

Gode råd til skriftlig prøve i kemi A, stx

Indhold

Introduktion	1
Kort om opgavesættens opbygning	2
Nogle områder, hvor elevtræning er vigtig	2
Talforståelse, herunder brug af betydende cifre og enheder	3
Anvendelse af matematikprogrammer og dokumentation.....	3
Beregning af pH ved brug af it-redskaber.....	4
Programmer til fx tegning af kemiske strukturer, navngivning af organiske stoffer og strukturanalyser	5
Generelt om navngivning.....	5
Specielt om navngivning af organisk forbindelser.....	6
Funktionelle grupper og stofklasser	6
Spektroskopi	7
Reaktionstyper.....	8
Kinetikopgaver og lignende kemiske problemstillinger, der inddrager lineære modeller	8
Isomeri	9
Termodynamik.....	9
Opgaver med flere "spørgsmål"	10
Anvendelse af typeord.....	10
Eksaminanden bør prøve at besvare alle spørgsmål	10
Eksaminanden skal ikke skrive opgaveteksten af.....	11
Eksaminanderne skal vænnes til at dokumentere og forklare	11

Introduktion

Erfaringer fra den skriftlige censur, som de er beskrevet i evalueringsrapporterne fra de skriftlige prøver i kemi, har igennem en årrække peget på tilbagevendende problemfelter i eksaminandernes besvarelser. Nærværende skrift vil dels sammenfatte de væsentlige problemfelter og beskrive disse, og dels give gode råd til den daglige kemiundervisning.

Håbet er, at skriftet kan give inspiration og hjælp til den daglige undervisning, og mest af alt, hjælpe eksaminanderne i forbindelse med den skriftlige prøve i kemi.

Keld Nielsen, fagkonsulent i kemi, september 2014

Kort om opgavesættens opbygning

De skriftlige opgavesæt er bl.a. udarbejdet efter følgende retningslinjer

- *Sættene består af flere større sammenhængende opgaver, hver med en række delopgaver. Der er ikke på forhånd fastlagt et bestemt antal større opgaver eller delopgaver i sættene. De faktisk benyttede opgavesæt vil pege på typiske muligheder.*
- *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 og lignende opslagsværker.*
- *Opgaverne kan indeholde grafiske afbildninger, der skal aflæses, og 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. Disse kan give en indikation af den fyldestgørende besvarelses omfang. Typeordene kan findes på kemifagets side på EMU'en.*

Nogle områder, hvor elevtræning 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 langt fra 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.*

- angive manglende C- og H-atomer i en organisk strukturformel
- angive en molekylformel ud fra en strukturformel
- opskrive ioner, som indgår i et salt, ud fra saltets kemiske formel
- gennemføre simple stofmængdeberegninger, som bl.a. inddrager beregninger med masse, stofmængde, stofmængdekonzentration og partialtryk (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
- navngive (og forklare navnet på) organiske forbindelser (på dansk)
- navngive salte ud fra en formel og opskrive en kemisk formel ud fra et navn
- navngive simple uorganiske molekylforbindelser
- identificere funktionelle grupper med tilknyttede stofklasser ud fra en strukturformel
- identificere og skelne mellem *cis-trans* (E/Z) isomere forbindelser ud fra en strukturformel



- 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 $^1\text{H-NMR}$ 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 reaktionsskema
- beregne pH i vandig opløsning af en stærk hhv ikke-stærk syre hhv base
- beregne pH i et puffersystem
- aflæse og anvende et ækvivalenspunkt på en titrerkurve
- aflæse syre- hhv basebrøken ud fra et bjerrumdiagram
- angive en egnet syre-baseindikator ud fra en titrerkurve
- identificere reaktionstyper¹ ud fra et givet reaktionsskema
- anvende (klassiske) organiske testmetoder, fx Fehlings prøve/Tollens' test, 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
- gennemføre simple beregninger ved anvendelse af Lambert-Beers lov
- ud fra et sæt data sandsynliggøre at Lambert-Beers lov kan beskrive data

Talforståelse, herunder brug af betydende cifre og enheder

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 almindelse 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.

Anvendelse af matematikprogrammer og dokumentation

Mange eksaminander anvender forskellige matematikprogrammer/pakker (fx. Mathcad, Maple, TI-Nspire, WordMat). Det er en fordel, at disse matematikprogrammer kan anvendes i kemiundervisningen ved løsning af kemiske problemstillinger. Men måden, som programmerne anvendes på og især den måde, anvendelsen dokumenteres på, kan være problematisk. Det er

¹ Liste over reaktionstyper, som det forventes, eksaminander kan identificere, findes omtalt i vejledningen til Kemi A.



centralt, at det ikke er programmerne, som tager styringen. Det er kemifagets fagsprog mm, som stiller kravene til programmernes brug, ikke omvendt. 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).

It-redskaberne, især matematikprogrammerne, kan bruges på mange måder i forbindelse med kemiundervisningen og de skriftlige prøver. Hvad der er en hensigtsmæssig måde at benytte programmerne på, er vanskeligt at besvare generelt, men udgangspunktet for svaret vil være grundprincippet ”*I en besvarelse af en opgave skal elevernes tankegang fremgå tydeligt*”. Vi kan på den ene side ikke forvente, at censorerne kender til de mange forskellige typer af matematiske it-redskaber, der findes, og som kan anvendes på en ny måde ved løsning af kemiopgaver. På den anden side kan vi heller ikke forvente, at eksaminanderne til en skriftlig kemioprøve skal bruge uforholdsmæssig megen tid til forklaring af teknisk spørgsmål knyttet til matematiske/it-redskaber. Balancen ligger midt imellem. 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 og måde det er anvendt på, er sådan set ligegyldigt - det er ligegyldigt for besvarelsen om man har benyttet et regneark, en grafisk lommeregner, WordMat, TI-Nspire, Maple eller evt papir og blyant. 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.*

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. Meget elementære beregningstyper, fx simple stofmængdeberegninger, bør heller ikke blive løst ved brug it-redskabernes kommandoer som fx solve, og hvis de bliver det, behøver eksaminanden ikke at delagtiggøre censor i det.

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. Det anbefales, at eleverne i den daglige undervisning trænes i denne fremgangsmåde

ved pH-beregninger for opløsninger af ikke-stærke syrer (og baser), da man herved ikke behøver skelne mellem opløsninger af middelstærke syrer og svage syrer (baser).

For svage syrer (og baser) benytter nogle eksaminander fortsat de tilnærmede formler². 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.³ 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 syre. Selv om det i en konkret situation er korrekt, at der er tale om en svag syre, vil dette ikke blive betragtet som fyldestgørende argumentation. Der skal refereres til den konkrete pK_S -værdi og intervallet for svag syre (analogt gælder selvfølgelig for svage baser). 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 svage syrer (og baser).

Programmer til fx tegning af kemiske strukturer, navngivning af organiske stoffer og strukturanalyser

I kemiundervisningen inddrages i dag ofte computerbaserede kemiprogrammer, som fx kan benyttes i forbindelse med tegning af kemiske strukturer, navngivning af kemiske stoffer og forskellige typer af kemiske analyser. Bedst kendt er for tiden MarvinSketch og ChemSketch, men der findes også andre. Det kan på mange måder være en fordel at lade eleverne arbejde med disse redskaber i den daglige undervisning, bl.a. for at de kan benytte programmerne fornuftigt til en eventuel skriftlig prøve. Men programmerne kan også være med til at styrke elevernes kemifaglige forståelse. Fx ved navngivning af organiske forbindelser, tegning af strukturformler i organisk kemi og analyser af kemiske strukturers polaritet. Programmerne kan også benyttes ved en skriftlig prøve, men i sådanne tilfælde skal eksaminanden huske på at dokumentere brugen rimeligt, dvs. på en sådan måde, at eksaminandens tankegang fremstår tydeligt, uden at censor skal kende det konkrete program. Hvis en eksaminand fx bestemmer molekylformlen for et organisk molekyle ved brug af et tegneprogram, skal molekylformlen selvfølgelig angives, men som dokumentation skal en tegning af strukturformlen med alle C- og H-atomer (og evt. andre atomer) vedlægges. Herved kan en evt. fejl i molekylformlen identificeres, på samme måde, som hvis censor sidder med en håndtegning.

Generelt om navngivning

Overordnet følger gymnasieskolens kemiundervisning navngivning, som det fremstår i Kemisk Ordbog med dets udgangspunkt i IUPAC's anbefalinger⁴. I forbindelse med opskrivning og

² Med en tilnærmet eller reduceret formel tænkes fx på formelen for beregning af pH i en opløsning af en svag syre ved $pH = \frac{1}{2} \cdot (pK_S - \log c_S)$.

³ Et fagligt set bedre argument for, at det er acceptabelt at benytte en reduceret formel for svage syrer (og baser), er en vurdering der inddrager den formelle stofmængdekonzentration 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 $K_S/c_S < 0,01$.

⁴ Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg står for den danske version af IUPAC-nomenklaturen og redigerer Kemisk Ordbog. 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 indenfor organiske navngivning. Seneste udgave af Kemisk Ordbog er på nuværende tidspunkt (2014) ikke revideret 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.



navngivning af uorganiske forbindelser med forskellige grundstoffer (ikke salte) benyttes rækkefølgen, som anbefales af IUPAC⁵: B, Si, C, As, P, N, H, Te, Se, S, O, At, I, Br, Cl, F (her er kun listet ikke-metallerne). For ionforbindelser skal man være opmærksom på, at der findes forskellige muligheder i IUPAC's anvisninger på navngivning⁶. Salte bliver i gymnasiets kemiundervisning normalt navngivet ud fra binær nomenklatur, hvor navnet sammensættes af den positive del (eventuelt med brug af romertal som reference til atomets oxidationstal) efterfulgt af den negative del, som et sammenhængende ord. Ifølge IUPAC's anvisninger kan ladningstallet benyttes i stedet for oxidationstal, når der er tale om en ion. Begge metoder accepteres, fx kan FeCl_2 navngives som jern(2+)chlorid eller jern(II)chlorid. IUPAC angiver også en anden mulighed for navngivningssystem, nemlig at der tilknyttes de positivt ladet henholdsvis negativt ladet partikler benyttes multiplikative præfikser, som angiver antal af partikler, eventuelt samtidig med at en angivelse af ladningstal eller oxidationstal udelades, fx jern-dichlorid. Dette navngivningssystem vil ikke blive anvendt i de skriftlige opgaver i kemi i gymnasiet, men censorer skal være opmærksom på, at der kan forekomme eksaminander, som har arbejdet med denne type navngivning, samt at navngivningen er i overensstemmelse med IUPAC, og således acceptabel i den gymnasiale kemiundervisning.

Specielt om navngivning af organisk forbindelser

Navngivning indenfor organisk kemi følger IUPAC's anbefalinger, som de kommer til udtryk i Kemisk Ordbog. 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 give det engelske navn som facit. 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.

På et enkelt område afviger de seneste IUPAC anbefalinger fra de nuværende kemilærebøger til gymnasiet. Det drejer sig om navngivning af alkener og alkyner. 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.

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/>). Der har ofte været rejst tvivl om, dobbelt- og tripelbindinger mellem C-atomer skal henregnes til funktionelle grupper eller ej. Flere undervisningsmaterialer benytter begrebet karakteristiske grupper, som erstatning for funktionelle grupper. De to begreber er dog ikke synonyme, da karakteristisk gruppe ekskluderer dobbelt- og tripelbindinger mellem C-atomer, men inkluderer organiske halogenforbindelser, hvilket normalt ikke er tilfældet ved brugen af begrebet funktionelle grupper.

⁵ 'The Snake Table', se 'The Red Book', s. 260: http://media.iupac.org/publications/books/rbook/Red_Book_2005.pdf

⁶ Se evt. artiklen i LMFK-bladet nr 3, maj 2014, side 57-61, Rundt om navngivning i kemi.



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 trippelbindinger 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.

Eksaminanderne skal kunne identificere en funktionel gruppe i en kemisk struktur og angive den tilhørende stofklasse. Det er således vigtigt at træne eleverne i både at se sammenhængen mellem funktionel gruppe og stofklasse, og at kunne gennemskue forskellen på de to begreber. Fx at den funktionelle gruppe -OH betegnes hydroxygruppe, og denne funktionelle gruppe indgår i stofklassen alkoholer⁷.

Spektroskopi

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 $^1\text{H-NMR}$ skal eksaminanderne kunne bestemme strukturen af forholdsvis simple organiske molekyler blandt andet ved hjælp af kemiske skift, integralkurve og koblingsmønstret. Ved både IR og $^1\text{H-NMR}$ forventes det, at eksaminanderne kan inddrage relevante tabeller i deres analyser. Løsning af spektroskopiopgaver kræver derfor et forholdsvis stort omfang af dokumentation. Denne skal være i orden, fx ved opstilling af relevante tabeller, for, at en besvarelse betragtes som fyldestgørende besvaret.

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 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 $^1\text{H-NMR}$ 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 ikke ud til 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.

⁷ Hydroxygruppen indgår også i phenoler, men denne stofklasse er ikke kernestof i kemi A.

Reaktionstyper

Mange eksaminander har problemer med at vurdere hvilken reaktionstype en given reaktion tilhører. Dette gælder især for organiske reaktionstyper. Der kan med fordel arbejdes med dette i undervisningen, således at eksaminanderne relativt nemt kan identificere en reaktionstype. Ofte benyttes typeordet ”Angiv” i forbindelse med bestemmelse af en reaktionstype. Her forventes et kort præcist svar **med en kort faglig begrundelse for svaret**. Som 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 reaktionstypen⁸. 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.

Endvidere skal eleverne også gøres opmærksom på, at der også kan være tale om andre typer reaktioner end de typiske organiske reaktionstyper, fx syre-basereaktioner og fældningsreaktion.

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.

Kinetikopgaver og lignende kemiske problemstillinger, der inddrager lineære modeller

En typeopgave består 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. Lige gyldigt hvordan denne typeopgave besvares, skal dokumentationen altid forholde sig til;

- opskrivning af relevant funktionsudtryk, der skal undersøges
- modellen som gives ved fx regression
- 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. Hvis man benytter en skitsetegning af forløbet, skal det være

⁸ 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. Omtale af konkrete eksempler kan findes i evalueringsrapporter for de skriftlige prøver, da det normalt er ved besvarelse af skriftlige opgaver, at problemstillingen med afgrænsning opstår.



en skitse af det konkrete forløb, hvor datapunkter er angivet, ikke en generel tegning af reaktionsordens forløb

- en vurdering af modellen i forhold til forelagte data. Forklaringsgraden r^2 kan eventuelt inddrages i argumentationen for en bestemt orden, men den kan ikke stå alene uden en afbildning af model og datapunkterne, samt en kommentar omkring datapunkternes beliggenhed i forhold til modellen.

I typeopgaver, hvor reaktionsorden ikke er givet på forhånd, skal de tre reaktionsordner nulte, første og anden orden undersøges. Ovenstående fremgangsmåde benyttes for hver af de tre ordner, og der gives en afsluttende konklusion på, hvilken reaktionsorden der bedst beskriver data.

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.

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 for 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. 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 huskes på, at ved videreberegninger skal den fulde lineære model benyttes.

Isomeri

Mange eksaminander har problemer med at vurdere hvilken type af isomeri, der kan knyttes til en konkret kemisk forbindelse. Der bør 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 kan findes i læreplanen og den tilknyttede vejledning.

Termodynamik

Mange eksaminander klarer i dag opgaver inden for termodynamik uden større problemer. Opgaver af fx typen beregn entalpi-tilvæksten 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 ($\Delta H^\ominus = \sum H^\ominus(\text{produkter}) - \sum H^\ominus(\text{reaktanter})$), 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 ΔH^\ominus med kemisk formler, og dernæst viser udtrykket med indsatte talværdier. Til sidst gives resultatet af beregningerne 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 øve eleverne i denne fremgangsmåde.

I typeopgaver indenfor 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”.

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 begge dele af opgaven. Det er en god idé i den daglige undervisning at huske eleverne på, at de skal huske at kontrollere, at de har svaret på hele delopgaven og ikke har glemt en del.

Anvendelse af typeord

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. Det er vigtigt, at typeordenes anvendelse i en konkret opgave altid skal læses i den sammenhæng, de indgår i. Det kan være en fordel for eleverne at stifte bekendtskab med typeordene i løbet af undervisningen. 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.

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.

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.

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

Eleverne skal i den daglige undervisning vænnes til at skrive et udtryk (fx en matematisk formel) op, inden der indsættes tal, 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 entalpiletvæksten 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.