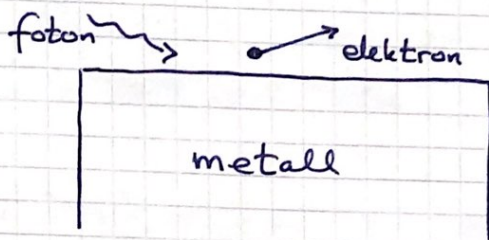


Fotoelektrisk effekt

[OS 6.2 ; YF 38.1]

⑦

EM stråling kan slå ut elektroner fra metalloverflate:

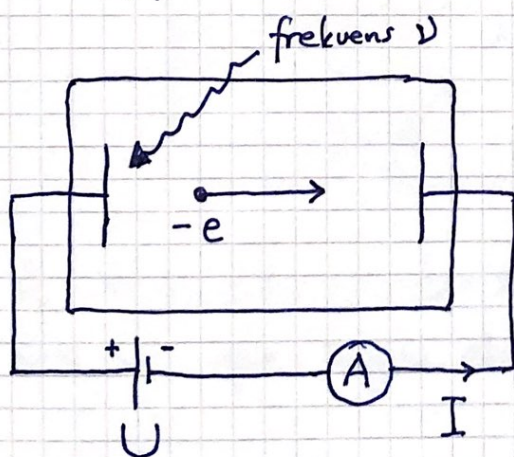


Klassisk fysikk tilsier at intensiteten i innkommende stråling må overstige en minsteverdi for at elektroner skal løsnes.

Ekperimentene (Hertz 1887, Lenard 1900,

Millikan 1914 (NP1923)) viser at frekvensen i innkommende stråling må overstige en minsteverdi for at elektroner skal løsnes.

Einstein forklarte eksperimentene med Plancks kvantehypotese (1905, NP1921) :



Vakuumrør med
to elektroder

Strålingsenergien kommer i "pakker", $E = h\nu$.
Et elektron i metalloverflaten kan bare absorbere hele energien $h\nu$.

8
Må derfor ha $h\nu > W$ for å rive løs elektroner.

W = metallets frigjøringsarbeid (work function)
= minste energi som kan løsne et elektron
fra metalloverflaten

(Eks: Sn (tinn) 4.42 eV ; Na 2.36 eV)

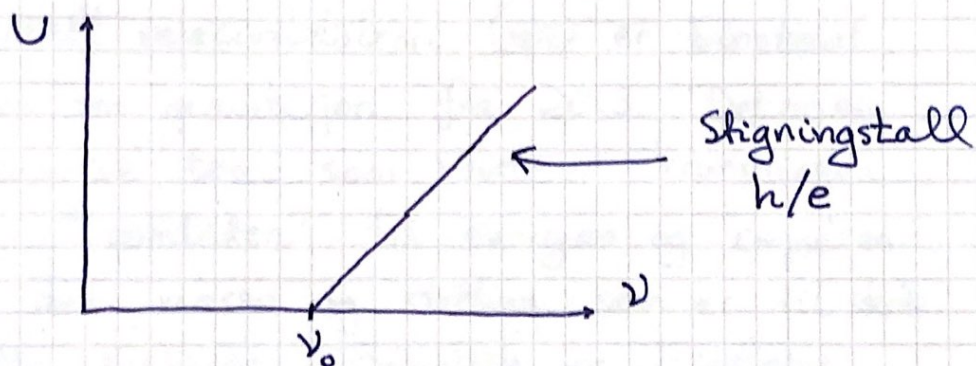
Frigjorte elektroner får kinetisk energi inntil

$$K = h\nu - W \quad (\text{pga energibevarelse})$$

Oppnår elektrisk strøm i kretsen. En motspenning

$U = K/e$ vil hindre strømmen å gå.

$$\Rightarrow U(\nu) = \frac{1}{e}(h\nu - W) = \frac{h}{e}(\nu - \nu_0) \quad (\text{Terskelspenningen})$$



$\nu_0 = W/h$ = terskefrekvensen; "lys" med $\nu < \nu_0$ gir ingen elektroner og null strøm.

Millikan målte $e \approx 1.6 \cdot 10^{-19}$ C i 1909,
slik at $U(\nu)$ gav en eksperimentell verdi for
Plancks konstant, $h \approx 6.6 \cdot 10^{-34}$ Js.

Relativitetsteori [OS5; YF 37]

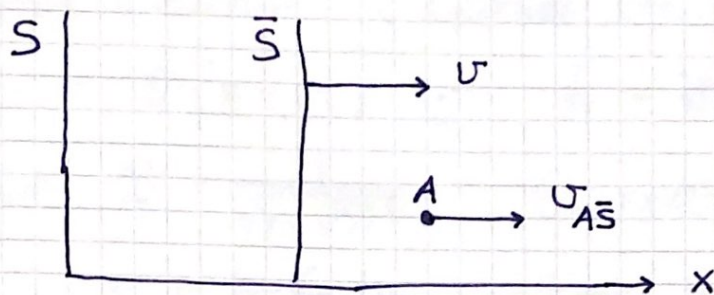
Einsteins spesielle rel.teori (SR) bygger på to postulater:

1. Relativitetsprinsippet: De samme naturlover gjelder i alle inertialsystemer (dvs: referansesystem i ro eller i rettløst bevegelse med konstant fart). Ingen ny ide; også formulert av Galilei tidligere.
2. Lysfarten i vakuum er den samme for alle observatører, uavhengig av observatørens relative bevegelse.

For de fleste er nr 1. opplagt og nr 2. uhørt!

[Generell relativitetsteori (GR) er Einsteins teori om gravitasjon fra 2015. Det er en geometrisk teori som relaterer krumningen av "romtiden" til energien og impulsen til den masse og stråling som er til stede. Dette beskrives matematisk av Einsteins feltligninger. Vi går ikke nærmere inn på GR i FY6019.]

Postulatene til Einstein har diverse konsekvenser:



S og $\bar{S}$ er to inertialsystemer i relativ bevegelse.

$v = v_{\bar{S}S}$ = farten til $\bar{S}$ relativt S

(og omvendt er da selvsagt $v_{S\bar{S}} = -v$)

- Samtidighet er relativt: To samtidige hendelser i S er ikke samtidige i $\bar{S}$.
- Tidsdilatasjon: Klokke i bevegelse går saktere enn klokke som er i ro.
- Lengdekontraksjon: Objekter i bevegelse er kortere enn objekter i ro.
- Galileisk relativitet holder ikke:

$$v_{AS} \neq v_{A\bar{S}} + v_{\bar{S}S}$$

- Nye regler for transformasjon av hendelser gitt ved "rom og tid" dvs (x, y, z, t) .

Vi antar at $v = v_{\bar{S}S}$ er langs x -aksen.

Ifølge Galilei: $\bar{x} = x - vt$; $\bar{t} = t$

(11)

Ifølge Einstein (Lorentz-transformasjonene):

$$\bar{x} = \gamma \cdot (x - vt) ; \quad \bar{t} = \gamma \cdot \left(t - \frac{v}{c^2} x \right)$$

med $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$ (Lorentzfaktoren)

$c =$ lysfarten i vakuum $\approx 3 \cdot 10^8$ m/s

- Nye uttrykk for impuls $\vec{p}$ og energi E , slik at prinsippene om impuls- og energibevarelse er i samsvar med relativitetsprinsippet:

$$\vec{p} = \gamma m \vec{v} ; \quad E = \gamma mc^2 = E_0 + K$$

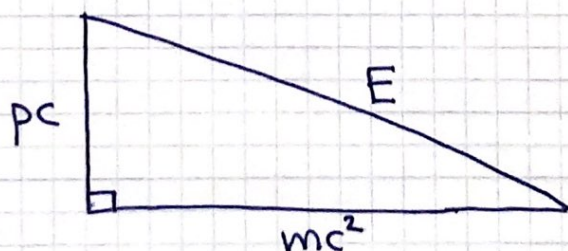
Hvilkeenergien: $E_0 = mc^2$

Kinetisk energi: $K = E - E_0 = (\gamma - 1) mc^2$

For partikkel med masse m , impuls p og energi E gjelder

$$E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$$

som kan visualiseres "à la Pythagoras":



(12)

Eks 1: Lysets bølge- og partikkelegenskaper

Som bølge: $\lambda, \nu, c = \lambda \cdot \nu$

Som partikkel: $p = \gamma m v$; med $v = c$ vil $\gamma \rightarrow \infty$.

Da må vi ha $m = 0$, for å unngå $p \rightarrow \infty$.

Vi har generelt $E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$, som med $m = 0$ gir $E = pc$. Samtidig er $E = h\nu$.

Alt dette gir

$$p = E/c = h\nu/c = h/\lambda$$

Eks 2: Kinetisk energi for ikke-relativistisk partikkel.

Når $v \ll c$ er $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2} \approx 1 + v^2/2c^2$

Dermed:

$$K = (\gamma - 1)mc^2 \approx \frac{v^2}{2c^2} \cdot mc^2 = \frac{1}{2}mv^2$$

i samsvar med definisjonen av K i ikke-relativistisk mekanikk.