

Dugga i Fysik 2 för E (22/9-16 kl.:13²⁰-14⁴⁰ i HB 3. Hjälpmedel.: sedvanliga

Ett vakuumrör med två elektroder ($1,0 \text{ cm}^3$ emitter och $1,0 \text{ cm}^3$ kollektor är av olika metallslag) ansluts i serie med en pikoamperemeter och en variabel spänningskälla.

1. Emittern (uppgifter i tabellverk saknas) har en Fermi nivå som ligger $4,0 \text{ eV}$ under vakuumnivån och $8,0 \text{ eV}$ över potentialgropsbotten. Elektrontätheten $= 1,0 \cdot 10^{29} \text{ m}^{-3}$.
 - a) Hur stor (i kJ) är ledningselektronernas sammanlagda kinetiska energi?
 - b) Hur hög är hastigheten hos en elektron som är på en energinivå $2,0 \text{ eV}$ ovanför potentialgropsbotten? Ange svaret i procent av Fermihastigheten v_F .
 - c) Hur stor andel (i procent) av emitterns samtliga ledningselektroner har rörelseenergi högre än 2 eV ?
 - d) Hur stor är tillståndstätheten vid en energinivå som ligger 2 eV över potentialgropsbotten? Uttryck svaret i procent av $D(E_F)$ (= tillståndstätheten vid Fermi nivå).

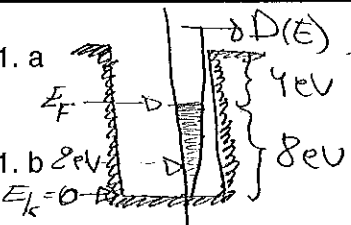
2. För kollektorn (datauppgifter i tabellverk saknas) som också har volymen $1,0 \text{ cm}^3$ gäller att utträdesarbetet är $2,5 \text{ eV}$ och att strukturen är rymdcentrerad kubisk (bcc). Vid en röntgenundersökning (röntgen våglängd $1,54 \text{ \AA}$) finner man att det blir en kraftig 1:a ordningens reflex mot (110) plan för en viss Braggvinkel. Längden av den reciproka gittervektor som är associerad med (110)-reflexen är $2,6 \text{ \AA}^{-1}$.
 - a) Hur stort är avståndet (i \AA) mellan två närliggande plan i atomplanskaran (110)?
 - b) Hur stor är Braggvinkeln för den ovan nämnda (110)-reflexen?
 - c) Hur många atomer finns det i kollektorn? Svaret i Z (Zetta), $1 \text{ Z} = 1 \cdot 10^{21}$.
 - d) Hur stort är avståndet (i \AA) mellan två atomer som är närmsta grannar?

3. Fotocellen.

Om spänningskällan ställs in på $-2,5 \text{ V}$ (spänningskällans minuspol på kollektorn) och emittern belyses med monokromatiskt ljus med kontinuerligt variabel våglängd, λ , observerar man att när λ blir mindre än 248 nm börjar det flyta en ström genom fotocellen och pikoamperemetern gör ett litet utslag.

 - i) Rita en mycket tydlig figur över energiförhållandet för ledningselektronerna i fallet att det ligger en spänning på $2,5 \text{ V}$ enligt ovan mellan emitter och kollektor. Markera Fermi nivåer, utträdesarbeten och hur potentiella energin för elektronerna varierar (använd extra tjockt penndrag) från emittern ut i vakuum och bort till kollektorn. Markera också excitationen av en elektron från Fermi nivå med 248 nm fotonen.
 - a) Vilken kinetisk energi (i eV) har den snabbaste av de emitterade elektronerna när den befinner sig precis utanför emitterns yta?
 - b) Med hur många eV ändrade denna emitterade elektron sin kinetiska energi vid passagen genom emitterns yta?
 - c) Hur skall spänningskällan ställas in (spänning och polaritet) för att den snabbaste av de emitterade elektronerna skall dubbla sin kinetiska energi i vakuumområdet mellan emitterns yta och kollektorns yta? (UV våglängden är fortfarande 248 nm)
 - d) Metalltråden som förbinder pikoamperemetern med spänningskällan har en tvärsnittsytta på $0,50 \text{ mm}^2$ och är tillverkad av samma frielektronliknande metall som emittern dvs elektrontätheten är $1,0 \cdot 10^{29} \text{ m}^{-3}$. Hur stor är elektronernas drifhastighet i tråden när det flyter en ström på $1,0 \cdot 10^{12}$ elektroner per sekund genom tråden?

Ringa tydligt in det mest rätta svarsalternativet!

1. a  $E_{k,tot} = 1,0 \cdot 10^{23} \cdot \frac{3}{5} E_F = 4,8 \cdot 10^{23} \text{ eV} = 77 \text{ kJ}$

1. b $8 \text{ eV} = E_F = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow \frac{v^2}{v_F^2} = \frac{2}{8} \Rightarrow v = 0,5 v_F$

1. c $D(E) = \frac{4\pi V}{h^3} \sqrt{2m} \sqrt{E}$

1. d $D(E_F) = C \cdot \sqrt{E_F}$
 $D(\frac{E_F}{4}) = C \cdot \sqrt{\frac{E_F}{4}} = \frac{1}{2} D(E_F) = 50\% \text{ av } D(E_F)$

c) andel < 2eV = $\frac{\int_0^{2\text{eV}} D(E) dE}{\int_0^{8\text{eV}} D(E) dE} = \frac{2^{3/2}}{8^{3/2}} = (\frac{1}{4})^{3/2} = \frac{1}{8}$

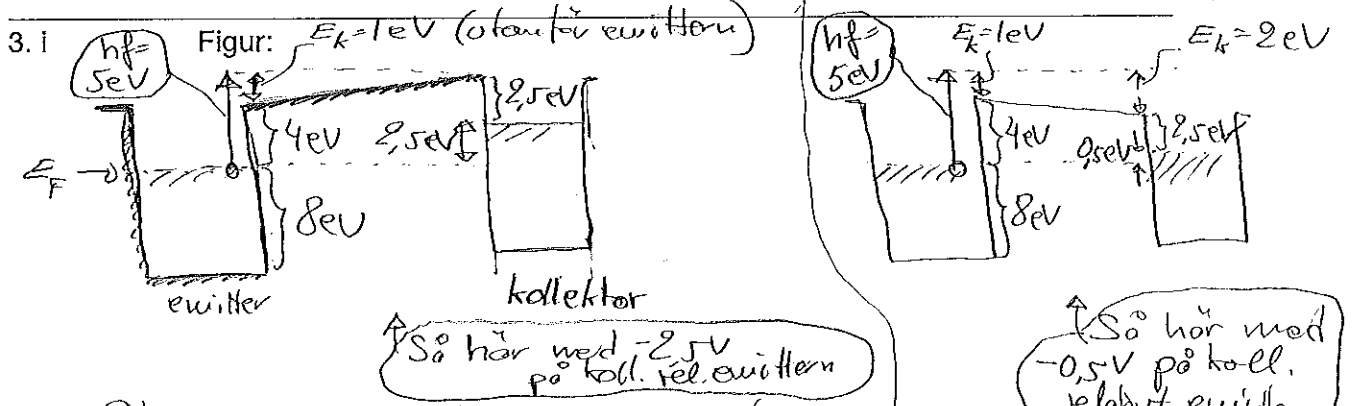
d) andel > 2eV = $\frac{7}{8} \approx 88\%$

2. a $|G_{hkl}| = \frac{2\pi}{a} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$; $|G_{110}| = \frac{2\pi}{a} \sqrt{2} = 2,6 \text{ \AA}^{-1} = \frac{2\pi}{d_{110}} \Rightarrow d_{110} = 2,4 \text{ \AA}$

2. b $2 d_{110} \cdot \sin \theta = \lambda \Rightarrow \theta = \arcsin \frac{\lambda}{2 d_{110}} = \arcsin \frac{1,54}{2,4} \approx 19^\circ$

2. c $\text{bcc: } \frac{2 \text{ atomer}}{\text{cell}}; \frac{2}{a^3} = \left\{ d_{110} = \frac{a}{\sqrt{2}} \right\} = 5,0 \cdot 10^{28} \frac{\text{atomer}}{\text{m}^3}$ Svar: $5,0 \cdot 10^{28} \text{ st} (= 50 \%)$

2. d $\text{bcc: närmsta grannavstånd} = \frac{a\sqrt{3}}{2} = \left\{ a = d_{110} \sqrt{2} = \right\} \approx 3,0 \text{ \AA} = 3,4 (\text{e}) \text{ \AA}$



3. a $E_k = 1 \text{ eV}$ utanför emittorns yta

3. b E_k ändrar sig (minskar) med 12 eV (från 13 eV till 1 eV) vid passagen ut. (Potentialsteget är 12 eV ($8 \text{ eV} + 4 \text{ eV}$))

3. c Relativt emittorn skall kollektorn ha: $-0,5 \text{ V}$ (Det skall ligga en spänning på $0,5 \text{ V}$ mellan elektroderna med minuspolen på kollektorn)

3. d $j = \frac{i}{A} = \frac{\text{antal } e^- \text{ per sek} \cdot e}{A}$
 $j = n v_d$ $\Rightarrow \frac{\text{antal } e^- \text{ per sek}}{A} = n v_d \Rightarrow v_d = \frac{1,0 \cdot 10^{12}}{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1,0 \cdot 10^{29}} = 20 \text{ } \mu\text{m/s}$
 $A = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$
 antal e^- per sek = $1,0 \cdot 10^{12}$; $n = 1,0 \cdot 10^{29} \text{ m}^{-3}$