



STYRELSEN FOR
UNDERVISNING OG KVALITET

Lærerenes hæfte 2024-25. Vejledning til skriftlig kemi A stx

Styrelsen for Undervisning og Kvalitet

Lærerens hæfte 2024-25. Vejledning til skriftlig kemi A stx
Styrelsen for Undervisning og Kvalitet

juli 2024

ISBN nr. [xxx xxx xxx] (web udgave)

Design: Center for Kommunikation og Presse

Denne publikation kan ikke bestilles.

Der henvises til webudgaven.

Publikationen kan hentes på:

www.uvm.dk

Børne- og Undervisningsministeriet

Styrelsen for Undervisning og Kvalitet

Teglholmsgade 1

2450 Kbh. SV.

Indhold

1.	Forord	4
2.	Hvad er et digitalt opgavesæt?	5
2.1	Digitale elementer i opgavesættene	5
3.	Kort om opgavesættens opbygning	6
4.	Typeord i skriftlige kemiopgaver	7
5.	Gode råd og rammer	10
5.1	Gode generelle råd	10
1.1.1	Eksaminanderne skal vænnes til at dokumentere og forklare	10
5.1.1	Opgaver med flere spørgsmål	10
5.1.2	Eksaminanden bør prøve at besvare alle spørgsmål fokuseret	10
5.1.3	Eksaminanden skal ikke skrive opgaveteksten af	11
5.1.4	Eksaminanderne skal kunne aflæse grafer præcist	11
5.2	Ofte forekommende faglige områder og opgavetyper	11
5.3	Isomeri	12
5.4	Navngivning	13
5.4.1	Specielt om navngivning af organiske forbindelser	14
5.5	Funktionelle grupper og stofklasser	14
5.6	Reaktionstyper	16
5.7	Fordelingsligevægte og opløselighed	17
5.7.1	Polaritet og blandbarhed	18
5.8	Syre-base ligevægte	22
5.9	Beregning af pH ved brug af it-redskaber	23
5.10	Termodynamik	23
5.10.1	Brug af standardtegn i kemisk termodynamik i gymnasiet	25
5.11	Spektroskopi	25
5.12	Talforståelse, herunder brug af betydende cifre, enheder og fagsprog	28
5.13	Lineære modeller i kemiske problemstillinger (fx reaktionsorden og spektrofotometri)	29
5.14	Modeller og eksperimentelle data	31
6.	Bedømmelse ved de skriftlige prøver i kemi	33
7.	Links	35

1. Forord

Hæftet er en lærervejledning til brug ved de skriftlige prøver i kemi A. Det indeholder en tydeliggørelse af forventningerne til den skriftlige prøve. Hæftet beskriver digitale elementer i opgaverne, eksempler på ofte forekommende faglige områder og opgavetyper, samt gode råd til elevernes daglige arbejde med opgaverne. Sammen med læreplanen, vejledningen hertil, samt de tidligere skriftlige opgavesæt, er Lærerens hæfte, således med til at sætte rammerne for den skriftlige prøve i kemi A. Hæftet indeholder en liste med typeord, der anvendes i opgaverne. Typeordene giver en indikation af omfanget af en fyldestgørende besvarelse. Typeordene er således også henvendt til eleverne.

Det er håbet, at hæftet vil bidrage til hjælp til den daglige undervisning i kemi A. Hæftet sammenfatter desuden erfaringer fra den skriftlige censur af de væsentlige problemfelter i eksaminandernes besvarelse samt gode råd til den daglige undervisning.

Til den skriftlige prøve forudsættes det at eksaminanden har adgang til DATABOG fysik kemi (F&K Forlaget), 11. udgave (2007) eller senere udgave.

I denne udgave er der lavet følgende ændringer: Versionen af ChemSketch og MarvinSketch, hvormed filerne i opgavesættet bliver oprettet, er opdateret.

Endvidere er typeordlisten reduceret og dermed opdateret med udgangspunkt i de senere års anvendelse af typeordene. Der er indført accent aigu, således oplæsningsprogrammer undgår fejloplæsning af typeord med trykstærke udtalelser.

De digitale skriftlige opgavesæt kan hentes i prøvebanken.dk, se eventuel oversigten med links.

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

Med venlig hilsen

Mette Malmqvist, fagkonsulent i kemi ved de gymnasiale uddannelser

Mette.Malmqvist@stukvum.dk

Samt opgavekommissionen for kemi A på stx:

Esben Weiss Rossel, Allerød Gymnasium;

Heidi Graversen, Sct. Knuds Gymnasium;

Keld Nielsen, Køge Gymnasium;

Kim Rongsted Kristiansen, Roskilde Gymnasium

2. Hvad er et digitalt opgavesæt?

Et digitalt opgavesæt er opbygget som en webside. Filerne, som tilsammen udgør webstedet med et opgavesæt, bliver hentet af eleverne via Netprøver.dk. Det er vigtigt, at orientere sig i hvilke browsere, som kan benyttes, og på hvilke platforme, da man ellers ikke kan være sikker på, at opgavesættets websider fungerer efter hensigten.

De digitale prøver er uden netadgang, hvilket begrænser de digitale elementer, som kan anvendes.

Bemærk endvidere at eleverne kun har online adgang til de værktøjer, der har været anvendt i undervisningen og dermed ikke retsmæssig adgang til andre værktøjer på en given hjemmeside, jf. orienteringen om fortolkningen af §15 stk. 2 <https://www.uvm.dk/gymnasiale-uddannelser/proever-og-eksamen/regler-og-orienteringer/generelle-regler-og-orienteringer>.

2.1 Digitale elementer i opgavesættene

Videoer

- Videoer kan vise en metode eller elementer fra eksperimentelt arbejde.

Større datafiler

- Større datamængder kan inddrages ved analyser, for eksempel af eksperimentelle data.
- Data leveres som Excel-filer oprettet med dansk decimalkomma.¹

Filer til kemiske tegneprogrammer

- Filer med kemiske strukturformler eller reaktionsskemaer kan gives, så eleverne kan bearbejde disse materialer direkte i et kemisk tegneprogram.
- De anvendte programmer er ChemSketch 2023 og MarvinSketch 24.xx². Hvis der skulle komme nye versioner inden prøvesættet skal anvendes, bliver det undersøgt om filerne fra opgavesættet kan åbnes i de nye versioner.

Andre it-redskaber

- Databehandlings-, tekstbehandlings- og tegneprogrammer anvendes på en måde, der svarer til elevernes daglige arbejdsform.

Det er vigtigt i den daglige undervisning at arbejde med brugen af de ovennævnte digitale elementer, så eleverne opnår rutine inden prøven.

¹ Fra matematikvejledningen (tjekket 1.7.2024): "Eleverne skal opnå fortrolighed med gængse regnearkskommandoer, der gør dem i stand til at bearbejde store datasæt i en statistisk analyse, herunder modellering med brug af regression. Det er en del af undervisningen, at eleverne lærer at importere store datasæt i deres matematiske værktøjsprogram med henblik på videre bearbejdning, herunder datamanipulation (med gængse kommandoer), grafisk repræsentation, bestemmelse af simple statistiske deskriptorer mv. Det betyder blandt andet, at eleverne skal kunne håndtere even-tuelle tekniske problematikker knyttet til deres matematiske værktøjsprogram vedrørende brug af decimalkomma og decimalpunktum samt andre tekniske udfordringer."

² xx betyder at der kan være forskellige versioner, men at så længe der står 24 forrest kan versionen bruges til at åbne filerne med.

3. Kort om opgavesættes 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 (DATABOG fysik kemi, F&K Forlaget), 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 hvor funktionsudtrykket skal anvendes. Opgaverne kan også indeholde data, som skal benyttes til at afbilde sammenhænge mellem forskellige størrelser. Der forekommer delopgaver, som kræver brug af it-redskaber for at kunne løses. For eksempel 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. Disse kan give en indikation af omfanget af den fyldestgørende besvarelses omfang.

Den skriftlige prøve er af 5 timers varighed, og udlevering af prøvesæt og aflevering af prøvebesvarelse foregår via Netprøver.dk.

4. Typeord i skriftlige kemiopgaver

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, for eksempel 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. På EMU.dk findes en fil med typeordene, dette for at lette uddeling til eleverne.

Afstem

Omfanget af en medfølgende tekst, som beskriver fremgangsmåden ved afstemningen, vil afhænge af reaktionstypen. For eksempel 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.

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.

Argumentér

På baggrund af givne informationer skal der fremføres en faglig 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 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 argumentationen. 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, for eksempel i form af et passende antal betydende cifre.

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, for eksempel 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.

Identificer

Der præsenteres for eksempel 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 for eksempel 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. For eksempel kan der være tale om kort at forklare betydningen af en beregnet termodynamisk størrelse.

Markér

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.

Opskriv

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

Redegør/Gør rede for

En redegørelse er en struktureret og fagligt begrundet fremstilling af en kemisk problemstilling. For eksempel kan redegørelsen dreje sig om en kobling mellem en kemisk forbindelses struktur og dens egenskaber.

Undersøg

Ud fra for eksempel 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 for eksempel 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 for eksempel inddrage beregninger, fremstilling af grafer, regression og tegning af strukturer, men det er væsentligt, at dokumentationen knyttes sammen af en tekst, som efterviser påstanden.

5. Gode råd og rammer

5.1 Gode generelle råd

1.1.1 Eksaminanderne skal vænnes til at dokumentere og forklare

Det er eksaminandens opgave, at den kemiske tankegang, 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. **For eksempel 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.

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.

Lidt firkantet sagt, kan man sige, at besvarelsen skal indeholde det kemisk relevante, for eksempel tal/data, reaktionsskemaer, strukturformler, grafer, figurer, relevant forklarende tekst osv., men hvilket program (et regneark, en grafisk lommeregner, WordMat, TI-Nspire, Maple eller eventuel papir og blyant) og måden det er anvendt på, er sådan set ligegyldigt. Det betyder for eksempel for en beregning, at formlen opskrives med symboler, der indsættes tal og enheder, opskrives et resultat efterfulgt af en konklusion med det afrundede facit. Det er vigtigt for at kunne følge elevens tankegang, at der er enheder på tallene enten i indsættelsen eller opskrevet inden indsættelsen i formlen.

At "-dokumentere anvendte informationer fra forskellige kilder" indebærer ikke DATABOG fysik kemi, F&K Forlaget, idet der pt. kun forudsættes en udgave, nemlig 11. udgave. Der forventes heller ikke dokumentation fra videoen, ligesom det heller ikke forventes at eleverne skal anføre fra hvilken linje i opgavesættet, de har en given information fra. Eleverne kan dog med fordel i starten af besvarelsen for eksempel skrive: "I opgaven er det givet at ... $c = \dots$ ". I det tilfælde der er anvendt øvrige kilde, angives disse, hvor de er anvendt.

5.1.1 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.

5.1.2 Eksaminanden bør prøve at besvare alle spørgsmål fokuseret

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.

Undertiden skal eksaminanden anvende resultatet fra for eksempel 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...".

5.1.3 Eksaminanden skal ikke skrive opgaveteksten af

Eksaminanderne bør ikke kopiere eller skrive dele af opgaveteksten af i en skriftlig opgavebesvarelse. De skriftlige prøver i kemi er en genre, hvor det er veldefineret for modtageren af opgaven (sensor), hvad opgaven består i, og derfor hvordan den bør besvares (sensor 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.

Hvis eksaminanden indsætter dele af opgaveteksten i opgaven for overskuelighedens skyld, bør de slette dette inden de afleverer, idet gennemskueligheden mindskes mellem eksaminandens egen besvarelse, som skal bedømmes, og materialer, som ikke må indgå i bedømmelsen. Endvidere vil en plagiatkontrol "fange" det. Det eneste, de kan **overveje** er at tage et skærbillede af, er den enkelte delopgaves formulering.

5.1.4 Eksaminanderne skal kunne aflæse grafer præcist

Både eksperimentelle problemstillinger og behandling af grafer inddrages i de skriftlige opgaver. For eksempel 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. Det forventes endvidere at eksaminandens aflæsning på grafer er markeret på grafen, således denne er dokumenteret. Meget upræcis aflæsning af grafer vil oftest føre til forkerte kvantitative resultater. Inddelingen på grafen sætter rammen for hvor præcis værdien kan aflæses. Det er således muligt at aflæse med en decimal mere end inddelingen af grafen.

5.2 Ofte forekommende faglige områder og opgavetyper

Ved de skriftlige prøver kan der stilles opgaver i hele kernestoffet og problemstillinger i tilknytning hertil. Der er dog nogle faglige områder og typer af opgaver, der ofte optræder, som vist i eksemplerne nedenfor. Vær opmærksom på at listen ikke er udtømmende.

- bestemme en empirisk formel ud fra masseprocent fra en elementaranalyse, herunder at kende forskel på molekylformel og empirisk formel
- 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 blandt andet inddrager beregninger med masse, stofmængde, stofmængdekonzentration, 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-trans*-isomere 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 og deres intensiteter over 1500 cm^{-1} i IR-spektre
- analysere et $^1\text{H-NMR}$ ved at identificere kemisk skift, integral, koblingsmønstre, 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 aktuell koncentration og partialtryk
- beregne en ligevægtskonstant henholdsvis reaktionsbrøk ud fra givne talværdier
- beregne stofsammensætningen ved ligevægt, både med aktuell koncentration og partialtryk
- beregne tilvæksten (ved standardbetingelser og 25 °C) i de termodynamiske størrelser ud fra tabelopslag, og kommentere på resultatets betydning i relation til et reaktionsskema
- bestemme termodynamiske størrelser ud fra en grafisk afbildning
- beregne pH i vandig opløsning af en stærk henholdsvis ikke-stærk syre henholdsvis base
- beregne pH i et puffersystem
- afbilde en titrercurve ud fra givne data, aflæse og anvende et ækvivalenspunkt på en titrercurve samt bestemme pK_s
- aflæse syre- henholdsvis basebrøken ud fra et bjerrumdiagram
- angive en egnet syre-baseindikator ud fra en titrercurve
- identificere både uorganiske og organiske reaktionstyper³ ud fra et givet reaktionsskema
- anvende (klassiske) organiske testmetoder, for eksempel Fehlings prøve, i forbindelse med stofidentifikation
- vurdere organiske forbindelsers polaritet og opløselighedsforhold
- afgøre hvilken reaktionsorden et sæt af data kan beskrives ved, for eksempel ud fra en graf
- afgrænse et sæt af data fra et større datamateriale til en videre kvantitativ analyse, for eksempel ved reaktionskinetiske undersøgelser
- at bruge et funktionsudtryk for en reaktion til at bestemme koncentrationen af en reaktionsdeltager til et givet tidspunkt
- ud fra et sæt data sandsynliggøre at Lambert-Beers lov kan beskrive data
- gennemføre simple beregninger ved anvendelse af Lambert-Beers lov
- analysere forskellige former for chromatografi
- analysere en graf, som viser $\log D$'s afhængighed af pH og knytte dette til et stofs struktur

5.3 Isomeri

Eksaminanderne skal kunne identificere, hvilken type isomeri der kan knyttes til konkrete kemiske forbindelser. 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. Et skærmbillede fra MarvinSketch eller ChemSketch skal følges af en forklaring, der tager udgangspunkt i det viste.

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

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 omfatter strukturisomeri i form af kæde-, stillings- og funktionsisomeri og stereoisomeri i form af spejlbilled- og *cis-trans*-isomeri. Spejlbilledisomeri betegnes i gymnasieskolens undervisning også som for eksempel optisk isomeri. Det er ikke afgørende hvilken betegnelse eksaminander benytter (så længe den er faglig korrekt). *Cis-trans*-isomeri betegnes også som geometrisk isomeri eller *E-Z*-isomeri i danske lærebogssystemer. Til de skriftlige prøver benyttes dog betegnelsen *cis-trans*-isomeri, fordi det er denne som anbefales i IUPAC's Gold Book.

5.4 Navngivning

Navngivning af kemiske forbindelser i den gymnasiale kemiundervisning tager i videst muligt omfang udgangspunkt i IUPAC's anbefalinger og tilpasninger til dansk, som de kommer til udtryk på [Dansk Kemisk Nomenklatur](#)⁴. 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". Dette ses især inden for navngivning i uorganisk kemi jævnfør [Dansk oversættelse af uorganisk kemisk nomenklatur, IUPAC i 2015](#).

IUPAC's anbefaling ved opskrivning og navngivning af binære forbindelser mellem ikke-metaller er, at man følger en rækkefølge givet i grundstoffernes periodesystem, dog undtaget hydrogen⁵ B, Si, C, As, P, N, H, Te, Se, S, O, At, I, Br, Cl, F (her er kun listet ikke-metallerne). Forskellen fra tidligere anbefalinger er, at oxygen har flyttet position. Et eksempel er den kemiske forbindelse med formlen O₂Cl (eller bedre kendt ClO₂), 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 ionforbindelse, for eksempel FeCl₂ kan den navngives som jern(2+)chlorid eller jern(II)chlorid. Begge metoder vil kunne benyttes i undervisningen. For enatomige metalioner er anbefalingen at angive navn og herefter ladningstal i parentes i stedet for oxidationstal, for eksempel jern(2+).

⁴ Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg står for den danske version af IUPAC-nomenklaturen og redigerer hjemmesiden [Dansk Kemisk Nomenklatur](#). IUPAC udsender med mellemrum nye anbefalinger, og således skal nomenklatur 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.

⁵ 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.

5.4.1 Specielt om navngivning af organiske forbindelser

Navngivning inden for organisk kemi følger som nævnt ovenfor IUPAC's anbefalinger, som de kommer til udtryk på www.kemisknomenklatur.dk. IUPAC's anbefaling vil blive fulgt i forbindelse med de skriftlige prøver i kemi.

I organisk kemi i gymnasieskolen benyttes primært substitutiv nomenklatur, men accepterede og ofte benyttede trivialnavne på kemiske forbindelser benyttes, hvor det er mere naturligt, for eksempel for aminosyrer, carbohydrater, nucleinsyrer og lipider. Ved navngivning af *cis-trans*-isomeri benyttes både *cis*, *trans* og *E, Z*-navngivning.

Ved anvendelse af substitutiv nomenklatur til navngivning behandles en kemisk forbindelse som en kombination af en stamforbindelse og karakteristiske grupper af hvilke én tildeles rollen som principal karakteristisk gruppe. Læs mere om forskellen på karakteristiske og funktionelle grupper i afsnit "5.5 Funktionelle grupper og stofklasser".

Nogle traditionelle navne (for eksempel styren, urinstof) bruges også i den systematiske nomenklatur. Læs mere på [Dansk Kemisk Nomenklatur](#).

I opgaver med navngivning af organiske forbindelser er det væsentligt, at delementerne i navnet tydeligt relateres til strukturen, og at der redegøres for disse delementers bidrag til navnet. Delementerne kan være **endelsen**, herunder prioritering blandt funktionelle grupper, **hovedkædens længde**, **sidekæder** samt **nummerering**. Sammenknytningen mellem delementer i navnet og strukturen kan for eksempel ske ved markering på en tegning eller i tekst. Det afgørende i besvarelsen er, at eksaminandens tankegang tydeligt fremgår af besvarelsen.

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.

5.5 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](#).

De forskellige undervisningsmaterialer, som har været benyttet i den daglige undervisning igennem tiden, bruger både funktionelle grupper og karakteristiske grupper. For eksempel 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 synonymmer. De to begrebsdannelser er dog ikke synonymmer. 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. For eksempel

ekskluderer karakteristiske grupper 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 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, $-CHO$, $-C\equiv N$, $-COOH$ and NCO , attached to a parent hydride.

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.

Aromatiske strukturer er ikke medtaget som en del af 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 opfatter derfor disse som tilhørende stofklassen alkener.

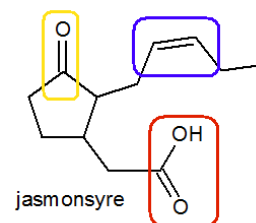
Ifølge IUPAC's anbefalinger er det tilladt at skrive både Kekulé samt en 6-leddet ring med cirkel i. Jævnfør Graphical representation standards for chemical structure diagrams, IUPAC, s. 382, <https://www.iupac.org/publications/pac/pdf/2008/pdf/8002x0277.pdf>.

I opgavesættene til den skriftlige eksamen vil det fastholdes at skrive den 6-leddede ring med cirkel for at undgå, at eksaminanderne 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.

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. Dette blandt andet fordi en del simple delopgaver bygger på identifikationen af funktionelle grupper og stofklasser. Ofte kan simple opgaver med identifikation af 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	alken



5.6 Reaktionstyper

Eleverne skal kunne en række reactionstyper. En nærmere liste er angivet i læreplanerne for kemi A, og er beskrevet i flere detaljer i de tilknyttede vejledninger. Mange eksaminander forbinder reactionstyper udelukkende med de organiske reactionstyper og glemmer, at de også har stiftet bekendtskab med reactionstyper som i lige så høj grad knyttes til reactioner med uorganiske forbindelser, for eksempel syre-basereaktioner eller redoxreactioner. Det er vigtigt, at vedligeholde den brede forståelse af reactionstyper, således at det ikke udelukkende knyttes til organiske reactioner.

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

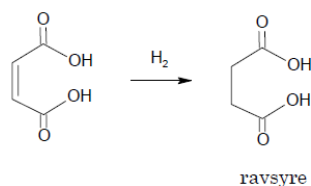
Man skal være opmærksom på, at der kan være forskel på beskrivelsen af reactionstyper i gymnasiets kemiundervisning, og den eleverne senere møder i kemiundervisning på for eksempel universitetsniveau. Typisk vil der være tale om nuanceringer og begrebsudvidelser på de efterfølgende niveauer af kemiundervisning i forhold til gymnasiets kemiundervisning.

Nogle opgavetyper omhandler redoxreactioner, for eksempel at man skal vise, at der er tale om en redoxreaction. 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 reactioner i gymnasiets kemiundervisning refererer til, at bindinger ved dobbelt- eller tripelbindinger mellem C-atomer brydes. En omdannelse fra carbonylgruppe til hydroxygruppe betragtes som en reduktion.

Nedenfor ses et par eksempler (Bemærk at Typeordet "Angiv" tidligere var inkl. begrundelse),

Et eksempel fra Ravsyre, maj 2009

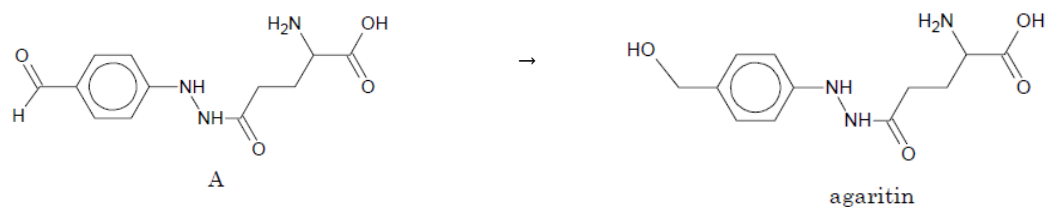


a) Angiv reaktionstype for reaktionen.

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 andet eksempel fra phenylhydraziner i champignon maj 2011



Eksempel på svar:

I reaktionen fra A til agaritin sker der ændring ved det C-atom til venstre. I A er oxidationstallet for dette C-atom +1, mens det tilsvarende C-atoms oxidationstallet i C er -1. Da oxidationstallet mindskes ved reaktionen, er reaktionstypen en reduktion.

5.7 Fordelingslignevægte og opløselighed

Heterogen ligevægt er en del af kemi A's kernestof. Inden for dette faglige område behandles blandt andet væske-væske fordelingslignevægte, 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.



Følgende omhandler præcisering i terminologien for sådanne fordelingslignevægte, som vil blive benyttet ved de skriftlige prøver i kemi A. Præciseringen følger anbefalingerne i IUPAC's Gold Book⁶.

⁶ [The IUPAC Compendium of Chemical Terminology](#) er anbefalingerne at P betegnes med partition ratio ([IUPAC - partition ratio \(P04440\)](#)), og at D betegnes med distribution ratio ([IUPAC - distribution ratio \(D01817\)](#)). På dansk 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.

Ligevægten (1) betegnes som fordelingsligevægten for "HA". Den tilhørende ligevægtskonstant kaldes fordelingskonstanten, som fremover vil angives med K_F henholdsvis P (begge betegnelser kan benyttes). Det vil sige for eksemplet ovenfor gælder

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

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

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

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 en polaritetsanalyse, det vil sige en vægtning af polære og upolære grupper samt syre-baseegenskaberne indflydelse på polaritet og dermed opløselighed i henholdsvis vand og octan-1-ol.

5.7.1 Polaritet og blandbarhed

Opgaver med polaritet og blandbarhed findes i mindst tre forskellige typer:

1. simpel fordeling i faser
2. sammenligning af flere forbindelser
3. fordelingsforholdet, D , der afhænger af pH, hvis en forbindelse har syre-baseegenskaber.

En fyldestgørende besvarelse indeholder en polaritetsanalyse af en eller flere forbindelser. En polaritetsanalyse er en redegørelse for forbindelsernes polaritet, hvilket omfatter en overordnet karakterisering af forbindelserne som overvejende polære eller upolære. Dette kan for eksempel gøres igennem kortlægning af indholdet af polære bindinger (fx O-H, C=O, N-H) og upolære bindinger (fx C-H). Dertil kommer eventuelle overvejelser omkring syre-baseegenskaber i relation til pH i en eventuel vandfase.

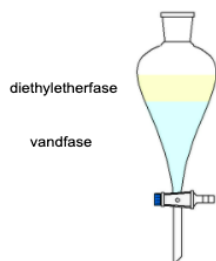
Endvidere inddrages for eksempel opløsningsmidlets polaritet/kolonnens polaritet. En egentlig polaritetsanalyse af opløsningsmidlerne forventes kun, hvis der specifikt spørges til det.

Problemstillingerne i opgaverne kan således lægge op til kvalitativ argumentation, eller inddrage kvantitative aspekter som pH-værdier, pK_s og $\log D$.

Nedenfor findes en række løsningsforslag på ovennævnte typeopgaver.

Opgave 2b december 2019 er et eksempel på simpel fordeling i faser:

Under lagring nedbrydes humle. Derfor frysetørres humlen eller forhandles som humleekstrakt, som indeholder humlens aromastoffer. Man kan justere bitterheden af øl ved at tilsætte humleekstrakt.



Figur 2.2

Aromastofferne kan isoleres i en vandfase, og derefter gennemføres en væske-væske ekstraktion mellem en polær og en upolær fase, som vist i figur 2.2.

I humle findes også aromastoffet hexanal, der dufter af græs.

b) Redegør for, om hexanal vil befinde sig i vand- eller diethyletherfasen efter ekstraktionen. Argumenter ud fra opløsningsmidlernes og hexanals struktur.

Løsningsforslag af opgave 2b december 2019

Opløsningsmidlet vand er polært, da det udelukkende indeholder polære O-H-bindinger. Det gør, at vand-molekylet indeholder en dipol. Diethylether består af ti upolære C-H-bindinger, to upolære C-C-bindinger samt to mindre polære C-O-bindinger, hvorfor diethylether bliver upolær.

Hexanal består af 12 upolære C-H-bindinger, fem upolære C-C-bindinger samt den polære C=O-binding i den ene ende. Hexanal er således mere opløseligt i diethylether end i vand. Hexanal befinder sig således hovedsageligt i diethyletherfasen efter ekstraktionen.

Opgave 3d maj 2020 er et eksempel på sammenligning af flere forbindelser.

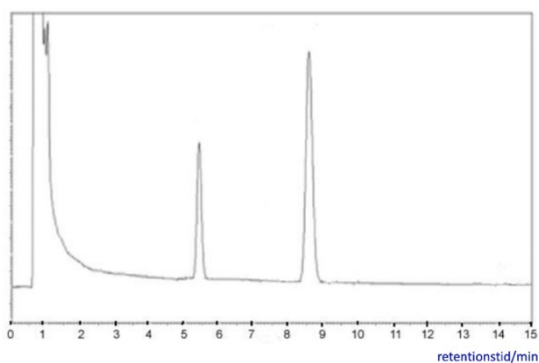
Indholdet af levonorgestrel i p-piller kan bestemmes ved en form for chromatografi, som kaldes HPLC.

Princippet i HPLC-analysen er, at en lille portion af pilleopløsningen føres igennem en kolonne af en væske under tryk. Kolonnen er således den stationære fase, og væsken er den mobile fase. Molekylerne kommer ud af kolonnen til forskellige tider, kaldet retentionstider.

Der udskrives et chromatogram, hvor retentionstiden er angivet på 1. akse.

I figur 3.4 ses chromatogrammet for prøveopløsningen fra de 10 p-piller.

Retentionstiden for ethinylestradiol er 5,45 min og for levonorgestrel 8,64 min.



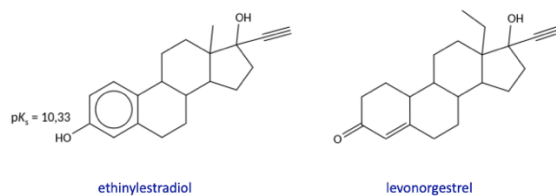
Figur 3.4

Den anvendte kolonne er upolær, og den mobile fase er en vandig opløsning med pH 7,0.

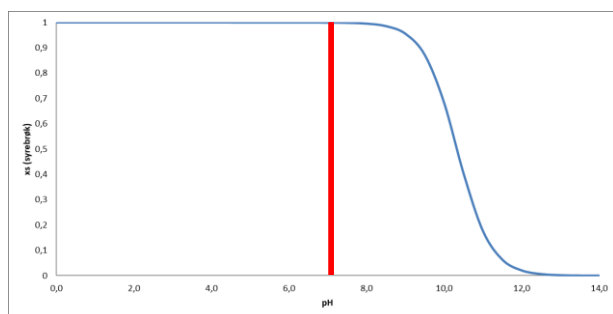
d) Forklar, hvorfor ethinylestradiol har kortere retentionstid end levonorgestrel ved HPLC-analysen. Inddrag stoffernes struktur og syre-baseegenskaber.

Løsningsforslag af opgave 3d maj 2020

Det ses af figur 3.1 at forskellen på ethinylestradiol og levonorgestrel er, at levonorgestrel indeholder en ekstra hydrofob methylgruppe (markeret med en blå ring). Endvidere er der forskel på den hydrofile gruppe. Ethinylestradiol har en hydrofil hydroxygruppe (-O-H-gruppe) mod levonorgestrel som har en carbonylgruppe (-C=O gruppe) (disse er markeret med en rød ring). Hydroxygruppen er mere polær end en carbonylgruppe grundet den større forskel i elektronegativitet.



Figur 3.1



Ethinylestradiol er en svag syre med pK_s på 10,33. Den er dermed på syreform og uladet ved pH 7 i den mobile fase. Jævnfør bjerrumdiagrammet.

Derfor bidrager syrebaseegenskaberne ikke til kortere retentionstid.

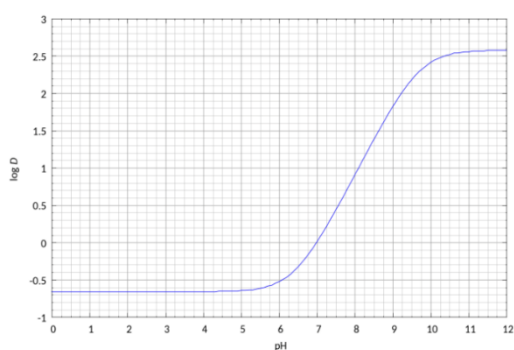
Forskellen i retentionstid skyldes således, at ethinylestradiol har en hydroxygruppe i forhold til levonorgestrels carbonylgruppe og den ekstra hydrofobe methylgruppe, hvorfor ethinylestradiol blandes bedre med den vandige mobile fase og bindes mindre til den upolære kolonne end levonorgestrel gør.

Opgave 2c august 2019 er et eksempel på fordelingsforholdet, D , der afhænger af pH, hvis en forbindelse har syre-baseegenskaber.

Der er en del bivirkninger forbundet med brugen af betablokkere, som i nogle tilfælde skyldes, at stofferne let passerer upolære membraner i kroppen. Man kan anvende stoffernes fordeling mellem vand og octan-1-ol til at vurdere i hvilket omfang, de kan passere de upolære membraner. Fordelingsforholdet, D , for propranolol, som er forholdet mellem stoffets formelle koncentrationer i de to faser, er givet ved

$$D = \frac{c_{\text{propranolol}}(\text{octan} - 1 - \text{ol})}{c_{\text{propranolol}}(\text{aq})}$$

Fordelingsforholdet er beregnet ved forskellige pH-værdier og resultatet er vist i figur 2.4.

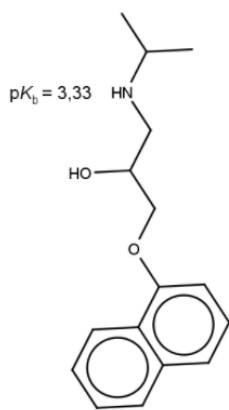


Figur 2.4

c) Forklar ændringerne i D , når pH stiger fra 0 til 12. Inddrag både propranolols struktur, som er vist i figur 2.1, og syre-baseegenskaber.

Løsningsforslag af opgave 2c august 2019

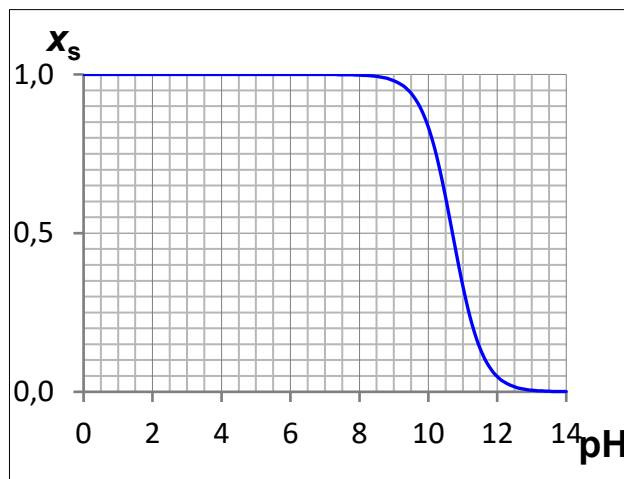
Fra pH 0 til ca 5,5 er fordelingsforholdet stabilt lavt og fra ca 10-12 er fordelingsforholdet stabilt højt. Ved $\log D$ på 0 vil der være lige meget i den polære som i den upolære fase. Ved pH 7 vender forholdet således, at der over pH 7 er mere af propranolol opløst i octan-1-ol og under pH 7 er der mere af propranolol opløst i vandfasen. Stoffet er derfor overvejende polært ved værdier under pH 7.



propranolol

Figur 2.1

Som det ses af figur 2.1 har propranolol har en sekundær aminogruppe med pK_b -værdi på 3,3, hvorfor det på syreform vil være ladet.



Det fremgår af bjerrumdiagrammet at propranolol vil være på syreform indtil pH 8 og dermed bidrager syre-baseegenskaberne til at molekylet er polært under pH 8.

Propranolol indeholder mange upolære bindinger og kun få polære bindinger (O-H, 2 C-O, N-H), hvorfor det uladet vil være upolært og binde sig til det upolære opløsningsmiddel octan-1-ol.

5.8 Syre-base ligevægte

Dette afsnit vil give en præcisering af betegnelserne hydronoverførsel, selvionisering og omdannelsesgrads anvendelse i forbindelse med de skriftlige opgaver.

Med overgangen til betegnelsen hydron for H^+ har betegnelse hydronolyse været anvendt for protolyse i flere gymnasielærebøger (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, for eksempel 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 det 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. Følgende betegnelser benyttes i forbindelse med syre-basekemi:

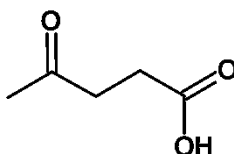
- hydronoverførsel - betegnelse for reaktionen, hvor en hydron afgives fra en syre til en base.
- selvionisering - betegnelse for ligevægten $H_2O(l) + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$.
- omdannelsesgrad - betegnelse den brøkdelen af det oprindelige antal syremolekyler, som har reageret.

5.9 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. 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 CAS-program. I princippet er CAS-programmet en lommeregner.

Et eksempel

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



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

Eksempel på en besvarelse:

Levulinsyre er en ikke-stærk syre, og derfor benyttes formelen nedenfor til at beregne koncentrationen af oxonium:

$$K_s = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{c_s - [\text{H}_3\text{O}^+]} \Rightarrow 1,66 \cdot 10^{-5} \text{ M} = \frac{x^2}{0,103 \text{ M} - x}$$

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

Da en koncentration ikke kan være negativ, er $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,00129932 \text{ M}$. Det betyder, at pH bliver:
 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(0,00129932) \approx 2,886284$.

pH i en 0,102 M opløsning af levulinsyre er 2,9.

Opgaven kan naturligvis løses fyldestgørende på andre måder. Hvis **pH-formler** benyttes skal de ledsages af argumentation for valg.

5.10 Termodynamik

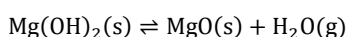
Mange eksaminander klarer i dag opgaver inden for termodynamik uden større problemer. Opgaver af for eksempel typen: Beregn entalpilvæksten for en given reaktion (ved hjælp af tabelværdier), er for mange eksaminander en typeopgave, hvor der ikke er tvivl om, hvad der præcist skal beregnes. Problemet 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 ($\Delta H^\circ = \sum H^\circ(\text{produkter}) - \sum H^\circ(\text{reaktanter})$), og derefter præsentere resultatet af beregningen, for eksempel ud fra et regneark eller et

matematikprogram, eller indsætte talværdier direkte i formlen uden en tydelig kobling mellem stof og data. Til en fyldestgørende besvarelse forventes, at eksaminanden dokumenterer sammenhængen mellem et stof (og dets tilstandsform) og data, for eksempel i tabelform eller ved opskrivning af udtrykket til beregning af ΔH° 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. Det vil sige at grundlaget for en beregning skal fremgå klart og ikke være "skjult" i for eksempel 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 for eksempel typen "da entropitilvæksten er positiv, bliver der mere uorden". Det er også vigtigt at inddrage molekylernes tilstandsform i denne kommentar.

Et eksempel fra opgave 4c, i opgavesættet fra den 28. maj 2024.

Følgende reaktion betragtes



Figur 4.2

Beregn ΔH° og ΔS° for reaktionen vist i figur 4.2.

Kommenter resultaterne i forhold til reaktionsskemaet.

Et eksempel på besvarelse

Det forventes ikke, at data er opskrevet i skema for at svaret er fyldestgørende.	H°	S°
MgO(s)	-601,60 kJ/mol	$26,95 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$
H ₂ O(g)	-241,8 kJ/mol	$188,8 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$
Mg(OH) ₂ (s)	-924,5 kJ/mol	$63,2 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$

$$\Delta H^\circ = H^\circ(\text{MgO}(\text{s})) + H^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) - H^\circ(\text{Mg(OH)}_2(\text{s}))$$

$$\Delta H^\circ = -601,60 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 241,8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 924,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = 81,1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Tilvæksten i entalpi ved standardbetingelser er $81,1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$. Idet ΔH° er positiv er reaktionen mod højre endoterm. Der optages varme ved reaktionen. Det er derfor et godt valg at opvarme til 750 °C.

$$\Delta S^\circ = S^\circ(\text{MgO}(\text{s})) + S^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) - S^\circ(\text{Mg(OH)}_2(\text{s}))$$

$$\Delta S^\circ = 26,95 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} + 188,8 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} - 63,2 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 152,55 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

Tilvæksten i entropi ved standardbetingelser er $152,55 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$. Da ΔS° er positiv, svarer det til, at der kommer mere uorden i systemet. Hvis man ser på reaktionsskemaet, så er der et fast stof og ingen gaspartikler på reaktantsiden, men et fast stof og en gaspartikel på produktsiden. Den øgede uorden i systemet er således knyttet til, at der bliver flere gaspartikler i systemet efter reaktionen.

I opgaver hvor eleverne skal beregne tilvæksten i standard Gibbs energi, er det vigtigt, at eleverne skelner mellem, om der regnes på et øjebliksbillede eller en ligevægt.

5.10.1 Brug af standardtegn i kemisk termodynamik i gymnasiet

Symbolerne "the Plimsol mark" (\ominus) og gradtegn ($^\circ$) kan begge benyttes til at angive, at en termodynamisk størrelse er givet ved standardtilstand. De to symboler accepteres ligeværdigt jævnfør IUPAC's Green Book: "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>. I de skriftlige opgaver i kemi vil gradtegnet ($^\circ$) blive benyttet som angivelse for standardtilstand i kemisk termodynamik. Men begge symboler vil blive accepteret i eksaminandernes besvarelser.

5.11 Spektroskopi

Løsning af spektroskopiopgaver kræver et forholdsvist stort omfang af dokumentation. Denne skal være i orden, for eksempel 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} . Det er her væsentligt, at elevernes opmærksomhed henledes på, at for eksempel en carboxylsyre vil give anledning til to bånd. Den gode besvarelse omfatter ikke kun angivelse af funktionel gruppe og tilknyttet bølgetalsområde, men omtaler også båndets karakter, for eksempel at der er tale om et bredt og kraftigt bånd, og den karakteristiske vibration, for eksempel et C-H stræk i tilknytning til en sp^2 -hybridisering.

Ved identifikation ved hjælp af $^1\text{H-NMR}$ skal eksaminanderne kunne bestemme strukturen af forholdsvis simple organiske molekyler. Ved bestemmelse af en strukturformel for en kemisk forbindelse med udgangspunkt i et $^1\text{H-NMR}$ -spektrum er det ikke tilstrækkeligt kun at angive en tabel med blandt andet aflæste kemiske skift, integraler, koblingsmønstre, antal nabo H-kerner, tilordningsforslag, og eventuelt dokumentere med typiske tabelværdier eller lave et "genereret" spektrum og så opskrivning af en kemisk strukturformel uden kommentarer. 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* for eksempel være at der i tilordningskolonnen vises en tydelig kombination af H-atomerne, der giver anledning til enkelte signaler i spektret i kombination med de tilhørende nabo-H-atomer, som giver anledning til signalernes koblingsmønstre. De enkelte signaler skal entydigt knyttes til delelementer i stoffets strukturformel. For en fyldestgørende besvarelse forventes endvidere at **tildelingen dokumenteres**. I stedet for at dokumentere med typiske tabelværdier kan eleverne med fordel anvende muligheden for at lave et "genereret" $^1\text{H-NMR}$ af det identificerede molekyle, for eksempel ved brug af MarvinSketch eller lignende kemiprogrammer. Det er i den forbindelse vigtigt, at angive hvilken spektrometerfrekvens, som spektret er optaget ved, for at kunne sammenligne med spektret fra opgaven.

En typeopgave med $^1\text{H-NMR}$ 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 at glemme først at fokusere på de dele af spektret, som kan knyttes til den kendte del af $^1\text{H-NMR}$ 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.

Et eksempel er vist fra en opgave (Hindbærketon, maj 2008), hvor opgaveteksten var: Bestem aromastoffets struktur.

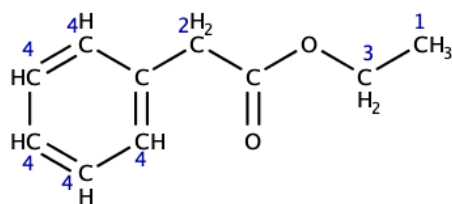
Vi ved, at stoffet har samme molekylformel som hindbærketon: $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$

Dobbeltbindingsækvivalenter findes for at bestemme antallet af dobbeltbindinger og/eller ringe.

$$\text{DBE} = (\text{antal C - atomer}) + 1 - \frac{(\text{antale H - atomer}) - (\text{antal N - atomer})}{2} = 10 + 1 - \frac{12}{2} = 5$$

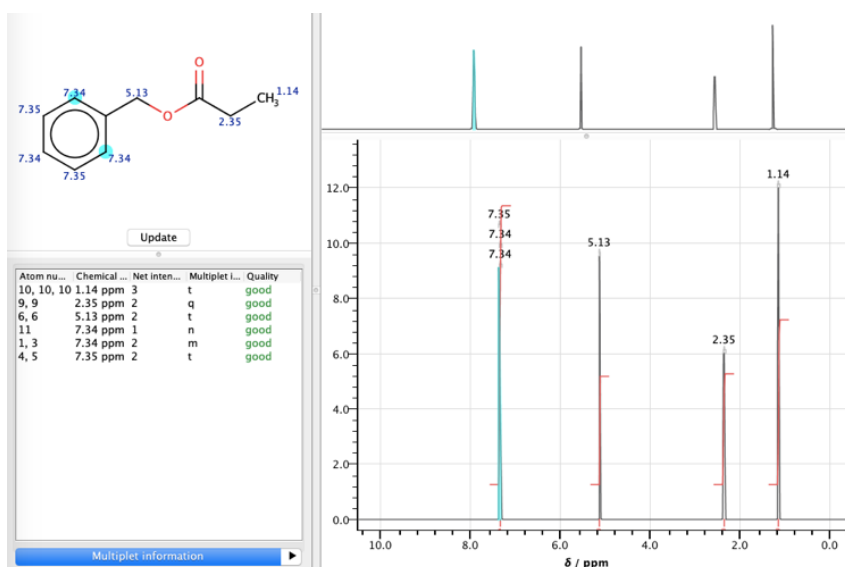
Der laves en tabel ud fra oplysningerne og ved hjælp af de typiske intervaller fra oversigtstabel over kemisk skift fra DATABOG fysik kemi (F&K Forlaget). De **tilordnede H-atomer** ved pågældende skift er markeret med fed, mens naboatomer er skrevet med almindelig skrift.

Aflæst				Tolkning		
Nr.	Kemisk skift	Integrale	Koblingsmønster	Antal H (ud fra integral og total antal H)	Nabo H-atomer (ud fra koblingsmønster)	Tilordning
1	1,25	3	Triplet	3	2	CH₃ – CH ₂ – O – C = O
2	3,55	2	Singlet	2	0	O = C – CH₂ – Ar
3	4,15	2	Kvartet	2	3	CH ₃ – CH₂ – O – C = O
4	7,3	5	Singlet	5	0	Ar- H

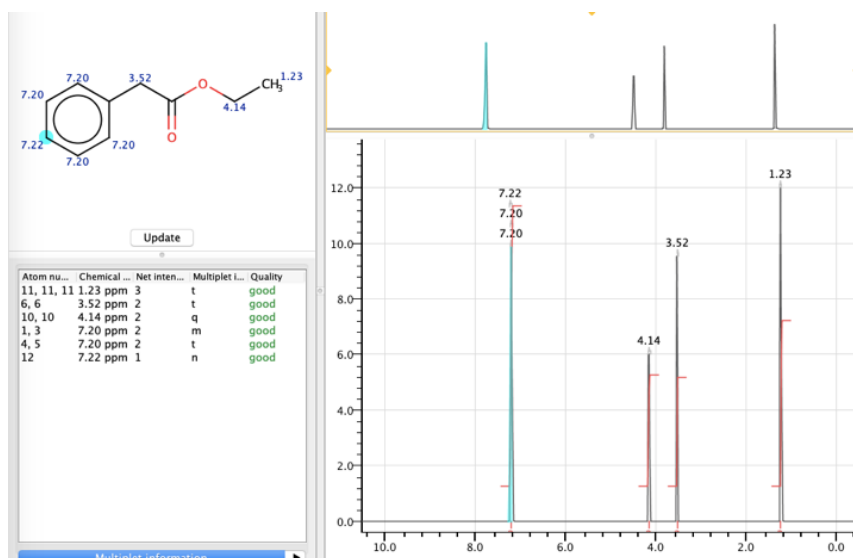


Tallene på strukturen henviser til nr. i tabellen. (Det kan naturligvis markeres på mange måder)

Strukturen stemmer overens med dobbeltbindingsækvivalenter på 5, idet den aromatiske ring bidrager med 4 og C=O den sidste. Estergruppen kunne vende modsat. For at verificere hvilken vej estergruppen vender "genereres" $^1\text{H-NMR}$ spektret i MarvinSketch af begge.



Hvis estergruppen vendte modsat af, hvad den gør på strukturen på figur 1, ville signal 2 have et højere kemisk skift, mens signal 3 ville have et lavere. Hermed er det verificeret, at strukturen er som vist på figur 1.



Dette kan naturligvis også verificeres ved hjælp af typiske intervaller fra oversigtstabel over kemisk skift fra DATABOG fysik kemi, F&K Forlaget eller lignende tabelværker.

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

Eksaminanderne skal have en god talforståelse i forbindelse med løsning af kemiske problemstillinger. Det betyder, bl.a. eksaminanderne skal kunne forholde sig fornuftigt til brug af enheder, antal betydende cifre og om en beregnet størrelse er realistisk. Det hører med til en naturvidenskabelig almindendannelse at kunne sammenholde beregnede størrelser med fænomener i virkeligheden. Man bør løbende i undervisningen træne eleverne i korrekt brug af enheder og antal 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, hvad der sker med enhederne i løbet af en beregning, og hvad en eventuel enhed skal være.

Der er nogle situationer, hvor det ikke er ligetil at argumentere for antallet af betydende cifre. Det gælder for eksempel ved linjens ligning og addition af decimal tal med forskelligt antal betydende cifre. Derfor vil det i de skriftlige opgaver i kemi accepteres, at det tal med færrest betydende cifre er det tal der bestemmer, hvor mange betydende cifre resultatet angives med. Det er også i nogle tilfælde uhensigtsmæssigt at benytte det korrekte antal betydende cifre, idet resultatet vil skulle angives med flere decimaler end et pH-meter kan måle. Hvorfor det accepteres som fyldestgørende at pH angives med **en** decimal uanset antallet af betydende cifre på den aktuelle koncentration af oxonium.⁷

I delopgaver, hvor der er særligt 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 blandt andet i forbindelse med brugen af matematikprogrammer. Det er derfor vigtigt, at lære eleverne at benytte matematikprogrammer som et redskab med anvendelse af kemisk fagsprog, for eksempel er *_gr* uhensigtsmæssigt som enhed for masse og vil påvirke bedømmelsen, idet der internationalt findes en række accepterede symboler, som eleven skal kunne benytte. Derimod er formelle fejl såsom enheder, der skrives med kursiv, symboler skrevet med ordinær skrift, punktum som decimal tegn og lignende uvæsentlige. Dette så længe anvendelse af for eksempel punktum som decimal tegn ikke er meningsforstyrende, således at teksten kan misforstås. Et eksempel på en anvendelse som kunne misforstås, kunne være, hvis eleven benytter punktum både som tusindtalsseparator og som decimal-komma.

Det er vigtigt, at fagsproget trænes løbende i den daglige undervisning.

⁷ Det korrekte antal betydende cifre for pH vil for eksempel være 3 decimaler, hvis der er 3 betydende cifre på den aktuelle koncentration af oxonium. Dette for at der ikke skal opstå afrundingsfejl ved tilbageregning til den aktuelle koncentration af oxonium.

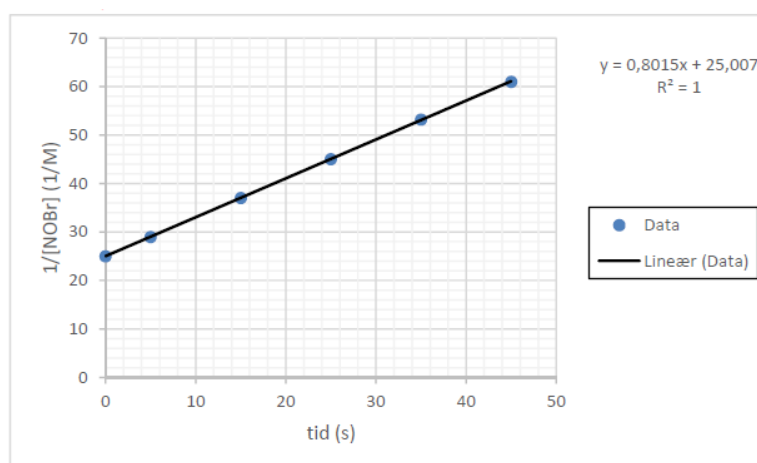
5.13 Lineære modeller i kemiske problemstillinger (fx reaktionsorden og spektrofotometri)

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. 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. Funktionsudtryk angives med enhed og korrekt antal betydende cifre.

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 fremstilles, i undersøgelse og eventuelt benyttes.

En typeopgave består for eksempel 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, for eksempel for en anden ordens reaktion udtrykket $\frac{1}{[NOBr]_t} = k \cdot t + \frac{1}{[NOBr]_0}$ (eksempel fra en tidligere eksamensopgave)
- modellen som gives ved for eksempel regression (et eksempel $y = 0,8015 \text{ s}^{-1} \cdot \text{M}^{-1} \cdot x + 25,007$)
- 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. For eksempel fra før omtalte eksempel.



- 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 ikke er et krav.

Bemærk at antallet af decimaler i Excel er sat til 4 for at undgå at få for få betydende cifre i de afsluttende facit.

De typiske mangler eller fejl hos eksaminanderne i denne typeopgave er

- mangelfulde grafiske afbildninger
- manglende oversættelse af linjens forskift til en matematisk model med relevante symboler og enheder
- 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 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.

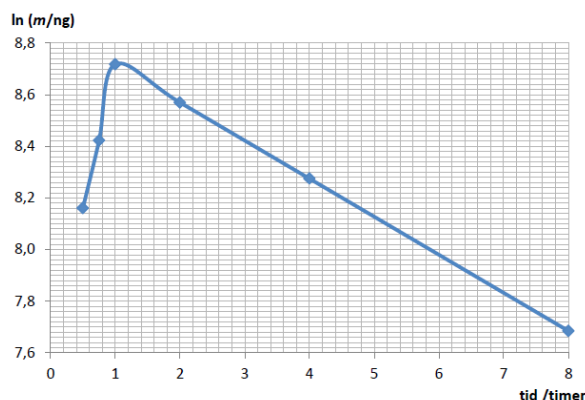
Ovenstående tager udgangspunkt i kinetikopgaver, hvor der ofte er brug for en undersøgelse af lineære modeller i forhold til et givent sæt af data. I kemi kendes andre problemstillinger, hvor der er brug for lignende undersøgelser af eksperimentelle data ved brug af for eksempel lineære modeller. Et 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. For eksempel er Lambert-Beers lov udtryk for en ligefrem proportionalitet, mens en lineær regression typisk vil give et konstantled, som er forskellig fra 0. I den lineære model af data vil konstantleddet for eksempel 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 herunder om det har 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.

5.14 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.

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, som analysen skal foretages indenfor. I en fyldestgørende opgavebesvarelse argumenterer eleven for, hvorledes denne afgrænsning foretages.

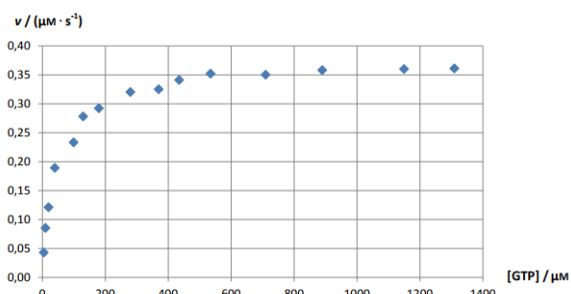
Først derefter skal den egentlige argumentation for en første ordens reaktion med hensyn til lorcaserin foretages. Funktionsudtrykket oversættes fra det matematiske udtryk til, hvori den aktuelle koncentration, k og t indgår. Alle med relevante enheder. I det nævnte eksempel, hvor det er en 1. ordens 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. For at gennemføre den relevante analyse i denne type problemstilling, skal eleven begrænse undersøgelsesområdet. Eksemplet er fra en tidligere eksamensopgave.

Et enzym til produktion af B₂-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

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

Besvarelsen af denne opgavetype kan ske på flere måder. En måde er at sammenligne den maksimale koncentration af GTP og konstanten $4,30 \cdot 10^{-5} \text{ M}$. 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.

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

Derved bliver hastigheden lig med

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

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

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 $1 \cdot 10^{-7} \text{ M}$ af GTP. Halveringstiden bliver lig med

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

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

6. Bedømmelse ved de skriftlige prøver i kemi

I kemi A's læreplan 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 skriftlige opgaver. Men flere mål er dog relevante for eksempel "anvende digitale værktøjer, herunder fagspecifikke og matematiske, i en konkret faglig sammenhæng" vil bevirke, at eleverne også skal kunne skrive deres fagsprog, for eksempel kemiske formler og reaktionskemaer på en overskuelig måde, ved at bruge it-redskaber, således at besvarelsene fremstår klart for en eventuel censor.

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. Som udgangspunkt vægtes opgaverne ens. Karakteren gives dog 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 for eksempel 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. Besvarelser som er korrekte, og ligger ud over kernestof vil tælle positivt til helhedsindtrykket, for eksempel når der spørges til: "Marker de funktionelle grupper i x, og angiv, hvilke stofklasser de tilhører" og phenyl markeres og den dertil hørende stofklasse angives.

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 point til hver delopgave efter eget skøn. Ved pointtildelingen tages udgangspunkt i, i hvor høj grad besvarelsen lever til de faglige mål, herunder anvendelsen af fagets kernestof, som er relevant i besvarelsen af den konkrete delopgave. Der gives en karakter på baggrund af en helhedsvurdering af eksaminandens præstation. 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. pointtildelingene 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 simple delopgaver,

typisk a) og b) delopgaverne, på et acceptabelt niveau. Det betyder ikke, at de skal være perfekt besvaret. Der kan **for eksempel** 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 karaktergivning ved de skriftlige prøver i kemi A.

7. Links

Læreplaner og vejledninger

Generel oversigt <https://www.uvm.dk/gymnasiale-uddannelser/fag-og-laereplaner/stx-laereplaner>

Opgaver fra tidligere skriftlige prøver

Findes via <http://prøvebanken.dk>. Der kræves UNI-login, som kan fås via ens egen skole.

Evaluering af centralt stillede skriftlige prøver

<https://www.uvm.dk/gymnasiale-uddannelser/proever-og-eksamen/tilrettelaeggelse-og-afholdelse-af-proever/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 under kemi, kan man finde forholdsvis udførlige vejledninger til installation og brug af programmerne i den gymnasiale undervisning. Materialerne er skrevet af kemilærer i gymnasiet. Link til EMU'en <https://emu.dk/stx/kemi/fagprogrammer>

Lærerens hæfte – vejledning til skriftlig kemi A stx

Redaktion:

Kontor for Gymnasier, Styrelsen for Undervisning og Kvalitet,
Børne- og Undervisningsministeriet

Grafisk tilrettelæggelse og layout:

Børne- og Undervisningsministeriet

Publikationen kan ikke bestilles, men den kan hentes på Børne- og
Undervisningsministeriet hjemmeside

Eventuelle henvendelser af indholdsmæssig karakter rettes til
mette.malmqvist@stukuvm.dk.

Udgivet af:

Børne- og Undervisningsministeriet, 2024



**BØRNE- OG
UNDERVISNINGSMINISTERIET**
STYRELSEN FOR
UNDERVISNING OG KVALITET