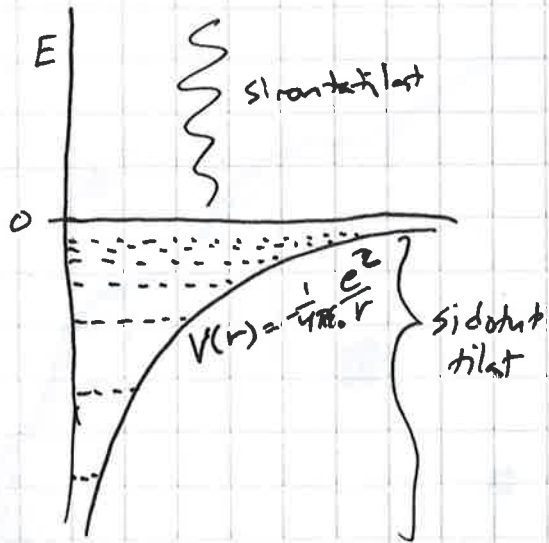


Vetyatomi



$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(r) ; V(r) = \frac{-1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r}$$

↑
kulombin
potentiaali

Omniaisenergiafunktio

$$\hat{H} \varphi_i(\vec{r}) = E_i \varphi_i(\vec{r})$$

Omniaisenergiat:

$$E_1, E_2, \dots, E_n, \dots ; \frac{E_n}{E_1}$$

sidotut tilat sironatarkki last

Degeneraatio:

$$E_1$$

1 kpl

$$E_2 = E_3 = E_4 = E_5$$

4 kpl

$$E_6 = E_7 = E_8 = E_9 = E_{10} = E_{11}, \dots$$

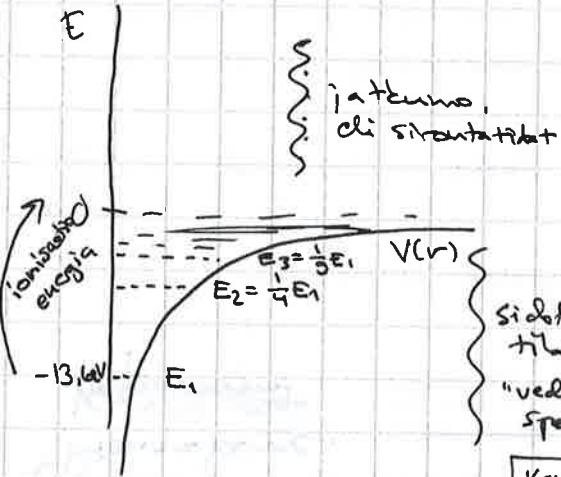
9 kpl

...

15 kpl jne.

Spektriviivat

eli atomin emissio- ja absorptio spektri.



$$E_n = -\frac{4}{13.6 \text{ eV}} \frac{e^2 m_e}{8h^2 \epsilon_0^2} \frac{1}{n^2}$$

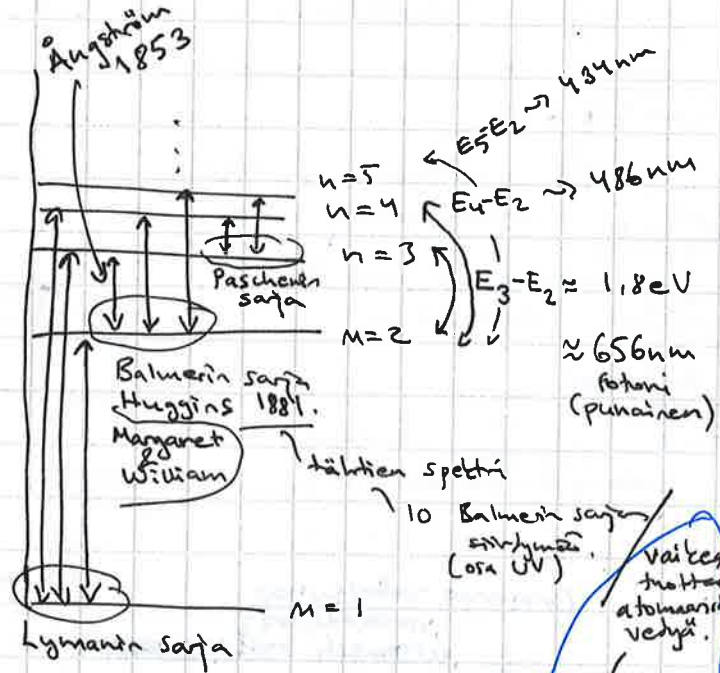
sidotut tilat
"vedyn spektri"

Kemistit:
perwila rihtit
1 eV ↔ 10060 K
10⁻⁵ eV ↔ 0,1 K.

Michelson-Norley 1892:
vedyn spektrissä
hienorakennetta
spektriviivan siirtymän
5720,01 nm

3 · 10⁻⁵ eV

Peruskella olevan elektronin ionisointienergia 13,6 eV.



Rydberg: alkeismetalleille sama vakio.

Vaikea tuottaa atominen vedyi.
H₂ atetta pilvissä sinistyneet

Vedyn spektrin kienorakenne

Michelson-Morley 1881: Balmerin kalmeen.
 α -spektriin silpoutumiset
 $\rightarrow \sim 10^{-4}$ eV energiaero kitoilla?!

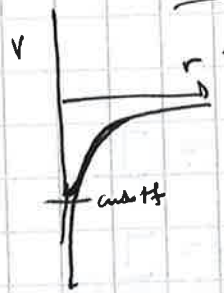
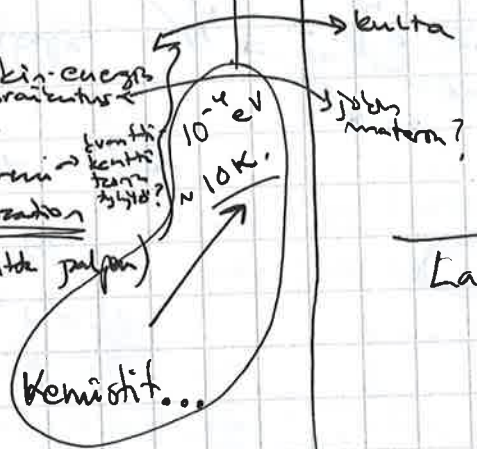
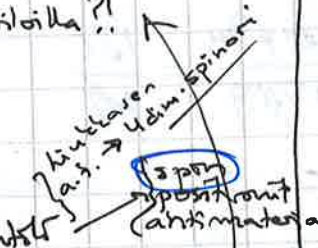
Bohr: Relativistinen edet.

Dirac: relativistinen aaltoteoria

korjaustermit:

- relativistinen kin-energia
- spin-orbitaalisuhteet
- ~~korjaustermit~~

• Darwinin termi
 purkaj degeneraation
 kienorakenne
 (ei kiertä, mutta jalka)



Lisä korjauksia:
 spin-spin-kytkentä
 \rightarrow hyperkienorakenne

BEC:t
 ulkoinen magneettikenttä
 \rightarrow jät. kappale.

Vedyn perustilasta degeneraation perustilaksi
 6.10^{-6} eV

21 cm - spektriin (mikroaaltot)
 ~ 0.5 K
 CMB 300 K
 doppler: muoto on
 kienoradan (spiraaligalaksi)

Lambin siirtyminen