# Kolorimeter av Lego med LED som lyskilde og detektor[[1]](#footnote-1).

# Lærer og elev-veiledning

Av Jonas Asheim, Eivind V. Kvittingen, Lise Kvittingen og Richard Verley

## Formål med forsøket

Formålet med forsøket er å bygge et enkelt kolorimeter som kan brukes til å vise prinsippene ved spektroskopi og å bestemme konsentrasjonen i en ukjent løsning.

## Bakgrunn/Teori

Lys (dvs. elektromagnetisk stråling) vekselvirker med stoff, og ulike bølgelengder av lyset gjør dette på forskjellige vis. I spektrofotometri benytter vi oss av dette fenomenet til å gjøre målinger. Dette kalles spektroskopi og instrumentene som brukes kalles spektrofotometre. Instrumentene er nesten alltid kostbare. I tillegg er de lukkede ("svarte bokser") og dermed ikke-intuitive.

Kolorimetri er en del av spektroskopien, der man bare bruker en liten del av det elektromagnetiske spekteret, nemlig det synlige lyset. I kolorimetri skinner man lys gjennom en farget løsning, og måler hvor mye lys som kommer ut på den andre siden (transmitteres). Dette kan fortelle noe om konsentrasjonen av løsningen lyset passerer igjennom. Vi sier at det lyset som passerer gjennom den fargede løsningen blir transmittert og den andelen av lyset som ikke passerer igjennom blir absorbert. Hvor mye, eller lite, lys som absorberes er avhengig av forbindelsen (molekylene, kompleksene, ionene) lyset går igjennom.

Kolorimetri er en intuitiv og enkel måte å lære om de grunnleggende prinsippene i spektroskopi. I tillegg er det ikke en utdatert metode, men brukes i en rekke analyser også i dag.

Beer-Lamberts lov oppsummerer sammenhengen mellom lysmengde som blir absorbert i en løsning og konsentrasjonen av lysabsorberende molekyler og veilengden gjennom løsningen. Den matematiske sammenhengen er som følger

* *A = Ɛbc* (1)
Der *A* er absorbans (uten enhet), *Ɛ* er molar absorbitet (M-1cm-1), *b* er avstand lyset går gjennom løsningen (cm) og *c* er konsentrasjon (M).

Beer-Lamberts lov har flere begrensninger og avvik. Disse kan inntreffe i følgende tilfeller (Harris 2013, s. 394[[2]](#footnote-2)):

* For høye konsentrasjoner av analytt (forbindelsen vi analyserer).
* Analytten inngår i konsentrasjonsavhengig kjemisk likevekt
* Ikke monokromatisk lys eller innstråling fra andre lyskilder
* Bruk av bølgelengder utenfor absorbsjonsmaksimum
* Temperaturendringer

For å unngå avvik fra Beer-Lamberts lov må standardkurven (kalibreringskurven) lages under kontrollerte betingelser. Det betyr at kalibreringskurven blir laget med ett sett løsninger med ulike konsentrasjoner innenfor det konsentrasjonsintervall som forventes å arbeide med i undersøkelsen. I følge ligningen er det en proporsjonal sammenheng mellom absorbans og konsentrasjon, ergo forventes en lineær plott fra standardløsningene.

I dette forsøket bruker vi lysdioder (LED = light emitting diode) som både lyskilde og detektor. LED varer lenge og sender ut lys over et lite bølgelengdeområde, typisk rundt 20-30 nm rundt toppverdi. Fordi LEDene utstråler lys over et så smalt bølgelengdeområde kan de brukes i et kolorimeter. Egentlig skulle lyskilden avgi lys ved kun én bestemt bølgelengde.

En LED lyser når strøm sendes igjennom den. Det å bruke en LED som detektor er nok overraskende for mange, men det har vært kjent i flere tiår for de innvidde (kjernefysikere?). En LED vil danne en spenning hvis den utsettes for lys med samme eller lavere bølgelengde enn det lyset den sender ut. Her bruker vi en rød LED som detektor fordi den er følsom for alle farger i den synlige spektret. Spenningen vil øke lineært med økende lysstyrke (over et visst område), og dette danner grunnlaget for å bruke den som detektor.

## Slik gjør du

Kolorimeteret skal se slik ut når det er ferdig.



### Materialer

LEGO brikker kan kjøpes via følgende nettside: http://shop.lego.com/en-PL/Pick-A-Brick-ByTheme. Derfra må du finne de individuelle brikkene ved å lete gjennom fanen til venstre.

Dioder kan kjøpes f.eks. via RS Components.

Faste deler:

* 2x Brick 2x1 med hull (“Brick 2x1 with hole“ grey: Element ID: 4211440)
* 2x Brick 2x2 (red: Element ID: 300321)
* 2x Brick 2x2 (grey: Element ID: 4211385)
* 1x Plate 6x16 (grey: Element ID: 4211733)
* 2x røde LED (Light Emitting Diodes) (ID: 826-442) med (lmax = 635 nm)
* 1 grønn LED (ID: L5-G71N-GT) med (lmax = 525 nm), eller lignende (valgfri)
* 56 Ohm resistor (om 3V batteri brukes)
* 2x 1,5V batterier
* Batteriholder
* Ledninger med krokodilleklemmer i endene
* Kyvetter 10x10 mm (minst 10 stk.)
* Voltmeter/multimeter med indre motstand på minst 10 MOhm (De billigste hos f.eks. Biltema har en indre motstand på bare 1 MOhm. Biltemas multimeter, Art 15-123, virker for eksempel bra.)

### Bygging

Den grafiske bruksanvisningen viser hvordan du skal sette sammen kolorimetret. Under er anvisninger med kommentarer. Les dette før du setter i gang.

#### 1. Lyskilden:

Trykk en rød LED så godt du kan i hullet på en “Brick 2x1 med hull”. Hjørnet av en annen Lego-brikke kan brukes som verktøy til dette. Putt en “Brick 2x1 med hull” oppå en rød “Brick 2x2”.

*Kommentar i: Bruk en annen farge på LEDen om du ønsker en lyskilde i et annet bølgelengdeområdet.*

*Kommentar ii: Det er viktig at LEDen ikke kan bevege seg i hullet, når ledningen kobles til, ellers vil lyset som treffer detektoren kunne variere. Lyskilden blir stabil om du bruker kraft for å trykke LEDen inn i hullet.*

*Kommentar iii: Når LEDen er skjøvet på plass i hullet er det vanskelig å få den ut igjen uten å ødelegge den.*

*Kommentar iv: Skyv inn LEDen med beina horisontale og i samme posisjon for alle diodene, for eksempel det lange beinet alltid til høyre. Dette vil forenkle koblingen av ledningene senere.*

*Kommentar v: Hvis du bruker LEDer med forskjellig farger, sett dem på en sokkel (“Brick 2x2”) med samsvarende farge, eller bruke en "Brick 2x1 med hull" med tilsvarende farge.*

#### 2. Detektoren:

Trykk en rød LED inn i en “Brick 2x1 with hole” og sett den på en rød “Brick 2x2”.

*Kommentar: Følg kommentarene ii til iv (over) om hvordan lyskilden blir satt sammen.*

#### 3. Kyvetteholderne:

Bruk en kniv eller baufil til å kutte av toppen på en grå “Brick 2x2”. Dette er ikke en presisjonsøvelse. Omkring 6 mm høye vegger er ideelt for å holde kyvetten stabilt på plass.

*Kommentar: Pass på at du ikke skjærer deg. Hold f.eks. LEGO-brikken med en knipetang.*

#### 4. Sett det hele sammen:

Kobl sammen kolorimeteret som vist i figurene, med voltmeteret på detektorsiden og batteriet på lyskildesiden. Sjekk om kolorimetret trenger å bli dekket med plast (for å unngå strølys). Dette gjøres ved å måle voltstyrken når LEDen *ikke* er tilkoblet med plastdekke over og uten plastdekke over. Hvis det er liten forskjell mellom disse målingene er det unødvendig å dekke til kolorimetret.[[3]](#footnote-3) Vår erfaring er at om vinteren i Norge er det unødvendig å dekke til.

### Gjennomfør målingene

#### Lag standardkurve

Først må du lage en standardkurve for stoffets absorbans. Til dette trenger du minst 5–6 standardløsninger, dvs. løsninger med kjente konsentrasjoner[[4]](#footnote-4).

Fyll kyvettene med standardløsningene, i tillegg til en kyvette med vann (løsemidlet). Plasser én kyvette i kyvetteholderen mellom detektor og lyskilde. (Dekk eventuelt til med svart plast.) Les av voltstyrken fra detektoren og noter verdien i en tabell (f.eks. den under). Gjenta med de andre konsentrasjonene. Beregn deretter transmittans, dvs. hvor mye lys som kommer gjennom løsningen sammenlignet med gjennom vann.

Transmittans for en løsning er gitt ved følgende ligning:

Her er *P* lysintensiteten. Vi kan erstatte lysintensiteten, *P*, med den målte spenningen, *U*, siden vi antar at den målte spenningen er proporsjonal med lysintensiteten.

Beregn deretter absorbans (fra transmittansmålingene) ved hjelp av følgende ligning:

Lag en kurve av absorbans som funksjon av konsentrasjon. Bruk x-aksen til konsentrasjon og y-aksen til absorbans. Merk av måleverdiene for hånd eller med et dataprogram (f.eks. Excel). Disse punktene skal ligge på en tilnærmet rett linje. (Hvis du bruker Excel, la programmet trekke linjen gjennom punktene og angi ligningen som beskriver den.) Dette er standardkurven.

Forslag til tabell:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | Prøver |  |
|  | Rent løsemiddel | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Stokkløsning |
| Konsentrasjon  |  |  |  |  |  |  |  |
| U, Spenning (V) |  |  |  |  |  |  |  |
| Transmittans |  |  |  |  |  |  |  |
| Absorbans |  |  |  |  |  |  |  |

#### Finn konsentrasjon av en ukjent løsning[[5]](#footnote-5)

Overfør en løsning med ukjent konsentrasjon til en kyvette. Plasser kyvetten i kolorimeteret.
NB! Det må være samme forbindelse (men med en annen konsentrasjon) som den brukt til standardkurven. Et nytt stoff vil ha en annen absorbans, og trenger dermed en egen standardkurve.

Mål transmittans, beregn absorbans og les av på standardkurven konsentrasjonen i den ukjente løsningen. (Eventuelt bruk Excel til å finne den.)

#### Undersøk forskjellen på absorbans når vandringsvei gjennom løsningen dobles

Til å undersøke absorbans som funksjon av veilengden lyset går gjennom løsningen, må det lages to kyvetteholdere (i stedet for én, se grafisk bruksanvisning). Plasserer disse mellom lyskilden og detektoren. Deretter gjør du målingene på nytt, med både én og to kyvetter med samme løsning. *Kommentar: For løsningen(e) med høyest konsentrasjon vil det kunne komme for lite lys gjennom for å gjøre gode målinger. Hvorfor det?*

Legg for eksempel til kurven for absorbans med 2 kyvetter i samme graf som den med 1 kyvette. Da vil du se at absorbans (ca.) dobles når veilengden lyset må gå gjennom dobles.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Prøve | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Stokkløsning |
| Konsentrasjon |  |  |  |  |  |  |
| Spenning (V) 1 kyvette |  |  |  |  |  |  |
| Transmitans, 1 kyvette |  |  |  |  |  |  |
| Absorbans, 1 kyvette |  |  |  |  |  |  |
| Spenning (V), 2 kyvetter |  |  |  |  |  | Gjøres ikke |
| Transmitans, 2 kyvetter |  |  |  |  |  | Gjøres ikke |
| Absorbans, 2 kyvetter |  |  |  |  |  | Gjøres ikke |

1. Dette forsøket er basert på en artikkel publisert i Journal of Chemical Education: Asheim, J. Kvittingen, E.V, Kvittingen, L, Verley, R. (2014) A simple, small-scale Lego colorimeter with a Light Emitting Diode (LED) used as detector, s. 1037-1039 [↑](#footnote-ref-1)
2. Harris, C.D. (2013), Exploring Chemical Analysis, 5. utg. [↑](#footnote-ref-2)
3. Målingen med strølyset (dvs. fra lyset i rommet når lysdioden ikke er tilkoblet) bør være mindre enn 10 % av den laveste målingen (dvs. gjennom den mest konsentrerte løsningen). [↑](#footnote-ref-3)
4. Se Lærerveiledning «Tillaging av standardløsninger». [↑](#footnote-ref-4)
5. Se Lærerveiledning «Lag en løsning med «ukjent konsentrasjon»». [↑](#footnote-ref-5)