

# 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 en de stroom *door* de led kun je meten met de multimeters. In het schema op het meetbord kun je zien dat de schakeling alleen werkt als de aansluiting met een draad overbrugd is.

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.

NB. De gele multimeters schakelen zichzelf uit als ze enige tijd niet bediend zijn. Ze piepen eerst als waarschuwing: 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

#### Je hebt nodig:

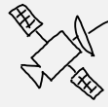
- Eisco meetbord met diverse leds
- 1 multimeter
- 1 9 V blokbatterij
- Aansluitsnoer voor batterij
- 4x 4mm-snoeren
- beschermende foamstrip
- smartphone
- computer met Excel



Fig. 1: Eisco meetbord



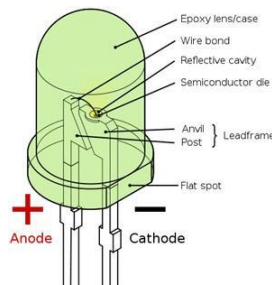
Fig. 2: Een multimeter



# Quantum Rules!



**Fig. 3:** Foto van een LED



**Fig. 4:** Onderdelen van een LED

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 niet bekrast wordt. Zoom in en beeld het licht van de LED af. 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.

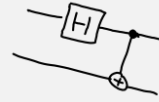
Maak in Excel een tabel met kolommen: golflengte  $\lambda$ , frequentie  $f = c / \lambda$  en grensspanning  $U$  zoals gemeten met de multimeter op het moment dat je met de camera net licht uit de LED zag komen.

Gebruik voor de golflengte niet de waarde die op het Eiscobord zijn geschreven, maar de spectra van het licht van de LEDs in figuur 5. Je zien dat de LEDs niet één golflengte uitzenden maar een piek van golflengtes (die breder is voor de infrarood-LEDs. Bereken welke waarde van  $\lambda$  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)

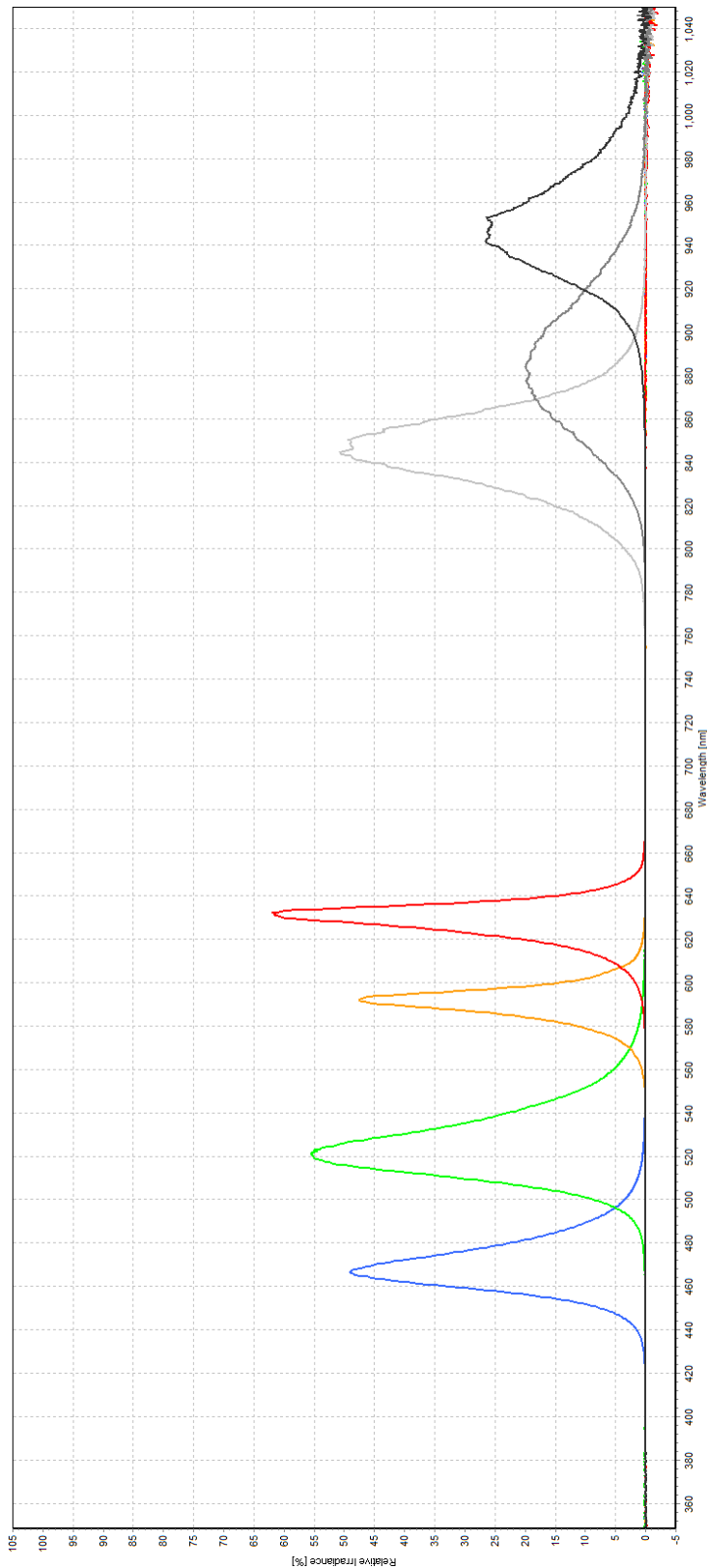
Maak een spreidingsdiagram van de grensspanning  $U$  ( $y$ -as) als functie van de frequentie  $f$  ( $x$ -as). De helling van de punten bepaal je als volgt: Voer in een cel de volgende formule in: = helling(yrange, xrange) [of = slope(yrange, xrange) in de Engelse versie]. Bereken nu met deze waarde en gegevens hieronder de waarde van constante van Planck.

Literatuurgegevens	
lading elektron $e$	$1,602\,176\,620\,8(98) \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Lichtsnelheid $c$	$299\,792\,458 \text{ m s}^{-1}$
constante van Planck $h$	$6,626\,070\,04 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

Uit experiment	
$h$ gemeten	
$h$ literatuur	
Procentuele afwijking	



# Quantum Rules!



**Fig. 5:** Spectra van de zeven LEDs in de opstelling