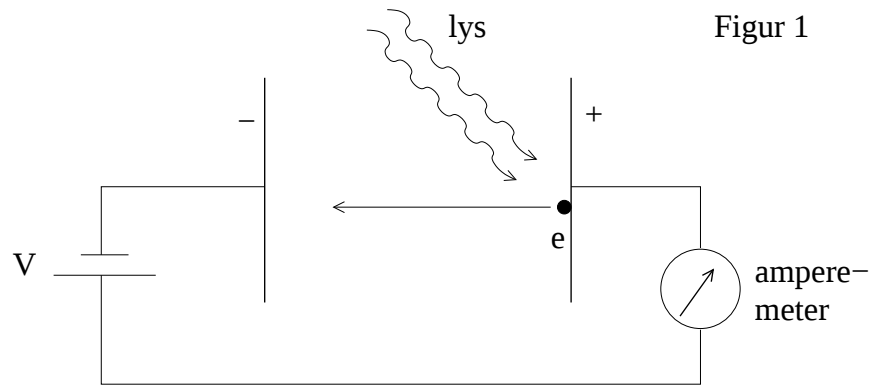


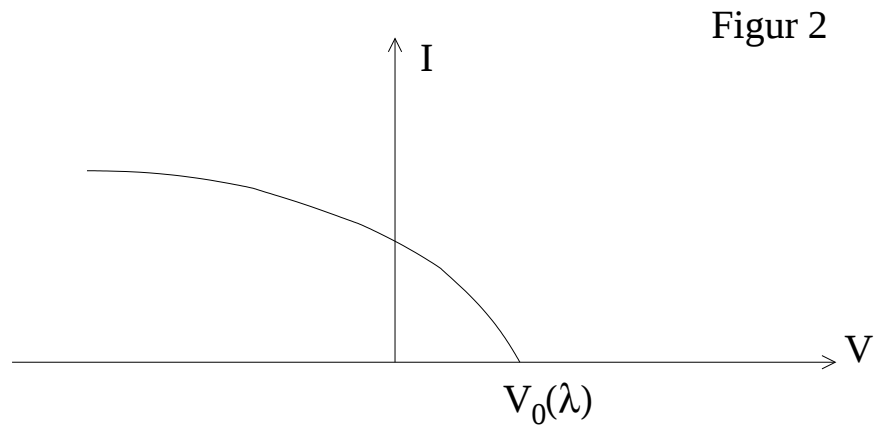
Øving 12

Veiledning: Fredag 11. april
Innleveringsfrist: Torsdag 24. april

Oppgave 1: Fotoelektrisk effekt



Figur 1 viser skjematisk et oppsett for eksperimentell påvisning av fotoelektrisk effekt. Lyskildens bølgelengde λ kan varieres. For en bestemt verdi av λ vil amperemeteret måle en strøm $I > 0$ kun dersom $V < V_0(\lambda)$ (med positiv spenning V som angitt i Figur 1), noe a la Figur 2.



Følgende målinger er gjort for V_0 ved ulike bølgelengder:

λ (μm)	V_0 (V)
0.366	1.48
0.405	1.15
0.436	0.93
0.492	0.62
0.546	0.36
0.579	0.24

Ta utgangspunkt i at absorpsjon av innkommende fotoner bidrar til å løsrive elektroner fra metallplatens overflate ($\Phi_0 =$ frigjøringsarbeidet) og gir de løsrevne elektronene kinetisk energi. Bruk de målte verdiene i tabellen til å bestemme forholdet mellom Plancks konstant h og elementærladningen e . (Tips: Tegn opp $V_0(f)$, der f er lysets frekvens.) Sammenlign med kjente verdier for h og e . Bestem også frigjøringsarbeidet for det valgte metallet.

Oppgave 2: Maksimaleffekt fra solcelle

a) Vis at en (ideell) pn -solcelle leverer maksimal utgangseffekt ved en spenning V_m som er bestemt av ligningen

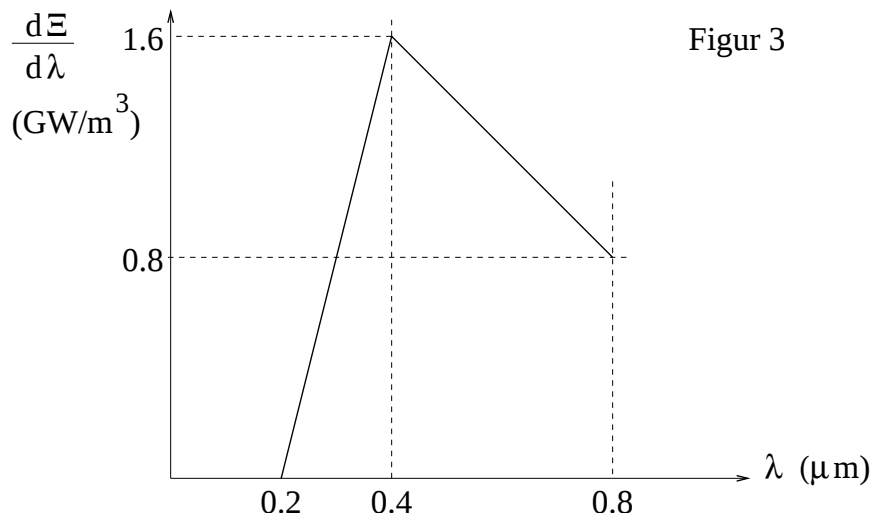
$$V_m = V_{oc} - \frac{k_B T}{e} \ln \left(1 + \frac{e V_m}{k_B T} \right)$$

Her er V_{oc} spenningen over solcellen med åpen krets (“open circuit”), gitt ved

$$V_{oc} = \frac{k_B T}{e} \ln \left(1 + \frac{I_\omega}{I_0} \right)$$

Strømmen I_ω er bidraget fra de “foton-genererte” ladningsbærerne, mens $-I_0$ er “metningsstrømmen” i den ubelyste pn -overgangen (dvs med negativ påtrykt spenning).

b) Anta at pn -solcellen er laget av halvledermaterialet galliumarsenid (GaAs). Båndgapet i GaAs tilsvarer fotoner med bølgelengde $\lambda_0 = 0.8 \mu\text{m}$. Vi skal nå forsøke å beregne en øvre teoretisk grense for den foton-genererte strømmen I_ω i en slik solcelle med overflateareal $A = 10 \text{ cm}^2$.



Figur 3

Vi skal gjøre diverse forenkende antagelser. For det første antar vi at strålingsintensiteten fra sola ved jordas overflate i det aktuelle bølgelengdeområdet er som vist i Figur 3. Her er størrelsen $d\Xi/d\lambda$ strålingseffekten pr flateenhet og pr bølgelengdeenhet, ved den aktuelle bølgelengden. Det betyr f.eks. at arealet under kurven representerer total effekt pr flateenhet for fotoner med energi større enn båndgapet i GaAs (640 W/m^2). (1 $\text{GW} = 10^9 \text{ W}$) Siden vi kjenner energien pr foton med en bestemt bølgelengde ($E_\lambda = hc/\lambda$), kan vi nå finne ut hvor mange fotoner (med tilstrekkelig energi) som treffer halvlederens overflate pr sekund. Vår neste antagelse er at hvert eneste av disse fotonene absorberes av halvlederen og skaper et elektron-hull par, og dessuten at samtlige av disse foton-genererte ladningsbærerne bidrar til I_ω .

Med dette som utgangspunkt, beregn maksimal teoretisk verdi for I_ω .

Tips: Sett først opp matematiske uttrykk for $d\Xi/d\lambda$ som funksjon av λ i de ulike områdene (bruk Figur 3). Bestem deretter antall innkommende fotoner pr tidsenhet med bølgelengde i intervallet $(\lambda, \lambda + d\lambda)$.

c) Det er mange faktorer som bidrar til å redusere verdien på I_ω i praksis, men la oss anta at den teoretiske maksimalverdien beregnet i b) gjelder for vår solcelle. Dersom pn -overgangens metningsstrøm I_0 er 5 nA, hva blir da V_{oc} og V_m når solcellen opererer ved en temperatur på 0°C ? Hvor stort må arealet A være for at vi skal kunne oppnå en maksimal utgangseffekt $P_m = V_m \cdot I(V_m) = 25 \text{ W}$? For å få denne effekten ut i en tilkoblet lyspære, hvor stor må da lyspæras motstand R_L være?