



STEMkey
Modul
107



Periodesystemet



Dette moduldokumentet for høyere utdanning er basert på arbeid i prosjektet "Teaching standard STEM topics with a key competence approach (Å undervise standard realfagemner med en nøkkelkompetanse-tilnærming, STEMkey)". Prosjektet har vært ledet av Prof. Dr. Katja Maaß, International Centre for STEM Education (ICSE) ved den pedagogiske høyskolen i Freiburg, Tyskland. Partnere (engelske navn): Charles University, Constantine the Philosopher University, Hacettepe University, Institute of Education of the University of Lisbon, Norwegian University of Science and Technology, University of Innsbruck, University of Maribor, University of Nicosia, Faculty of Science of the University of Zagreb, Utrecht University, Vilnius University.

Prosjektet STEMkey er delvis finansiert av EUs Erasmus+-program under tilskuddsavtale 2020-I-DE01-KA203.005671. Verken EU, EU-kommisjonen eller DAAD (Den tyske akademiske utvekslingstjeneste) er ansvarlig for innholdet, eller for tap eller skade som følge av bruken av disse ressursene.

© STEMkey project (grant no. 2020-I-DE01-KA203.005671) 2020-2023, lead contributions for STEMkey Modul IO7 er utviklet ved NTNU- Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Forfattere: Annette Lykknes, Unni Eikeseth, Jonas Persson, Festo Kayima, Per-Odd Eggen. CC-NC-SA 4.0 license granted.



INNHold

| | |
|---------------------------------------|----|
| INNHold | 2 |
| Sammendrag..... | 3 |
| Introduksjon av tema/fag | 4 |
| Tilnærming til nøkkelkompetanse | 5 |
| Læringsutbytte..... | 7 |
| Plan for HU-modul..... | 9 |
| Materialer og ressurser | 27 |
| Evaluerings | 27 |
| Tverrfaglig..... | 30 |
| Referanser | 31 |

Sammendrag

Målet for denne modulen er å utvikle en innovativ undervisningsmodul om periodesystemet for lærerutdanningen. Gjennom nysgjerrighetsdrevet, erfarings- og kontekstbasert undervisning, håper vi å motivere studenter til dybdeløring i kjemi, og til å se koblingen mellom kjemi og andre realfag. Målgruppen er studenter som skal bli naturfag- og kjemilærere, og HU-ansatte som underviser i naturfag- og/eller kjemididaktikk i lærerutdanningen. Modulen og undervisningsmateriellet kan også brukes i etterutdanning av lærere og til å undervise elever i ungdomsskolen og i videregående skole.

Noen studenter er taktile, noen liker teoretiske forklaringer – og andre igjen er nysgjerrige på å lære om periodesystemet utover det som kan observeres på makronivå. Vår hensikt har vært å utarbeide en undervisningsmodul som vil appellere til studenter med forskjellige preferanser og forskjellige motivasjonsnivå. I utviklingen av modulen har vi også bygget på hva forskning sier om forskjeller i jenters og gutters behov (Sjøberg & Schreiner, 2019) og har som mål å være inkluderende for begge grupper. Vår modul er innovativ ved at den er studentsentrert, kontekstbasert og gir en innføring i bruk av praktiske materialer og fysiske modeller som Lego-modeller og 3D-printede modeller, som skal illustrere trender i periodesystemet. Tilnærmingen fremmer dybdeløring fordi den hjelper studentene å binde sammen ulik faktakunnskap om periodesystemet, noe som gjør det mer sannsynlig at kunnskapen kan overføres til nye situasjoner. Overføring av kunnskap til nye situasjoner er et av kravene i dybdeløring, ifølge Pellegrino og Hilton (2012, s. 5).



Introduksjon til temaet *Periodesystemet*

For realfagslærere er periodesystemet et uvurderlig verktøy som gir informasjon om byggesteinene i kjemi, og gjør det mulig å «forutsi utseendet og egenskapene til materie på jorden og i resten av universet» (IYPT, 2019). Det at periodesystemet representerte en sammenfatning av kjemisk kunnskap, førte til at kjemiundervisningen gradvis ble endret. Mens den vanlige måten å undervise om grunnstoffene på 1800-tallet og tidlig på 1900-tallet var å gjennomgå grunnstoff etter grunnstoff (Kaji et al., 2015), ble den nye praksisen å studere likheter og forskjeller mellom grunnstoffene og trender i kjemiske egenskaper på tvers av systemet. Slik kan periodesystemet sees på som en «sammenfatning av grunnleggende kjemi».

Selv om det er enighet om at periodesystemet er viktig i naturfag- og kjemiundervisningen, viser en gjennomgang av britisk forskning på elevers holdninger til naturfag, at periodesystemet fremkalte «utbredt antipati», dels fordi elevene hadde vanskeligheter med å forstå hvordan systemets var relevant for deres hverdag (Osborne et al., 2010). Dessuten viser rapporter at elever ofte memorerer når de jobber med utfordringer knyttet til periodesystemet (Salame et al., 2011; Bierenstiel & Snow, 2019).



Tilnærming til nøkkelkompetansene

Nøkkelkompetanser er av EU definert som en kombinasjon av kunnskap, ferdigheter og holdninger (COM, 2019). I dette prosjektet legger vi dessuten vekt på elevsentrerte læringstilnærminger, koblinger til dagliglivet, tverrfaglighet og digital læring.

Kunnskap

I naturvitenskap viser kunnskapskomponenten til en forståelse av basisprinsipper i naturens verden, grunnleggende vitenskapelige begreper, teorier, lover og metoder, teknologi og teknologiske produkter og prosesser, i tillegg til en forståelse av hvordan realfag, teknologi, ingeniørfag og menneskelig aktivitet generelt virker inn på naturens verden. Samlet sett bør disse kompetansene gjøre det mulig for enkeltpersoner å forstå framskritt, begrensninger og risikoer bedre gjennom vitenskapelige teorier og bruk, samt teknologisk utvikling sett i forhold til beslutningstaking, verdier, moralske spørsmål og kultur (COM, 2019).

Målet for vår modul er at studentene skal få en innføring i de grunnleggende prinsippene bak periodesystemet, hva slags kunnskap vi kan hente ut av det, noen av de kjemiske trendene systemet synliggjør og egenskapene til noen av «enhetene» i periodesystemet, dvs. grunnstoffene. En historisk innføring i periodesystemets utvikling bidrar til å gi forståelse av hva vitenskapelig arbeid innebærer og hvor mye innsats som har vært lagt ned i det å systematisere kunnskapen og identifisere en periodisk lov. Relevansen og betydningen av kunnskap fra periodesystemet eksemplifiseres med sosiovitenskapelige problemstillinger knyttet til utvinning av mineraler og bruken av teknologiprodukter.

Ferdigheter

Ferdigheter innen naturvitenskap, teknologi og ingeniørfag innebærer forståelse av vitenskap som en prosess for utforskning gjennom spesifikke metoder, inkludert observasjoner og kontrollerte forsøk, evnen til å bruke logisk og rasjonell tanke for å verifisere en hypotese, og viljen til å gi avkall på egne overbevisninger når de motsies av nye vitenskapelige funn. Ferdigheter er også knyttet til evnen til å bruke og håndtere tekniske verktøy og maskiner, bruke vitenskapelige data for å oppnå et mål eller å nå en evidensbasert beslutning eller konklusjon, og erkjennelse av de nødvendige egenskapene i vitenskapelig forskning samt evnen til å kommunisere konklusjonene av resonneringen (COM, 2019).

Ferdigheter lærerstudenter bør utvikle i denne modulen inkluderer å

- Bruke vitenskapelige prinsipper til å *sortere gjenstander og grunnstoff på en systematisk måte*
- Bruke egnede undervisningsmodeller, enten 2D eller 3D, til å *hente ut relevant kjemisk informasjon* og finne sammenhenger mellom underliggende egenskaper som elektronegativitet og atomdiameter

Holdninger

Holdninger innen naturvitenskap, teknologi og ingeniørfag inkluderer kompetanse i kritisk tenkning og nysgjerrighet, bevissthet rundt etiske problemstillinger og positiv holdning til bærekraftig utvikling.

Ideen er at modulen skal være nysgjerrighetsdrevet, fra introduksjonsvideoen til sorteringsaktivitetene og bruken av 2D- og 3D-modeller. Vi ønsker også å utvikle lærernes kompetanse i kritisk tenkning rundt bærekraft og engasjement i etiske problemstillinger, gjennom utforskning og drøfting av eksempler fra gruveindustrien og bruk av utrydningstruede grunnstoffer i teknologiske produkter som smarttelefoner.

Elevsentrerte læringstilnæringer, koblinger til dagliglivet, tverrfaglighet, digital læring

I denne modulen tilbyr vi en kontekstbasert tilnærming til innføring av periodesystemet til lærerstudenter, som samtidig kan inspirere dem i egen undervisning. En kontekstbasert kjemiundervisning innebærer at studenter (og elever) kobler vitenskapelige fenomener til en hverdagskontekst, med det mål at kjemi (og naturfag) skal bli meningsfylt for dem (Gilbert, 2006; Kongen 2012).

Modulen inneholder en rekke studentaktiviteter, inkludert gruppediskusjoner og praktisk erfaring med prøver av grunnstoffer studentene kjenner fra dagliglivet. På denne måten kobler vi grunnstoffene, og dermed selve periodesystemet, til virkelige kontekster i dagliglivet. Studentene kobler også kunnskap om grunnstoff til bærekraftig og etisk bruk av ressurser gjennom eksemplet med gruvedrift av kobolt og «det periodiske knapphetssystemet» (The periodic system of scarcity), som har som mål å øke bevisstheten om den begrensede tilgangen til naturressurser som er viktige i produksjonen av smarttelefoner og andre moderne apparater.

«Det periodiske knapphetssystemet» legger også vekt på innbyrdes forhold mellom STEM-fag som kjemi, fysikk, geologi og teknologi. Klare koblinger mellom kjemi og fysikk tydeliggjøres gjennom de historiske eksemplene på hvordan fysikk og teknologi har bidratt til å belyse hva som lå bak periodisiteten. Fordelingen av grunnstoffer i menneskekroppen knytter kjemi til studentens dagligliv og viser dessuten sammenhengen mellom kjemi, biologi og medisin.

Digital læring er integrert i modulen gjennom omfattende bruk av digitale ressurser.



Læringsutbytte

Overordnede læringsmål

Studentene skal kunne

- Beskrive hvordan periodesystemet har vært, og fortsatt er, et *viktig verktøy for å utforske og forstå hvordan naturen er bygd opp* (del 1)
- Forklare *egenskapene til noen av «enhetene»* i periodesystemet (dvs. grunnstoffene), og drøfte hvordan kontekst kan gjøre grunnstoff mer relevante i studentenes egne liv (del 2, del 4)
- Utforske periodesystemet som en kilde til å forstå grunnleggende prinsipper bak sammensetningen av materie, f.eks. kunne *forklare trender* som endringer i atomdiameter og elektronegativitet i en samtale/lærekontekst (del 3)

Delmål:

Introduksjon (del 0):

- Beskrive forskjellen mellom en kjemisk forbindelse og et grunnstoff
- Forklare hvordan det tidlig på 1800-tallet ble påvist at vann besto av hydrogen og oksygen

Del 1:

- Bruke vitenskapelige prinsipper til å sortere gjenstander og grunnstoffer på en systematisk måte
- Drøfte hvordan vektlegging av ulike egenskaper kan føre til ulike organiseringer av periodesystemet og hvordan ulike representasjoner kan vise periodiske regelmessigheter på ulike måter

Del 2:

- Drøfte hvordan en kontekstbasert tilnærming kan gjøre læring om grunnstoffene mer relevant
- Beskriv hvordan grunnstoffer er viktige for oss og vårt moderne liv
- Gi eksempler på hvordan grunnstoff blir anvendt

Del 3:

- Drøfte hvordan oktettregelen kan være en kilde til både informasjon og misforståelser



- Bruke egnede undervisningsmodeller, enten 2D eller 3D, til å hente ut relevant kjemisk informasjon og finne sammenhenger mellom underliggende egenskaper som elektronegativitet og atomdiameter

Del 4:

- Utforske hvordan etterspørselen etter grunnstoff bidrar til å forme dagens og framtidens teknologi
- Drøfte hvordan fortsatt utnyttelse av begrensede ressurser avstedkommer både etiske og bærekraftige problemstillinger

(CEDEFOD, 2017)





Plan for HU-modul

Modul 7 består av en introduksjonsdel og fire hoveddeler, hvorav de fleste inneholder en rekke aktiviteter. Modulens samlede varighet er 435 minutter, men noen aktiviteter kan også gis som lekser, og aktiviteter/deler kan velges bort. Noen deler kan være mer egnet for bestemte skoletrinn, også av den grunn kan utvelgning av deler eller aktiviteter være relevante.

Del 0: Introduksjon (teaser): 5 minutter

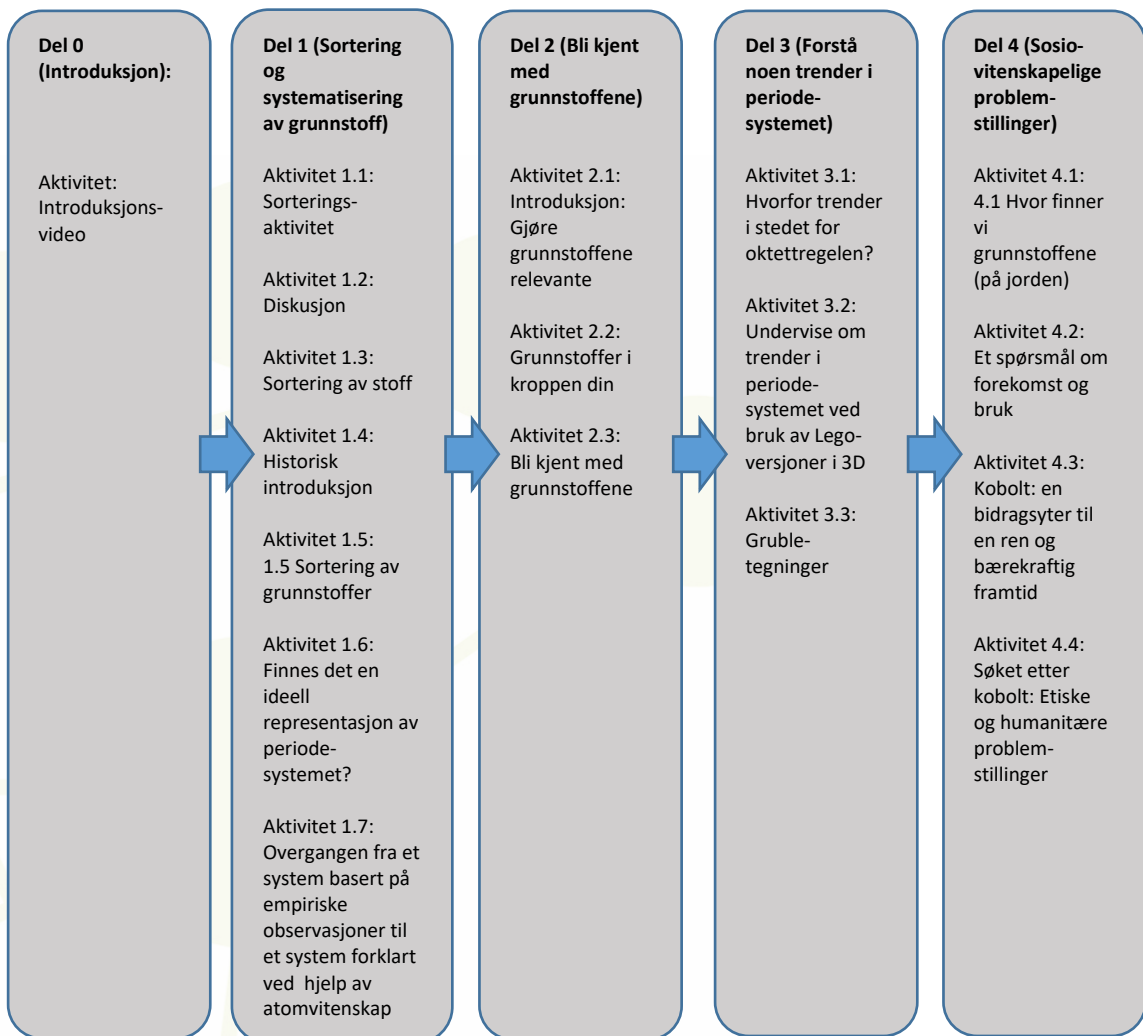
Del 1: Sortering og systematisering av grunnstoffer: 140 minutter

Del 2: Bli kjent med grunnstoffene: 65 minutter

Del 3: Forstå noen trender i periodesystemet: 135 minutter

Del 4: Sosiovitenskapelige problemstillinger: 90 minutter

Se på PowerPoint-presentasjonen i modulen (presentasjon 1) når du leser om beskrivelsen av undervisningsaktivitetene.



Del 0

Introduksjon

Introduksjonsvideo



Sammendrag om læringsutbytte

Dette er en «oppvarmings»aktivitet, hvor vi introduserer begrepet kjemisk grunnstoff gjennom en historisk reise fra vann som et grunnstoff til splitting av vann. Studentene skal kunne beskrive forskjellen mellom en kjemisk forbindelse og et grunnstoff og forklare hvordan det tidlig på 1800-tallet ble vist at vann besto av hydrogen og oksygen (kunnskap).

Beskrivelse av aktiviteten

Studentene ser videoen, enten i klassen eller hjemme før de kommer til timen.

Forslag til litteratur: Se Eggen et al. 2012 for mer informasjon om voltasøylen og hvordan den kan brukes i undervisning på høyere nivå.

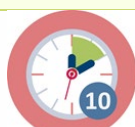
Sammendrag om tverrfaglig tilnærming

Vann er viktig for mennesker i fortid og nåtid, og historien kobler kjemi til historie, filosofi, fysikk og teknologi.

Del 1: Sortering og systematisering av grunnstoff

Innledende aktivitet

1.1 Sorteringaktivitet



Sammendrag om læringsutbytte

Denne aktiviteten tar sikte på å gjøre lærerstudenter oppmerksomme på systematiseringsprosesser, og at forskjellige kriterier eller prinsipper kan føre til forskjellige kategorier. Dette er en introduksjon til prosessen med å organisere grunnstoff i periodesystemet.

Aktiviteten bidrar til å nå delmålene:

- Bruke vitenskapelige prinsipper til å sortere objekter og grunnstoff på en systematisk måte (ferdigheter)
- Drøfte hvordan ulike egenskaper kan føre til ulike organiseringer av periodesystemet og hvordan ulike representasjoner kan vise periodiske regelmessigheter på ulike måter (kunnskap)

Beskrivelse av aktiviteten

I denne aktiviteten blir studentene presentert for et utvalg av Lego-klosser, f.eks. et sett med 20 [8]. Klossene kan organiseres på mange måter, f.eks. etter farge, form eller etter antall tapper*. Kanskje finner elevene også andre måter å kategorisere på?

Etter gruppediskusjoner kan det være en god idé å diskutere de mange mulighetene i plenum.

*Tappene er forhøyningene på Lego-klossen, som gjør at klossen kan kobles til andre deler.

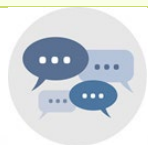
Sammendrag om tverrfaglig tilnærming

Systematisering er viktig i mange vitenskapsdisipliner, for eksempel i biologi (som klassifisering av arter) og i geologi (klassifisering av bergarter), og denne aktiviteten kan hjelpe studentene til å se at det er noen generelle prinsipper bak all systematisering.

Del 1: Sortering og systematisering av grunnstoff

Oppfølgende diskusjon

1.2 Diskusjon



Sammendrag om læringsutbytte

Målet med denne aktiviteten er å presentere og diskutere hvilke kriterier studentene har brukt i sin kategorisering, og å se hvordan andre grupper løste sorteringsaktiviteten. Å se hvordan dette kan gjøres på ulike måter kan tydeliggjøre for studentene hvordan ulike kriterier for sortering kan føre til ulike systemer.

Aktiviteten bidrar til å nå delmålet:

- Bruke vitenskapelige prinsipper til å sortere gjenstander og grunnstoffer på en systematisk måte (ferdighet)
- Drøfte hvordan ulike egenskaper kan føre til ulike organiseringer av perodesystemet og hvordan ulike representasjoner kan vise periodiske regelmessigheter på ulike måter (kunnskap)

Beskrivelse av aktiviteten

Elevgrupper presenterer sine løsninger for de andre elevene i klassen. Gode oppfølgings spørsmål til studentene kan være: Hvorfor valgte du akkurat dette kriteriet for sortering? Hvilke paralleller ser du mellom denne aktiviteten og sortering/klassifisering av for eksempel grunnstoff, steiner, planter eller dyr?

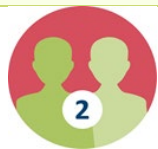
Sammendrag om tverrfaglig tilnærming

Systematisering er viktig i mange vitenskapsdisipliner, for eksempel i biologi og geologi, og denne aktiviteten kan hjelpe studentene til å se at det er noen generelle prinsipper bak all systematisering.

Del 1: Sortering og systematisering av grunnstoff

Oppfølgingsaktivitet

1.3 Sortering av materie/stoff



Sammendrag om læringsutbytte

Målet med denne aktiviteten er å introdusere studentene for et ekstra sorteringskriterium (utover form, farge, antall tapper) – nemlig vekt (eller tetthet). Vekt er valgt fordi (atom)vekt var det aller viktigste sorteringskriteriet da grunnstoffene ble organisert i periodiske systemer på 1800-tallet. Grunnstoff ble plassert etter økende atomvekt og samtidig gruppert i henhold til kjemiske egenskaper.

Aktiviteten bidrar til å nå delmålene:

- Bruke vitenskapelige prinsipper til å sortere gjenstander og grunnstoffer på en systematisk måte (ferdigheter)
- Drøfte hvordan ulike egenskaper kan føre til ulike organiseringer av periodesystemet og hvordan representasjoner kan vise periodiske regelmessigheter på ulike måter (kunnskap)

Beskrivelse av aktiviteten

I denne aktiviteten skal studentene utforske tettheten til jern, aluminium, kobber og titan (eller andre tilgjengelige metaller), først ved å diskutere i grupper hvilket som har høyest og lavest tetthet og deretter ved å føle vekten av forskjellige metallskiver og sortere dem i riktig rekkefølge. Elevene kan oppleve forskjellene i tetthet ved å sammenligne prøver av ulike metaller. Prøvene skal ha samme form og volum, og helst veie mer enn 50 g. Små metallsylindere av samme størrelse kan brukes, alternativt bokser med BB-stålkuler som kan representere de forskjellige metallene (f.eks. Al 27g, Fe 78,7 g, Pb 113.5g, 193.2g).

Studentene skal undersøke og diskutere metallene i små grupper. Vi anbefaler at de samme gruppene beholdes gjennom hele del 1.

Forslag til introduksjon fra lærer: – I aktivitet 1.1. sorterte vi Lego-klosser etter farge, form og antall tapper. Nå skal vi bruke en ny sorteringsfaktor: vekt. I sortering av grunnstoff på 1800-tallet var vekt den avgjørende egenskapen. Grunnstoffene ble plassert etter økende atomvekt.

Sammendrag om tverrfaglig tilnærming

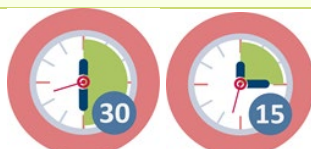
Vekt har vært viktig i kvantitative målinger i århundrer, og er viktig i for kjemi, fysikk og teknologi. Prinsippet om sortering er også viktig i andre vitenskapsdisipliner, f.eks. i biologi, der forskjellige kriterier brukes i systematisering av arter, eller i geologi der

bergarter klassifiseres etter bestemte egenskaper. Studentene kan også reflektere over hvorfor systematisering er viktig i realfag.

Del 1: Sortering og systematisering av grunnstoff

Historisk bakgrunn

1.4 Historisk introduksjon til systematiseringsaktiviteter



Sammenheng om læringsutbytte

Målet med denne aktiviteten er å gi et innblikk i den historiske bakgrunnen for sortering av grunnstoff i 1860-årene. Grunnlaget som gjorde et system mulig, var en felles forståelse av hva et grunnstoff var, og hvordan dets unike egenskaper, atomvekt, ble fastsatt.

Aktiviteten bidrar til å nå delmålet:

- Drøfte hvordan ulike egenskaper kan føre til ulike organiseringer av periodesystemet og hvordan ulike representasjoner kan vise periodiske regelmessigheter på ulike måter (kunnskap)

Beskrivelse av aktiviteten

På det **første lysbildet** (nr. 8 i PowerPoint/PP) definerer vi grunnstoff som Antoine Lavoisier gjorde det i 1789.

Bakgrunnsinformasjon for læreren: På slutten av 1700-tallet ble det påvist at vann ikke var et grunnstoff – som vi hørte i den innledende videoen. Dette var basert på definisjonen om at et grunnstoff var det siste tilgjengelige punktet i kjemisk analyse, uttalt av Antoine Lavoisier i 1789. Lavoisier førte vann gjennom et varmt jernrør, slik at det ble dannet jernoksid og hydrogengass. Mer enn et tiår senere, i 1800, ble nedbrytningen av vann påvist i sin helhet, da både hydrogen og oksyngengass ble produsert ved elektrolyse av vann (som forklart i videoen).

På det andre lysbildet (nr. 9 i PP) introduserer vi John Daltons atomteori, der han beskrev hva atomer er og at et bestemt grunnstoff består av bare én atomtype.

Bakgrunnsinformasjon for læreren: I lang tid (siden slutten av 1600-tallet) var tanken om at all materie besto av mikroskopiske, faste, harde, ugjennomtrengelige partikler – atomer, utbredt. Denne forståelsen var imidlertid til liten nytte for kjemikere. Lavoisiers definisjon av et grunnstoff var noe kjemikere kunne kjenne seg igjen i, som det siste punktet i kjemisk analyse. I begynnelsen av 1800-tallet kombinerte høyskolelæreren John Dalton ideen om atomer med Lavoisiers praktiske definisjon av et grunnstoff. Dalton sa at det var like mange forskjellige atomer som det var grunnstoff. Han gjorde

disse atomene mer virkelige ved å tildele hver type en relativ atomvekt. Dalton lanserte ideen om atomvekter med utgangspunkt i sin interesse for gassopløselighet, og trodde de ulike gassene hadde ulik løselighet i vann fordi størrelsene til de ulike bestanddelene deres var forskjellige. For å estimere atomstørrelser (eller volumer) måtte han ha vekten av atomene (tetthet = vekt/volum).

På det **tredje lysbildet** (nr. 10 i PP) forklarer vi hvordan Dalton bestemte de første atomvektene.

Bakgrunnsinformasjon for læreren: Gjennom hele 1800-tallet forsøkte såkalte naturfilosofer å bestemme disse atomvektene så presist som mulig. Ikke alle naturfilosofer trodde på eksistensen av fysiske atomer, men de oppfattet relativ vekt som en nødvendig og nyttig egenskap som bidro til å skille atomene.

Dalton brukte kjente analyser av vannets sammensetning fra andre forskere, f.eks. at vann består av 87,4 vektdeler oksygen og 12,6 vektdeler hydrogen. Han resonnererte at 87,4:12,6 også må være forholdet mellom oksygen- og hydrogenatomer som utgjør vann. Siden han antok at atomer ville binde seg til hverandre på den enkleste måten, må vann være en binær forbindelse: HO.

Hydrogen var det letteste grunnstoffet, og hvis det hadde en atomvekt på 1 ville den relative vekten av oksygen være omtrent 7.

På det **fjerde lysbildet** (nr. 11 i PP) vises en tabell over Daltons relative vekter for et utvalg av grunnstoff, etter hans fastsettelser fra 1803 og revisjoner fra henholdsvis 1808 og 1810.

På det **femte lysbildet** (nr. 12 i PP) understreker vi viktigheten av atomvektbestemmelsene, og den enorme arbeidsmengden som ligger i å gjøre presise bestemmelser.

Bakgrunnsinformasjon for læreren: Dalton var ikke den eneste kjemikeren som arbeidet med bestemmelse av atomvekt. Mange andre fortsatte denne oppgaven på 1800- og 1900-tallet, den mest fremtredende var J. J. Berzelius i Sverige.

Forslag til litteratur for læreren: Les om Dalton, atomlære og atomvekt i Brock 1992 og Brock 2016.

På det **sjette lysbildet** (nr. 13 i PP) forklarer vi noen tidlige forsøk på å gruppere grunnstoff basert på deres atomvekter, i begynnelsen av 1800-tallet.

Bakgrunnsinformasjon for læreren: De første forsøkene på å gruppere grunnstoff var basert på numeriske forhold mellom atomvektene til oksider av grunnstoffer med liknende egenskaper. Middelveien av to grunnstoffers atomvekter utgjorde atomvekten til den i midten (eksempel: Ca, Ba, Sr). Disse gruppene på tre ble kalt «triader».

Forslag til litteratur for læreren: Van Spronsen 1969, chapter 4, and Scerri 2007.

På det **syvende lysbildet** (nr. 14 i PP) viser vi et tidlig forsøk på å finne sammenhenger mellom ulike triader. På denne måten dannet grunnstoffene forbindelser i et slags system!

Sammendrag om tverrfaglig tilnærming

Det numeriske aspektet ved systematiseringen innebærer beregninger av middelerverdier, og anvender derfor matematikkompetanse.

Del 1: Sortering og systematisering av grunnstoffer

Lære hvordan kjemikere på 1800-tallet sorterte grunnstoffer

1.5 Sortering av grunnstoffer



Sammendrag om læringsutbytte

Målet med aktiviteten er å informere studentene om ideen bak periodisering av grunnstoffene og arbeidet med å komme frem til et helhetlig system.

Aktiviteten bidrar til å nå de følgende delmålene:

- Bruke vitenskapelige prinsipper til å sortere gjenstander og grunnstoffer på en systematisk måte (ferdigheter)
- Drøfte hvordan ulike egenskaper kan føre til ulike organiseringer av periodesystemet og hvordan ulike representasjoner kan vise periodiske regelmessigheter på ulike måter (kunnskap)

Beskrivelse av aktiviteten

Studentene skal bruke data om grunnstoffer som den russiske kjemikeren Dmitri Mendelejev publiserte i 1871, disse er vedlagt som et arbeidsark (Arbeidsark nr. 1). Studentene vil imidlertid ikke vite hvilket grunnstoff dataene tilhører, og må derfor vurdere måten dataene skal organiseres på slik at de gir mening. På denne måten kan de få innsikt i og forstå utfordringene mange kjemikere må ha møtt når de skulle prøve å finne orden i kaoset på 1800-tallet. Mendelejevs tabell fra 1871 er lagt inn nedenfor (D. Mendeleev, Die periodische Gesetzmässigkeit der chemischen Elemente, Ann. Chem. Pharm., 1871, 8 (Supplementband).)

T a b e l l e II.

| Reihen | Gruppe I. — R ⁰ | Gruppe II. — R ⁰ | Gruppe III. — R ⁰ ^s | Gruppe IV. RH ⁴ R ⁰ ^s | Gruppe V. RH ³ R ⁰ ^s | Gruppe VI. RH ² R ⁰ ^s | Gruppe VII. RH R ⁰ ⁷ | Gruppe VIII. — R ⁰ ^t |
|--------|----------------------------------|-----------------------------------|---|--|---|--|--|--|
| 1 | H=1 | | | | | | | |
| 2 | Li=7 | Be=9,4 | B=11 | C=12 | N=14 | O=16 | F=19 | |
| 3 | Na=23 | Mg=24 | Al=27,3 | Si=28 | P=31 | S=32 | Cl=35,5 | |
| 4 | K=39 | Ca=40 | —=44 | Ti=48 | V=51 | Cr=52 | Mn=55 | Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63. |
| 5 | (Cu=63) | Zn=65 | —=68 | —=72 | As=75 | Se=78 | Br=80 | |
| 6 | Rb=85 | Sr=87 | ?Yt=88 | Zr=90 | Nb=94 | Mo=96 | —=100 | Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108. |
| 7 | (Ag=108) | Cd=112 | In=113 | Sn=118 | Sb=122 | Te=125 | J=127 | |
| 8 | Cs=133 | Ba=137 | ?Di=138 | ?Ce=140 | — | — | — | — |
| 9 | (—) | — | — | — | — | — | — | — |
| 10 | — | — | ?Er=178 | ?La=180 | Ta=182 | W=184 | — | Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199. |
| 11 | (Au=199) | Hg=200 | Tl=204 | Pb=207 | Bi=208 | — | — | — |
| 12 | — | — | — | Th=231 | — | U=240 | — | — |

der chemischen Elemente.
151

Sammendrag om tverrfaglig tilnærming

Systematisering er viktig i mange fagfelt, og som i andre naturvitenskaper utgjør observasjoner (empiri) grunnlaget for denne systematiseringen. Systematiseringen av grunnstoffene la grunnlaget for den periodiske loven, en naturlov som i likhet med andre naturlover i vitenskapen beskriver sammenhengen mellom observerte egenskaper eller fenomener og kan brukes til å lage testbare prediksjoner. F.eks. brukte kjemikere som Mendelejev loven til å forutsi egenskaper til grunnstoffer som ennå ikke var oppdaget.

Del 1: Sortering og systematisering av grunnstoffer

Forskjellige representasjoner av periodesystemet

1.6 Den ideelle representasjonen av periodesystemet



15 minutter bygging av papirmodeller + 15 minutter søk og diskusjon

Sammendrag om læringsutbytte

Målet med denne aktiviteten er å få studentene til å reflektere over forskjellige måter å representere periodisitet. Periodesystemet har blitt representert ikke bare som en tabell, men som sirkler, helikser, 3D-modeller osv. I denne aktiviteten blir studentene bedt om å utforske fordelene og ulempene ved noen av disse representasjonene og få egne erfaringer gjennom å bygge papirmodeller.

Aktiviteten bidrar til å nå delmålet:

- Drøfte hvordan ulike egenskaper kan føre til ulike organiseringer av periodesystemet og hvordan ulike representasjoner kan vise periodiske regelmessigheter på ulike måter (kunnskap)

Beskrivelse av aktiviteten

I den første delen av aktiviteten (15 min) skal studentene bruke saks og tape til å bygge sine egne 3D-papirmodeller av periodesystemet. Instruksjoner finnes som arbeidsark (nr. 2-3). Modellene som vises her er hentet fra modellene presentert og laget av M. Courtines i 1925 og Roy Alexander i 1965 (les mer i internettdatabasen nedenfor).

I den andre delen av aktiviteten (15 minutter), skal studentene sjekke ut eksempler på hvordan periodesystemet har blitt presentert over tid, på [INTERNET Database of Periodic Tables | Chemogenesis \(meta-synthesis.com\)](#). Alle former av periodesystemet ble laget fordi man ønsket å fremstille periodisitet på en mer effektiv måte. Diskuter hva som kan være fordelene med en sirkel eller en heliks kontra en tabell, 2D kontra 3D. Dette kan gjøres ved å studere representasjonen og plasseringen av bestemte grunnstoff eller grupper av grunnstoff i de forskjellige eksemplene, og ved å sammenligne dem på tvers av ulike representasjoner.

Noen hint: Se etter sammenhenger mellom ytterpunktene av tabellen: Sirkulære modeller og heliksmodeller viser mer effektivt at alle grunnstoff er en del av periodesystemet (i stedet for nye rader som kan virke usammenhengende). En ulempe er at noen grunnstoff vises opp ned.

Hvis lærere og studenter er interessert i å utforske hvor hydrogen best bør plasseres, kan de lese Geoff Rayner-Canhams bok *The Periodic Table: Past, Present, Future* (kapittel 3).

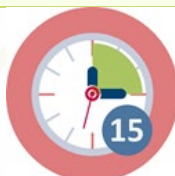
Sammendrag om tverrfaglig tilnærming

Systematiseringer er vanlige på mange fagfelt (f.eks. botanikk), og det er viktig for studentene å være klar over at det ikke finnes ett perfekt system.

Del 1: Sortering og systematisering av grunnstoffer

Historisk utvikling av periodesystemet

1.7 Overgangen fra et system basert på empiriske observasjoner til et system forklart ved atomvitenskap



Sammendrag om læringsutbytte

- Målet med denne aktiviteten er å vise studentene at oppdagelsen av radioaktivitet og utvikling innen fysikk ga en forklaring på prinsippene bak periodesystemet (kunnskap)

Beskrivelse av aktiviteten

Denne aktiviteten har til hensikt å vise overgangen fra et vektbasert system til et system forklart gjennom atomfysikk.

På det første lysbildet (nr. 17 i PP) forklarer vi hvordan oppdagelsen av radioaktivitet og påfølgende undersøkelser viste at ulike «radioelementer» (radioaktive stoffer) kunne ha lignende kjemiske egenskaper, men ulik atomvekt.

Bakgrunnsinformasjon for læreren: I begynnelsen ble kjemikere utfordret av funnene av flere radioaktive «grunnstoffer» med unike atomvekter, siden en unik atomvekt indikerte at et nytt grunnstoff hadde blitt oppdaget. Problemet var at det ikke fantes nok ledige plasser i periodesystemet til å romme så mange som 30 nye grunnstoffer. Soddy foreslo begrepet «isotoper» for å løse denne utfordringen, som innebar at hvert grunnstoff kunne bestå av atomer med forskjellige atomvekter. Margaret Todd, en lege som deltok i et middagsselskap med Soddy foreslo navnet «isotop», som kommer fra gresk og betyr «samme sted». Begrepet fikk dette navnet for å forklare at radioaktive stoffer med unike atomvekter var plassert på samme sted eller i samme boks i periodesystemet, som andre atomer av samme grunnstoff. En annen kvinnelig forsker, Stefanie Horowitz, fant sammen med sin forskningsveileder Otto Hönigschmid, eksperimentelle bevis på at blyisotoper eksisterte.

Forslag til litteratur: Lykknes and Van Tiggelen, 2019a (pp. 24-36; 280-300); Lykknes and Van Tiggelen, 2019b. Se også [In their element: women of the periodic table – Science in School](#)

På det **andre lysbildet** (nr. 18 i PP): Empiriske data viste en sammenheng mellom atomnummer og røntgenenergi.

Bakgrunnsinformasjon for læreren: Da periodesystemet først ble utviklet, visste man lite om fysiske atomer, hva de var bygd opp av osv. Mange forskere, inkludert Mendelejev, trodde ikke engang på fysiske atomer. For mange var atomvekter nyttige verktøy, men gjenspeilte ikke en overbevisning om en bestemt sammensetning av materie. Oppdagelsen av radioaktivitet i begynnelsen 1900-tallet ga ny innsikt i stoffenes sammensetning, og i 1902 foreslo Ernest Rutherford og Frederick Soddy at radioaktivitet faktisk var spontan nedbrytning av atomer. Partikler som ble oppdaget gjennom eksperimenter (på grunn av deres respons på magnetiske og elektriske felt, og hvordan ladede partikler ble reflektert når de traff metallfolie), ble karakterisert og funnet å være bestanddeler i alle atomer. Henry Moseley plottet serienummeret til et grunnstoff (atomnummeret) mot kvadratrotten av røntgenfrekvensene og fant at forholdet var lineært. Gradvis erstattet atomnummer, som representerte den positive ladningen i atomkjernen (protontallet), atomvekt som den unike egenskapen til et grunnstoff.

Forslag til litteratur: Egdell & Bruton, 2020.

På det **tredje lysbildet** (nr. 19 i PP) forklarer vi noen av konsekvensene av å gå fra atomvekt til atomnummer i periodesystemet. Det hadde vært noen få tilfeller der grunnstoff hadde blitt plassert i omvendt rekkefølge i forhold til atomvekten. Rekkefølgen ga mening da grunnstoffene i stedet ble ordnet etter økende atomnummer.

Studentene blir bedt om å se etter eksempler på en slik omvendt rekkefølge i periodesystemet. Hint: edelgasser og jordalkalimetaller. Kanskje arrangere en

klassekonkurrans? Hvem finner de «omvendte» parene først? Prøve å finne en forklaring på hvorfor rekkefølgen var reversert.

Bakgrunnsinformasjon for læreren: På 1920-tallet brukte Niels Bohr sin kvanteteori for atomet på atomer større enn hydrogen. Basert på generelle prinsipper og empirisk kunnskap om grunnstoffene tildelte Bohr elektronkonfigurasjoner til alle grunnstoffer, og på denne måten ga han sin tilslutning til periodesystemet og forklarte det med moderne fysikk. Bohr-modellen var ganske uferdig og forklarte ikke detaljer i atomstrukturen. Gjennom utviklingen av kvantemekanikk av Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg og Paul Dirac ble periodesystemet videre forklart. Atomorbitaler og kvantetall ble sentrale begreper i denne kvantemekaniske forståelsen av atomer, der forskjellige kvantetall forklarer hvordan de ulike elektronskallene fylles og utgjør periodesystemet. I dag bruker vi disse metodene og kan ved hjelp av datamaskiner gjøre beregninger på atomstruktur og molekylstruktur og egenskaper.

Forslag til litteratur: Scerri, 2007, kapittel 8 + 9.

På det **fjerde lysbildet** (nr. 20 i PP, med tittelen «Bruk av fysikk for å finne ut hvilket grunnstoff det er»), kan røntgenstråler (lysbilde 18) brukes til å identifisere hvilke grunnstoff som er til stede (og mengden) i prøver.

Bakgrunnsinformasjon for læreren: Rundt 1910 fant man ut at røntgenstråler fra forskjellige grunnstoff fulgte en enkel regel (Moseleys lov) som gjør det mulig å identifisere stoffet ut fra dets karakteristiske røntgenstråler (hvert stoff har et unikt sett med røntgenenergi). Siden denne teknikken er ikke-destruktiv (dvs. det er ikke nødvendig å trekke ut en prøve for å gjøre analysen) og svært følsom, var det mulig å bruke den på svært små prøver. På denne måten ble grunnstoffet hafnium (Hf) identifisert. I dag brukes teknikken på forskjellige områder til å identifisere grunnstoffene som finnes i en prøve. Det er mulig å bruke den i søk etter utvinnbare mineraler, identifisere giftige metaller eller i senere tid for å identifisere kunstforfalskning, der forfalskere bruker moderne maling med et annet stoffinnhold enn det som ble brukt av den opprinnelige kunstneren.

Sammendrag om tverrfaglig tilnærming

De historiske og samtidige eksemplene viser det nære forholdet mellom kjemi og fysikk, og viser også hvordan historien kan hjelpe oss å forstå naturvitenskap, før og nå.

Del 2: Bli kjent med grunnstoffene

Introduksjon til kontekstbaserte tilnærminger

2.1 Gjøre grunnstoffene relevante



Sammendrag om læringsutbytte

Målet med denne delen er å introdusere lærerstudenter til kontekstbaserte tilnærminger i kjemiundervisningen, og gjøre kjemi mer relevant for studenter ved hjelp av eksempler fra elevenes egne liv.

Aktiviteten bidrar til å nå delmålet:

- Drøfte hvordan kontekstbasert kjemi kan gjøre læring om grunnstoffene mer relevant (kunnskap, ferdigheter, holdninger)

Beskrivelse av aktiviteten

I denne delen får studentene litt teori om kontekstbaserte tilnærminger.

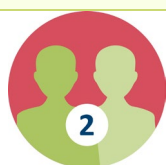
Sammendrag om tverrfaglig tilnærming

Kontekstbasert undervisning gjør det mulig å vise forbindelser mellom kjemi og ulike andre fagfelt, da målet er å hjelpe elevene til å koble vitenskapelige fenomener til en hverdagskontekst.

Del 2: Bli kjent med grunnstoffene

Tema: Grunnstoffenes relevans for liv

2.2. Grunnstoffer i kroppen din



Sammendrag om læringsutbytte

Målet med denne aktiviteten er å gi lærerstudenter et eksempel på hvordan utvalgte grunnstoffer kan settes inn i en kontekst fra elevens eget liv.

Aktiviteten bidrar til å nå delmålet:

- Beskrive hvordan grunnstoffer er viktige for oss og vårt moderne liv (kunnskap)

Beskrivelse av aktiviteten

Første lysbilde (nr. 23 i PP):

I denne aktiviteten undersøker lærerstudenter hvilke grunnstoff som bygger opp menneskekroppen. Studentene får presentert en modell av en menneskekropp med farger som representerer masseprosent av forskjellige grunnstoffer, og de bør oppfordres til å finne ut hvilke grunnstoffer som skjuler seg bak fargene.

Andre lysbilde (nr. 24 i PP):

På dette lysbildet vises fordelingen av grunnstoff i menneskekroppen, i tillegg til noen flere fakta.

Refleksjon:

Bare rundt 90 grunnstoffer bygger opp universet, inkludert deg selv og menneskene du er glad i, bakken du går på, luften du puster inn og den varmende solen, for å gi noen eksempler. Tenk på det!

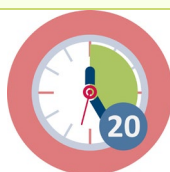
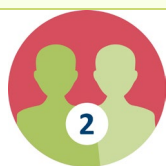
Sammendrag om tverrfaglig tilnærming

Studentene kan bruke kunnskap om menneskekroppen fra biologi, for å finne ut hvilke grunnstoffer det er flest av i menneskekroppen. For eksempel viser det at menneskekroppen består av 70 % vann at hydrogen og oksygen er de mest utbredte stoffene.

Del 2: Bli kjent med grunnstoffene

Tema: Grunnstoffenes relevans for liv

2.3. Bli kjent med grunnstoffene



Sammendrag om læringsutbytte

Målet med denne aktiviteten er å gi lærerstudentene et eksempel på hvordan det kan undervises om grunnstoff på en kontekstbasert måte, f.eks. hvordan stoffene kan knyttes til elevenes egne liv.

Aktiviteten bidrar til å nå delmålet:

- Drøfte hvordan en kontekstbasert tilnærming kan gjøre læring om grunnstoffene mer relevant (kunnskap, ferdigheter, holdninger)
- Beskrive hvordan grunnstoffer er viktige for oss og vårt moderne liv (kunnskap, holdninger)
- Gi eksempler på hvordan grunnstoff utnyttes/anvendes (kunnskap, holdninger)

Beskrivelse av aktiviteten

Første lysbilde (nr. 25 i PP):

I denne aktiviteten arbeider lærerstudentene i par, og hvert par får et sett med grunnstoffprøver. Her kan man bruke prøver som finnes tilgjengelig. Vi brukte prøver av Cu, Fe, Ti, Al, Bi, Si, S og C (grafitt og diamant). Parene velger ett av grunnstoffene og forbereder en kort presentasjon (3 minutter) om dette grunnstoffet til resten av klassen. Studentene kan bruke ulike internettkilder for å utforske hvor et grunnstoff finnes i naturen og hvordan grunnstoffet anvendes i ulike produkter osv. Det kan være motiverende å lage en presentasjon for et publikum.

Andre lysbilde (nr. 26 i PP):

Studentene presenterer korte presentasjonen for resten av klassen. Etter presentasjonen kan studentene drøfte følgende spørsmål:

- Hva lærte du om ditt grunnstoff gjennom arbeidet med denne presentasjonen?
- Hva lærte du av de andre presentasjonene om hvordan de forskjellige grunnstoffene er relevante for ditt liv?

Dette er en mulighet for studenter, både jenter og gutter, til å velge et grunnstoff og en kontekst som interesserer dem. En studie fra 2019 fant at jenter er interessert i temaer som helse og medisin, skjønnhet, menneskekroppen og miljø (Sjøberg & Schreiner, 2019).

Sammendrag om tverrfaglig tilnærming

I denne aktiviteten har studentene gode muligheter til å koble kjemi til andre disipliner, for eksempel betydningen av sporstoff i biologisk viktige prosesser i kroppen, sammenhengen mellom grunnstoff og historiske perioder (jernalder), eller bruk av grunnstoff i teknologi, som bruk av titan i lettere og mer drivstofføkonomiske fly, eller bruk av silisium i solceller.

Del 3: Forstå noen trender i periodesystemet

Tema: Trender i periodesystemet

3.1 Hvorfor trender i stedet for oktettregelen?



Sammendrag om læringsutbytte

- Å bevisstgjøre lærerstudenter på hvordan det å utforske og drøfte trender i periodesystemet kan gi *forståelse* til sammenligning med bare å slå fast hvordan ulike egenskaper varierer på tvers av systemet (kunnskap, ferdigheter)
- Å gjøre lærerstudenter oppmerksomme på at selv om oktettregelen kan brukes til å forutsi kjemiske reaksjoner og bindinger mellom grunnstoffatomer fra de to første periodene av periodesystemet, er den ikke tilstrekkelig til å forklare mange fenomener, og gir misvisende forklaringer om drivkraften i kjemiske reaksjoner. Studentene bør også gjøres oppmerksomme på at oktettregelen ikke er tilstrekkelig til å forklare strukturen til mange vanlige stoffer, som sulfat, klorat osv. (kunnskap, ferdigheter)
- å gi lærerstudenter erfaring med å forklare egenskaper ved atomer, grunnstoffer og kjemiske forbindelser med trender i stedet for oktettregelen (kunnskap, ferdigheter)

Beskrivelse av aktiviteten

Hver gruppe snakker om hvilke regler de kjenner til, og hvilke trender disse reglene er knyttet til. 3D-modeller bør være tilgjengelige i denne aktiviteten.

Studentene skal peke på eksempler på hvordan oktettregelen brukes i undervisning/læring og drøfte hvordan de samme fenomenene i stedet kan forklares av periodiske trender. Dette gir også mulighet til å evaluere og sammenligne 2D- og 3D-modellene som verktøy for læring.

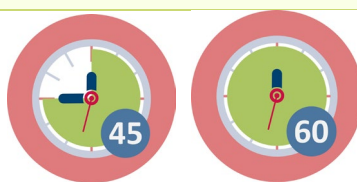
Sammendrag om tverrfaglig tilnærming

Forståelsen av trendene i periodesystemet og det å vite om oktettregelens mangler er nyttig for å forstå aspekter innen kjemi, fysikk og molekylærbiologi. Å forstå ulike strategier for forklaring av egenskaper hos atomer, grunnstoffer og kjemiske forbindelser er også nyttig i kjemi, fysikk og biologi (biokjemi).

Del 3: Forstå noen trender i periodesystemet

Tema: Trender i periodesystemet

3.2 undervise om trender i periodesystemet ved å bruke Lego-versjoner i 3D Lego (laget av Lego eller 3D-printet) og 3.3 Todimensjonal vs. 3D-modeller



(3 x 15 minutter for 3.2, 4 x

15 minutter for 3.3.)

Sammendrag om læringsutbytte

Bruke egnede undervisningsmodeller, enten 2D eller 3D, til å hente ut relevant kjemisk informasjon og finne sammenhenger mellom underliggende egenskaper som elektronegativitet og atomdiameter (ferdigheter).

Beskrivelse av aktiviteten

Gruppene bør ha tilgang til begge typer periodesystemer og diskutere hvordan spørsmålene i grubletegningene kan belyses.

3D-modellene i Lego kan bygges på forhånd, eller så kan bygging og plassering av grunnstoff lages som en oppgave for elevene som beskrevet i byggeinstruksjonene [arbeidsark 5-7], som ekstra læringsutbytte i å navigere periodesystemet.

Be studentene (i grupper på to eller tre) om å diskutere hvorfor f.eks. fluor reagerer med hydrogen (eller hvorfor klor reagerer med natrium) basert på trender i atomdiameter og elektronegativitet. Her kan 3D-modeller av periodesystemet være nyttige. Hvordan bidrar disse forklaringene til studentenes forståelse av kjemiske reaksjoner sammenlignet med forklaringer basert på oktettregelen?

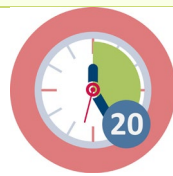
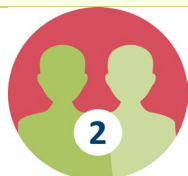
Sammendrag om tverrfaglig tilnærming

Å forstå ulike strategier for forklaring av egenskaper hos atomer, grunnstoffer og kjemiske forbindelser er nyttig i kjemi, fysikk og biologi (biokjemi).

Del 4: Vitenskaps sosiologiske problemstillinger

Fra lærebøker i naturvitenskap og inn i virkelige situasjoner: En utforskning av grunnstoff og bruken av dem i situasjoner i dagliglivet

4.1 Hvor finner vi grunnstoff (på jorden)?



Sammendrag om læringsutbytte

Denne korte innledende aktiviteten tar sikte på å sette kunnskap om grunnstoff i naturen nærmere studentenes erfaringer i dagliglivet. Studentene utforsker forholdet mellom den høye forekomsten av grunnstoff og hvor de brukes og bidrar i vårt daglige liv, får mer kunnskap om hvor bestemte, interessante grunnstoff finnes på jorden, og reflekterer over de mange faktorene i prosessen for å finne grunnstoffene, grave dem ut og gjøre dem klare til bruk i hverdagen. Denne aktiviteten er en mulighet for studenter, både gutter og jenter, til å utforske hverdagslige kjemikontekster som interesserer dem.

- Utforsk hvordan etterspørselen etter grunnstoff bidrar til å forme dagens og framtidens teknologi (kunnskap, ferdigheter)
- Drøft hvordan fortsatt utnyttelse av begrensede ressurser fører til både etiske og bærekraftige problemstillinger (holdninger)

Beskrivelse av aktiviteten

Først vil læreren gi studentene en innføring i «den periodiske knapphetstabellen» (de kan søke etter tabellen på nettet på eget språk på <https://www.euchems.eu/euchems-periodic-table/>), og be dem studere tabellen, hente ut informasjon om bestemte grunnstoff og hvordan disse brukes i hverdagslivet. (Studentene bør prøve å fokusere på grunnstoffene de er best kjent med.)

Deretter ber læreren studentene velge ett eller to grunnstoffer fra tabellen og lokalisere disse stoffene på et verdenskart, for å finne ut hvor det er mest av stoffene. Du finner kartet her: <https://mrdata.usgs.gov/general/map-global.html>

NB. Du kan bruke dette til en rask utforskning av enkelte kritiske grunnstoff: <https://mrdata.usgs.gov/pp1802/map-us.html#home>

Sammendrag om tverrfaglig tilnærming

Grunnstoff er byggesteiner av materie. Interesse for og dermed grunnleggende kunnskap om grunnstoff, deres plassering, forekomst, og den viktige rollen som de enkelte grunnstoffene spiller som byggesteiner for materie (menneskekroppen, råstoff for mat, medisinerplanter, hvitevarer osv.) er ikke bare nyttig for studenter i kjemi, fysikk eller biologi, men for alle forskere på alle fagfelt.

Del 4: Sosiovitenskapelige problemstillinger

Menneskelig avhengighet av grunnstoff: Hva står på spill?

Igangsetting av refleksjon og tenkning over aktuelle globale utfordringer hvis løsninger er avhengige av ikke-fornybare ressurser: grunnstoffene.

4.2 Et spørsmål om forekomst og bruk



Sammendrag om læringsutbytte

Studentene har utforsket periodeknapphetssystemet (ev. andre mulige ressurser), har fått innsikt i grunnstoffer som er mye brukt i de mange elektroniske apparatene og enhetene vi benytter i dagliglivet. Mot denne bakgrunnen blir studentene utfordret til å diskutere og reflektere over hvor mye av disse kritiske grunnstoffene som er igjen (der det er mulig, finne ressurser som gir estimer) og hvordan den kontinuerlige utnyttelsen av stoffene er en trussel mot en bærekraftig og grønn fremtid. Målet er ikke å finne «riktige» svar på spørsmålet om bærekraft, men heller å gi studentene mulighet til å tenke og reflektere over de globale utfordringene hvis løsninger er avhengige av fortsatt forekomst av disse kritiske grunnstoffene (mineralene).

- Utforsk hvordan etterspørselen etter grunnstoff bidrar til å forme dagens og framtidens teknologi (kunnskap, ferdigheter)
- Drøft hvordan fortsatt utnyttelse av begrensede ressurser fører til både etiske og bærekraftrelaterte problemstillinger (holdninger)

Beskrivelse av aktiviteten

Be studentene (i grupper på to) om å vurdere ETT grunnstoff fra periodeknapphetssystemet som tydeligvis anvendes i moderne rene teknologier.

Be dem om å bruke tilgjengelige nettressurser til å finne relevant informasjon om forekomst og plassering av dette grunnstoffet i naturen, og deretter diskutere konsekvensene av fortsatt utnyttelse av stoffet opp mot det globale målet om en bærekraftig grønn framtid.

Sammendrag om tverrfaglig tilnærming

Spørsmålet om forekomst og utforskning av grunnstoff med en direkte virkning på den bærekraftige fremtiden er et spørsmål som er relevant på alle fagfelt. Forskjellige caser fra fagfeltene kjemi, fysikk, biologi, samfunnsvitenskap, økonomi o.a. kan skisseres og drøftes.

Del 4: Sosiovitenskapelige problemstillinger

Grunnstoffer er ikke lett tilgjengelige, og prosessen med å ekstrahere dem og gjøre dem tilgjengelige og brukbare er ikke enkelt.

Her ser vi på konsekvensene som ligger i en slik prosess og hvilke tøffe beslutninger som må tas på de ulike beslutningsnivåene

4.3 Kobolt er en bidragsyter til en ren og bærekraftig framtid



Sammendrag om læringsutbytte

Denne delen fokuserer på grunnstoffet kobolt og dets viktige bidrag til en ren og bærekraftig framtid. Studentene får en oversikt over de ulike nullutslippsmålene til innflytelsesrike land som USA, Kina, Storbritannia og EU. Studentene skal kunne gjøre koblinger mellom disse selvstendige nullutslippsmålene, og hvor mye kobolt eller andre mineraler som trengs i en kontinuerlig forsyning i de kommende årene for at nullutslippsmålene skal nås. Mot denne bakgrunnen/forståelsen vil læreren gi en oversikt over de omfattende prosessene i utvinning og transport av kobolt til de endelige industrianleggene der kobolt brukes. Denne oversikten tar sikte på å danne en bevissthet om de etiske dilemmaene som alle parter involvert i den globale nullutslippsinnsatsen står overfor. Etter å ha vist oversikten ber du studentene om å se på et 10-minutters videoklipp som ligger under del 4.4 (se detaljer under 4.4) og diskutere spørsmålene i 4.4.

- Utforsk hvordan etterspørselen etter grunnstoff bidrar til å forme dagens og framtidens teknologi (kunnskap, ferdigheter)
- Drøft hvordan fortsatt utnyttelse av begrensede ressurser fører til både etiske og bærekraftrelevante problemstillinger (holdninger)

NB.

Det finnes flere rapporter om utfordringene knyttet til utvinningen/utnyttelsen av kobolt fra Kongo og andre land, se f.eks. Banza Lubaba Nkulu et al., 2018 og Sovacool, 2019. Lærere kan søke etter disse rapportene på internett. Lærere kan også bruke noen av de publiserte artiklene til å få en oversikt over problemene og dele disse med studentene.

Sammendrag om tverrfaglig tilnærming

Kunnskap om prosessene som er involvert i det å ekstrahere og transformere grunnstoffer til brukbare former er nyttig for alle fagdisipliner. Videre er det nyttige for alle samfunnsborgere å ha denne bakgrunnskunnskapen som grunnlag for beslutninger de skal ta i framtiden, etter hvert som søket etter bærekraftige levemåter fortsetter.



Materialer og ressurser



Presentasjon (pptx) [1]. Periodesystemet: Undervisningsmodul.

Dette er hele undervisningsmodulen presentert i en PP, inkludert aktiviteter og lenker til undervisningsmateriell på nett.



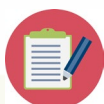
Arbeidsark. 1) Tabell for aktivitet 1.5 (sorter grunnstoff basert på informasjon tilgjengelig i 1870). 2-3) Instruksjoner for bygging av papirmodeller av et periodesystem i 3D (modeller hentet fra de som ble presentert og utviklet av M. Courtines i 1925 (papirmodell 1) og Roy Alexander i 1965 (papirmodell 2)), 4-7) Instruksjoner for bygging av periodesystem i 3D i Lego (radier/diameter, tetthet, ioniseringspotensial, elektronegativitet).

YouTube-video laget for denne modulen:

https://www.youtube.com/playlist?list=PLkIR4yjoBdd_GC4I3qC4u7i_SunaJwcb



Mal for oversettelse av undertekster er vedlagt som sbv-filer (merk at de bør åpnes i WordPad eller lignende), og lærere som ønsker å legge til teksting på sitt eget språk kan bruke tekstredigeringsprogrammet og sende dem tilbake til NTNU-partnerne som vil legge til undertekstene i YouTube-språkalternativene.



Sorteringsark Lego for sorteringsaktivitet [8] og mappe med instruksjoner for printing av periodesystemer i 3D [9].



Evaluering

Evalueringskriterier for modulen:

Kunnskap:

- Beskrive hvordan periodesystemet har vært, og fortsatt er, et *viktig verktøy for å utforske og forstå hvordan naturen er bygd opp* (del 1)
- Forklare *egenskapene til noen av «enhetene»* i periodesystemet (dvs. grunnstoffene), og drøfte hvordan kontekst kan gjøre grunnstoffer mer relevante i studentenes egne liv (del 2, del 4)

Hvert av disse overordnede målene er delt inn i delmål som er koblet til bestemte aktiviteter beskrevet ovenfor og presentert i PowerPointen.

For å vurdere om elevene er i stand til å beskrive periodesystemet som en måte å forstå hvordan naturen er bygget opp på, kan læreren bruke sorteringsaktivitetene (1.1. og 1.3) og den historiske innføringen (1.4). Studentene skal vise at de ser sammenhengen mellom kjemiske egenskaper og systematisering av grunnstoffene, en sammenheng som førte til utviklingen av det moderne periodesystemet.

For å vurdere om studentene er i stand til å se sammenhengene mellom grunnstoffene i en personlig, samfunnsmessig og profesjonell kontekst, har vi utviklet en aktivitet (aktivitet 2.3 Bli kjent med grunnstoffene) der elevpar lager en presentasjon av et grunnstoff. Læreren kan vurdere i hvilken grad elevene evner å gi hverdagslige eksempler på bruken av grunnstoffet og om de klarer å beskrive stoffets plass i periodesystemet (gruppe og periode).

Ferdigheter:

- Bruke vitenskapelige prinsipper til å *sortere objekter og grunnstoffer på en systematisk måte* (del 1)

For å vurdere om elevene er på vei til å utvikle denne ferdigheten, har vi laget aktiviteter der elevene organiserer Lego-klosser (1.1), og sorterer metaller etter tetthet (1.3). Læreren kan vurdere om elevene er i stand til å lage og gjøre rede for sorteringskriterier og argumentere for dem, ved å se på hvordan de har sortert og hvordan de forklarer sine valg. De bør også kunne vise at de kjenner til flere sorteringskriterier.

- Bruke egnede undervisningsmodeller, enten 2D eller 3D, til å hente ut relevant kjemisk informasjon og finne sammenhenger mellom underliggende egenskaper som elektronegativitet og atomdiameter (del 3)

Som vurdering kan læreren bruke aktivitetene der elevene jobber med periodesystemer og Lego-modeller og 3D-printmodeller og se etter trender på tvers av systemet, som elektronegativitet, atomradier og tetthet (3.2). Studentene kan bruke ulike modeller til å trekke ut informasjon, finne sammenhenger og argumentere for styrker og svakheter ved de forskjellige representasjonene.

Holdninger:

For å vurdere kritisk tenkning, etiske hensyn, miljøbevissthet: Læreren kan be elevene reflektere over følgende spørsmål: (Kan brukes til alle undermoduler/aktiviteter.)

- Hvordan vil du vurdere om du har tilstrekkelig kunnskap til å løse denne oppgaven?
- Hvilken sammenheng kan du se mellom de ulike aktivitetene?
- Hvordan kan kunnskapen og ferdighetene du har brukt i denne modulen overføres til andre situasjoner enn dem vi har møtt i denne modulen?
- Hvordan er periodesystemet relevant for andre fagdisipliner enn kjemi?
- Hva er periodesystemets relevans for miljøspørsmål og etiske

problemstillinger?

Forslag til vurderingsrubrikk for kritisk tenkning:

| | |
|----------------------------------|---|
| <p>Nøytralt nivå</p> | <p>Fravær av kritisk tilnærming til å løse et problem</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ingen kvalitetskontroll av eksterne informasjonskilder - ingen kontekstuell kunnskap - Ingen alternative metoder er vurdert - Ingen eksplisitte argumenter for et vedtak - Ingen refleksjon over svaret |
| <p>Grunnleggende nivå</p> | <p>Løse et problem med bestemte elementer av kritisk tenkning, uten å bruke sitt fulle potensiale:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kun begrensede informasjonskilder brukes, og kildene er ikke kontrollerte - variasjon i metoder er begrenset til prosedyrer som fremkommer i lignende sammenhenger - argumenter er gitt, men med begrenset kunnskap og potensial for generalisering - sporadisk forståelse av normer og verdier - i refleksjonen kontrolleres løsningen, og svaret vurderes i konteksten, men det metakognitive forholdet til hele prosessen er ganske svakt |
| <p>Viderekommet nivå</p> | <p>Løse et problem basert på lang erfaring og en profesjonell tilnærming:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flere kilder vurderes og velges basert på kvalitetskontroller - En rekke metoder brukes eller til og med utvikles med det formål å analysere og løse - Konklusjonene er sammenhengende, logiske og støttes av argumenter basert på kilder - Målorientering er kontinuerlig til stede og handlingsevne vises gjennom hele prosessen - innholdsrik refleksjon. inkluderer de høyere målene for aktiviteten og muligheten til å evaluere funn |

Eksempler på bruk av rubrikken i denne modulen:

Aktivitet 1.1.: Sorteringsaktivitet

Nøytralt nivå: Ingen vurdering av alternative måter å organisere/sortere byggeklossene på – bare én løsning. Ingen eksplisitte argumenter for årsakene til valg

Grunnleggende nivå: Minst to mulige måter å sortere på diskuteres, men studentene utvider ikke refleksjonene sine til utfordringen med å sortere gjenstander (eller grunnstoffer) før et system er kjent.

Viderekommet nivå: Det presenteres og argumenteres for forskjellige måter å sortere på. Utvidet til ideen om flere måter å klassifisere grunnstoff på, og utfordringen knyttet til dette arbeidet.

Aktivitet 2.3: Bli kjent med grunnstoffene

Nøytralt nivå: Ingen kvalitetskontroll av eksterne informasjonskilder. Ingen sammenheng mellom plassen i periodesystemet og egenskapene som presenteres – eller ingen argumenter for dette

Grunnleggende nivå: kun begrensede informasjonskilder brukes, og kildene er ikke kontrollerte. Argumenter er gitt, men med begrenset kunnskap og potensial for generalisering. Noe tilknytning til plassering i periodesystemet, men ikke utdypende

Viderekommet nivå: Flere kilder vurderes og velges basert på kvalitetskontroller. Eksplisitte forbindelser til plassering i periodesystemet.

ICON
(følger)

Tverrfaglig

Lenker til andre IO-er:

IO3: Målinger. Måling av tetthet som en måte å bygge periodesystem på

IO4: Menneskets anatomi og fysiologi. Kjemiske reaksjoner/funksjoner i menneskekroppen er avhengig av grunnstoffer. Grunnstoffene bygger opp kroppene våre (Del 2)

IO5: Stoffkretsløp: Vannets kretsløp: Vann (del 0) er viktig for mennesker i fortid og nåtid. Grunstoffsykluser som karbonsyklusen og nitrogensyklusen viser relevansen til noen av grunnstoffene i periodesystemet i dagliglivet (del 2)

IO6: Kjemiske reaksjoner: Noen vanlige kjemiske reaksjoner, eller kjemisk reaksjonsevne, kan forklares eller forutsies ved å se på plasseringen til hvert grunnstoff i periodesystemet (del 3). Videre viser den historiske utviklingen av periodesystemet hvorfor kjemiske egenskaper og reaksjoner er relevante som sorteringskriterier, sammen med atomvekt.

IO8: Elektrisitet: Informasjon om grunnstoffenes ledningsevne og elektronstruktur kan til en viss grad utledes fra periodesystemet

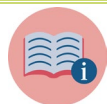
IO9: Lys: Grunnstoffer benyttes i lysdeteksjon, som lyskilder og halvledere (Del 2 og Del 3)

IO10: Husholdningsapparater (teknologi) Grunnstoffer finnes i materialer som brukes i matlagingsutstyr og induksjonstopp/varmeapparat. Materialbruken er knyttet til materialeegenskaper, som til en viss grad kan utledes fra periodesystemet (Del 3)

IO11: Tekniske materialer. Se IO10.

[Teaching and Learning Collection | How do you assess interdisciplinary skills? \(uu.nl\)](#)

Mulige rubrikker for vurdering av *tverrfaglige ferdigheter*: [18122-B1 Matrix-with-assessment-rubrics 202106.pdf \(uu.nl\)](#)



Referanser

Banza Lubaba Nkulu, C., Casas, L., Haufroid, V., De Putter, T., Saenen, N. D., Kayembe-Kitenge, T., Obadia, P. M., Mukoma, DK W., Ilunga, J-M. L., Nawrot, T. S., Numbi, O. L., Smolders, E. & Nemery, B. (2018). Sustainability of artisanal mining of cobalt in DR Congo. *Nature Sustainability*, 1(9), 495-504. doi:10.1038/s41893-018-0139-4

Bierenstiel, M., & Snow, K. (2019). Periodic Universe: A Teaching Model for Understanding the Periodic Table of the Elements. *J. Chem. Educ.*, 96(7), 1367-1376

Brock, W. (1992). *The Fontana History of Chemistry*. London: Fontana Press.

Brock, W. (2016). *The History of Chemistry. A Very Short Introduction*. Oxford: Oxford University Press.

CEDEFOD (2017). *Defining, Writing and Applying Learning Outcomes. A European Handbook*. Luxembourg: Publications Office for the European Union.

COM (2019). *Key Competences for Life-Long Learning*. Luxembourg: Publications Office for the European Union.

Egdell, S. G. & Bruton, E. (2020). Henry Moseley, X-ray Spectroscopy and the Periodic Table. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, A378, 20190302.

Eggen, P.-O., Kvittingen, L., Lykknes, A. & Wittje, R. (2012). Reconstructing Iconic Experiments in Electrochemistry – Experiences from a History of Science Course. *Science & Education*, 21(2), 179-189.

Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of “Context” in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976, DOI: 10.1080/09500690600702470

IYPT (2019). The International Year of the Periodic Table. <https://iypt2019.org>

Kaji, M., Kragh, H. & Pallo, G., Eds. (2015). *Early Responses to the Periodic System*. Oxford: Oxford University Press.

King, D. (2012) New perspectives on context-based chemistry education: Using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning. *Studies in Science Education*, 48(1), 51-87, DOI: 10.1080/03057267.2012.655037

Lykknes & Van Tiggelen, Eds. (2019a). *Women in their Element: Selected Women’s Contributions to the Periodic System*. Singapore: World Scientific.

Lykknes & Van Tiggelen (2019b). In Their Element: Women and the Periodic Table. *Science in School*, 47, 8-13.



Osborne, J., Simon, S. & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079, DOI: 10.1080/0950069032000032199

Pellegrino, J. W. & Hilton, M. L., Eds. (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. National Research Council Division of Behavioural and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.

Rayner-Canham, G. (2020). *The Periodic Table: Past, Present, and Future*. Singapore: World Scientific.

Salame, I. I., Sarowar, S., Begum, S., & Krauss, D. (2011). Students' alternative conceptions about atomic properties and the periodic table. *Chem. Educator*, 16, 190-194.

Scerri, E. (2007). *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*. Oxford: Oxford University Press.

Sjøberg, S. & Schreiner, C. (2019). ROSE (The Relevance of Science Education). The development, key findings and impact of an international low cost and comparative project. Final report, Part 1 (of 2). Retrieved from: [\(19\) \(PDF\) ROSE \(The Relevance of Science Education\). The development, key findings and impacts of an international low cost comparative project. Final Report, Part 1 \(of 2\) \(researchgate.net\)](#)

Sovacool, B. K. (2019). The precarious political economy of cobalt: Balancing prosperity, poverty, and brutality in artisanal and industrial mining in the Democratic Republic of the Congo. *The Extractive Industries and Society*, 6(3), 915-939. doi:<https://doi.org/10.1016/j.exis.2019.05.018>

Van Spronsen, J. W. (1969). *The Periodic System of Chemical Elements. A History of the First Hundred Years*. Amsterdam: Elsevier.