



# Systematisk utvikling av ferdigheter i oppgaveløsning som læringsform i TMT4115 Generell kjemi

Svein Sunde

June 27, 2023

## Contents

<b>1 Innledning</b>	<b>1</b>
<b>2 TMT4115 Generell kjemi</b>	<b>2</b>
<b>3 Strukturert løsning av oppgaver i TMT4115 Generell kjemi</b>	<b>4</b>
3.1 Oppgaver i TMT4115 Generell kjemi . . . . .	4
3.2 Strukturert oppgaveløsning . . . . .	5
<b>4 Praktisk gjennomføring</b>	<b>6</b>
<b>5 Relevans</b>	<b>8</b>
<b>6 Bruk av de tildelte midlene</b>	<b>8</b>
<b>7 Resultater</b>	<b>10</b>
<b>8 Konklusjoner — hva lærte vi?</b>	<b>11</b>
<b>A Løsning til eksempel 3.1</b>	<b>12</b>
<b>B Eksempel på prøve</b>	<b>13</b>

## 1 Innledning

Etter eksamen i kurset TMT4115 Generell kjemi høsten 2021 mottok faglærer (Svein Sunde) en henvendelse fra referansegruppen i kurset. Referansegruppen påpekte at mange av studentene opplevde eksamen 2021 som vesentlig vanskeligere og mer arbeidskrevende enn tidligere års eksamener. Eksamensresultatet for 2021 viste seg da også å skille seg negativt ut ved en skjevfordeling mot de lavere karakterene.

Faglærer gjennomførte i kjølvannet av henvendelsen fra referansegruppen og eksamensresultatet en analyse av tidligere års eksamener basert på NTNUs karakterbeskrivelser for teknologiske

fag. Basert på disse og i diskusjon med sensorer og nestleder for utdanning ved Inst materialteknologi, ble eksamensoppgavens vanskelighetsgrad i 2021 vurdert å ikke være spesielt høy. Eksamensresultatet ble derfor og i samtaler med referansegruppen antatt å ha sin årsak i den pågående pandemien og medfølgende mangel på eksamenserfaring.

For å bøte på dette og gi studentene trening i eksamenssituasjonen ble det derfor utarbeidet et opplegg med ukentlige prøver under simulerte eksamensbetingelser. I tillegg har det i kurset vist seg et behov for å gi ferdigheter i problemløsning generelt; mange studenter ser ut til å angripe eksamensforberedelsene ved å prøve å memorere eller ihvert fall øve på tidligere eksamenssett i stedet for å reflektere over egen problemløsning. Fra faglærers side er det altså et ønske om å dreie studenes fokus fra å finne mønstre i oppgavene til å utvikle en strukturert tilnærming til oppgaveløsning — et tankemønster.

Endelig var det oppleggets hensikt å trekke studenter tilbake til universitetsområdet etter et langverig fravær grunnet videoforelesninger og digitalt basert øvingsveiledning; for kullet høsten 2021 var det betydelige oppmøteproblemer, spesielt på regneøvingene. Dette antas å ha påvirket eksamensresultatet negativt. Prosjektet ble etter søknad tildelt støtte fra Fakultet for aturvitenskap og Teknologi 2022 og gjennomført samme høst.

Nedenfor gjennomgås den praktiske gjennomføringen, hvordan strukturert oppgaveløsning ble gjennomført, resultatene av prosjektet og implikasjoner av disse og relevans for læringen og vurderingen av denne. Det gis imidlertid først en kort oversikt over TMT4115 Generell kjemi.

## 2 TMT4115 Generell kjemi

Kurset benytter Petruccis lærebok [1]<sup>1</sup> supplert med forelesningsnotater i vandige likevekter [4]. Som tabellverk benyttes Aylward og Findlays SI Chemical data [5].

De mest sentrale delene av læringsutbyttet i kurset er knyttet til beregning av likevekter i vann og til sammenhengen mellom Gibbs fri energi, likevektskonstanter og elektrodepotensial. Etter gjennomført kurs behersker studenten det teoretiske og eksperimentelle grunnlag nødvendig for å følge videregående kurs i uorganisk, organisk og fysikalsk kjemi samt prosesskjemi og kan

- Sette navn på enkle uorganiske og organiske forbindelser
- Relatere stoffmengde (i mol), konsentrasjon og volum til hverandre kvantitativt
- Beregne teoretisk utbytte og bestemme den begrensende reaktant
- Relatere trykk, temperatur og volum til hverandre kvantitativt for ideelle gasser og gasser som følger van der Waals tilstandsligning
- Beregne indre energi for en ideell gass
- Beskrive og identifisere syre-basereaksjoner, oksidasjons-reduksjonsreaksjoner og utfellingsreaksjoner i vandig løsning
- Balansere kjemiske ligninger for slike reaksjoner

---

<sup>1</sup>Tidligere ble Zumdahls lærebok [?] benyttet, men denne ble byttet ut pga. prisøkning.

- Finne likevektskonsentrasjoner i reaksjoner mellom gasser, faste stoff, væsker og løste stoff basert på massevirkningsloven og aktiviteter
- Vurdere reaksjonsretning basert på reaksjonskvotient og på Le Châteliers prinsipp
- Formulere elektronøytralitesbetingelsen og masse- og protonbalanser for vandige (fortynnede) ioniske løsninger, inklusive flerprotiske syrer og løsninger som inneholder mange løste forbindelser
- Etablere eksakte ligninger for beregning av pH basert på disse balansene
- Beregne pH og løselighet basert på slike balanser og gyldige tilnærminger
- Beregne pH og løselighet basert på grafiske metoder
- Gjøre tilsvarende beregninger relevante for titrering og buffere
- Redegjøre for effekten av tilsats av komplekser og endringer i pH på løselighet
- Redegjøre for bruk av løselighetsprinsipper i kvalitativ uorganisk analyse
- Definere sentrale begreper i kjemisk termodynamikk: Isolerte, lukkede, og åpne system, varme, arbeid, tilstandsfunksjon, reversible vs irreversible prosesser, varmekapasitet, de termodynamiske lovene (0., 1., 2. og 3.), entropi, entalpi, Gibbs fri energi, kalorimeter
- Utføre beregninger der disse begrepene inngår
- Redegjøre for sammenhengen mellom likevektskonstant, Gibbs fri energi og elektrodepotensial, samt for (en forenklet) utledning av disse relasjonene
- Beregne potensial over elektrokjemiske celler fra Gibbs fri energi, fra standard elektrodepotensial og fra Nernsts ligning, inklusive over konsentrasjonsceller
- Definere reaksjonshastighet og redegjøre for måling av denne
- Sette opp hastighetsligninger for gitt reaksjonsorden og integrere slike til og med 2. orden
- Definere aktiveringsenergi og beregne endring i reaksjonshastighet med temperatur
- Utføre enkle kjemiske analyser (f. eks. syre-base-titreringer, molvektbestemmelse, kalorimetri)
- Vurdere sikkerhet og planlegge og gjennomføre sikre eksperimenter i laboratoriet

Bærekraft har vært tillagt stor vekt i kurset gjennom valg av eksempler på bruke av begrepene i anvendelser relatert til bærekraft (atmosfærens kjemi, energiressurser, virkningsgrad i varmekraftmaskiner og brenselceller, løselighet av karbonater,  $\text{CO}_2$ -likevekter i vann). Hver regneøving inneholdt minst en, tydelig merket, oppgave relatert til bærekraft. Oppgaver med relevans for bærekraft ble også gitt på eksamen i TMT4115 2022.

Digitalisering har som før vært inkludert i øvingsopplegget gjennom bruke av Python for plotting og beregning (intervallhalveringsmetoden).

Kurset er forsynt med fire timer forelesning, to timer øvingsveiledning og fire timers laboratorieøving per uke.

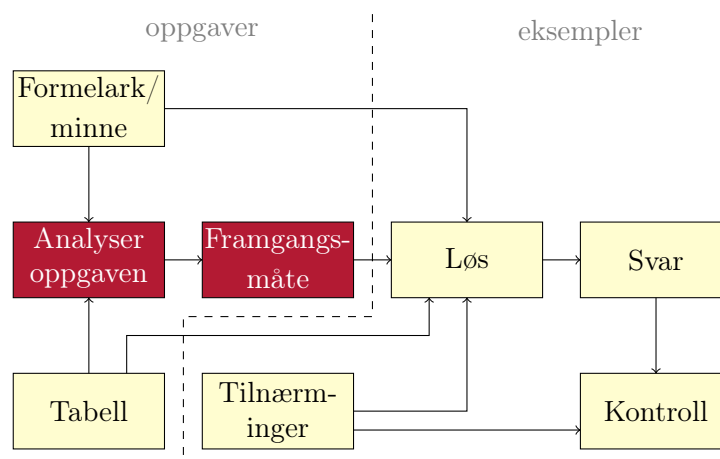


Figure 1: Hovedelementer i oppgaveløsning i TMT4115 Generell kjemi .

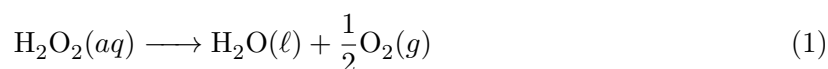
### 3 Strukturert løsning av oppgaver i TMT4115 Generell kjemi

#### 3.1 Oppgaver i TMT4115 Generell kjemi

Regne- og eksamensoppgavene i TMT4115 gis vanligvis som tekstoppgaver, s.k. uoppstilte oppgaver. Vanligvis presenteres studentene for en fysisk situasjonsbeskrivelse og en del data som referer til situasjonsbeskrivelsen. I tillegg vil de ha tilgjengelig tabeller over data som ikke gis eksplisitt i oppgavene. Basert på beskrivelsen og direkte og indirekte tilgjengelige data skal kandidatene/studentene så beregne en eller flere ukjente størrelser. For en del av oppgavene kan det være nødvendig å gjøre tilnærminger for å løse oppgavene. Kontroll av slike tilnærminger inngår som en del av løsningen. Alle svar skal i utgangspunktet kontrolleres, f. eks. mht. enheter, rimelighet (størrelsesorden) etc. Hjelpemidler på eksamen vil være formelark, kalkulator og tabellverk (papir). I noen tilfeller blir en eksplisitt bedt om å gjøre antagelser. I slike tilfeller skal en vanligvis ikke kontrollere dem om ikke annet er angitt.

Skjematisk vil prosessen kunne se ut som i Fig. 1. Et eksempel på en typisk oppgave<sup>2</sup> i TMT4115 Generell kjemi er gitt som eksempel 3.1.

**Eksempel 3.1** Spalting av hydrogenperoksid,  $H_2O_2$ , foregår etter ligningen

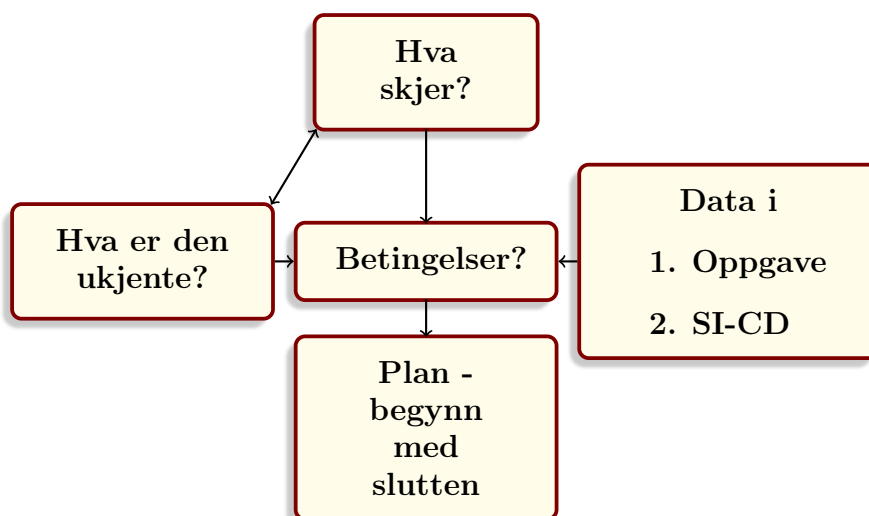


Reaksjonen er en første-ordensreaksjon mht. konsentrasjonen av  $H_2O_2$ ,  $[H_2O_2]$ . I en bestemt løsning<sup>3</sup> er hastighetskonstanten  $k$  lik  $5.21 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$  ved  $25^\circ\text{C}$ .

I en slik løsning med volum  $1.00 \text{ dm}^3$  er ved et bestemt tidspunkt  $[H_2O_2] = 0.20 \text{ mol dm}^{-3}$ . Fra og med dette tidspunktet blir oksygen-gassen sluppet inn i en beholder som på forhånd er evakuert, altså tom. Beholderen har volum  $0.50 \text{ dm}^3$ . (Forsøket er organisert slik at det ikke slipper vanndamp inn i beholderen.)

<sup>2</sup>Eksempelen er tatt fra eksamen i TMT4115 Generell kjemi i 2022.

<sup>3</sup>Løsningen inneholder  $0.2 \text{ mol dm}^{-3} \text{ KI}(aq)$ . Dette er ikke viktig for løsning av oppgaven.



**Figure 2:** Strukturert løsning av regneoppgaver.

*Hvor lang tid tar det før trykket i beholderen er 10.0 kPa?*

*Du kan gå ut fra at oksygen følger tilstandsligningen for ideell gass.*

I noen tilfeller spørres det også etter definisjoner, kvalitative resonnement, men disse oppgavetyperne faller utenfor rammene av dette prosjektet.

### 3.2 Strukturert oppgaveløsning

Etter en del prøving og feiling og etter inspirasjon fra litteratur ble det utviklet et system for strukturert oppgaveløsning basert på et sett av spørsmål en bør stille seg. Besvarelsen av spørsmålene gir da framgangsmåten for løsningen, og ble i løpet av semesteret rendyrket som mønster for hvordan en løser oppgaver. Settet består av fig. spørsmål:

- Hva skjer?
- Hva skal vi finne?
- Hvilke data har vi?
- Hvilke betingelser forbinder dataene med det vi skal finne?

I tillegg er studentene gitt det råd å begynne med slutten. Sammenhengen mellom disse er illustrert i Fig. 2. Spørsmålene skal altså munne ut i en plan for løsningen.

Anvendelsen av dette tankemønsteret forklares best ved eksempler.

#### **Eksempel 3.2** *Løsning til oppgaven i eksempel 3.1.*

1. Hva skjer?  $H_2O_2$  spaltes (disproporsjonerer) til vann og oksygen. For hvert oksygenmolekyl har vi brukt to  $H_2O_2$ -molekyler. Oksygenet samles opp i beholderen.

2. Hva skal vi finne? *Hvor lang tid det tar å etablere et bestemt trykk i beholderen.*
3. Hvilke data har vi? *Informasjon om reaksjonsorden, volumet til  $H_2O_2$ -løsningen og  $H_2O_2$  ved  $t_0 = 0$  min. Vi vet også temperatur, trykk og volum til beholderen, altså tre av de fire variabelene som inngår i tilstandsligningen for en ideell gass. Det henter til at vi enkelt kan regne ut antallet mol oksygen produsert.*
4. Hvilke betingelser forbinder dataene med det vi skal finne? *Trykket i sylindere er relatert til trykket av oksygen og bare dette. Trykket av oksygen er igjen relatert til antallet mol oksygen. Vet vi trykket (som funksjon av tid) vet vi altså antallet mol oksygen utviklet (som funksjon av tid). Ved det tidspunktet vi skal finne er trykket spesifisert, og vi vet altså antallet mol ved dette tidspunktet. Støkiometrien gir oss en relasjon mellom antall mol  $H_2O_2$  og antall mol  $O_2$ . Kinetikken, dvs. den integrerte hastighetsligningen (som også finnes i formelsamlingen i SI Chemical Data og på formelarket) gir oss hvor mange mol  $H_2O_2$  som disproportionerer som funksjon av tid, som vi da kan relatere til  $O_2$  som funksjon av tid. Dersom vi begynner med slutten må vi altså*
  - (a) beregne hvor mange mol  $O_2$  vi trenger for å oppnå det spesifiserte trykket,
  - (b) deretter hvor mange mol  $H_2O_2$ ,  $\Delta n_{H_2O_2}$ , som har disproportionert for å oppnå dette antallet mol  $O_2$ ,
  - (c) hva slags endring i konsentrasjonen av  $H_2O_2$ ,  $\Delta[H_2O_2]$ , det innebærer og til slutt
  - (d) hvor lang tid denne endringen tar fra den integrerte hastighetsligningen og med innsettning fra punktene 4a – 4c.

*Grafisk kan vi illustrere disse spørsmålene som i Fig. 3.*

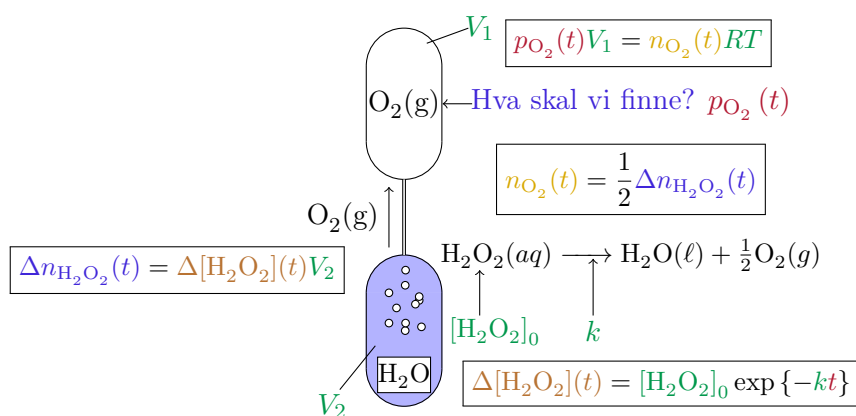
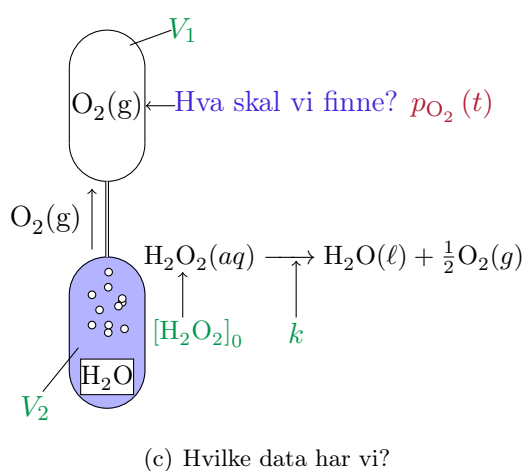
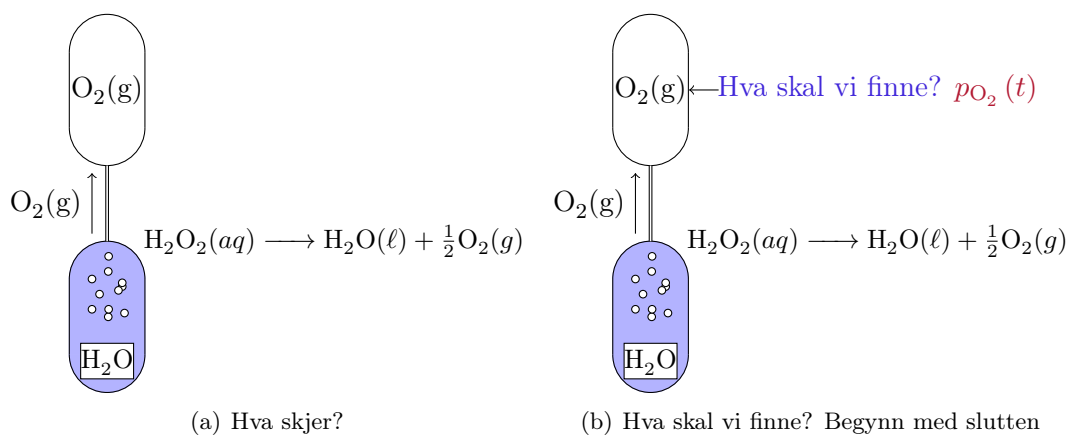
*Den konkrete løsningen med tallverdier etc. er gitt i Vedlegg A*

## 4 Praktisk gjennomføring

De siste 30 minuttene av hver regneøvingstime avsatt til en obligatorisk prøve. Prøven bestod vanligvis av to til tre oppgaver, avhengig av vanskelighetsgrad. Et eksempel på en slik prøve er gitt i vedlegg B. Prøven måtte gjennomføres på papir og uten andre hjelpemidler enn de som er tillatt på (skole-) eksamen. Prøvene ble samlet inn av faglærer og delt ut på forelesning senere samme dag. Prøvene ble delt ut slik at hver student mottok en av delstudentenes besvarelser og ikke sin egen. Faglærer gjennomgikk så oppgavene i plenum med vekt på strukturert oppgaveløsning, se avsnitt 3.2. Hver student rettet den besvarelsen vedkommende fikk utdelt, fylte ut vurderingsmatriser og satte inn kommentarer til besvarelsen etter faglærers anvisninger. For å få regneøvingen godkjent måtte også studentene ha godkjent løsningen til prøven inklusive retting av en medstudents prøve.

Prøvene var i stor grad knyttet til oppgavene gitt i den forutgående regneøvingen. Besvarelsene var anonymisert ved bruk av kandidatnummer.

Det var krav om 7 av 11 godkjente regneøvinger i kurset, inklusive prøver og retting av disse. Studentene valgte selv hvile de ville gjøre.



**Figure 3:** Løsning av eksempel 3.1. En begynner med å klargjøre den situasjonen som er beskrevet i (a). Deretter identifiserer vi hvilken størrelse vi er bedt om å finne (b) og hvilke data vi har (c). Endelig må vi finne betingelser som knytter sammen data og ukjent i (d).

## 5 Relevans

Oppgaveløsningens rolle i TMT4115 tar utgangspunkt i NTNUs karakterskala, som understreker oversikt, selvstendighet, analytisk evne og forståelse. Videre skal vurderingen være

- autentisk,
- pålitelig,
- gyldig,
- rimelig,
- transparent<sup>†</sup> og
- kompetent.

Karakterskalaens begreper er tolket slik i TMT4115:

**oversikt:** En integrert og helhetlig forståelse; å kunne sette sammen forskjellige deler av pensum

**selvstendighet:** I hvilken grad kandidaten evner å analysere og anvende teori og formelapparat i en beskrevet situasjon — **ikke nødvendigvis lett gjenkjennelige fra øvingsopplegg og undervisningen forøvrig.**

**analytisk evne:** Analysere en oppgavetekst og stille oppgaven opp matematisk ved bruk av relevante deler av formelapparatet (kvantitative oppgaver). Kvalitative resonnement.

**forståelse:** Definere. Gjøre rede for begreper og definisjoner. Gjøre rede for forutsetninger, antagelser og gyldighetsområde for formler/formelapparat og ta hensyn til slike ved løsning av oppgaver. Kvalitative resonnement.

Videre er det ønskelig at vurderingen skal gi institusjonen mulighet for å **overvåke disse over tid**. Det innebærer at en bør søke å oppnå en så ensartet vanskelighetsgrad som mulig. For å gjøre det må en følgelig ha et system for å vurdere vanskelighetsgrad. Et forslag til et slikt system ble utviklet i løpet av prosjektet, og tar utgangspunkt i antall ledd i et den resonnementskjeden som kreves for å løse en regneoppgave. Dette er illustrert i figur 4. Oppgaven i eksempel 3.1 ble etter dette systemet vurdert som lett siden den kombinerer enkle formler (i motsetning til at studenten selv må sette dem opp som f. eks. ved etablering av balanseligninger) i en lett gjenkjennelig situasjon.

En analyse av eksamensoppgaver for årene 2016 – 2022 er gitt i Tabell 1. Vurderingen av vanskelighetsgrad korrelerer med karakterkarakteristikken, se Fig. 5.

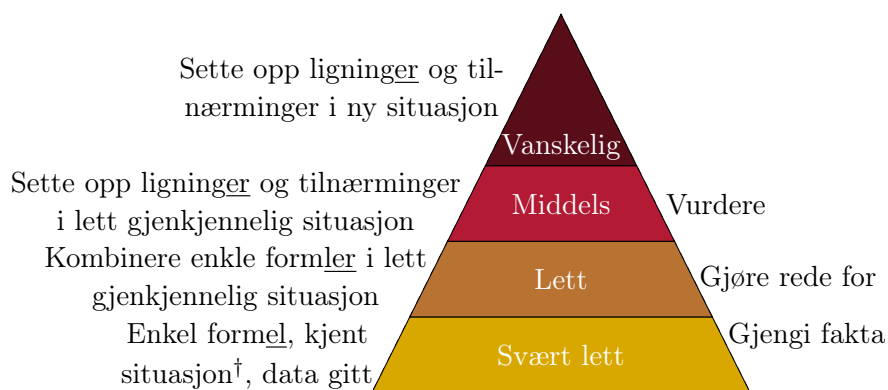
## 6 Bruk av de tildelte midlene

Gjennomføringen av de ukentlige prøvene og kontroll av studentenes egne vurderinger og besvarelsene var svært arbeidskrevende. De tildelte midlene gikk i sin helhet til å leie inn ekstrahjelp<sup>4</sup> for

---

<sup>4</sup>Ingrid Roten Mattson, IMA





**Figure 4:** Taksonomi for vurdering av oppgaver og eksameners vanskelighetsgrad i TMT4115 Generell kjemi. <sup>†</sup>Med kjent situasjon menes en oppgavetekst som er svært lett gjenkjennelig fra øving-sopplegg og undervisningen for øvrig.

Oppg	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	■	■	■	■	■	■	■
2	■	■	■	■	■	■	■
3	■	■	■	■	■	■	■
4	■	■	■	■	■	■	■
5	■	■	■	■	■	■	■
6	■	■	■	■	■	■	■
7	■	■	■	■	■	■	■
8	■	■	■	■	■	■	■
9	■	■	■	■	■	■	■
10	■	■	■	■	■	■	■
11	■	■	■	■	■	■	■
12	■	■	■	■	■	■	■
13	■	■	■	■	■	■	■
14	■	■	■	■	■	■	■
15	■	■	■	■	■	■	■
16	■	■	■	■	■	■	■
17	■	■	■	■	■	■	■
18	■	■	■	■	■	■	■
19	■	■	■	■	■	■	■
20	■	■	■	■	■	■	■
21	■	■	■	■	■	■	■
22	■	■	■	■	■	■	■

**Table 1:** Vanskelighetsgraden til eksamensoppgaver i TMT4115 Generell kjemi 2016 – 2022. Fargekoder: ■ Svært lett (SL), ■ lett (L), ■ middels (M) og ■ vanskelig (V).

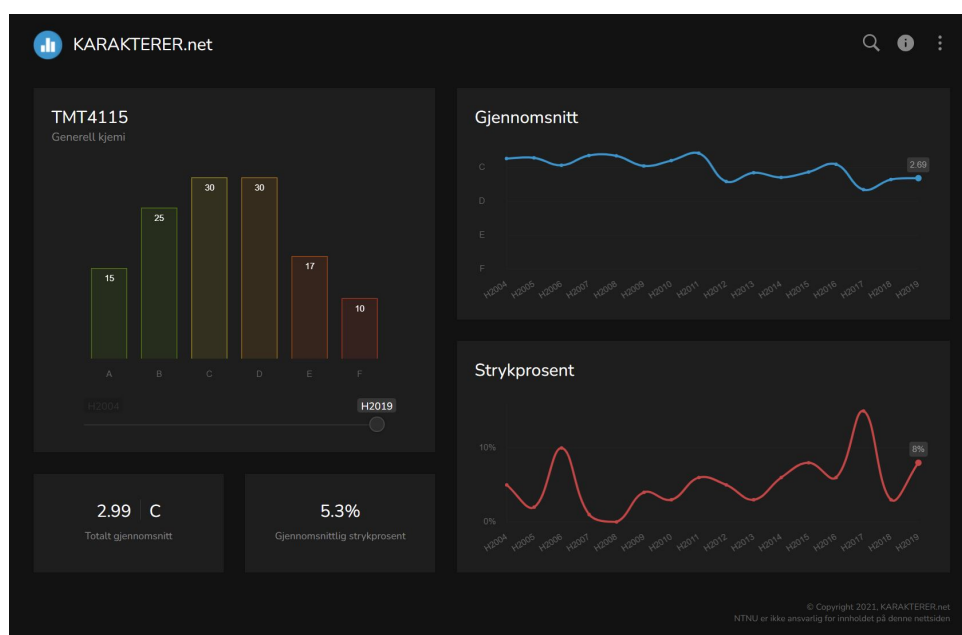


Figure 5: Karakterstatistikk for TMT4115 Generell kjemi 2004 – 2019. Fra karakterer.net.

å gjøre dette. Det ble holdt ukentlige møter med fagklærer der resultatene ble gjennomgått og analysert mht. hvilke problemer studentene hadde ved gjennomføringen.

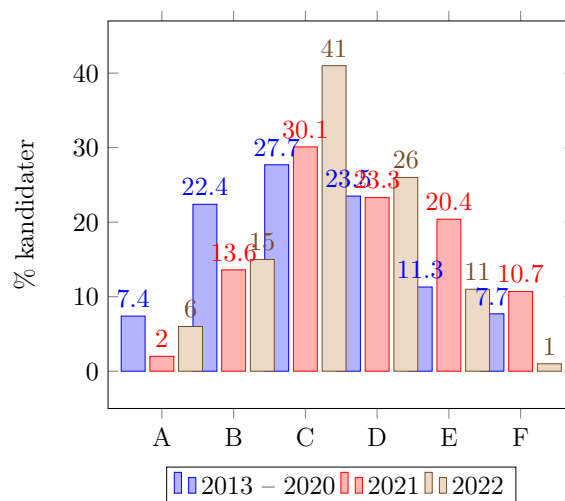
## 7 Resultater

Analysen av besvarelsen av de ukentlige prøvene i løpet av semesteret viste at mht. oppgaveløsning er ofte hovedproblemet faglig forståelse, dvs. i “Hva skjer?”-delen av løsningen. Med karaktersystemets begreper er med andre ord er problemet oversikt og forståelse og i mindre grad selvstendighet og analytisk evne. Selv om det er klart at studentene ikke har noe reflektert forhold til selve oppgaveløsningsmetodikken vil ikke en forbedring av denne komme til uttrykk i ferdigheter innen oppgaveløsning dersom studentene ikke kan gi en korrekt beskrivelse eller tolkning av den fysiske situasjonen som er gitt i oppgavene.

Videre ser det ut til at det vil være for krevende å skulle reflektere over oppgaveløsning samtidig som en lærer seg nytt faglig stoff i et relativt høyt tempo. Det kan derfor synes som om det er den faglige gjennomgangen og forståelsen som bør forsterkes, og at strukturert oppgaveløsning som metode heller bør fordeles utover i studiet.

Mht. oppgaveutforming stilte også prøvene faglærer overfor nye utfordringer. Oppgavene må, av hensyn til motivasjon og arbeidsmengde, inneholde svært enkle oppgaver slik at det store flertallet (i praksis alle) studentene får godkjent prøven<sup>5</sup>. Imidlertid ble gjennomgangen av slike oppgaver møtt med relativt liten interesse ved tavlegjennomgangen. Disse oppgavene hadde de jo fått til, og de fleste så ut til å resonnerer som så at det ikke hadde noen hensikt å reflektere

<sup>5</sup>Det var krav om 50 % korrekt besvart.



**Figure 6:** Eksamensresultat i Generell kjemi 2022.

over *hvordan* de løste dem. Prøvene måtte i tillegg inneholde en oppgave som var vanskelig nok til at studentene var vilige til å vurdere sin egen tankegang.

Mht. oppmøte var de ukentlige prøvene en ubetinget suksess. Ved siste øvingsveiledning var anslagsvis 60 % av studentene til stede mot anslagsvis 5 % året før.

Eksamensresultatet i TMT4115 Generell kjem for 2022 er vist i Fig. 6. Som en ser er det ikke vesentlig forskjell på resultatene i 2022 og i årene før. Selve besvarelsene var i samsvar med erfaringene fra de ukentlige prøvene. Det var relativt få krav om begrunnelse og få klager i TMT4115 i 2022.

Gjennomgående ble opplegget positivt mottatt av studentene, se konklusjon nedenfor avsnitt 8.

## 8 Konklusjoner — hva lærte vi?

Referansegruppen for emnet kommenterte denne delen av undervisningen slik:

“De ukentlige prøvene og regneøvingene har gitt økt motivasjon for å jobbe jevnt gjennom semesteret, heller enn å ta skippertak i eksamensperioden. [De] ukentlige prøver har ført til at man stadig tilegner seg kunnskap gjennom semesteret. Referansegruppen har stor tro på at dette har gjort at studentene har lært for livet, ikke bare lært seg pensum til eksamen”

og

“I år har Svein Sunde gjennomført et prøveopplegg med 11 ukentlige prøver istedenfor to semesterprøver. Disse prøvene har så blitt gjennomgått på tavlen av foreleser og rettet av elevene selv. Etter tilbakemelding fra referansegruppen ble disse lagt på samme dag, noe som fungerte godt.

- Generelt er det stor enighet om at det nye opplegget med ukentlige prøver fungerer godt, og at det er et godt alternativ til semesterprøver. I starten var det en del som opplevde opplegget som overveldende og stressende, men de fleste er fornøyde med hvordan det

fungerte som forberedelse til eksamen. I tillegg består årets klasse stort sett av studenter som ikke har hatt eksamen på videregående, og prøvene gjorde overgangen enklere.

- Å la elevene selv rette prøver har gitt studentene et veldig fint innblikk i hvordan sensorer retter prøver og hva det legges vekt på i en eksamensbesvarelse. Da eksamen kom var dette en erfaring samtlige var veldig glade for å ha. Det har altså resultert i en økt selvsikkerhet i det å løse oppgaver i en evalueringsprosess eller en eksamenssituasjon.’

Det konkluderes derfor med at selv om faglærer selv har vurdert opplegget slik at ikke alle mål ble nådd, har gjennomføringen hatt stor betydning for studentenes opplevelse av eksamen og eksamenssituasjonen. De konkluderer entydig med at et tilsvarende opplegg bør gjennomføres også ved neste avvikling av TMT4115 Generell kjemi.

Fra faglærers side er det også viktig å påpeke at nøkkelen til et forbedret resultat ligger faglig forståelse, dvs. i “Hva skjer?”-delen, altså bedret oversikt og forståelse og i mindre grad selvstendighet og analytisk evne. Det å lære strukturert oppgaveløsning samtidig med det faglige stoffet som TMT4115 kan kreve litt for mye av studentene på en gang. Det er også hyggelig at opplegget har trukket flere studenter til universitetsområdet. Faglærer er av den oppfatning at dette er svært viktig for læringen og å bygge et godt og trygt læringsmiljø generelt.

## References

- [1] Ralph H. Petrucci, F. Geoffrey Herring, Jeffrey D. Madura, og Carey Bissonette, General Chemistry, 10. utgave, Pearson Toronto, (2011), kap. 5,
- [2] G. Pólya, “How to Solve it”, Penguin Mathematics, 2nd ed., London (1990)
- [3] Joanne McCalla, “Problem Solving with Pathways”, Chemical Education Research, **80** (2003) 92–
- [4] S. Sunde, Vandige likevekter, forelesningsnotat, NTNU (2016)
- [5] G. Aylward, T. Findlay, A. G. Blackman og L. R. Gahan, SI Chemical Data, 7. utgave, Wiley, Milton (2014)

## A Løsning til eksempel 3.1

1. Antall mol oksygen i beholderen:

$$n_{\text{O}_2} = \frac{pV}{RT} = \frac{10 \times 10^3 \text{ Pa} \times 0.50 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8.31434 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1} \times 298 \text{ K}} = 2.0180 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad (2)$$

2. Støkiometrien gir:

$$\Delta n_{\text{H}_2\text{O}_2} = 2n_{\text{O}_2} \quad (3)$$

3. Relasjon til endringen i konsentrasjonen av hydrogenperoksid:

$$\Delta n_{\text{H}_2\text{O}_2} = V_{\text{aq}} \times ([\text{H}_2\text{O}_2]_0 - [\text{H}_2\text{O}_2]) \quad (4)$$

der  $[\text{H}_2\text{O}_2]_0$  er startkonsentrasjonen og  $V_{\text{aq}}$  er løsningsens volum.

4. Integrert hastighetsligning for 1.-ordens reaksjon:

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = [\text{H}_2\text{O}_2]_0 \exp(-kt) \quad (5)$$

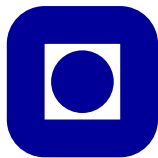
Kombinerer vi ligningene (2) – (5) får vi

$$\begin{aligned} \Delta n_{\text{H}_2\text{O}_2} = 2n_{\text{O}_2} &= V_{\text{aq}} \times ([\text{H}_2\text{O}_2]_0 - [\text{H}_2\text{O}_2]) = V_{\text{aq}} \times [\text{H}_2\text{O}_2]_0 (1 - \exp(-kt)) \\ &= 1.00 \text{ dm}^3 \times 0.20 \text{ mol dm}^{-3} \times [1 - \exp(-5.21 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1} \times t)] \\ &= 4.0360 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad (6) \end{aligned}$$

Løst mht.  $t$ :

$$t = -\frac{1}{5.21 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}} \times \ln\left(1 - \frac{4.0360 \times 10^{-3} \text{ mol}}{1.00 \text{ dm}^3 \times 0.20 \text{ mol dm}^{-3}}\right) = 3.91 \text{ min} \quad (7)$$

## B Eksempel på prøve



Norges teknisk-naturvitenskapelige  
universitet  
Institutt for materialteknologi

TMT4115 Generell  
kjemi  
Høst 2022

Øving 6 - prøvedel

**Tidspunkt:** Siste 30 minutter av veiledningstimen for øvingen, se plan for TMT4115 på Blackboard

**Innleveringsfrist:** Veiledningstimens slutt. Levér både svararket og utregningene dine. Stiftemaskin finner du i auditoriet. **Husk å føre på kandidatnummeret ditt.**

**Annen informasjon:** Dersom ikke annet er sagt i oppgaven skal du anta at temperaturen er 298 K og at alle løsningsmiddel er vann. Alle (del-) oppgavene får lik vekt ved vurderingen. Dersom ikke annet er angitt skal du levere fullstendig løsning i tillegg til svaret.

Kandidatnummer:

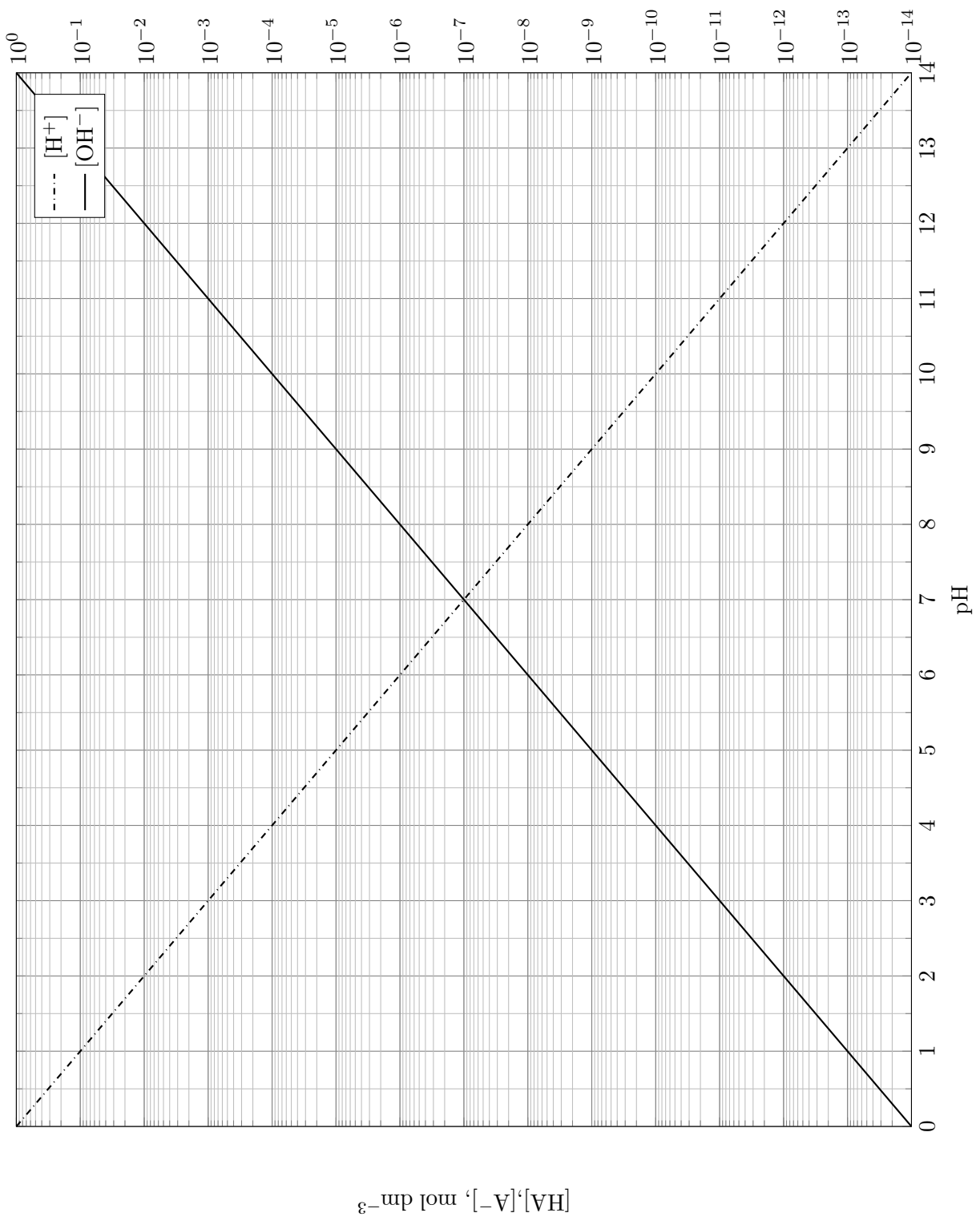
Rettet av (kandidatnummer):

- 1 a) Benytt grafisk løsningsmetode<sup>1</sup> og finn  $pH$  i en løsning som inneholder  $0.1 \text{ mol dm}^{-3}$  HCN (hydrogencyanid). **Svar, oppgave 1a):**  $pH =$
- b) Benytt grafisk løsningsmetode og finn  $pH$  i en løsning som inneholder  $0.1 \text{ mol dm}^{-3}$  NaCN (natriumcyanid). **Svar, oppgave 1b):**  $pH =$
- c) Benytt grafisk løsningsmetode og finn  $pH$  i en løsning som inneholder  $0.1 \text{ mol dm}^{-3}$  HCN (hydrogencyanid) og  $0.1 \text{ mol dm}^{-3}$   $\text{CH}_3\text{COOH}$  (etansyre). **Svar, oppgave 1c):**  $pH =$
- d) Benytt grafisk løsningsmetode og finn  $pH$  i en løsning som inneholder  $0.1 \text{ mol dm}^{-3}$  NaCN (natriumcyanid) og  $0.1 \text{ mol dm}^{-3}$   $\text{CH}_3\text{COONa}$  (natriumacetat). **Svar, oppgave 1d):**  $pH =$

- 2 Beregn  $pH$  i en løsning av  $\text{NH}_4\text{F}$  der totalkonsentrasjonen<sup>2</sup> av  $\text{NH}_4\text{F}$  er  $[\text{NH}_4\text{F}]_{\text{T}} = 0.1 \text{ mol dm}^{-3}$ .

<sup>1</sup>Du finner et logaritmisk diagram på neste side som du kan benytte til alle punktene i denne oppgaven, eller du kan tegne på eget ark. Om du benytter diagrammet på neste side må du skille de forskjellige kurvene klart fra hverandre, f. eks. med farge. Merk tydelig hvilken kurve som hører til hvilken konsentrasjon.

<sup>2</sup> $[\text{NH}_4\text{F}] = 0.1 \text{ M}$ . Det er altså tilsatt  $0.1 \text{ mol NH}_4\text{F}$  per liter løsning.



Svar, oppgave 2: pH =