

Quantum Rules!

Foto-elektrisch effect met LEDs

Inleiding

In dit experiment onderzoek je het verband tussen energie en kleur van licht. We voeren dit experiment uit met LEDs (light emitting diodes). In een LED wordt elektrische energie ($E_{el} = q \cdot U$) omgezet in licht ($E_f = h \cdot f$). De elektrische energie komt vrij doordat elektronen een potentiaalverschil doorlopen. Het potentiaalverschil wordt veroorzaakt door twee materialen tegen elkaar te plaatsen met verschillende eigenschappen: in de ene helft wordt het silicium (Si) vervuild met elementen die een elektron meer hebben (zoals fosfor F), de andere helft is Si vervuild met atomen die een elektron minder hebben (zoals aluminium Al).

De opstelling

Op het apparaat zitten zeven LEDs in een doorzichtig plastic behuizing (de achtste led is de aan/uit indicator, die doet niet mee). Met de zwarte draaiknop kun je een LED selecteren. Met de rode draaiknop kun je de spanning over deze LED instellen. De spanning *over* de LED kun je meten met de multimeter.

1. Sluit de meter aan als voltmeter.
2. Sluit de batterij aan (als die niet al is aangesloten).
3. Draai de schakelaar linksom om zo de blauwe LED te selecteren.
4. Draai de rode potentiometer linksom om de spanning over de LED 0 V (of zo klein mogelijk) te maken.
5. Laat je opstelling controleren.
6. Zet de schakelaar aan.
7. Draai aan de potentiometer om de helderheid van de geselecteerde LED instellen.

N.B. De multimeter schakelt zichzelf uit als hij enige tijd niet bediend wordt. Hij piept als waarschuwing; dan even aan- en uitzetten.

Het experiment

In dit experiment bepaal je voor de LEDs de spanning waarbij zij juist beginnen te gloeien. Dat kan op het oog, maar in de opstelling zitten ook drie infrarood LEDs. De camera's van de meeste smartphones – maar niet alle – zijn wel gevoelig voor IR. Leg de foam strip over LEDs zodat de lens van je telefoon niet bekrast wordt. Zoom in en beeld het licht van de LED af.

Je hebt nodig:

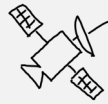
- Eisco meetbord met diverse leds
- 1 multimeter
- 1 9 V blokbatterij
- Aansluitsnoer voor batterij
- 4x 4mm-snoeren
- beschermende foamstrip
- smartphone
- computer met Excel



Fig. 1: Eisco meetbord



Fig. 2: Een multimeter



Quantum Rules!



Fig. 3: Foto van een LED

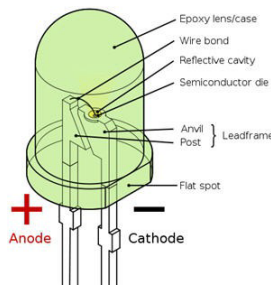


Fig. 4: Onderdelen van een LED

Draai de spanning langzaam op en weer terug totdat je juist licht uit de LED ziet komen. Maak wat foto's van wat je ziet. De foto in fig. 3 is met ingezoomde camera genomen, nog ver boven de drempelspanning. Je ziet hier mooi de onderdelen. Het lichtgevende deel van een LED is een klein vierkantje. In fig. 4 staan de andere onderdelen aangegeven.

Maak in Excel een tabel met kolommen: golflengte λ , frequentie $f = c / \lambda$ en grensspanning U zoals gemeten met de multimeter op het moment dat je met de camera net licht uit de LED zag komen.

De centrale golflengte die de LEDs uitzenden zijn op het Eiscobord geschreven. In figuur 5 zie je de intensiteit als functie van de golflengte van het uitgezonden licht voor alle LEDs. Je ziet dat LEDs niet één golflengte uitzenden maar een piek van golflengtes (die breder is voor de infrarood-LEDs).

Beredeneer welke waarde van λ je moet noteren in je tabel: heeft het licht dat je zag bij de kleinst mogelijke spanning de golflengte die hoort bij 1) de top van de piek, 2) de linker voet van de piek waar de lijn maximaal buigt of 3) de rechterkant van de piek op die hoogte? (TIP: Bekijk het verband tussen spanning en frequentie bij het foto-elektrisch effect in fee-theorie.pdf (op desktop of download)). Pas de waarden voor de golflengte vervolgens aan.

Maak een spreidingsdiagram van de grensspanning U (y -as) als functie van de frequentie f (x -as). De helling van de punten bepaal je als volgt: Voer in een cel de volgende formule in: = RICHTING(yrange; xrange) of = SLOPE(yrange; xrange), waarbij yrange je data uit je y -kolom is en xrange die uit je x -kolom. Bereken nu met de uitkomst en gegevens hieronder jouw zo bepaalde waarde van h . uitzetten.

Reflectie

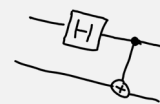
Zet het volgende nog in je Excel sheet en print je data en grafiek uit.

h experiment	
h literatuur	
Procentuele afwijking	

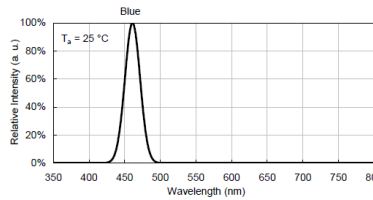
Benoem de grootste meetonzekerheden in de uitvoering van de proef.

Natuurconstanten uit de literatuur

$$\begin{aligned}
 \text{lading elektron } e &= 1,602\,176\,620\,8(98) \cdot 10^{-19} \text{ C} \\
 \text{lichtsnelheid } c &= 299\,792\,458 \text{ m s}^{-1} \\
 \text{constante van Planck } h &= 6,626\,070\,04 \cdot 10^{-34} \text{ J s}
 \end{aligned}$$

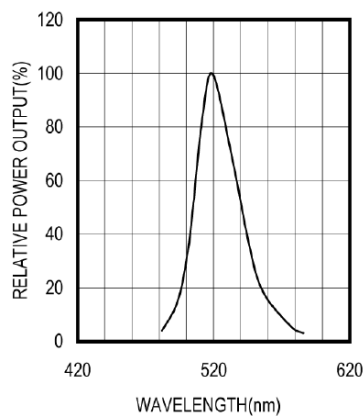


Quantum Rules!

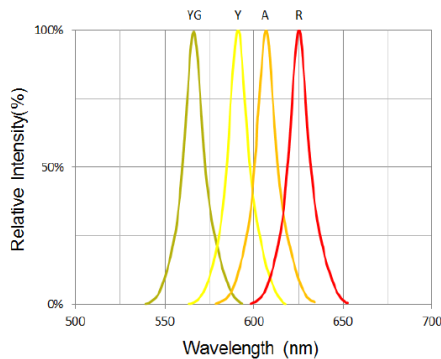


461 nm

SPECTRAL OUTPUT

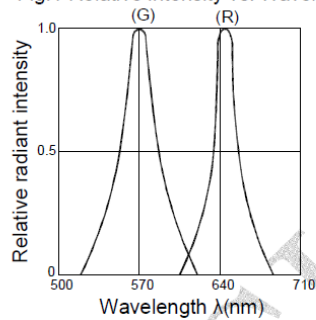


520 nm

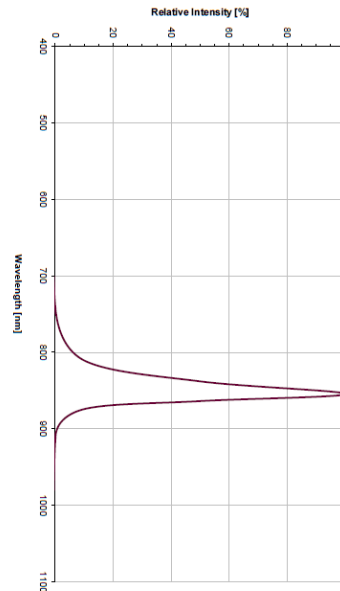


Neem A: 607 nm (negeer YG, Y en R)

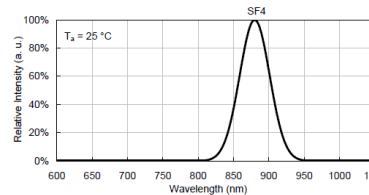
Fig.1 Relative intensity vs. Wavelength



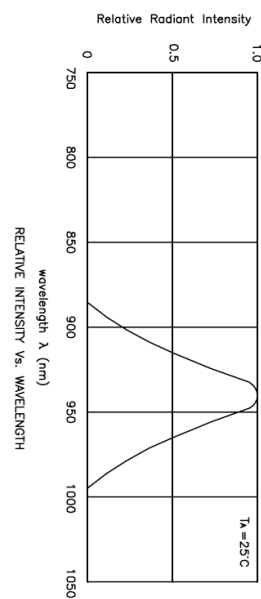
645 nm



845 nm



880 nm



940 nm

Fig. 5: De spectra van de zeven LEDs met piekgolflengte. Hoe lees je de juiste λ af? Zie tekst.