleverne er trænet i at hente data i dette format, samt at benytte data videre i deres besvarelse. Det kan eventuelt betyde, at data i mindre omfang skal omformes, således at matematik it-værktøjer kan benyttes.*

3. **Programmer til at skrive matematiske formler i og udføre beregninger.** Opgavesættene stiller ikke krav til et bestemt matematikredskab, men igennem de faglige mål (”formidle kemisk viden … skriftligt … i både fagsprog og dagligsprog”) og bedømmelseskravene (”tankegangen fremgår klart”) er kravet, at kemiske formler og lignende skal overholde kemisk fagsprog og ikke fx

[4] I de vejledende opgavesæt og opgavesættene med netadgang ved eksamensterminerne maj/juni og august 2017 kunne data hentes i flere filformater. Den oprindelige tekst lød som følger: ”Data kan hentes som Excel regnearksfiler (*.xls) og ”rene” tekstfiler (*.txt). For Excel filerne er givet to typer, decimaladskillelse med ”,” (komma) (dansk, excel_dk.xls) og decimaladskillelse med ”.” (punktum) (engelsk, excel_usa.xls). De ”rene” tekstfiler findes også i to versioner, kommasepareret (*kommasepareret.txt) (decimaladskillelse er med ”.” punktum) og mellemrumssepareret (*mellemrumssepareret.txt) (decimaladskillelse er med ”,” komma).”
For at forenkle prøvematerialer vil de skriftlige opgavesæt kun indeholde en type filformat, nemlig excel-fil med dansk decimaladskillelse, se evt. forordet til denne version af Lærerens hæfte.

matematikprogrammers notationsmåder. Dette skal eleverne trænes i.

4. **Programmer til skrivning af tekst** (og fremstilling af pdf-fil). Opgavesættene har ikke fastsat specifikke krav til skrivning af tekst og lignende. Der kan vælges den type system, som passer bedst i skolens it-profil. Eneste krav er, at en elevs besvarelse skal kunne gemmes i pdf-format.

5. **Programmer til filmfremvisning**. Filmene, der er knyttet til de skriftlige opgaver, er indarbejdet i websiden, og der kræves derfor ikke et specielt program for at se filmene, så længe man overholder kravene til browser.
   Filmene indeholder ikke lyd.

Elever skal kunne anvende de ovenstående it-redskaber til følgende punkter:

- **Anvende den digitale platform for opgavesættene**
  Vide hvordan platformen med opgavesættet anvendes. Dette omfatter, at eleverne skal kunne tilgå opgavesættet, åbne sættet i en webbrowser og benytte dets menusystem hensigtsmæssigt. Endvidere skal eleverne kunne hente filerne med data fra websiderne og gemme materialet på egen computer og udpakke zip-filer.

- **Skrive/opsætte en (kemifaglig) tekst med digitale redskaber**
  Der kan være tale om at skrive en
  i) almindelig tekst, dvs. formidle kemiske problemstillinger, herunder omsætte fra hverdagssprog til fagsprog
  ii) fagspecifik tekst, fx kemisk formelsprog, matematiske udtryk osv. og
  iii) indsætte relevante figurer, grafer og lignende i teksten.
  Ovenstående indbefatter at kunne skrive kemisk symbolsprog og anvende en formeleditor. Eleverne skal således på samme tid kunne arbejde med deres egen besvarelse af opgaverne i deres tekstbehandlingsprogram, samtidig med at de har selve opgaveteksten åben i deres webside.

- **Iagttage eksperimentelle problemstillinger og tolke observationer**
  Det er vigtigt at kunne udtrække relevante observationer fra film af eksperimenter. Der kan både være tale om kvalitative og kvantitative observationer.
  Eleverne skal derfor kunne bruge filmene fokuseret til at finde de relevante oplysninger, ikke til bare ”at se dem igennem”. De skal endvidere være fortrolige med, hvordan man kan ”spole frem og tilbage” i filmene, således at de nemt kan gense relevante dele af filmene. Det kan være en god ide at pointere overfor eleverne, at relevante oplysninger for at kunne besvare en delopgave måske ikke kan findes i teksten, men skal findes via film, fx kan visningen af anvendt eksperimentelt udstyr give informationer om, hvor meget der afmåles med en pipette eller afvejes på en vægt.

- **Anvende fagspecifikke programmer**
  Bruge fagspecifikke programmer og integrere ”output” i tekst, fx kemiske tegneprogrammer, kemiske analyseprogrammer, se filmsekvenser, anvende digitale matematikredskaber.
  Anvendelse af it-matematikprogrammer betyder, at man skal kunne manipulere større datamængder og grafer med it/CAS-værktøjer og fx afgrænse modeller.
  Eleverne kan med fordel lære at arbejde med de fagspecifikke programmer lokalt på computeren, således at fx brug af kemi-tegneprogrammer benytter filer, som er gemt lokalt på computeren og ikke i samme grad åbnes direkte fra webbrowseren. Eleverne bør også nemt kunne kopiere

relevante elementer fra andre programmer (fx kemi-tegneprogrammer eller matematikværktøjer) til sin tekst med opgavebesvarelsen.
Men selv om mulighederne er mange, og eleverne bør introduceres tidligt for programmerne, skal man dog hele tiden have for øje, at programmerne skal bruges til at forbedre den kemiske forståelse fx ved navngivning af organiske forbindelser, tegning af strukturformler i organisk kemi, analyser af kemiske strukturers polaritet og syre-base egenskaber og ikke bare at kunne "trykke-på-knapper".

- **Finde relevante informationer**
  Anvende DATABOG, bøger, kemifaglige programmer osv. til at finde relevante data og informationer. **DATABOG**, fysik kemi (F&K Forlaget), 11. udgave (2007-) eller senere udgave forudsættes ved den skriftlige prøve.

- **Gemme digitale besvarelser**
  Ved eksamen - gemme i pdf-fil.

Der er således tale om en bred vifte af digitale kompetencer og it-redskaber, som eleverne skal kunne håndtere, men som også ligger i forlængelse af den daglige gymnasieundervisning. Man kan sige, at der kommer ekstra fokus på det faglige mål at kunne "formidle kemisk viden … skriftligt … i både fagsprog og dagligsprog" kombineret med bedømmelseskriteriet "… at besvarelsen er ledsaget af forklarende tekst, reaktionsskemaer, beregninger, figurer og kemiske formler i et sådant omfang, at ***tankegangen klart fremgår***".

Det er dog vigtigt, som omtalt tidligere, at holde fast i, at det kemifaglige indhold i opgavesættene fortsat bygger på læreplanens kernestof. Derfor skal eleverne som sådan ikke kunne noget nyt kemifagligt. Men med de digitale redskaber opstår nye rammer og muligheder for dels skrivning af opgavebesvarelser og arbejde med det faglige stof, således at der kan være ændringer i den måde og de krav, man forventer af elevernes "formidling". Fx skal eleverne kunne skrive en tekst på computer, som overholder kemifagets krav til korrekt opskrivning af kemiske formler. Mange er vant til at gøre dette hurtigt i hånden, men med overgangen til digitale redskaber ved den digitaliserede skriftlige prøve i kemi, er det vigtigt, at eleverne i det daglige undervises i at kunne anvende tekstbehandlingssystemer og fx matematikprogrammer hensigtsmæssigt i denne sammenhæng. Heldigvis gør mange elever allerede dette i dag, fx ved deres arbejde med skriftlige rapporter og andre større opgaver. Men det er vigtigt, at eleverne gennem den daglige kemiundervisning også opnår sådanne it-kompetencer med en passende hurtighed, og at det ikke er en begrænsning for dem til den skriftlige prøve.

En problemstilling knytter sig til brugen af især matematikprogrammer (fx. Mathcad, Maple, TI-Nspire, WordMat). Der er en række eksempler på uhensigtsmæssig brug, fx når computernotation benyttes i stedet for kemisk fagsprog, og beregninger udføres implicit uden forklarende tekst. Fx skal enheden "gram" angives med "g" ligegyldigt, hvad et program gør per automatik. Det er heller ikke acceptabelt, at kemiske formler eller angivelse af stofmængdekoncentration ikke følger det kemiske symbolsprog, men tilpasses matematikprogrammernes umiddelbare muligheder. Her er det vigtigt, at eleverne lærer at tilpasse programmet og brugen deraf til de krav, vi sætter i kemiundervisningen, fx med angivelse af enheder og kemisk symbolsprog (del af fagsproget).

Det er eksaminandens opgave, at den kemiske tankegang bag brugen af it-redskaberne er klar og tydelig, hvis opgaven skal besvares fyldestgørende. Det er langt fra tilstrækkeligt bare at tro, at resultatet skal være korrekt. Derfor er det et stort problem ved en eksaminands besvarelse, hvis der ikke medfølger en forklaring, men at eksaminanden bare tror, at "automatiserede" udregningsforløb er tilstrækkeligt i besvarelsen. Fx skal man opskrive anvendte beregningsformler, og hvad der skal beregnes, og når

beregningen er foretaget, skal resultatet "oversættes" til den kemiske situation. Det bør der fortsat arbejdes med i den daglige undervisning.

Lidt firkantet sagt, kan man sige, at *besvarelsen skal indeholde det kemisk relevante*, fx tal/data, reaktionsskemaer, strukturformler, grafer, figurer, relevant forklarende tekst osv., men hvilket program (et regneark, en grafisk lommeregner, WordMat, TI-Nspire, Maple eller evt papir og blyant) og måden det er anvendt på, er sådan set ligegyldigt. Det betyder fx for beregning af pH (se nedenfor), at ligningen opskrives ved symboler, der indsættes tal, opskrives et ikke afrundet resultat efterfulgt af det afrundede facit.
Hvis eksaminanden yderligere ønsker at vedlægge udskrift fra det anvendte matematikprogram, kan dette gøres, men det er ***ikke*** et krav, **og en sådan udskrift kan ikke stå alene**.
Ved dokumentation af løsningerne til kemiopgaverne er det den kemiske tankegang, der skal stå klart for censor, ikke brugen af it-redskaberne.

Beregning af pH ved brug af it-redskaber

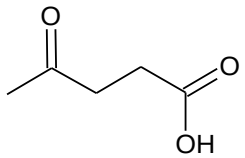
En del opgavesæt indeholder opgaver, hvor en vandig opløsnings surhedsgrad skal beregnes. Ved løsning af denne type opgaver for ikke-stærke syrer (og baser), kan elevernes kendskab til diverse matematiske it-redskaber fra matematikundervisningen med fordel inddrages. Udgangspunktet er opstilling af en ligning ud fra ligevægtsloven og løsning af denne. Det forventes ikke, at en eksaminand ved den skriftlige prøve argumenterer for den opstillede ligning, men at eksaminanden opskriver den relevante ligning, som skal løses, i en form, så tankegangen kan forstås uden at have specifikt kendskab til det anvendte it-redskab. Fremgangsmåden giver ofte to løsninger, og det forventes, at eksaminanden kommenterer, hvilken løsning der er kemisk relevant, og som benyttes i de videre beregninger. Kort sagt, en ligning opskrevet i en "solve-funktions" symbolsprog er ikke tilstrækkeligt - generelt bør undgås at skrive "solve-udtryk" op, da det ikke er interessant i en kemisk sammenhæng.

Mange eksaminander benytter pH-beregning for opløsninger af ikke-stærke syrer (og baser). De behøver således ikke at skelne mellem opløsninger af middelstærke syrer og svage syrer (baser). Nogle benytter den tilnærmede formel[5] for de svage syrer (og baser). En sådan fremgangsmåde *skal altid tilknyttes en argumentation* for anvendelsen af den benyttede formel, hvis svaret skal accepteres som fyldestgørende svar ved de skriftlige prøver i kemi. Ofte refereres til størrelsen af pK_s- og pK_b-værdier.[6] Fx noteres at en pK_s-værdi ligger mellem 4 og 10, og derfor er der tale om en svag syre, for hvilke den tilnærmede formel til beregning af pH kan benyttes. Nogle eksaminander argumenterer udelukkende ved at skrive, at fx en syre er en svag syre uden at referere til den konkrete pK_s-værdi og intervallet for svage syrer. Selv om det i en konkret situation er korrekt, at der er tale om fx en svag syre, vil dette ikke blive betragtet som fyldestgørende argumentation (dybest set ved man ikke om eleven kender det angivne interval eller ej, som er baggrunden for argumentationen). Sådanne overvejelser kan undgås, hvis eleverne i den daglige undervisning lærer at benytte den først beskrevne metode, da denne i gymnasial sammenhæng betragtes som en acceptabel metode ved pH-beregninger for både middelstærke og svag syrer (og baser).

[5] Med en tilnærmet eller reduceret formel tænkes fx på formlen for beregning af pH i en opløsning af en svag syre ved $\mathrm{pH} = ½ \cdot (\mathrm{p}K_\mathrm{s} - \log c_\mathrm{s})$.
[6] Et fagligt set bedre argument for, at det er acceptabelt at benytte en tilnærmet formel for svage syrer (og baser), er en vurdering der inddrager den formelle stofmængdekoncentration og syrestyrkekonstanten. Hvis den underliggende tilnærmelse ikke har væsentlig betydning for det beregnede resultatet af pH i forhold til en eksakt pH-beregning, bør der gælde, at $K_s/c_s < 0{,}01$.

Et eksempel

levulinsyre
$K_S = 1{,}66 \cdot 10^{-5}$ M



Beregn pH i en 0,102 M opløsning af levulinsyre ved 25 °C.

Løsning 1
Levulinsyre er en ikke-stærk syre, og derfor benyttes formlen neden for til at beregne oxoniumkoncentrationen

$$K_S = \frac{[\mathrm{H_3O^+}]^2}{c_S - [\mathrm{H_3O^+}]} \Rightarrow 1{,}66 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{M} = \frac{x^2}{0{,}103\ \mathrm{M} - x}$$

⇕ *Ligningen løses for x vha. CAS-værktøjet WordMat.*

$$x = 0{,}00129932\ \mathrm{M} \quad \vee \quad x = -0{,}00131592\ \mathrm{M}$$

Da en koncentration ikke kan være negativ, er $[\mathrm{H_3O^+}] = 0{,}00129932$ M. Det betyder, at pH bliver $\mathrm{pH} = -\log[\mathrm{H_3O^+}] = -\log(0{,}00129932) \approx 2{,}886284$.
pH i en 0,102 M opløsning af levulinsyre er 2,89.

Løsning 2
For levulinsyre gælder

$$\mathrm{p}K_S = -\log(1{,}66 \cdot 10^{-5}) \approx 4{,}779892$$

Da $\mathrm{p}K_S$ er lig med 4,78, er der tale om en svag syre. Det skyldes, at levulinsyres syrestyrkeeksponent ligger i intervallet 4 til 10 for $\mathrm{p}K_S$. Derfor kan den tilnærmede formel for pH-beregning benyttes.

$$\mathrm{pH} = ½ \cdot (\mathrm{p}K_S - \log c_S) \Rightarrow$$
$$\mathrm{pH} = ½ \cdot (4{,}78 - \log(0{,}102)) \approx 2{,}8857$$

pH i en 0,102 M opløsning af levulinsyre er 2,89.

Løsningsmetoden i 1 kan bruges uafhængigt af størrelsen af syrestyrkekonstanten, mens løsningsmetoden i 2 kun kan bruges for svage syrer.

Syre–baseligevægte

Dette afsnit vil give en præcisering af betegnelserne hydronoverførsel, selvionisering og omdannelsesgrad anvendelse i forbindelse med de skriftlige opgaver.
Med overgangen til betegnelsen hydron for H^+, er betegnelse hydronolyse indført som erstatning for protolyse i flere gymnasielærebøger og formelsamling (også i dets forskellige afledninger, autohydronolyse, hydronolysegrad og lignende).
Betegnelsen bygger videre på en misforståelse af endelsen ”lyse”, som allerede fandtes i protolyse. Endelsen ”lyse” ved kemiske reaktioner dækker over ”… processer, hvor der sker en spaltning på grund af det stof eller begreb, suffixet knyttes til, fx elektrolyse, hydrolyse …” (P. Hartmann–Petersen, Håndbog i kemiske fagtermer, Gyldendal, 2004, s.200). Da det ikke er hydronen som spaltningen sker på grund af, men er hydronen som spaltes fra, er betegnelsen uheldig. Derfor vil betegnelsen (og dets afledninger) ikke blive benyttet i forbindelse med de skriftlige opgaver i kemi længere. Hvis der bliver brug for at benytte betegnelser af denne type i forbindelse med syre–basekemi, vil blive benyttet

i) hydronoverførsel benyttes for protolyse
ii) selvionisering benyttes for autoprotolyse
iii) omdannelsesgrad benyttes for protolysegrad

Fordelingsligevægte og opløselighed

Heterogen ligevægt er en del af kemi A’s kernestof. Inden for dette faglige område behandles blandt andet væske–væske fordelingsligevægte, hvor en kemisk forbindelses opløselighed i to ikke–blandbare opløsningsmidler betragtes.
I eksemplet nedenfor betegner HA et stof, som delvist opløses henholdsvis i vand og octan–1–ol.

$$\mathrm{HA(aq)} \rightleftharpoons \mathrm{HA(octan\text{-}1\text{-}ol)} \qquad (1)$$

Følgende omhandler præcisering i terminologien for sådanne fordelingsligevægte, som vil blive benyttet ved de skriftlige prøver i kemi A, ifald der er behov for dette. Præciseringen følger anbefalingerne i IUPAC's Gold Book[7]. Udmeldingen vil blandt andet give en ændring i brugen af betegnelsen "fordelingsforholdet", som i flere, men ikke alle, kemilærebøger og kemiformelsamlinger benyttes som betegnelse for ligevægtskonstanten for (1).
Ligevægten (1) betegnes som fordelingsligevægten for "HA". Den tilhørende ligevægtskonstant kaldes f**ordelingskonstanten**, som fremover vil angives med K_F henholdsvis P (begge betegnelser kan benyttes). Dvs. for eksemplet ovenfor gælder

$$K_{\mathrm{F}} = \frac{[\mathrm{HA(octan{-}1{-}ol)}]}{[\mathrm{HA(aq)}]} \quad \text{eller} \quad P = \frac{[\mathrm{HA(octan{-}1{-}ol)}]}{[\mathrm{HA(aq)}]} \tag{2}$$

I forbindelse med fordelingsligevægte vil betegnelsen **fordelingsforholdet** fremover benyttes om forholdet mellem stoffets formelle koncentration i de to faser, og det vil betegnes med symbolet *D*. I eksemplet vil fordelingsforholdet *D* være givet som

$$D = \frac{c(HA(octan - 1 - ol))}{c(HA(aq))} \tag{3}$$

Fordelingsforholdet *D* er således ikke en egentlig ligevægtskonstant, men netop et udtryk for, hvordan stoffet og dets afledede forbindelser er fordelt mellem de to faser. For stoffer med syre–baseegenskaber vil fordelingsforholdet *D* typisk afhænge af vandfasens pH–værdi. For opgaver ved de skriftlige prøver, hvor dette er relevant, vil fordelingsforholdet *D* derfor være angivet med en tilknyttet pH–værdi. For stoffer uden syre–baseegenskaber vil *P* normalt svare til *D*.

I et spørgsmål hvor der spørges til opløselighed under inddragelse af syre-baseegenskaber, vil en fyldestgørende besvarelse inddrage syre-baseegenskabernes indflydelse på polaritet og dermed opløselighed i vand og octan-1-ol.

Generelt om navngivning

Navngivning af kemiske forbindelser i den gymnasiale kemiundervisning tager i videst muligt omfang udgangspunkt i IUPAC's anbefalinger[8] og den tilpasning til dansk, som Kemisk Forenings

[7] http://goldbook.iupac.org. er anbefalingerne at P betegnes med *partition ratio* (http://goldbook.iupac.org/html/P/P04440.html), og at D betegnes med *distribution ratio*. (http://goldbook.iupac.org/html/D/D01817.html). På dansk - I det mindste i kemisammenhæng - har vi ikke betegnelser, som dækker forskellen mellem "partition" og "distribution" og derfor benyttes i de skriftlige kemi opgaver *fordelingskonstant* for *P* og *fordelingsforhold* for *D*.

[8] Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg står for den danske version af IUPAC-nomenklaturen og redigerer hjemmesiden www.kemisknomenklatur.dk. IUPAC udsender med mellemrum nye anbefalinger, og således skal nomenklatur i kemi ikke betragtes som et statisk forhold, men som en proces der løbende ændres. I løbet af 2013 udsendte IUPAC nye anbefalinger inden for organiske navngivning. Kemisk Ordbog revideres ikke mere. Dette betyder at der i forhold til blandt andet IUPAC's seneste anbefalinger, og derfor kan der forekomme navne i Kemisk Ordbog, som ikke er i overensstemmelse med de her beskrevne anbefalinger til navngivning.

Nomenklaturudvalg står for. Det er vigtigt at holde fast i, at anbefalingerne ikke kun peger på et enkelt system til navngivning af kemiske forbindelser, men at der kan være tale om flere systemer, som principielt kan accepteres som "systematisk navngivning" i kemifaget. Dette ses især inden for navngivning i uorganisk kemi[9]. I organisk kemi i gymnasieskolen benyttes primært systematisk navngivning, dog tilpasset med de seneste justeringer i forhold til IUPAC's revisioner i 2013. Som udgangspunkt for kemiundervisning benyttes således primært systematisk eller delvist systematisk navngivning, og ofte benyttede trivialnavne på kemiske forbindelser benyttes, hvor det er mere naturligt f.eks. for vand, ammoniak og saltsyre. Ældre navne ifølge Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg bør undgås i kemiundervisningen, fx kultveilte, kvælstof om nitrogen, brint om hydrogen.
På A-niveau omfatter navngivning i forbindelse med cis-transisomeri ved C-C-dobbeltbinding både brug af *cis-trans* og E/Z-navngivning, Ved spejlbilledisomeri kan det være en fordel, at eleverne kender R/S-betegnelserne, men det forventes ikke, at eleverne selv kan navngive en forbindelse med R/S-betegnelserne[10]. Det er muligt at benytte it-værktøjer til autogenerering af kemiske forbindelsers navne, men disse navne skal kunne "oversættes" til en accepteret dansk navngivning.

IUPAC's anbefaling ved opskrivning og navngivning af binære forbindelser mellem ikke-metaller er, at man følger en rækkefølge givet i grundstoffernes periodesystem, begyndende med F og derefter følger ned gennem grupperne[11] B, Si, C, As, P, N, H, Te, Se, S, O, At, I, Br, Cl, F (her er kun listet ikke-metallerne). Forskellen til tidligere anbefalinger er, at oxygen har flyttet position. Et eksempel er den kemiske forbindelse med formlen O_2Cl (eller bedre kendt ClO_2), hvor navnet ifølge den nye anbefaling vil være dioxygenchlorid i stedet for chlordioxid.

Ved navngivning af ionforbindelser, salte, har traditionen i kemiundervisningen været at benytte binær nomenklatur, hvor navnet sammensættes af den positive del (eventuelt med et oxidationstal) efterfulgt af den negative del (ofte af accepterede traditionelle navne, ikke systematiske), som et sammenhængende ord. Ifølge IUPAC's anbefalinger kan ladningstallet benyttes i stedet for oxidationstal, når der er tale om en ion, f.eks. $FeCl_2$ kan navngives som jern(2+)chlorid eller jern(II)chlorid. Begge metoder vil kunne benyttes i undervisningen. For ioner af de "rene" metaller er anbefalingen at angive navn og herefter ladningstal i parentes i stedet for oxidationstal, f.eks. jern(2+).

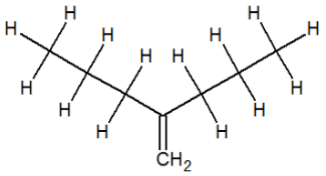
Specielt om navngivning af organiske forbindelser

Navngivning inden for organisk kemi følger IUPAC's anbefalinger, som de kommer til udtryk på www.kemisknomenklatur.dk se fodnote 6. Det er tilladt at benytte programmer, som kan autogenerere forbindelsernes engelske navne. Ved en sådan anvendelse skal eksaminanden dog huske at "oversætte" til korrekt navngivning på dansk, og fx ikke anvende det engelske navn. Det kan være en fordel i den daglige undervisning at arbejde med kemisk navngivning af simple organiske forbindelser uden brug af it-programmer, da dette vil give eleverne bedre fornemmelse for, om et foreslået navn fra et navngivningsprogram er "korrekt" eller eventuelt skal "oversættes". Endvidere vil det også give eleverne bedre muligheder for at kunne forklare koblingen mellem et organisk navn og en simpel organisk strukturformel.

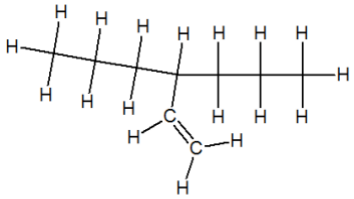
---

[9] Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg har udarbejdet en kortere vejledning i uorganisk kemisk nomenklatur: http://kemisknomenklatur.dk/pdf/EssentialsInorgdansk.pdf. Der er tale om en dansk oversættelse fra en engelsk udgave.
[10] Bemærk gælder kun hold som følger 2017-ordningen.
[11] Se '*The Red Book', s. 260*: http://media.iupac.org/publications/books/rbook/Red_Book_2005.pdf. Anbefalingen om at flytte oxygen er en ændring, som kom i 2005.

På et enkelt område afviger de seneste IUPAC anbefalinger fra de nuværende kemilærebøger til gymnasiet (dog skal nævnes at senere revisioner af gymnasielærebøgerne har medtaget ændringen). Det drejer sig om navngivning af alkener og alkyner, dvs. prioritering ved valg af hovedkæde i umættede og forgrenede carbonhydrider. Ifølge IUPAC's anbefaling skal man vælge den længste carbonkæde, som grundstammen i navnet, uanset om den indeholder en dobbeltbinding/tripelbinding eller ej. Reglen er implementeret i de mest benyttede programmer til autogenerering af organiske navne. IUPAC's anbefaling vil blive fulgt, i fald der bliver behov for dette i forbindelse med de skriftlige prøver i kemi. Et par eksempler er vist nedenfor.



4-methylidenheptan
(ikke 2-propylpent-1-en)



4-ethenylheptan
(ikke 3-propylhex-1-en)

Tidligere blev der stillet opgaver, hvor man skulle bestemme navnet på en organisk forbindelse. Men med brug af kemiprogrammer, som kan autogenerede systematiske navne på organiske forbindelse, er denne typeopgave af mindre interesse. Derfor vil en typeopgave omkring navngivning fremover mere rettes mod, at eksaminanderne skal forklare et givent navn tilknyttet en struktur. I den forbindelse vil typeordene "Forklar" eller "Gør rede for" være relevante i besvarelse af disse typeopgaver. Der forventes i en sådan besvarelse en detaljeret beskrivelse af stoffets navn. Dvs. besvarelsen skal forholde sig til navnet, herunder

i) Endelsen. Navn og angivelse af position. Prioritet blandt funktionelle grupper kan være relevant i denne sammenhæng.
ii) Hovedkæden, herunder længden og eventuel placering af dobbelt- eller tripelbinding.
iii) Sidekæder, navn og placering. Hvis der er flere sidekæder, forklares også den anførte rækkefølge af sidekæderne.
iv) Funktionelle grupper, navn og placering, fx hvis der er flere grupper med forskellige prioritet.
v) Nummerering i molekylet, som ofte forekommer flere steder i et navn på en organisk forbindelse. Fx ved placering af funktionelle grupper, dobbelt/tripelbindinger eller sidekæder. Overordnet skal de enkelte nummerangivelser begrundes, herunder hvilken ende i hovedkæden, der tælles fra.

Centralt i en fyldestgørende besvarelse er, at delelementerne i navnet tydeligt relateres til strukturen, og at der redegøres for disse delelementers bidrag til navnet. Sammenknytningen mellem delelementer i navnet og strukturen kan fx ske ved markering på en tegning eller i tekst. Det afgørende i besvarelsen er, at eksaminandens tankegang tydeligt fremgår af besvarelsen.

Funktionelle grupper og stofklasser

Løst sagt defineres en funktionel gruppe i gymnasial sammenhæng ved "et atom eller en atomgruppe som er bestemmende for stoffets kemiske egenskaber". Dette svarer stort set til definitionen i IUPAC's Gold Book (http://goldbook.iupac.org/).

Begrebet funktionelle grupper vil fortsat blive benyttet som betegnelse ved beskrivelse af de kemiske strukturer, som ligger til grund for de i læreplanen nævnte stofgrupper. Endvidere vil dobbelt- og tripelbindinger mellem C-atomer i skriftlige opgaver i kemi A blive betragtet som funktionelle grupper.[12] Aromatiske strukturer er ikke medtaget som en del de funktionelle grupper i den gymnasiale kemiundervisning. Dette skyldes, at der ikke i kernestoffet forventes, at eleverne kender til særlige reaktionstyper knyttet til de aromatiske ringe. En del elever betragter dog fejlagtigt strukturen i en aromatisk ring, som tre lokaliserede dobbeltbindinger mellem C-atomer, og derfor angiver disse ”alkener”.

Ifølge IUPAC's anbefalinger er det tilladt at skrive både kekulé samt en 6-leddet ring med cirkel i.[13] I opgavesættene til den skriftlige eksamen vil det fastholdes at skrive den 6-leddede ring med cirkel, for at undgå at eleverne angiver disse "dobbeltbindinger" som tilhørende stofklassen alkener, og dermed give mulighed for affarvning af bromvand ved en additionsreaktion.

Eksaminanderne skal kunne identificere en funktionel gruppe i en kemisk struktur og angive den tilhørende stofklasse. En mere præcis liste gives i læreplanen for kemi A og den tilknyttede vejledning. Man skal være opmærksom på, at der sker mindre ændringer i hvilke funktionelle grupper og tilknyttede stofklasser, som eleverne skal kende imellem 2013-ordningen og 2017-ordningen, se evt. uvm.dk for læreplaner og vejledninger. Fx at den funktionelle gruppe -OH betegnes hydroxygruppe, og denne funktionelle gruppe indgår i stofklassen alkoholer, men den funktionelle gruppe indgår også i stofklassen phenoler. Her skal man være opmærksom på, at phenoler ikke skal kendes i læreplanen for 2013 men gruppen inddrages i 2017-ordningen.

Det er vigtigt at træne eleverne i både at se sammenhængen mellem funktionel gruppe og stofklasse, og at kunne gennemskue forskellen på de to begreber. Bl.a. fordi en del simplere delopgaver bygger på identifikationen af funktionelle grupper og stofklasser. Ofte kan simplere opgaver med identifikation af

---

[12] De forskellige undervisningsmaterialer, som har været benyttet i den daglige undervisning igennem tiden, bruger både funktionelle grupper og karakteristiske grupper. Fx har afgrænsningen af funktionelle grupper skiftet i forbindelse med forskellige versioner af Databog fysik kemi (F & K Forlaget), og i de seneste udgaver er begrebet funktionelle grupper skiftet ud med karakteristiske grupper, på en sådan måde, at man får indtryk af, at der er tale om synonymer. De to begrebsdannelser er således ikke synonymer. Funktionel gruppe relaterer primært til strukturer i de kemiske forbindelser, som løst sagt er bestemmende for et stofs kemiske egenskaber, altså en definition med et kemisk udgangspunkt. Karakteristisk gruppe tager sit udgangspunkt i behovet for en systematisk navngivning i organisk kemi. Selvfølgelig hænger begreberne tæt sammen, men der er forskelle, fx ekskluderer karakteristiske grupper klart dobbelt- og tripelbindinger mellem C-atomer, mens der kan argumenteres for, at disse bindinger kan betragtes som en del af de funktionelle grupper blandt andet på grund af deres reaktivitet ved additionsreaktioner.
I IUPAC Gold Book (http://goldbook.iupac.org/) kan man finde følgende to definitioner af henholdsvis funktionel gruppe og karakteristisk gruppe:

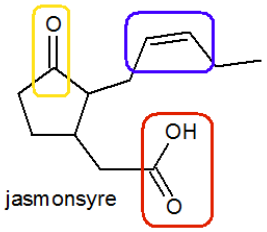
- ”Functional group: Organic compounds are thought of as consisting of a relatively unreactive backbone, for example a chain of sp^3 hybridized carbon atoms, and one or several functional groups. The functional group is an atom, or a group of atoms that has similar chemical properties whenever it occurs in different compounds. It defines the characteristic physical and chemical properties of families of organic compounds. “

- “Characteristic group (in organic nomenclature): A single heteroatom, for example, –Cl and =O; a heteroatom bearing one or more hydrogen atoms or other heteroatoms, for example, $–NH_2$, –OH, $–SO_3H$, $–PO_3H_2$ and IO_2 ; or a heteroatomic group attached to or containing a single carbon atom, for example, –CHO, –C≡N, –COOH and NCO , attached to a parent hydride.”

[13] ”Graphical representation standards for chemical structure diagrams, IUPAC, s. 382, https://www.iupac.org/publications/pac/pdf/2008/pdf/8002x0277.pdf.

funktionelle grupper og stofklassen løses nemmest ved en kombination af en kort tekst og angivelse på en tegning af strukturformlen. Et eksempel er vist fra en opgave i stx (Jasmonsyre, maj 2012), hvor opgaveteksten er "Marker de funktionelle grupper i jasmonsyre, og angiv, hvilke stofklasser de tilhører". Et muligt svar kan være en kombination af en kort tekst og illustration på en tegning, se nedenfor.

Ringens farve	Stofklasse
Gul	Keton
Rød	Carboxylsyre
Blå	Alkenyl (alternativ alken)



Spektroskopi

Ved både IR og ^{1}H-NMR forventes det, at eksaminanderne kan inddrage relevante tabeller i deres analyser. Løsning af spektroskopiopgaver kræver derfor et forholdsvist stort omfang af dokumentation. Denne skal være i orden, fx ved opstilling af relevante tabeller for at en besvarelse betragtes som fyldestgørende besvaret.

Ved opgaver med IR-spektroskopi skal eksaminanderne kunne identificere de vigtigste funktionelle grupper og genkende mættethed/umættethed ved inddragelse af bølgetalsområdet over 1500 cm^{-1}. Den gode besvarelse omfatter ikke kun angivelse af funktionel gruppe og tilknyttet bølgetalsområde, men omtaler også båndets karakter, fx at der er tale om et bredt og kraftigt bånd, og den karakteristiske vibration, fx et C-H stræk i tilknytning til en sp^2-hybridisering.

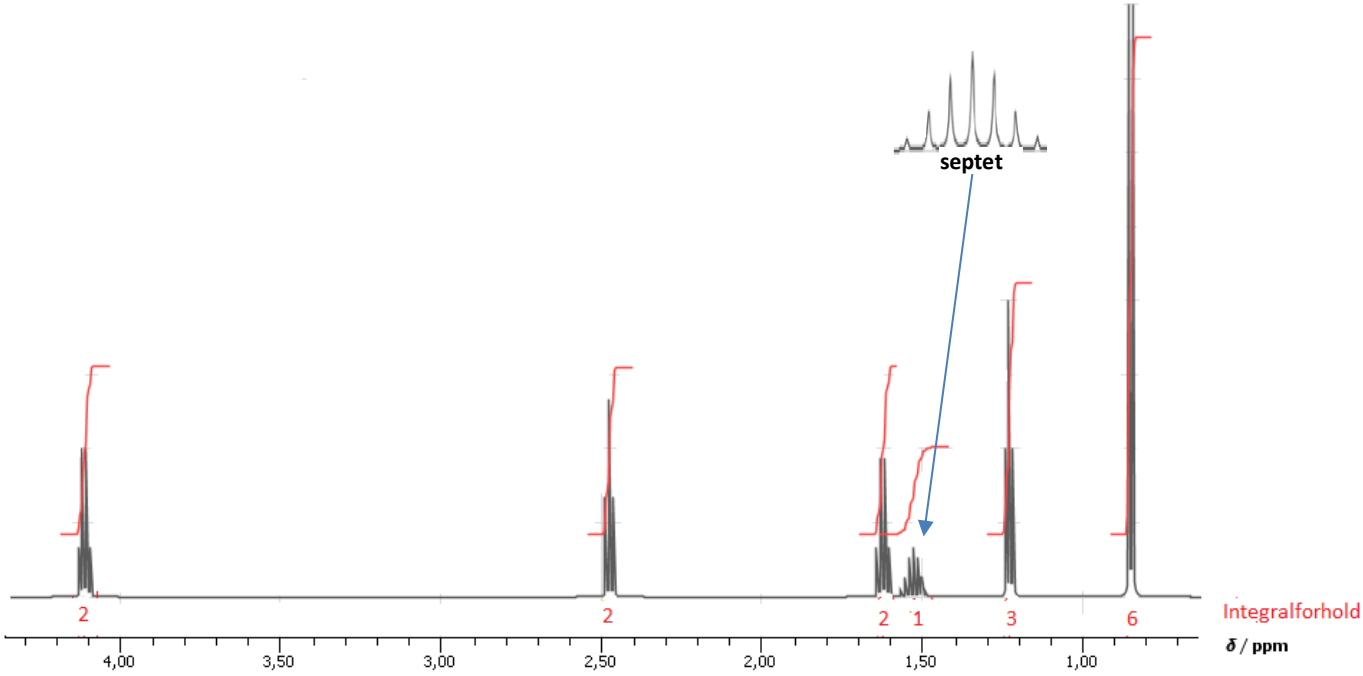
Ved identifikation ved hjælp af ^{1}H-NMR skal eksaminanderne kunne bestemme strukturen af forholdsvis simple organiske molekyler. Ved bestemmelse af en strukturformel for en kemisk forbindelse med udgangspunkt i et ^{1}H-NMR spektrum er det ikke tilstrækkeligt kun at angive en tabel med blandt andet aflæste kemiske skift, integraler, koblingsmønstre, antal nabo H-kerner, tilordningsforslag, tabelværdier og så opskrivning af en kemisk strukturformel uden kommentarer (også selvom denne er korrekt). Den fulde besvarelse af en sådan identifikationsopgave kræver også, at der er en form for argumentation, som knytter analysen af spektret og den konkrete kemiske strukturformel sammen. Argumentationen *kan* fx være i form af en kombination af kortere forklarende tekst og markering på strukturformlen, der viser hvorledes signalerne er knyttet til strukturen.

En typeopgave med ^{1}H-NMR omhandler ofte at identificere en delstruktur af et større molekyle. Erfaringen viser, at mange eksaminander kan opstille en fornuftig analyse af et tilknyttet spektrum, men det kniber ofte med at koble analysen til den kemiske struktur. Mange eksaminander ser ud til ikke først at fokusere på de dele af spektret, som kan knyttes til den kendte del af ^{1}H-NMR spektret. Dette vil ellers reducere omfanget af signaler, som skal tilordnes den ukendte gruppe, som der typisk spørges til. Det kan være en god ide at træne eleverne med en sådan tilgang til løsning af spektroskopiopgaver.

Eleverne kan med fordel anvende muligheden for at lave et "genereret" ^{1}H-NMR af det identificerede molekyle, fx ved brug af MarvinSketch eller lignende kemiprogrammer. Det er i den forbindelse vigtig at angive hvilken spektrometerfrekvens, som spektret er optaget ved for at kunne sammenligne med spektret fra opgaven.

^{1}H-NMR spektret vil fremover have angivet integralforholdet med et heltal under signalet. Tallet er skrevet med rødt, således det relateres til den røde integralkurve. Det falder eleverne svært at

identificere en septet og andre multiplet signaler, hvorfor dette også fremover bliver angivet med tekst jf. ^{1}H-NMR nedenfor.



Reaktionstyper

Eleverne skal kunne en række reaktionstyper. En nærmere liste er angivet i læreplanerne for kemi A (2013- og 2017-ordningen), og er beskrevet i flere detaljer i de tilknyttede vejledninger. Mange eksaminander forbinder reaktionstyper udelukkende med de organiske reaktionstyper og glemmer, at de også har stiftet bekendtskab med reaktionstyper, som i lige så høj grad knyttes til reaktioner med uorganiske forbindelser, fx syre-basereaktioner eller redoxreaktioner. Det er vigtigt at vedholde den brede forståelse af reaktionstyper, således at det ikke udelukkende knyttes til organiske reaktioner.

Generelt har en del eksaminander problemer med at vurdere hvilken reaktionstype en given reaktion tilhører. Typisk er der tale om simplere delopgaver, som det kan være en fordel, at eksaminanderne relativt nemt kan besvare. Ofte benyttes typeordet ”Angiv” i forbindelse med bestemmelse af en reaktionstype. Her forventes et kort præcist svar. I forbindelse med en argumentation for en bestemt reaktionstype er det afgørende for vurderingen af besvarelsen, at der ikke kun fremlægges en mere eller mindre afskrift af en lærebogstekst som definition på reaktionstypen. Fx ses ofte en argumentation som ”at der er tale om en additionsreaktion, fordi en dobbeltbinding brydes og der lægges et molekyle til”, men det angives fx ikke hvilket molekyle, der er tale om. Besvarelsen skal forholde sig konkret til det viste reaktionsskema, og forklare ved inddragelse af det *konkrete* reaktionsskema.

Ved besvarelse af denne type opgaver er der som regel en reaktionstype, som er oplagt ud fra den almindelige gymnasieundervisning i kemi. Der kan dog i visse situationer være vist et reaktionsforløb, som

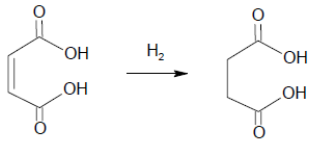
kan give anledning til forskellige fortolkninger af reaktionstypen[14]. Ved vurdering af denne type besvarelser inddrages både om svaret er korrekt ud fra de normale definitioner, som anvendes på fx organiske reaktioner, og hvilken viden som eksaminanden ser bort fra ved at give et bestemt svar.

Nogle opgavetyper omhandler redoxreaktioner, fx at man skal vise, at der er tale om en redoxreaktion. Her vil den enkleste argumentation typisk tage udgangspunkt i bestemmelse af ændringer i oxidationstal for relevante atomer, og det anbefales, at eksaminanderne benytter denne fremgangsmåde. Det er vigtigt, at eksaminanderne ved besvarelsen af en sådan typeopgave klart viser atomernes oxidationstal og deres ændringer, og at de bygger deres argumentation på denne baggrund.

Addition i organiske reaktioner i gymnasiets kemiundervisning refererer til, at bindinger ved dobbelt- eller tripelbindinger mellem C-atomer brydes og ikke til omdannelse fra carbonylgruppe til hydroxygruppe (betragtes som en reduktion).

Et par eksempler,

Ravsyre, maj 2009

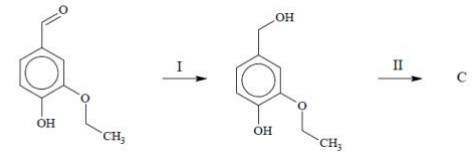


ravsyre

a) Angiv reaktionstype for reaktionen.

Eksempel på svar:
I reaktanten findes der mellem C-atom nr. 2 og nr. 3 en dobbeltbinding. I produktet er denne dobbeltbinding blevet brudt, og der er indsat et ekstra H-atomer ved C-atom nr. 2 henholdsvis nr. 3. Reaktionstypen er således en addition af dihydrogen til en dobbeltbinding mellem to C-atomer.

Et syntetisk duftstof, juni 2012



A B

M = 166,17 g/mol M = 168,19 g/mol

a) Angiv reaktionstype for reaktion I.

Eksempel på svar:
Reaktion I sker ved det øverste C-atom. I A er oxidationstallet for dette C-atom +I[15] mens det tilsvarende C-atoms oxidationstallet i B er –I. Da oxidationstallet aftager ved reaktionen, er reaktionstypen en reduktion.
Kan også bruge begreberne aldehyd og primær alkohol.

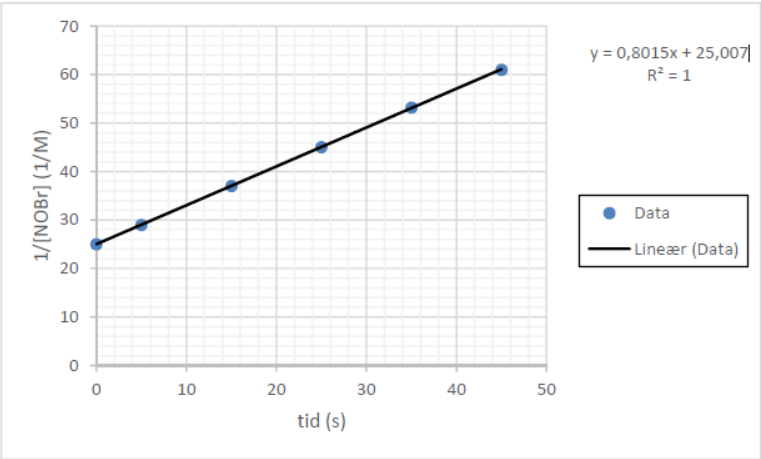
Lineære modeller i kemiske problemstillinger, fx bestemmelse af reaktionsorden

En vigtig opgavetype er opgaver, hvor der skal tegnes en graf for en sammenhæng mellem opgivne eksperimentelle data og på denne baggrund foretages en undersøgelse af en kemisk problemstilling. Som regel skal der bestemmes en lineær model, hvilket sker ved lineær regression. Eksempler er typisk undersøgelse af reaktionsorden med hensyn til en reaktant eller indenfor spektrofotometri. Dokumentationen ved besvarelse af sådanne opgavetyper er forholdsvist omfattende, og principperne vil blive omtalt nedenfor primært ud fra reaktionskinetik. Men principperne gælder også for tilsvarende opgaver inden for andre områder af kemi, hvor en lineær model skal undersøges og benyttes.

[14] Man skal være opmærksom på, at der kan være forskel på beskrivelsen af reaktionstyper i gymnasiets kemiundervisning, og den eleverne senere møder i kemiundervisning på fx universitetsniveau. Typisk vil der være tale om nuanceringer og begrebsudvidelser på de efterfølgende niveauer af kemiundervisning i forhold til gymnasiets kemiundervisning.
[15] Nogle elever har svært ved at bruge romertal. Der er ingen krav til om oxidationstallet angives med almindelige tal eller romertal.

En typeopgave består fx i "vis at en reaktion er af en bestemt orden". Den fulde besvarelse af denne opgavetype kræver en dokumentation, som kan sandsynliggøre om den foreslåede model med rimelighed kan beskrive datamaterialet. Ligegyldigt hvordan denne typeopgave besvares, skal dokumentationen altid forholde sig til;

- opskrivning af relevant funktionsudtryk, der skal undersøges, fx for en anden ordens reaktion udtrykket $\frac{1}{[NOBr]_t}$ =k·t + $\frac{1}{[NOBr]_0}$ (eksempel fra en tidligere eksamensopgave)
- modellen som gives ved fx regression (et eksempel $y = 0{,}8015 \cdot x + 25{,}007$)
- en grafisk afbildning, som viser modellens forløb sammen med synligt angivne datapunkter og med angivelse af akseinddeling, variabel som afbildes, enheder og lignende. Kort sagt, grafen skal fremstå forståelig. Fx fra før omtalte eksempel[16]



- en vurdering af modellen i forhold til forelagte data. Dette skal omfatte en kommentar ud fra den grafiske afbildning og **kan suppleres** med inddragelse af forklaringsgraden r^2. Brugen af forklaringsgraden kan dog ikke stå alene uden en afbildning af model og datapunkterne, samt en kommentar omkring datapunkternes beliggenhed i forhold til modellen. Som et bedre alternativ til forklaringsgraden kan residualplots benyttes, hvilket dog sjældent ses hos eksaminanderne. Denne type plot er ikke kernestof i matematiks læreplan efter 2013-ordningen, men vil i stx blive det med 2017-ordningen. Brugen af residualplot kan således på sigt være en god metode at inddrage i analysen af lineære modeller i kemi.

De typiske mangler eller fejl hos eksaminanderne i denne typeopgave er

- mangelfulde grafiske afbildninger
- ved lineær regression "tvinges" grafen gennem (0,0), således at konstantleddet (b-leddet) i den lineære model "glemmes". Ved lineær regression skal man benytte "bedste rette linje" (i excel kaldet tendenslinjen) og ikke tvinge modellen gennem (0,0)
- modellen kommenteres i forhold til data udelukkende ud fra forklaringsgraden, hvilket ikke er en tilstrækkelig analyse. Forklaringsgraden kan ikke erstatte den visuelle betragtning af model og data.

I reaktionskinetik findes *to typeopgaver*, som det er vigtigt, at eksaminanderne kan skelne mellem. Når der bliver spurgt til undersøgelse af en bestemt reaktionsorden, skal eksaminanderne ***kun*** undersøge denne bestemte reaktionsorden. Det er ikke meningen, og det tæller heller ikke positivt med i

[16] Bemærk at antallet af decimaler her er sat til 4 for at undgå at få for få betydende cifre i det afsluttende facit.

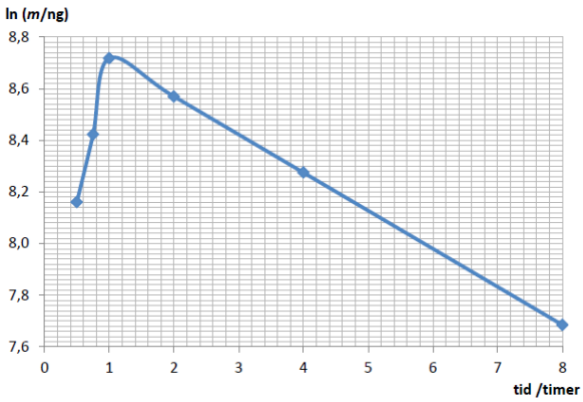
helhedsindtrykket af besvarelsen, hvis alle tre reaktionsordner undersøges. Det skyldes, at eksaminanden ikke viser en klar forståelse for, hvad der præcist bliver spurgt om i opgaven, og derfor ikke viser tilstrækkelig forståelse for den kemiske problemstilling, som opgaven har fokus på. Samtidig bruger eksaminanden også tid på noget, som ikke tæller positivt med. I reaktionskinetik gives ofte en anden typeopgave; reaktionsorden er ikke givet på forhånd. I dette tilfælde skal eksaminanden undersøge hvilken af de tre reaktionsordner nulte, første og anden orden, der beskriver data bedst. Ovenstående fremgangsmåde benyttes for hver af de tre ordner, og der gives en *afsluttende konklusion* på hvilken reaktionsorden, der bedst beskriver data.

Ovenstående tager udgangspunkt i kinetikopgaver, hvor der ofte er brug for en undersøgelse af lineære modeller i forhold til et givent sæt af data. I kemi kendes andre problemstillinger, hvor der er brug for lignende undersøgelser af eksperimentelle data ved brug af fx lineære modeller. Et eksempel er vurdering af, om et sæt data opfylder Lambert-Beers lov i spektrofotometri, med tilhørende tegning af standardkurve. Ovenstående beskrivelse af hvordan data behandles og tilhørende model vurderes, bør også benyttes for denne type af kemiske problemstillinger. Ved brug af lineære modeller i sådanne typer af kemiske problemstillinger optræder ofte et konstantled (b-leddet ved en lineær sammenhæng), som i den teoretiske sammenhæng burde være 0. Fx er Lambert-Beers lov udtryk for en ligefrem proportionalitet, mens en lineær regression typisk vil give et konstantled, som er forskellig fra 0 (det er vigtigt ikke at "tvinge" den lineære model gennem (0,0)). I den lineære model af data vil konstantleddet fx kunne fortolkes som en systematisk fejlkilde, som påvirker alle data. Eksaminanderne bør, i en vurdering af om modellen kan beskrive data rimeligt (typisk opgavens formål), forholde sig til størrelsen af dette konstantled - har det betydning for de målte data eller er det reelt så lille en størrelse, at det kun har begrænset betydning. Eleverne skal mindes om, at ved videre beregninger skal den fulde lineære model benyttes.

Modeller og eksperimentelle data

En del kemiopgaver bygger på et datamateriale fra eksperimenter. En analyse af datamaterialet bygger typisk på anvendelse af en relevant kemisk model. Der kan i denne type opgaver forekomme et datamateriale, hvor ikke alle data skal indgå i den videre analyse. Således skal eleverne vise, at de kan begrænse datamaterialet til et relevant begrænset område. Eksempelvis inden for reaktionskinetik, hvor et eksempel er vist nedenfor fra en tidligere eksamensopgave i stx.

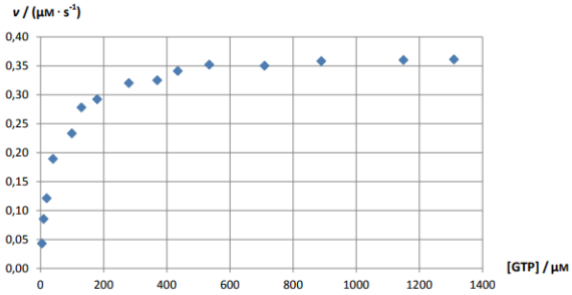
Fedmemedicin, 2013 (opgave 3, c)
Gør rede for, at omsætningen af lorcaserin i rottehjerner er af 1. orden med hensyn til lorcaserin, efter at den maksimale masse af lorcaserin i rottehjerne er opnået.
Bestem halveringstiden for lorcaserin i rottehjerne.



Ved besvarelse af opgaven skal eleverne først begrænse området, hvor inden for analysen skal foretages. I en fyldestgørende opgavebesvarelse argumenterer eleven for, hvorledes denne afgrænsning foretages. Først derefter skal den egentlige argumentation for en første ordens reaktion med hensyn til lorcaserin foretages. Funktionsudtrykket oversættes fra det matematiske udtryk til, hvori den aktuelle

koncentration, *k* og *t* indgår. Alle med relevante enheder. I det nævnte eksempel, hvor det er en 1. ordens reaktion, kan det enten være det eksponentielle udtryk eller udtryk med ln, der opskrives.
Et andet eksempel er, hvor data og en tilhørende model skal undersøges i et begrænset område, og i dette tilfælde analyseres ud fra en kemisk viden. For at gennemføre den relevant analyse i denne type problemstilling, skal eleven begrænse undersøgelsesområdet. Eksemplet er fra en tidligere eksamensopgave.

Et enzym til produktion af B_2-vitamin, 2014 (opgave 3, d)
Begrund ud fra modellen, at reaktionen kan beskrives som en første ordens reaktion med hensyn til GTP ved koncentrationer under $1 \cdot 10^{-7}$ M.
Beregn halveringstiden for omdannelsen af GTP ved koncentrationer under $1 \cdot 10^{-7}$ M.



Figur 2

Data vist i figur 2 kan beskrives ved nedenstående model for omdannelsen af GTP i det undersøgte koncentrationsområde

$$v = 3{,}71 \cdot 10^{-7}\ \text{M} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \frac{[\text{GTP}]}{[\text{GTP}] + 4{,}30 \cdot 10^{-5}\ \text{M}}$$

Besvarelsen af denne opgavetype kan ske på flere måder. En måde er at sammenligne den maksimale koncentration af GTP og konstanten $4{,}30 \cdot 10^{-5}$ M. Da konstanten er 430 gange større end den største koncentration af GTP, så vil der kun være en begrænset fejl ved at erstatte nævneren med kun konstanten

$$[\text{GTP}] + 4{,}30 \cdot 10^{-5}\ \text{M} \approx 4{,}30 \cdot 10^{-5}\ \text{M}$$

Derved bliver hastigheden lig med

$$v = 3{,}71 \cdot 10^{-7}\ \text{M} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \frac{[\text{GTP}]}{4{,}30 \cdot 10^{-5}\ \text{M}}$$

$$v = 0{,}00863\ \text{s}^{-1} \cdot [\text{GTP}]$$

Det ses at hastigheden v afhænger af koncentrationen af GTP i første, og derfor er reaktionen af første orden med hensyn til GTP ved koncentrationer under $1 \cdot 10^{-7}$ M af GTP.
Halvtiden bliver lig med

$$T_{½} = \frac{\ln(2)}{k} = \frac{\ln(2)}{0{,}00863\ \text{s}^{-1}} \approx 80\ \text{s}$$

Opgaven kan også besvares fyldestgørende på andre måder. Her er kun vist et eksempel.

Isomeri

Mange eksaminander har problemer med at vurdere hvilken type af isomeri, der kan knyttes til konkrete kemiske forbindelser. Der kan med fordel arbejdes med dette i undervisningen, således at eksaminanderne relativt nemt kan identificere en isomeritype. Som argumentation for en bestemt type af isomeri er det afgørende, at der ikke kun fremlægges en mere eller mindre afskrift af en lærebogstekst som definition på isomeritypen. Besvarelsen skal forholde sig konkret til den viste kemiske struktur, og forklaringen skal tage udgangspunkt i den konkrete struktur. Oversigten over typer af isomeri, som det forventes, at eksaminanden kan identificere og beskrive ud fra en konkret kemisk struktur findes i læreplanen og den tilknyttede vejledning, men det omfatter strukturisomeri i form af kæde-, stillings- og funktionsisomeri og stereoisomeri i form af spejlbilled[17]- og cis-transisomeri[18].

[17] Spejlbilledisomeri betegnes i gymnasieskolens kemiundervisning også som fx optisk isomeri. Det er ikke afgørende hvilken betegnelse eksaminander benytter (så længe den er faglig korrekt).
[18] Cis-transisomeri betegnes også som geometrisk isomeri eller E/Z-isomeri i danske lærebogssystemer. Her benyttes dog betegnelsen cis-transisomeri, fordi det er denne som anbefales i IUPAC's Gold Book, se tidligere for et link.

Termodynamik

Mange eksaminander klarer i dag opgaver inden for termodynamik uden større problemer. Opgaver af fx typen beregn entalpitilvæksten for en given reaktion (ved hjælp af tabelværdier), er for mange eksaminander en typeopgave, hvor der ikke er tvivl om, hvad der præcist skal beregnes. Problemet for en del eksaminander er dog at præsentere en besvarelse, som har en rimelig dokumentation tilknyttet. I denne type opgaver er det centralt, at eksaminanden præsenterer anvendte data på en sådan måde, at det klart fremgår, hvilken kobling der er mellem data og konkrete stoffer og deres tilstandsform. Det er ***ikke*** en tilstrækkelig fyldestgørende besvarelse at præsentere en meget generaliseret formel for beregning af tilvæksten i entalpi ($\Delta H° = \sum H°(produkter) - \sum H°(reaktanter)$), og derefter præsentere resultatet af beregningen, fx ud fra et regneark eller et matematikprogram, eller indsætte talværdier direkte i formlen uden en tydelig kobling mellem stof og data. Dette er ikke tilstrækkelig dokumentation ved besvarelse af opgaven. Til en fyldestgørende besvarelse forventes, at eksaminanden dokumenterer sammenhængen mellem et stof (og dets tilstandsform) og data, fx i tabelform eller ved opskrivning af udtrykket til beregning af $\Delta H°$ med kemisk formler, og dernæst viser udtrykket med indsatte talværdier (og enheder). Til sidst gives resultatet af beregningen med korrekt brug af enheder og betydende cifre. Beregninger af tilvækst i entalpi, entropi og Gibbs energi kræver således en dokumentation, som tydeligt viser kobling mellem kemisk forbindelse og de benyttede tabelværdier. Endvidere skal grundlaget for en beregning fremgå klart og ikke være "skjult" i fx et regneark. Det kan være en fordel at træne eleverne i denne fremgangsmåde.

I typeopgaver inden for termodynamik skal den beregnede størrelse ofte kommenteres. Dette skal gøres i forhold til det konkrete reaktionsskema, og ***ikke*** kun i generelle vendinger af fx typen "da entropitilvæksten er positiv, bliver der mere uorden".

Et eksempel fra en opgave i stx. Følgende reaktion betragtes

$$2\ \mathrm{NO(g)} + 2\ \mathrm{H_2(g)} \rightarrow \mathrm{N_2(g)} + 2\ \mathrm{H_2O(g)} \qquad \text{(I)}$$

Beregn $\Delta S°$ for reaktion I. Kommenter resultatet i forhold til reaktionsskemaet. Et muligt svar kan være følgende

$$\Delta S° = \left(S°\left(\mathrm{N_2(g)}\right) + 2 \cdot S°\left(\mathrm{H_2O(g)}\right)\right) - \left(2 \cdot S°\left(\mathrm{NO(g)}\right) + 2 \cdot S°\left(\mathrm{H_2(g)}\right)\right) =$$
$$\left((191{,}61 + 2 \cdot 188{,}8) - (2 \cdot 210{,}8 + 2 \cdot 130{,}68\ )\right)\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol \cdot K}} = -113{,}75\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol \cdot K}}$$

Tilvæksten i entropi ved standardbetingelser er $-113{,}8\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol \cdot K}}$. Da $\Delta S°$ er negativ, svarer det til, at der kommer mere orden i systemet. Hvis man ser på reaktionsskemaet, så er der fire gaspartikler på reaktantsiden, men kun tre på produktsiden. Den øgede orden i systemet er således knyttet til, at der bliver færre gaspartikler i systemet efter reaktionen.

Brug af standardtegn i kemisk termodynamik i gymnasiet

I kemisk termodynamik i gymnasiet benyttes tegnet"⊖" ("the Plimsol mark") som betegnelse for standardtilstand. I IUPAC's Green Book[19] angives, at symbolerne "⊖"("the Plimsol mark") og "∘" (gradtegn) begge kan benyttes til at angive, at en termodynamisk størrelse er givet ved standardtilstand, samt at de to symboler accepteres ligeværdigt. Fremover vil denne anbefaling

[19] "Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry (Green Book), IUPAC, note 12, s. 57, http://iupac.org/cms/wp-content/uploads/2015/07/Green-Book-PDF-Version-2011.pdf

gælde for gymnasiets kemiundervisning, hvilket betyder, at begge symboler ⊖ og ∘ vil blive accepteret som angivelse for standardtilstand i kemisk termodynamik ved de skriftlige prøver i kemi. Ved overgangen til digitale skriftlige prøver vil anvendelsen af ∘ formodentlig være nemmere for eleverne at benytte. Men det er vigtigt at være opmærksom på, at anvendelsen af begge symboler accepteres ved de skriftlige prøver.

Gode generelle råd

Opgaver med flere spørgsmål
Der forekommer delopgaver, som indeholder flere spørgsmål. Disse er typisk medtaget for at præcisere kravene og/eller hjælpe lidt på vej ved besvarelsen af delopgaven. En del eksaminander undlader at svare på den ene del af opgaven. Det er en god idé i den daglige undervisning at træne eleverne til altid at afslutte en besvarelse af en delopgave med, at de kontrollerer om hele delopgaven er besvaret, og at der ikke er glemt en del.

Eksaminanden bør prøve at besvare alle spørgsmål
Progressionen holder ikke altid gennem en opgave, så der kan forekomme nemme delopgaver et stykke nede i en opgave. Desuden vil det ofte være sådan, at der er dele af løsningen, som eksaminanden burde kunne regne eller skrive noget fornuftigt om. Det vil derfor være en god idé at opfordre eksaminanderne til altid at skrive så meget som muligt, som er fagligt relevant, selv om det kun er mindre dele af den samlede løsning. Dog skal eleverne trænes i, at besvarelsens kvalitet bygger på, at de kan anvende den bagvedliggende kemiske teori i en opgaves konkrete sammenhæng, og ikke på en ”længere” afskrift af ”generel kemisk teori” om et emne. Man bør derfor lære sine elever at svare fokuseret. Fx bør eleverne koncentrere sig om de specifikke signaler i stedet for at nævne alle signaler i IR, hvor en opgave kunne være at finde forskellen i signaler.

Undertiden skal eksaminanden anvende resultatet fra fx delopgave a) for at kunne løse delopgave b). Det største problem, og det mest ærgerlige for eksaminanden, er de tilfælde, hvor denne ikke har et resultat fra delopgave a), og derfor springer delopgave b) over. Hvis eksaminanden er klar over, hvad der skal gøres i b), kan eksaminanden skrive, at der antages en værdi, hvorefter der regnes videre med denne. En anden situation kan være, at resultatet fra delopgave a) er forkert, hvorfor resultatet i b) også bliver forkert. Eksaminanden har typisk ikke problemer med dette, da fejlen ikke opdages i a), og bedømmelsesmæssigt har det ikke negativ indflydelse på b), hvis b) ellers løses korrekt. Men resultatet fra a) kan være forkert på en måde, så eksaminanden opdager det, og også her vil det være på sin plads at antage en passende værdi, hvis fejlen i a) ikke kan findes. I de tilfælde, hvor det er helt essentielt for opgave b), at der regnes videre med den rigtige værdi, vil opgaveformuleringen i a) typisk være ”Vis at…”.

Eksaminanden skal ikke skrive opgaveteksten af
Eksaminanderne bør ikke kopiere eller skrive dele af opgaveteksten af i en skriftlig opgavebesvarelse. Opgaverne er stillet således, at eksaminanderne bør bruge deres tid på at besvare og løse opgaverne i stedet. De skriftlige prøver i kemi er en genre, hvor det er veldefineret for modtageren af opgaven (censor), hvad opgaven består i, og derfor hvordan den bør besvares (censor kender opgavens præmisser og indhold). Det er vigtigt, at man igennem den daglige undervisning arbejder med, hvordan eksaminanderne til den skriftlige prøve bør præsentere besvarelsen, herunder hvornår man bør henholdsvis ikke bør benytte kopiering/skanning af dele fra opgaveteksten.

Ovenstående gælder også, hvis opgavesættet foreligger elektronisk. Her bør eksaminanderne ikke indsætte opgaveteksten eller dele heraf i deres besvarelse, med mindre det selvfølgelig er en del af selve svaret (fx markering på en titrerkurve). ***Det frarådes stærkt, at eksaminanderne indsætter dele af opgaveteksten i deres besvarelser***, blandt andet fordi eksaminanderne ikke bør bruge deres tid på denne

aktivitet, da det ikke tæller positivt i bedømmelsen af opgavebesvarelsen. Endvidere mindskes gennemskueligheden mellem eksaminandens egen besvarelse, som skal bedømmes, og materialer, som ikke må indgå i bedømmelsen, og en plagiatkontrol vil "fange" det som snyd.

Eksaminanderne skal kunne aflæse grafer præcist
Både eksperimentelle problemstillinger og behandling af grafer inddrages i de skriftlige opgaver. Fx bør eksaminanderne være i stand til at inddrage en titrerkurve i forbindelse med en koncentrationsberegning. Konkret og præcis aflæsning af grafer er en vigtig kompetence, som det forventes, at eksaminanderne mestrer til den skriftlige prøve. Meget upræcis aflæsning af grafer vil oftest føre til forkerte kvantitative resultater.

Eksaminanderne skal vænnes til at dokumentere og forklare
En fyldestgørende besvarelse af opgaverne kræver ofte et større omfang af dokumentation, således at eksaminandens tankegang ved besvarelsen af opgaver fremstår klar og tydelig. En del eksaminander begrænser deres dokumentation til et niveau, hvor det påvirker bedømmelsen af deres besvarelse, også selvom de fx i en beregningsopgave har det korrekte svar. Det er vigtigt fortsat at gøre eksaminanderne opmærksomme på, at tilstrækkelig dokumentation i kemi også er vigtig for bedømmelsen.
Eleverne skal i den daglige undervisning vænnes til at skrive et udtryk (fx en kemisk formel) op, inden der indsættes tal og enheder, da det i høj grad kan bidrage til at afklare tankegangen. Dette gælder også, når der skal argumenteres for tolkning af et matematisk udtryk. Som eksempel kan nævnes, at det oftest kan være en stor fordel ved beregning af termodynamiske størrelser som entalpitilvæksten at opskrive denne tilvækst med kemiske formler og koefficienter, inden der indsættes tal, således at man kan gennemskue eksaminandens tankegang, selvom der laves en mindre regnefejl.

Bedømmelse ved de skriftlige prøver i kemi

Der er ofte stillet spørgsmål omkring karaktergivningen ved kemi A's skriftlige prøver, både i htx og stx. Derfor er proceduren, som censorkorpset følger, kort beskrevet her.

Ved den skriftlige prøve bedømmes det, i hvilket omfang en eksaminands præstation lever op til kemi A's faglige mål, herunder anvendelsen af fagets kernestof. Der gives således en karakter på baggrund af en helhedsvurdering af eksaminandens besvarelse. Ved bedømmelsen lægges vægt på, at eksaminanden er i stand til at anvende relevant kernestof og relevante metoder i besvarelsen af de givne problemstillinger, og at tankegangen fremstår klart ved anvendelsen af fagsprog, grafer, figurer, modeller, beregninger, it-værktøjer og forklarende tekst. Eksaminandens talforståelse i form af brug af betydende cifre og enheder indgår også i bedømmelsen. Ved brug af it-værktøjer, herunder matematiske, skal dokumentationen også være af en sådan karakter, at eksaminandens tankegang er forståelig uden specifikt kendskab til disse it-værktøjer. Det er f.eks. vigtigt, at opskrivning af kemiske formler for kemiske forbindelser, brug af symboler for kemiske begreber og enheder følger kemis definitioner (fagsprog) og ikke it-værktøjernes umiddelbare brug af symboler mm. Ved navngivning af kemiske forbindelser lægges primært systematisk navngivning til grund for bedømmelsen. Bedømmelsen af en opgavebesvarelse bygger ikke alene på en opgørelse af korrekte og fejlagtige svar på de stillede opgaver. For de enkelte opgaver er det således ikke en dækkende besvarelse, hvis den indeholder det korrekte resultat, men ikke indeholder dokumentation i tilstrækkeligt omfang.

For at lette censorernes votering ved censormødet tildeles der point for hver delopgave. Hver delopgave kan tildeles op til 10 point, idet der gives 0 point for den i forhold til delopgaven værdiløse besvarelse eller ingen besvarelse, og der gives 10 point for den fyldestgørende besvarelse (halve point benyttes ikke). Censor tildeler efter eget skøn point for hver delopgave. Ved pointtildelingen tages udgangspunkt i,

hvor høj grad besvarelsen lever til de faglige mål, som er relevant i besvarelsen af den konkrete delopgave. På den baggrund giver den enkelte skriftlige censor sit bud på en karakter. Ved censormødet fastlægger de to skriftlige censorer, som bedømmer den enkelte besvarelse, herefter endeligt karakteren. De tildelte point skal ***kun*** benyttes til, at de to censorer nemt kan identificere eventuelle forskelle i deres bedømmelser. Ved uenighed om karakteren for en besvarelse kan censorerne vha. pointtildelingerne hurtigt finde årsager til uenighed og diskutere bedømmelsen. **Karaktergivningen sker således ikke på baggrund af en på forhånd fastlagt og udmeldt oversættelse fra pointskala til karakter**.

Det tilstræbes i opgavesættet, at der er en vis progression i delopgavernes sværhedsgrad, således at de første delopgaver ofte er forholdsvis nemme, mens de sidste delopgaver oftest kun forventes at kunne besvares fyldestgørende af de fagligt dygtigste eksaminander. Som en ledetråd for om en eksaminand kan bestå, kan det angives, at eksaminanden typisk bør kunne besvare de fagligt simplere delopgaver, typisk a) og b) delopgaverne, på et acceptabelt niveau. Det betyder ikke, at de skal være perfekt besvaret. Der kan ***fx*** være tale om delopgaver om simple stofmængdeberegninger, identifikation af funktionelle grupper i organiske stoffer og identifikation og argumentation for en bestemt reaktionstype.

Det er op til den enkelte kemilærer, om man følger et lignende princip i den daglige undervisning, men det er vigtigt, at kemilærere i gymnasieskolen kender til princippet for karaktergivningen ved de skriftlige prøver i kemi A.

Links

Læreplaner og vejledninger
Generel oversigt http://uvm.dk/Uddannelser/Gymnasiale-uddannelser/Fag-og-laereplaner

Opgaver fra tidligere skriftlige prøver
Findes via materialeplatformen http://materialeplatform.emu.dk/eksamensopgaver/. Der kræves et login, som kan fås via ens egen skole.

Evaluering af centralt stillede skriftlige prøver (stx/htx)
http://uvm.dk/gymnasiale-uddannelser/proever-og-eksamen/evaluering-af-proever

Eksamensbekendtgørelsen
Bekendtgørelse nr. 343 af 8. april 2016: Bekendtgørelse om prøver og eksamen i de almene og studieforberedende ungdoms- og voksenuddannelser.
https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=179722.

Karakterskalabekendtgørelse
Bekendtgørelse nr. 262 af 20. marts 2007: Bekendtgørelse om karakterskala og anden bedømmelse.
https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=25308.

Vejledninger til brug af ChemSketch og MarvinSketch
På EMU'en, kemi, kan man finde forholdsvis udførlige vejledninger til installation og brug af programmerne i den gymnasiale kemiundervisning. Materialerne er skrevet af kemilærer i gymnasiet. Link til EMU'en http://www.emu.dk/modul/it-i-undervisningen-5.

Bilag

Bilag 1 - Baggrund digitalisering af kemi A's skriftlige prøver

I foråret 2013 nedsatte Undervisningsministeriet to arbejdsgrupper, som skulle vurdere betydningen af "Digitalisering af kemi A's skriftlige prøver med netadgang". De to arbejdsgrupper dækkede henholdsvis htx og stx. Forudsætningen for arbejdet var, at de digitale prøver skulle tænkes ud fra de rammer, som gælder for de ordinære prøver i kemi A i dag med de forskelle, som findes i læreplanerne i htx og stx. Arbejdsgrupperne afsluttede deres arbejde i slutningen af oktober 2014 med to udredningsrapporter til ministeriet. Overordnet set var konklusionerne i de to rapporter ens

- De faglige mål og det kernefaglige indhold, som indgår i prøverne i dag, kan også benyttes og vurderes ved digitaliserede skriftlige prøver i kemi A med netadgang.
- Nye faglige mål vil kunne inddrages i en digitaliseret prøve. Der peges i begge arbejdsgrupper på; håndtering af større og mere realistiske datasæt, mere realistisk inddragelse af eksperimentelt arbejde i prøverne, fx ved brug af film af eksperimenter, bedre brug af relevante it-redskaber og søgning i databaser.
- Netadgangen giver mulighed for at arbejde med informationssøgning ved de skriftlige kemiprøverne, hvor det er relevant. Men begge grupper peger på, at det kun bør benyttes i begrænset omfang, fx for at undgå, at elevernes besvarelse i for høj grad afspejler muligheder for at finde de "rette" informationer, samt at der vil være øgede muligheder for "snyd" ved prøverne. Den fælles anbefaling var derfor kun i begrænset omfang at forudsætte brugen af netadgang ved de skriftlige prøver i kemi.
- Det er en forudsætning, at eleverne er i stand til at anvende relevante fagprogrammer og it-redskaber, hvorfor de nødvendigvis bør inddrages i den daglige undervisning.
- Der er behov for udmeldinger om fagspecifikke programmer, som forventes kunnet anvendes af eleverne.

Rammer for de digitaliserede skriftlige opgavesæt i kemi A, stx

På baggrund af de to udredningsrapporter har Ministeriet for Børn, Undervisning og Ligestilling (MBUL) nedsat to arbejdsgrupper, som skal udarbejde *vejledende skriftlige digitale opgavesæt med netadgang til kemi A*, i henholdsvis htx og stx.

Rammen for de vejledende digitale skriftlige opgavesæt er, at den skriftlige prøve i kemi A, stx, skal foregå indenfor rammerne af den nuværende læreplan. Dog med den udvidelse, at internettet kan benyttes som fagligt hjælpemiddel ved de nye prøver. **Bemærk at denne udvidelse ikke bruges ved sommereksamen 2019. Hvorfor følgende hjælpemidler forudsættes DATABOG, fysik kemi (F&K Forlaget), 11. udgave (2007) eller senere udgave.**

De vejledende digitale opgavesæt i kemi A stx og de efterfølgende digitale skriftlige opgavesæt er derfor underlagt følgende formelle rammer

- Den skriftlige prøve er individuel
- Prøvens varighed er 5 timer
- Der stilles opgaver i det kemifaglige stof, som er beskrevet i kemi A læreplanens kernestof, med de afgrænsninger i stoffet, som findes i vejledningen til læreplanen og traditionen, der ligger i tidligere benyttede skriftlige opgavesæt.

Som en del af introduktionen af digitale skriftlige opgavesæt i kemi A, stx, med netadgang udarbejdes derfor 3 vejledende opgavesæt. Det første sæt blev udsendt i januar 2016, det andet sæt i september 2016 og sidste sæt kommer senest i december 2016. De tre opgavesæt skal blandt andet pege på muligheder og konkrete eksempler ved digitalisering af kemis skriftlige prøver. Sættene skal som udgangspunkt opbygges som de ordinære skriftlige kemiopgavesæt i stx.

I første sæt er der større vægt af eksempler på de "nye" delelementer, som digitaliseringer kan byde på, end der kan forventes i et opgavesæt, som stilles til en skriftlig prøve. De to næste vejledende opgavesæt udarbejdes dels på baggrund af respons fra en konference afholdt for interesserede kemilærere i foråret 2016 og dels ud fra arbejdsgruppens forventninger, om hvilke elementer kan fungere hensigtsmæssigt ved en digital skriftlig prøve. Derfor vil især det vejledende opgavesæt nr. 3, men også til dels opgavesæt nr. 2 pege i retningen af, hvordan et "rigtigt" digitalt eksamensopgavesæt med netadgang kommer til at se ud. De forskellige nye elementer i prøven vil kort omtales senere.

De senere år har der været en tradition i kemifaget for, at et opgavesæt har bestået af 4 større opgaver med fokus på hver sin kemiske problemstilling, og med i alt omkring 16 delopgaver. Det er med dette udgangspunkt de vejledende opgavesæt er udarbejdet, men som ved de ordinære sæt, ligger det ikke fast, at et skriftligt kemiopgavesæt skal have en sådan opbygning. Der kan være tilfælde, hvor der vil være et større eller mindre antal opgaver og delopgaver.

Bilag 2 - Hvordan er opgavesættet opbygget?

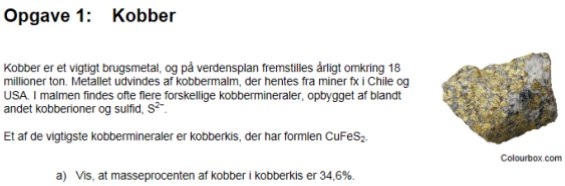
De digitale opgavesæt er opbygget som websider. Strukturen er i stx kendt fra fx AT opgaven. Opgavesættet åbnes i en webbrowser, hvorefter der ses en klassisk deling af skærmen i en menu til venstre og hovedskærmbilledet med fx opgaveteksten til højre.

Udklip af skærmbilledet

I menu vil der altid være knapper for Forside, Vejledning, Opgave 1, 2, osv. til sidste opgave, Filer til opgaverne og Pdf-fil af opgavesæt. I særlige tilfælde kan der være andre knapper.

På **"Forsiden**" står angivet prøven, der er tale om. **"Vejledningen**" indeholder en kort tekst om prøvens rammer, fx varighed, om kildehenvisninger og hvad der lægges vægt på ved bedømmelsen.

Herefter følger "**Opgave 1"** osv. Eleverne kan frit klikke rundt mellem de enkelte opgaver. Opgaveteksten kan i princippet kopieres, men det er vigtigt at lære eleverne, at de ***IKKE*** skal kopiere opgaveteksten og indsætte denne i deres besvarelse. **Deres aflevering bør kun omfatte deres egen besvarelse af opgaverne.**


Opgave 1: Kobber

Kobber er et vigtigt brugsmetal, og på verdensplan fremstilles årligt omkring 18 millioner ton. Metallet udvindes af kobbermalm, der hentes fra miner fx i Chile og USA. I malmen findes ofte flere forskellige kobbermineraler, opbygget af blandt andet kobberioner og sulfid, S^{2-}.

Et af de vigtigste kobbermineraler er kobberkis, der har formlen $CuFeS_2$.

a) Vis, at masseprocenten af kobber i kobberkis er 34,6%.

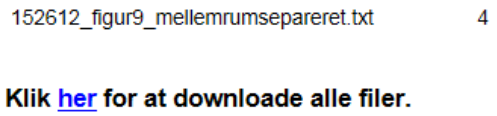
Colourbox.com

Udsnit af en opgave

Det eneste, de kan ***overveje*** at kopiere, er den enkelte delopgaves formulering, fx ”b) Beregn massen af den mængde zink, der forbruges ved omdannelsen”. Ifald de kopierer teksten, skal eleverne dog være opmærksomme på, at dele af teksten lægges i en tabel, hvilket kan give dem problemer i deres egen opsætning.

Knappen ”**Filer til opgaverne**” åbner en webside, som giver eleverne mulighed for på en gang at hente alle filer, der indeholder elementer, som kan benyttes af andre programmer til besvarelse af opgaverne.

Hvis man klikker på ”her” kan alle filer herefter gemmes som en samlet zip-fil. Eleverne vælger selv mappen, som filerne skal gemmes i. Efterfølgende skal de pakkes ud (”unzip”), også dette sker på et sted, som eleverne selv vælger (se eventuelt bilag 1).



Endelig vil der altid være en knap ”**Pdf-fil af opgavesæt**”. Denne giver mulighed for at få en pdf-fil af hele opgavesættet (dog uden filerne, som indeholder data o. lign.). Pdf-filen kan eventuelt udskrives eller gemmes. Man bør gøre eleverne opmærksom på, at det ikke er en udskrift af deres besvarelse, som fremkommer ved brug af knappen ”**Pdf-fil af opgavesæt**”.

Ovenstående indgange vil altid være til stede i det enkelte sæt. Der kan i særlige tilfælde være ekstra knapper/indgange, som er knyttet til det enkelte sæt. Det afhænger af behovet i opgavesættet.

Bilag 3 - Hvordan pakkes zip-filerne ud?

Zip vejledning

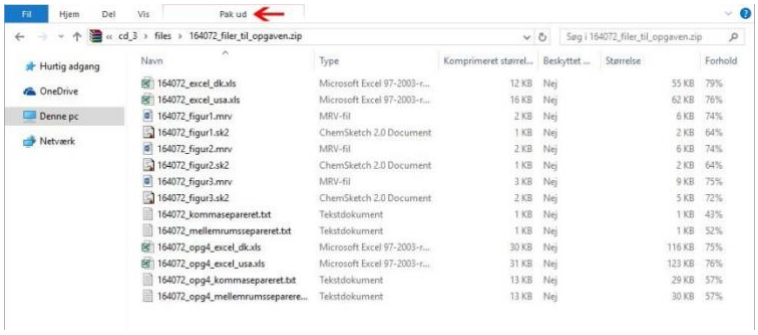
Denne vejledning viser, hvordan man henter og pakker en *.zip fil ud på computeren (PC).

Download zip fil

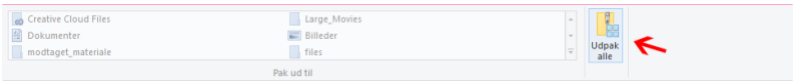
Klik på **her** for at hente *.zip filen, der indeholder **alle filer** til opgavesættet.

Åben zip fil

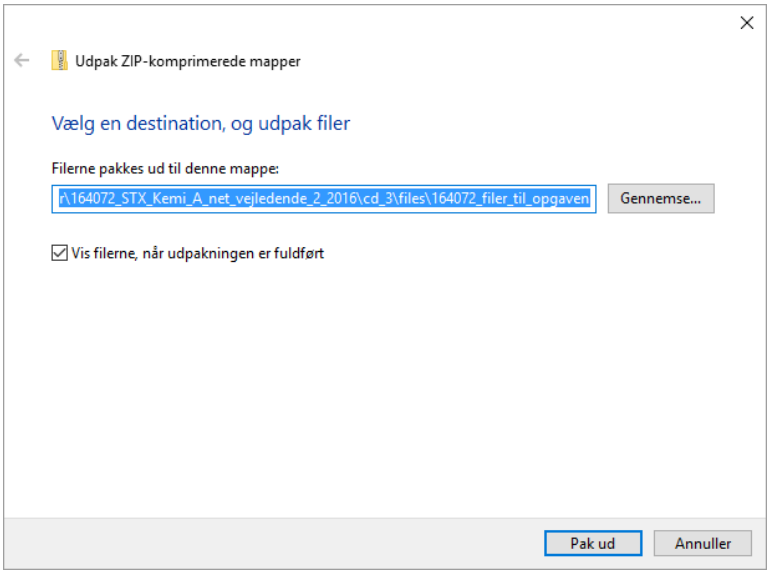
Når man åbner zip filen, vil man se billedet til højre. Klik på **Pak ud** for at gemme filerne på computeren.



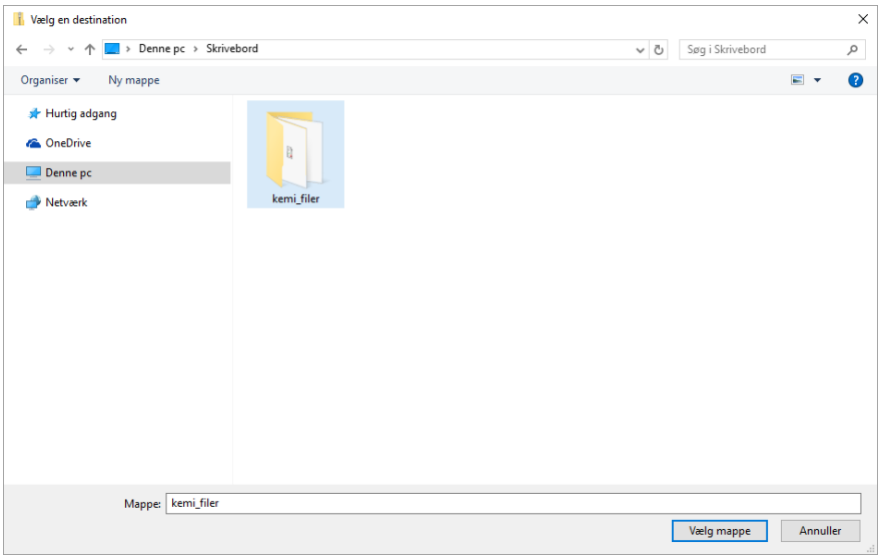
Derefter klik på **Udpak alle**



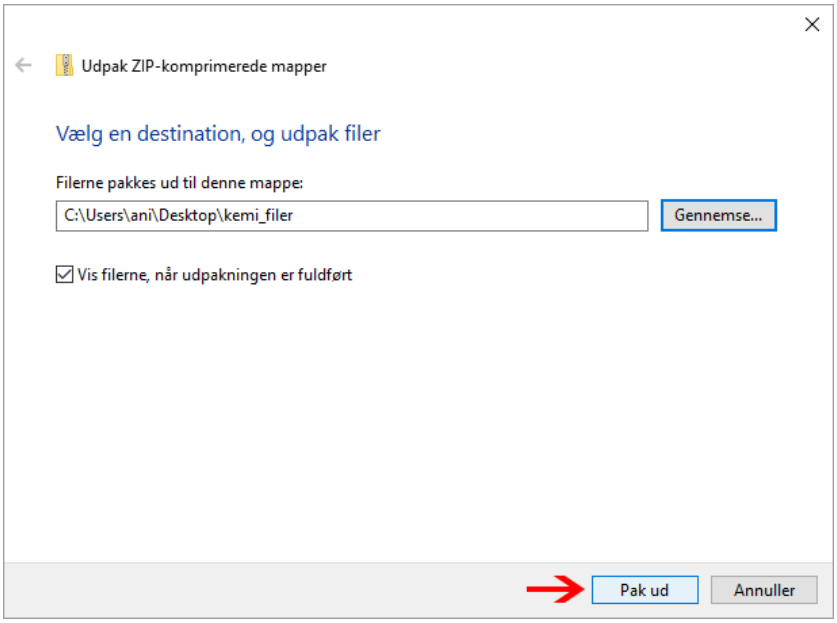
Vælg hvor filerne skal gemmes (destination)
Klik på Gennemse… for at vælge en placering på computeren (destination).



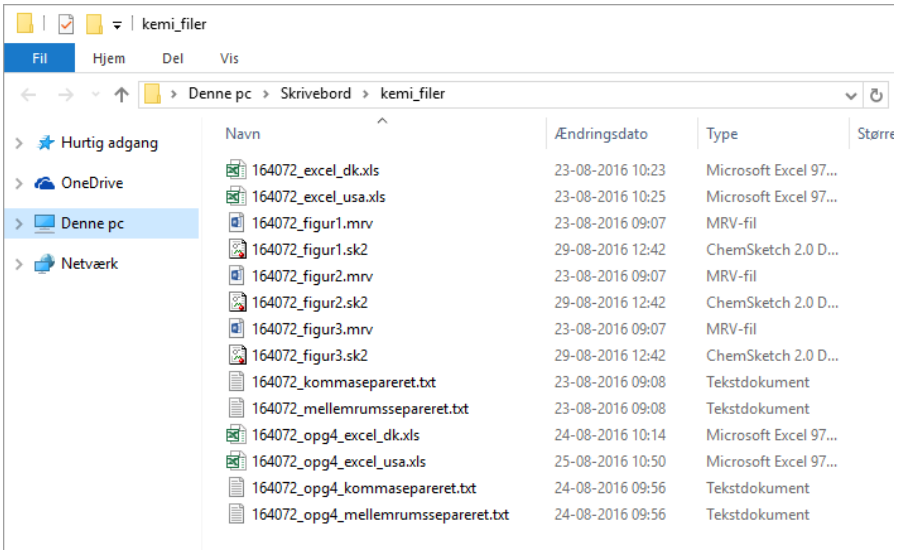
Klik på **Vælg mappe,** når den ønskede mappe er fundet.



Udpak alle filer
Klik på **Pak ud** for at pakke filerne ud.



Til højre viser den udpakkede zip fil.



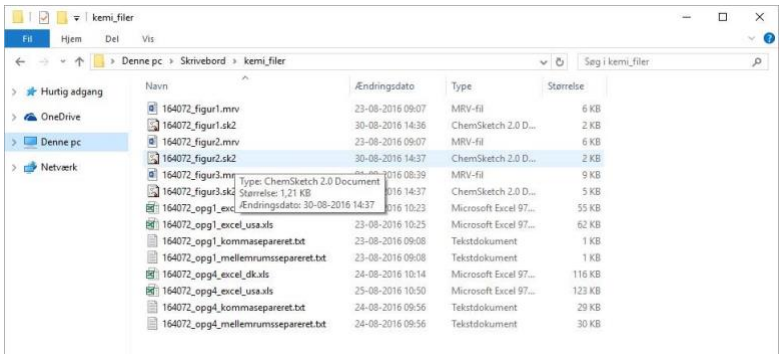
Bilag 4 - ChemSketch vejledning

ChemSketch vejledning

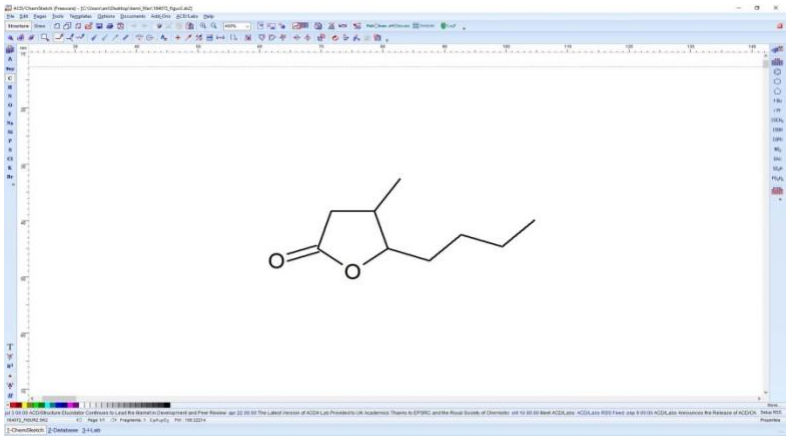
Denne vejledning viser, hvordan man åbner en fil i ChemSketch.

Åbning metode 1

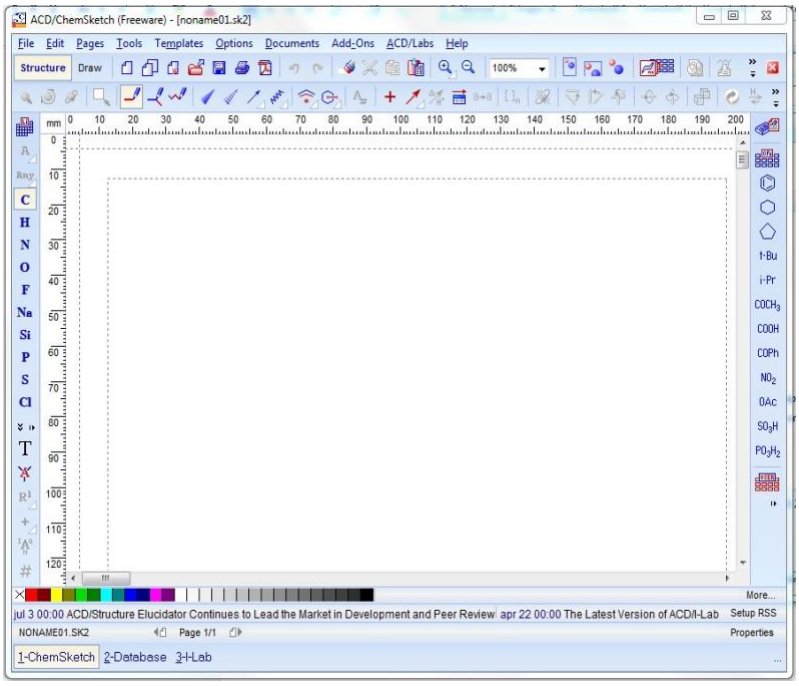
Find filen på computeren og klik på den. F.eks. 164072_figur2.sk2.



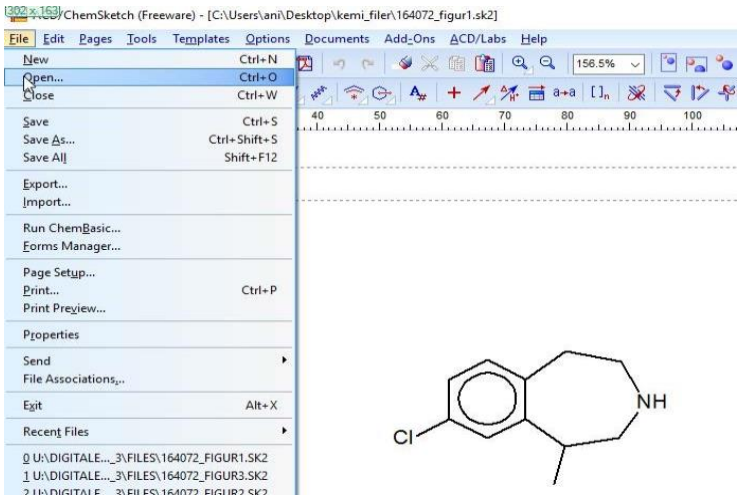
Når filen er åben, ser man billedet til højre.



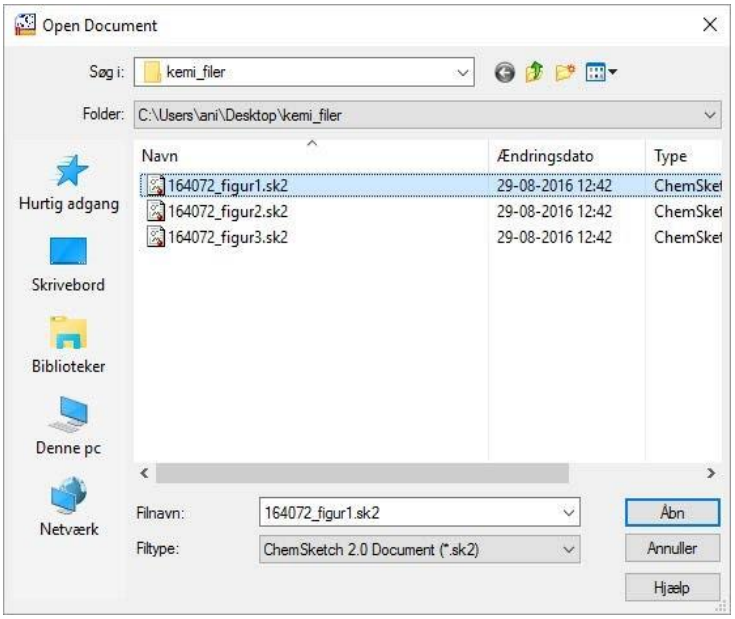
Åbning metode 2
Åben ChemSketch programmet.



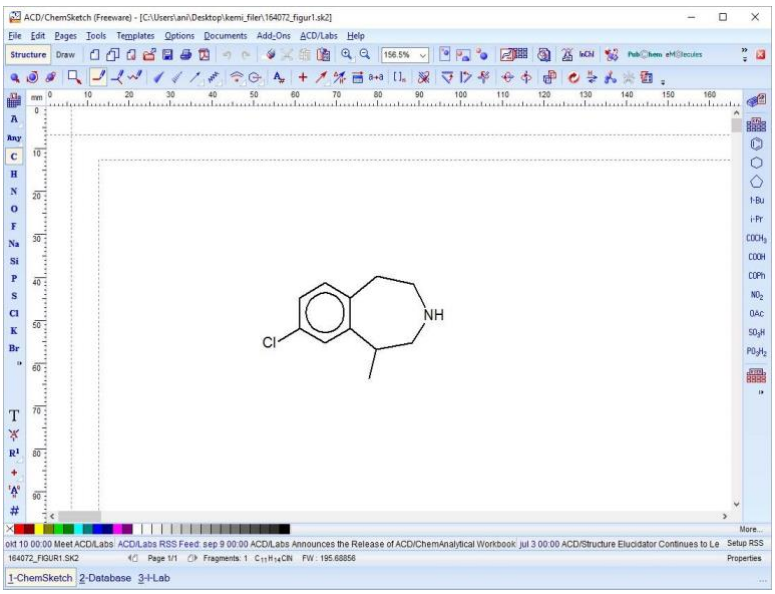
Tryk herefter **File** og vælg **Open**.



Vælg den fil man ønsker at åbne og tryk på **åbn**.



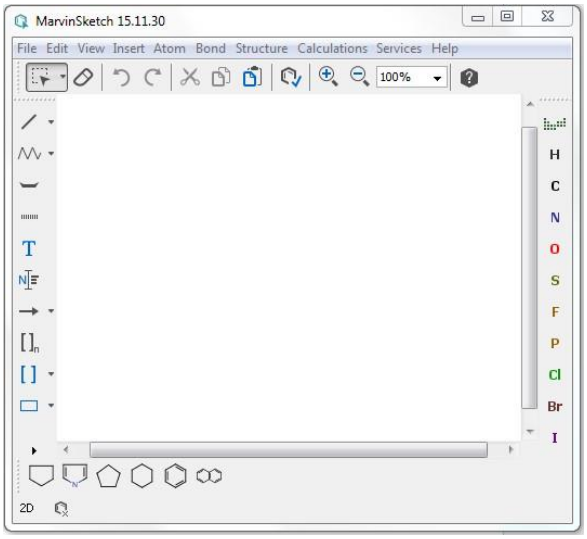
Når filen er åben, ser man billedet til højre.



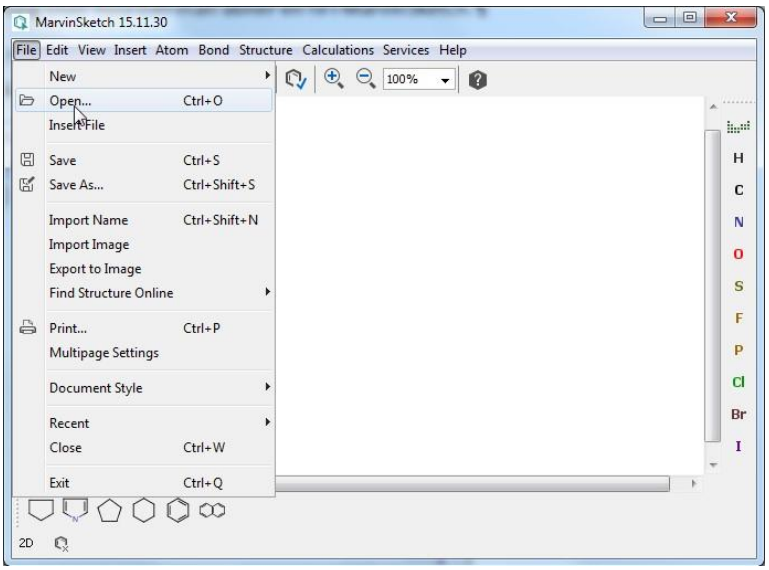
Bilag 5 - MarvinSketch vejledning

Denne vejledning viser, hvordan man åbner en fil i MarvinSketch.

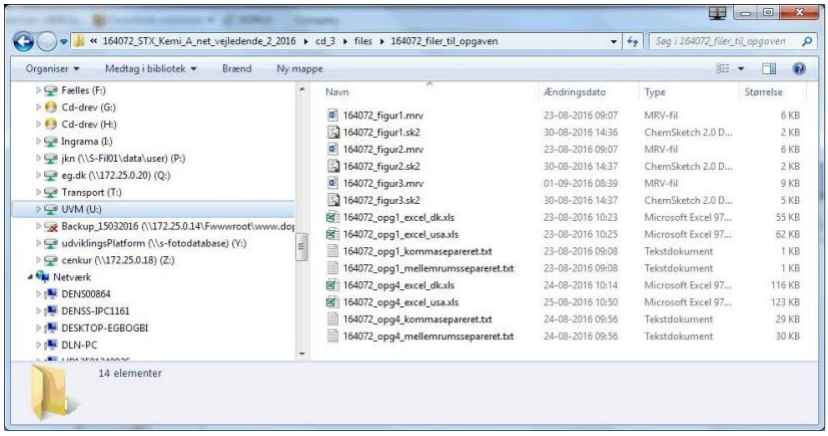
Åbning af fil
Start MarvinSketch programmet.



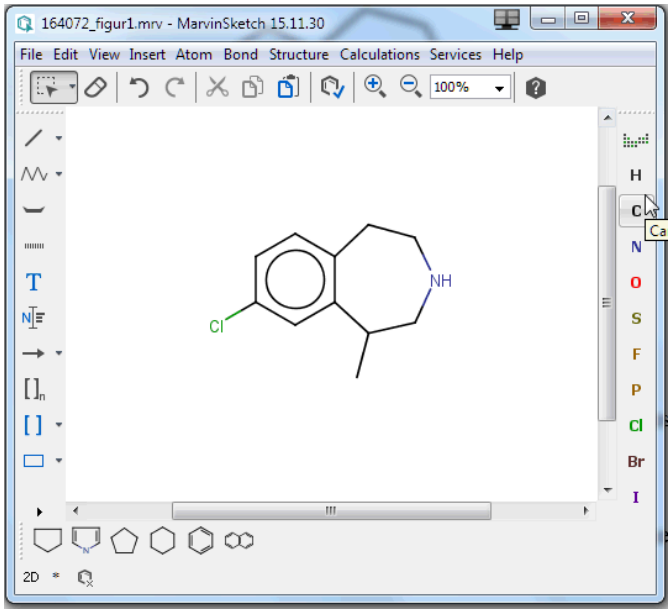
Vælg **File** og klik på **Open.**



Find den fil der skal åbnes og klik herefter på **Open**.

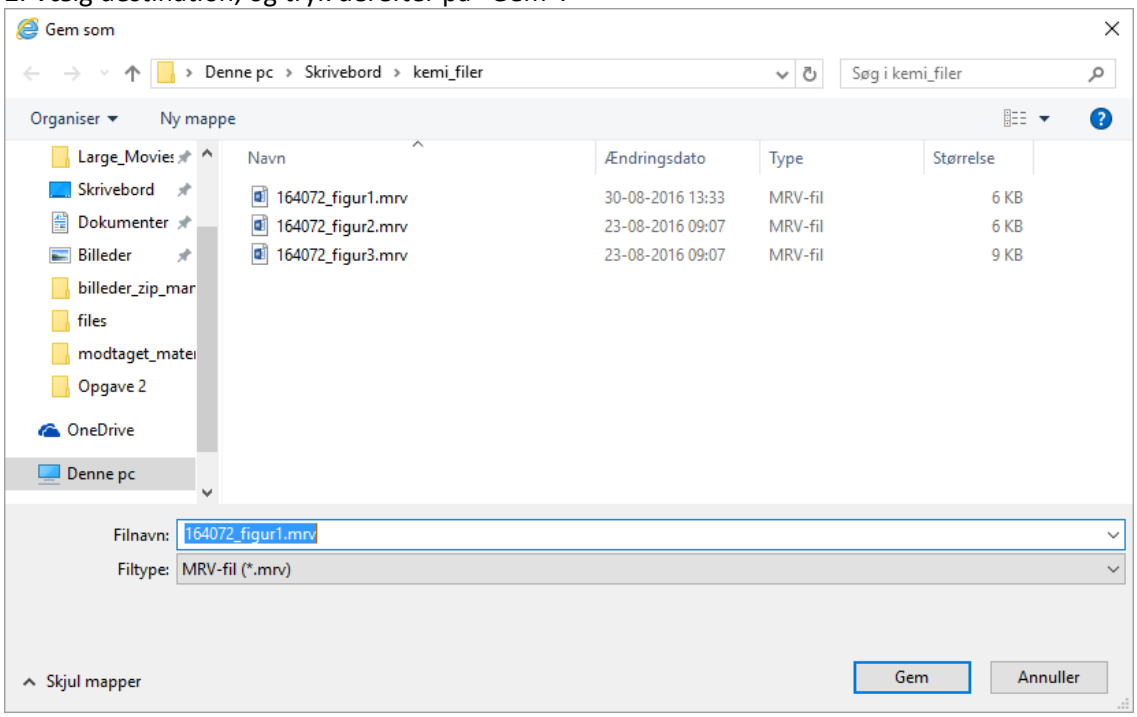


Vælger man 164072_figur1.mrv
får man nedenstående billede.

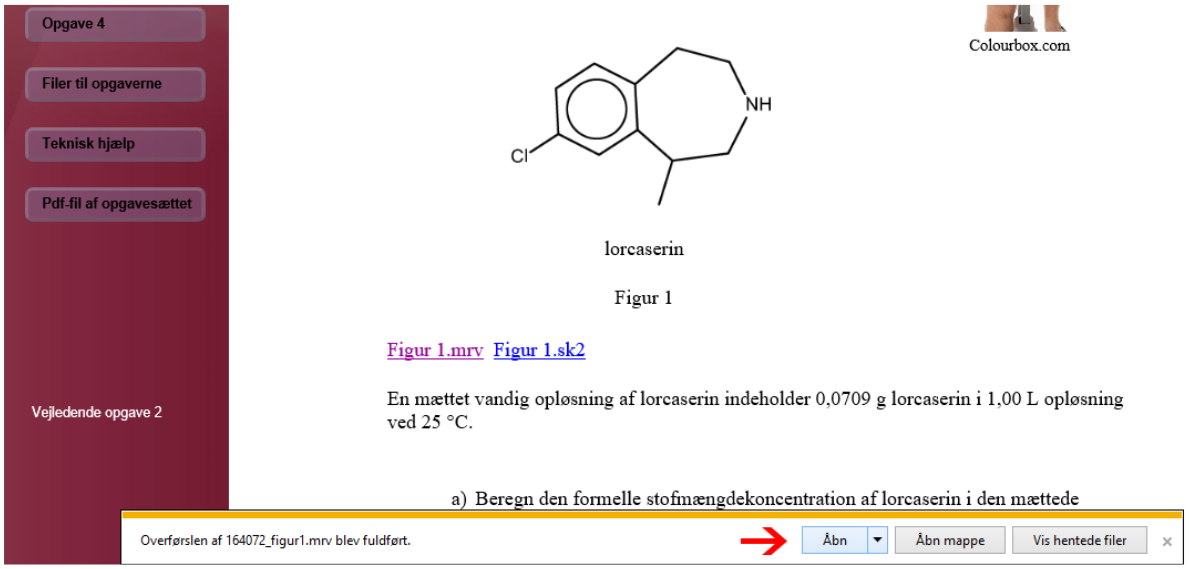


Bilag 6 - MarvinSketch - sådan åbnes/gemmes *.mrv filerne

1. Højreklik på pågældende fil, og tryk derefter ”Gem destination som”.
2. Vælg destination, og tryk derefter på ”Gem”.



3. Efter man har gemt filen fremkommer nedenstående boks nederst på skærmen. Tryk på ”Åbn”, og filen er klar til brug.

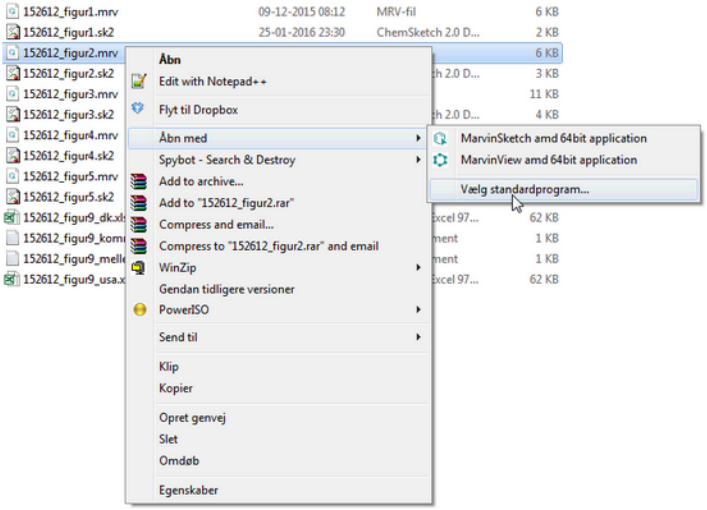


Bilag 7 - Indstilling af MarvinSketch til at åbne direkte i programmet

Her følger en kort beskrivelse af, hvordan man kan indstille MarvinSketch i Windows, således at en *.mrv-filer åbnes direkte i programmet, når der dobbeltklikkes på filen.

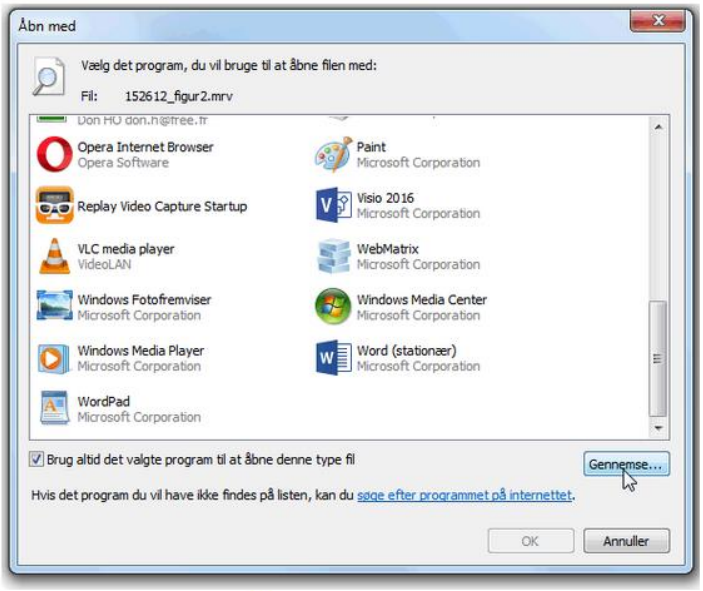
Hvis man vil åbne programmet med marvinSketch hver gang gøres det på følgende måde.

1. Højreklik på filen og vælg åben med

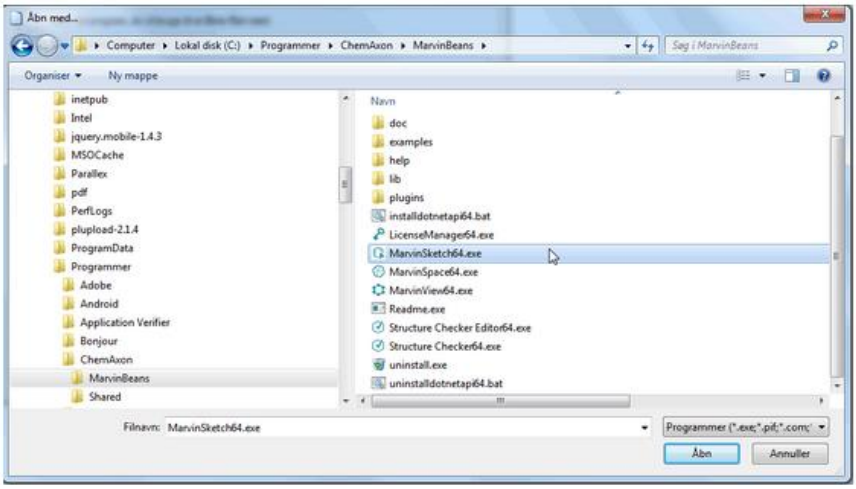


2. Find programmet marvinSketch.

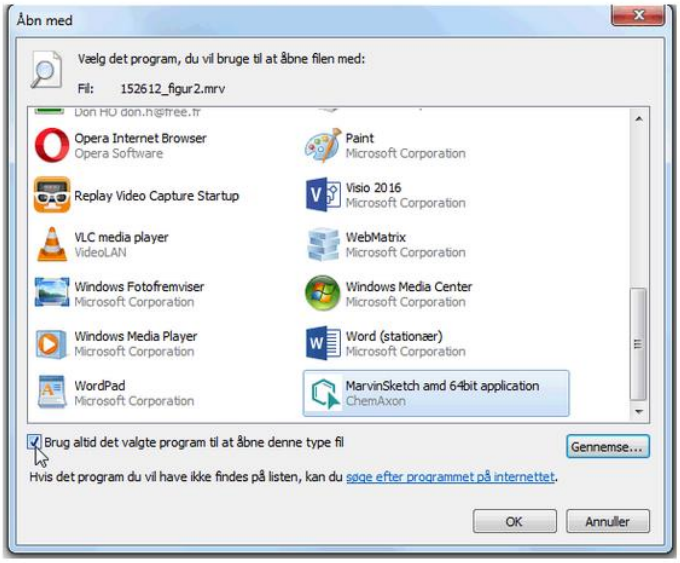
- Klik på Gennemse



- Find programmet og klik på Åbn.



- Ving af i "Brug altid det valgte program til at åbne denne type filer". Herefter klikkes der OK.



Bilag 8 - Kort om eksempler på digitalisering af enkelte opgaver i de vejledende sæt

I det følgende er kommentarer til udvalgte opgaver i de to første vejledende opgavesæt. I de to første vejledende opgavesæt er der en knap i menuen ”Teknisk hjælp”. Denne menuindgang giver mulighed for at åbne nogle pdf-filer med beskrivelserne. Ved de digitale opgavesæt til de skriftlige prøver vil denne indgang med ”Teknisk hjælp” ikke være til stede. Kommentarerne er primært til opgaver fra første vejledende opgavesæt, men der kan for flere af opgavetyperne findes tilsvarende opgaver i det vejledende opgavesæt 2. **Bemærk at internetadgang ikke er tilladt sommeren 2019.**

Sæt 1 - Opgave 1, b
Beregn $\Delta S°$ for reaktion 2.
Kommenter resultatet i forhold til reaktionsskemaet.

Eleven skal selv finde de nødvendige data for at besvare opgaven. Der kan benyttes forskellige kilder, fx Databogen fysik/kemi.

Sæt 1 - Opgave 1, c
Beregn indholdet af kobber i malmen udtrykt i masseprocent.

Eksempel på film af et eksperiment (findes flere i sættene). De nødvendige data for at besvare opgaven, skal findes ved at inddrage filmen. Vigtigt at eleverne trænes i fokuseret at bruge filmene, og ikke bare se dem igennem. Fx bør de opfordres til at læse den stillede opgave, inden de ser filmen, således at de ”ser med en retning”. Data skal aflæses/iagttages med den nøjagtighed, som der ligger i det eksperimentelle udstyr og lignende.

Sæt 1 - Opgave 2, a
Tegn strukturen af et stof, der er stereoisomer med A.
Benyt tegneprogram.

Det er muligt for eleverne at hente en fil med strukturen af A til henholdsvis ChemSketch og MarvinSketch. Det er herefter forventning, at eleverne arbejder videre med denne tegning af strukturformlen, og præsenterer /kopierer resultatet ind i sin besvarelse. Derfor skal eleverne være bekendt med, hvordan de henter og gemmer datafilerne, samt arbejder

med det anvendte tegnprogram. Det er selvfølgelig tilladt, at eleven tegner strukturen forfra – det er dog ikke tanken – eller benytter andre tegneprogrammer end de to nævnte. Dette vil ikke påvirke bedømmelsen, så længe det kemifaglige er et korrekt svar på opgaven.
Der er flere eksempler på denne inddragelse af tegneprogrammer i de vejledende opgavesæt.

Sæt 1 - Opgave 3, b
Angiv pK_s for kanelsyre.
Beregn pH i opløsningen

Værdien af pK_s opgives ikke, som det ofte gøres ved lignende opgaver i de "traditionelle" sæt. Derfor skal eleverne selv finde relevante værdier, fx ved brug af "simulerede" værdier fra et kemianalyseprogram, som fx MarvinSketch. Det gælder fortsat, at i de efterfølgende beregninger skal der argumenteres for brug af formlen til beregning af pH i en opløsning af en svag syre. Der er endvidere gode muligheder for at inddrage matematik på relevant måde ved løsning af denne typeopgave. I den forbindelse skal man være opmærksom på, at eleverne skriver en "forståelig" besvarelse, dvs. besvarelsen må ikke være pakket ind i matematikprogrammets notation, som ikke er acceptabelt som kemifagligt sprog.
I forbindelse med søgning på nettet kan det være en god ide at omtale for eleverne i den daglige undervisning, at pK_s i engelsksproget sammenhæng kaldes pK_a.

Sæt 1 - Opgave 3, c
Generer et ^{1}H-NMR-spektrum med integralkurver af kanelsyre.
Forklar integralforholdene for signalerne i spektret ud fra kanelsyres struktur.

Bemærk at denne type opgaver ikke stilles fra sommer 2019.
Det forventes, at eleven kan udarbejde et ^{1}H-NMR-spektrum typisk ved brug af et kemiprogram. Der er ikke krav til et specifikt program, bare svaret er klart forståeligt for en censor. Det kan være en fordel, hvis eleven angiver programmer, som er benyttet. Det er også tilladt at benytte programmer, som findes på internettet.
Man skal være opmærksom på, at spektrenes udseende kan variere alt afhængig af det anvendte program, samt indstillinger i programmerne. Især vil *spektrometerfrekvensen* have betydning for ^{1}H-NMR spektret, og derfor ville denne angives i opgaveteksten. Det er i den konkrete opgave gjort i den efterfølgende tekst "På figur 6 ses et ^{1}H-NMR-spektrum af produktet. ^{1}H-NMR-spektret er kørt ved 500 MHz". I den daglige undervisning skal eleverne trænes i betydningen for spektrets udseende ved at ændre spektrometerfrekvensen, således at de kan inddrage dette aspekt i besvarelser af opgaver, hvor man skal generere et ^{1}H-NMR-spektrum.
I opgave 3, d skulle man identificere urenheden i produktet. Opgaven blev på konferencen i foråret 2016 kritiseret for at være for kompleks for eleverne. Opgavekommissionen og fagkonsulenten har taget dette til efterretning, og opgavetypen vil ikke benyttes i et ordinært sæt.

Sæt 1 - Opgave 3, e
Tegn en graf, som viser, hvordan log *D* afhænger af pH for kanelsyre.
Forklar, hvorfor pH reguleres før ekstraktionen.

Bemærk at denne type opgaver ikke stilles fra sommer 2019. Hvis en graf af log D ønskes tegnet vil der være givet en datafil, således dette er muligt. Tegning af en sådan graf vil kunne ske med forskellige typer af programmer, inklusiv programmer som findes på nettet. Der er ikke et krav om anvendelse af et bestemt program, men det er vigtigt med en kilde til, hvordan tegningen er fremkommet (kilde til programmet, webside osv). Tegningen af grafen er i sig selv ikke så interessant ud fra en kemisk synsvinkel. Men når det kobles, som her, med en forklaring på, hvorfor pH reguleres i syntesen, bliver grafen og forståelse af denne, et nyttigt redskab i besvarelsen af opgaven.

Sæt 1 - Opgave 4, a
Beregn stofmængdekoncentrationen af sucrose i blandingen.

En klassisk stofmængdeberegningsopgave, hvor der ikke er forskel på denne opgavetype i de ”traditionelle” sæt og de digitale. Der skal fortsat være en passende begrundelse for beregningerne. Det eneste ”nye” er, at eleverne skal kunne opskrive beregningerne med relevant dokumentation på en måde, således at besvarelsen er til gængelig digitalt.

Sæt 1 - Opgave 4, b
Vis, at hastighedsudtrykket med god tilnærmelse svarer til en 1. ordens reaktion med hensyn til sucrose for sucrosekoncentrationer under 0,02 M.
Beregn hastighedskonstanten for 1.ordens-hastighedsudtrykket.

Et eksempel på en opgavetype, hvor eleverne skal kunne hente data fra filer og viderebehandle disse i et regneark eller matematikprogram. I denne opgave skal man være opmærksom på, at eleverne skal kunne trække den relevante del af data ud, til at vise den ønskede reaktionsorden. Der gælder de samme krav til dokumentation i de digitale opgaver, som i dag gælder for de ”traditionelle” sæt. Se eventuelt evalueringsrapporter og ”Gode råd til de skriftlige prøver”.

Sæt 2 - Opgave 3, a
Tegn alle stereoisomere former af whiskylacton, så deres forskelle i rumlig opbygning fremgår.
Angiv, hvilke strukturer der er enantiomere par (hinandens spejlbilleder).

Ved besvarelse af denne opgave er det forventningen, at strukturformler for alle fire forbindelser tegnes, samt at dette sker ved brug af markeringer, som viser den rumlige opbygning. Det vil i tegneprogrammerne normalt ske ved brug af bindinger af typen ”kiler”, som er ”stiplede” og ”optrukne”.