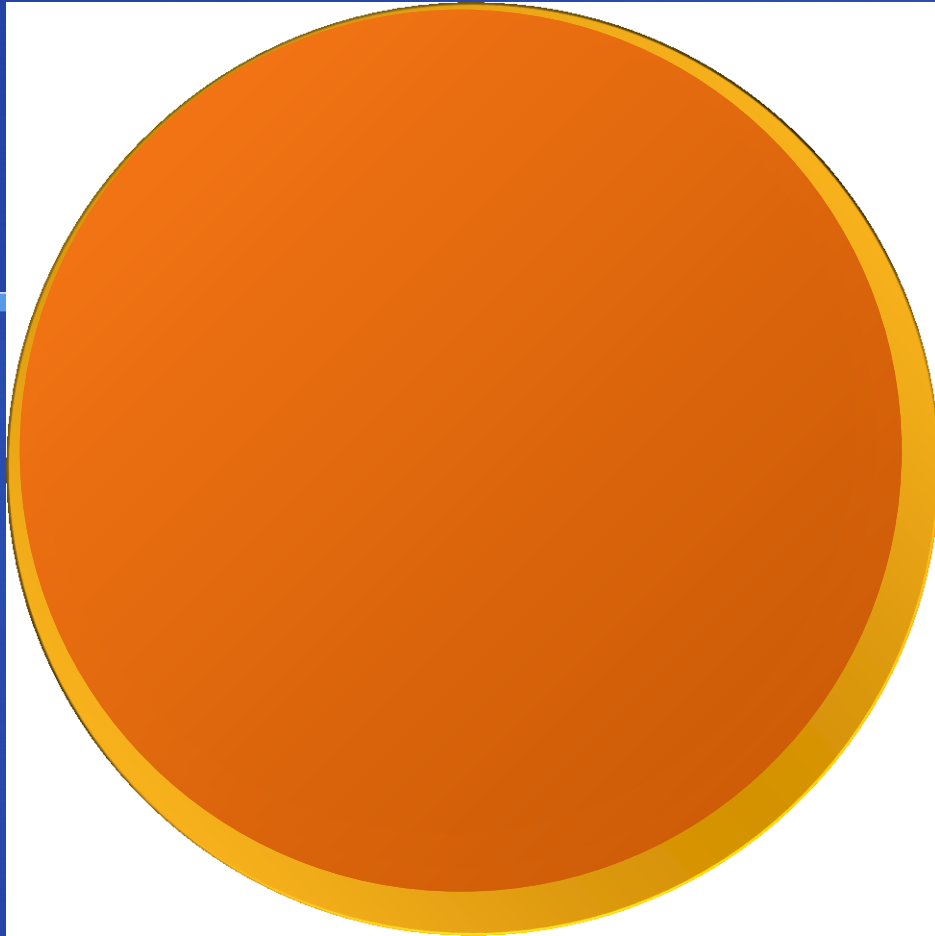
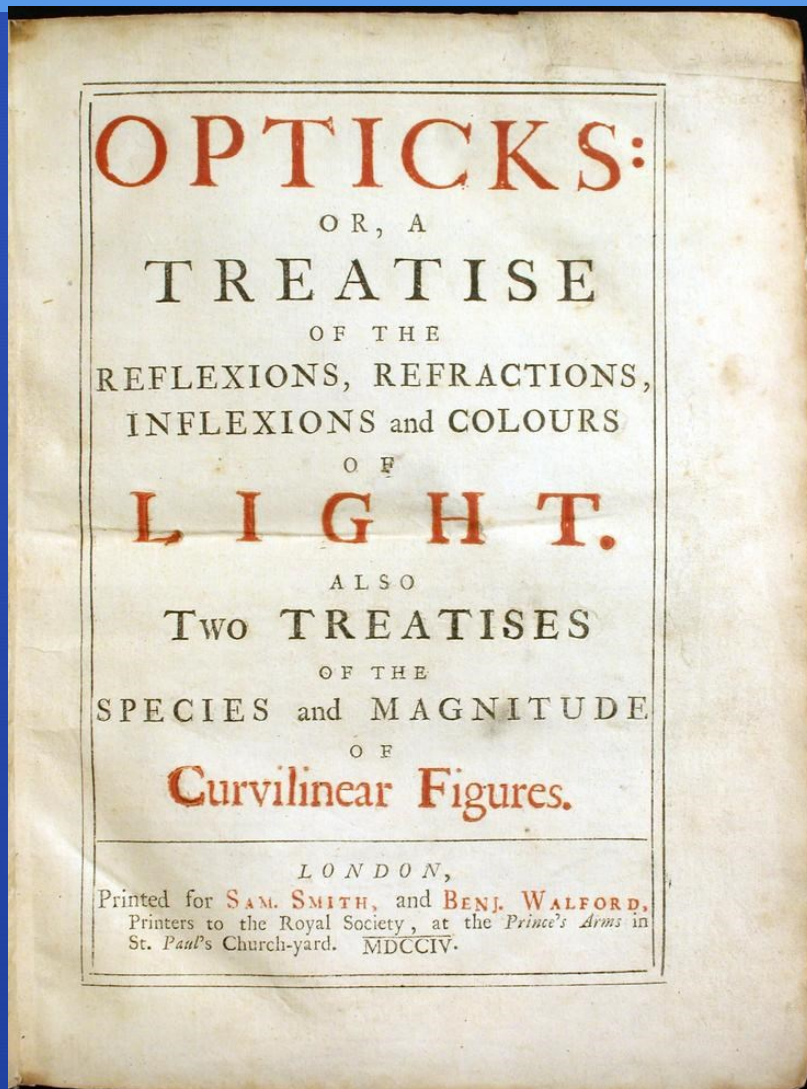




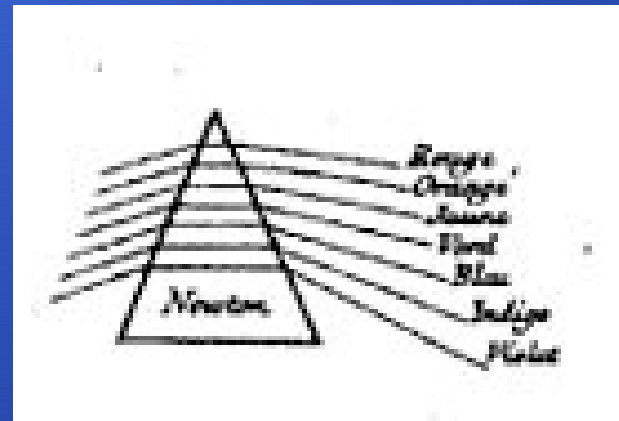
Quantumfysica en Radio

Robert Langenhuisen, PAoRYL,
WoSDR

1704 Newton beschrijft licht als een stroom deeltjes (corpuscles)

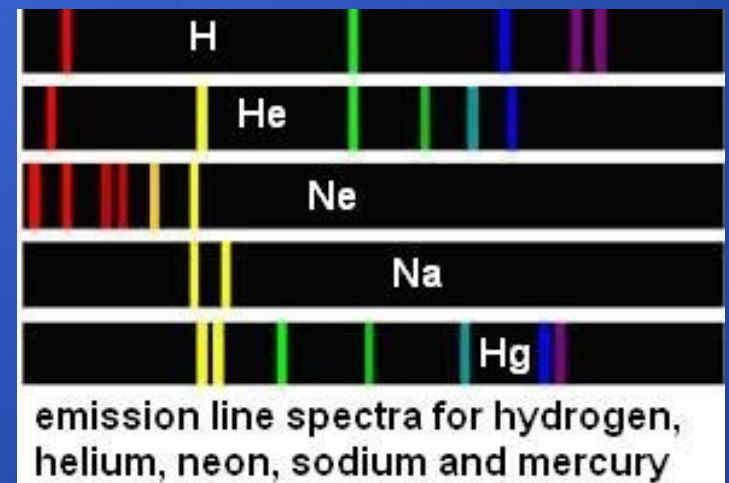
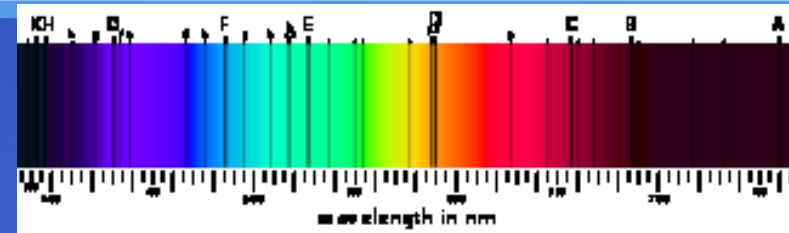


- Corpuscles hebben een verwaarloosbare massa
- Bewegen zich rechtlijnig
- Kunnen gereflecteerd worden
- Beschrijft prisma's.



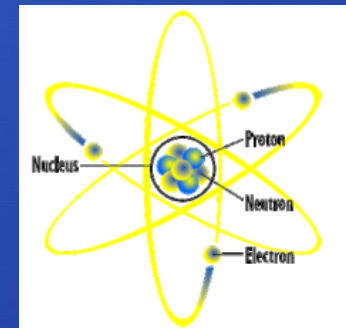
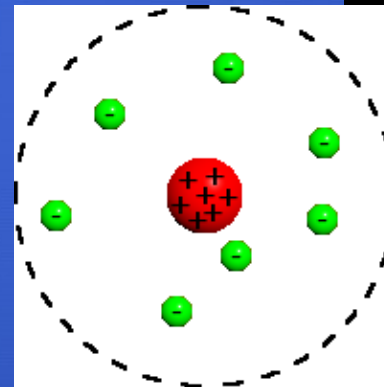
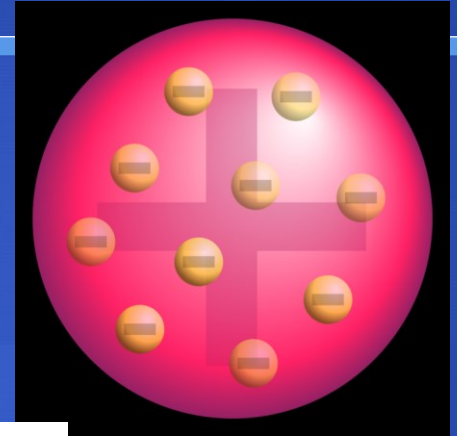
Electrodynamica en golven

- 1815 Fraunhofer lines -> golfkarakter van licht
- 1862 Maxwell vergelijkingen
 - Electromagnetische golven (EM)
 - Licht plant zich voort als EM golven
- 1867 Geisslersche buizen



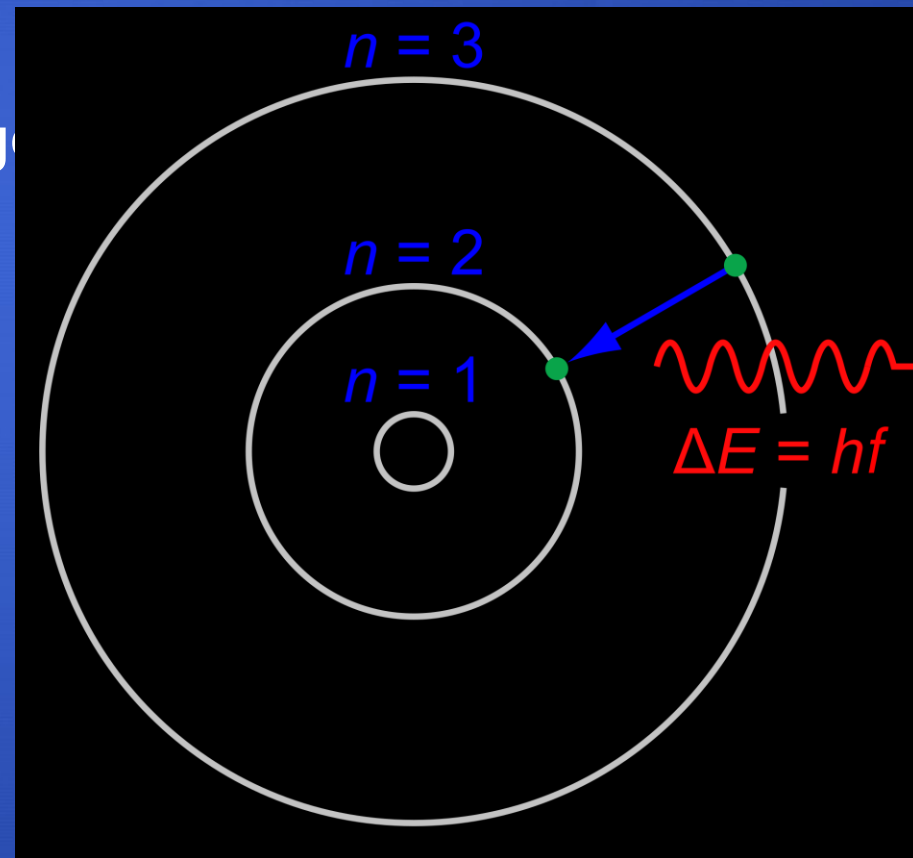
Atoomfysika (deeltjes)

- 1902 Thomson definieert electronen (Krentenbol model)
- 1911 Rutherford denkt aan positieve kern met negatieve electronen eromheen draaiend
- 1912 Rutherford-Bohr planeetmodel

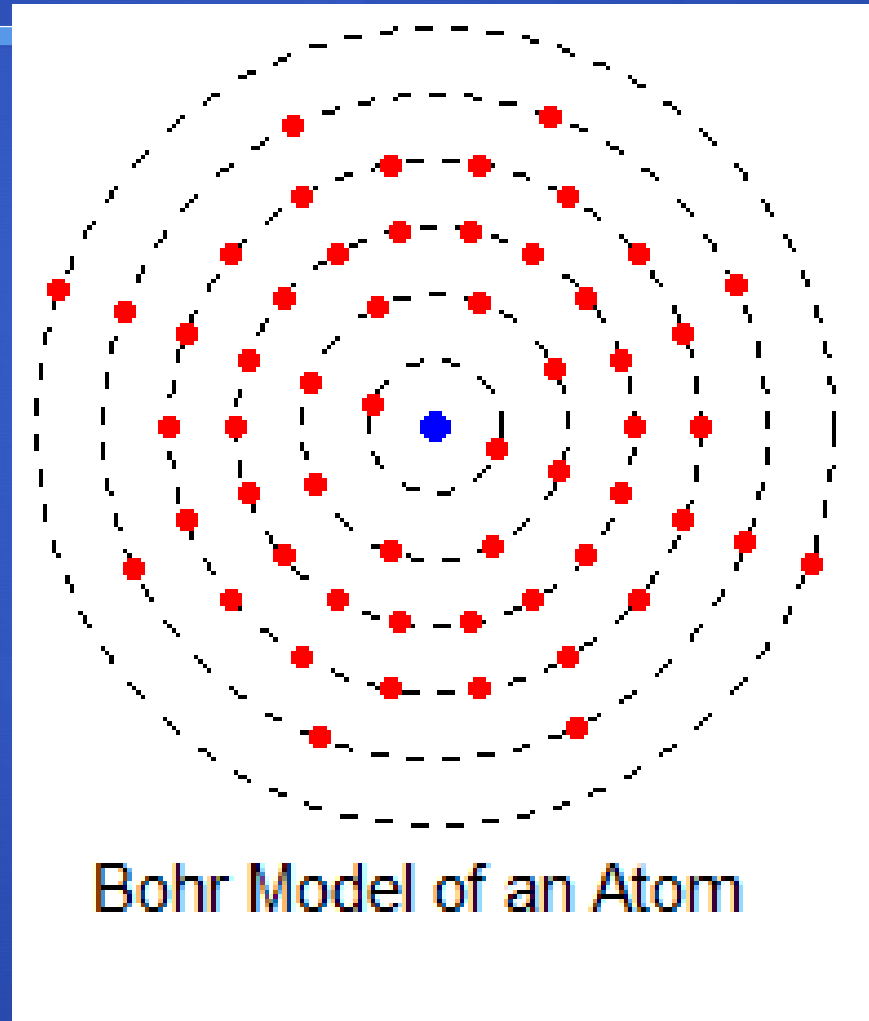


Bohr Model (gp;ven)

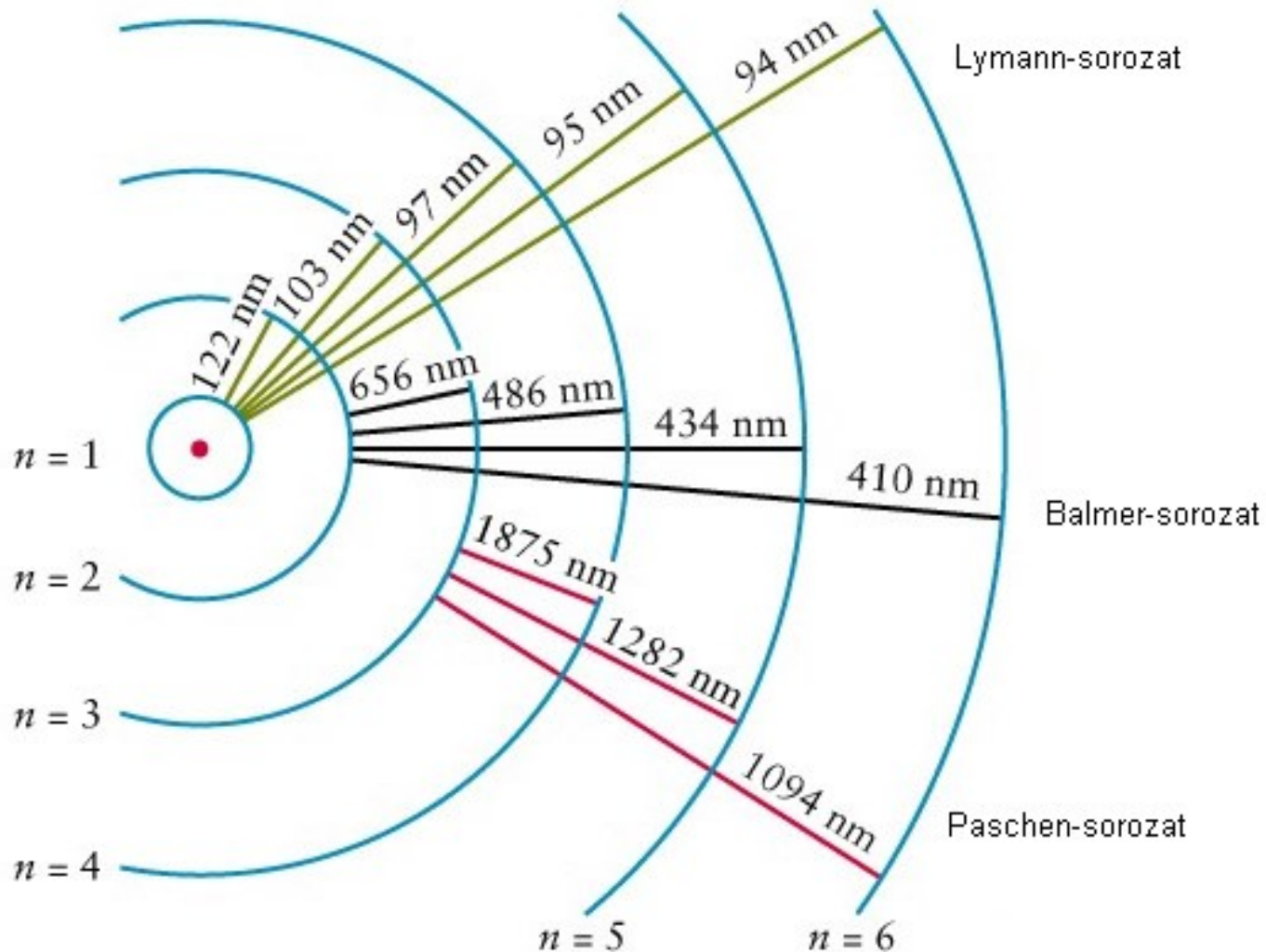
- Electronen zitten in 'schillen'
- Buitenste schillen hebben hogere energie
- Als electron van buiten naar binnen valt komt er een foton met energie ΔE vrij
- Frequentie $f = \Delta E/h$ (behoud van energie)
 - h = constante van Planck



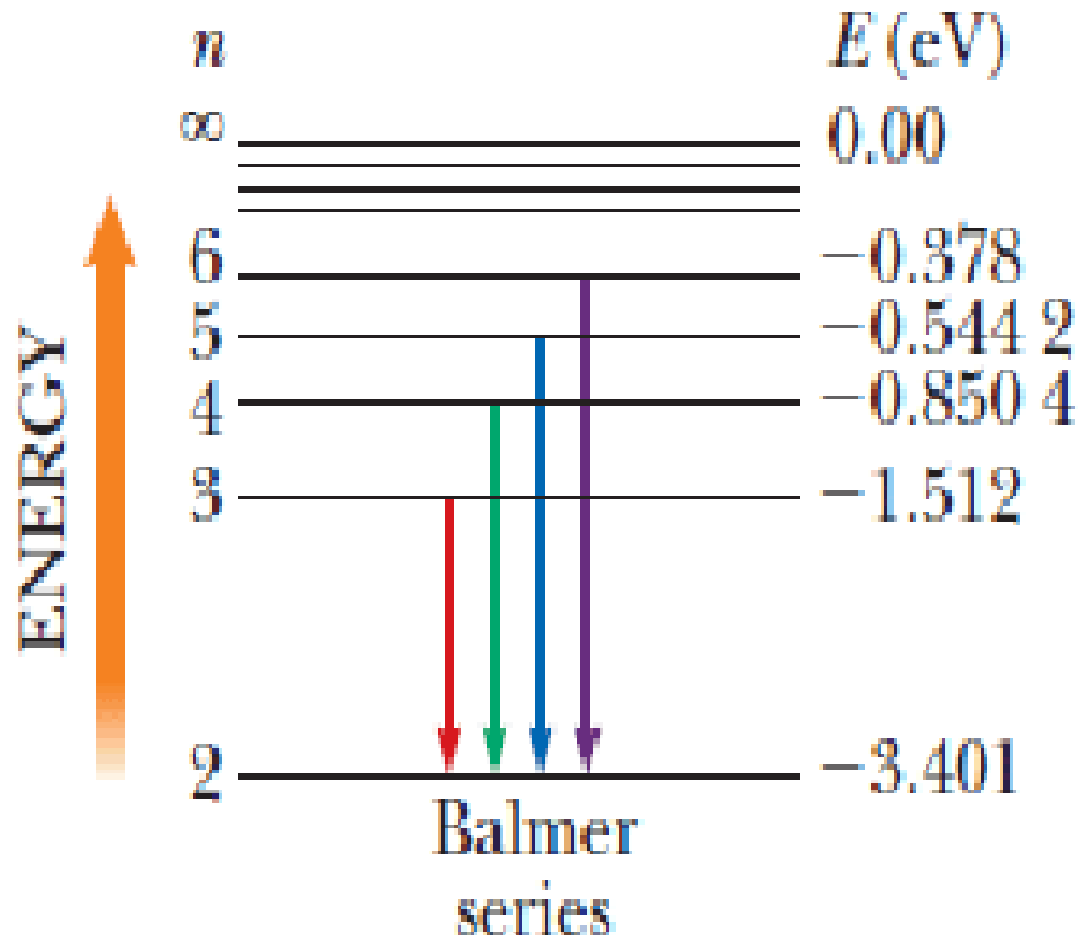
Bohr Model (quanta)



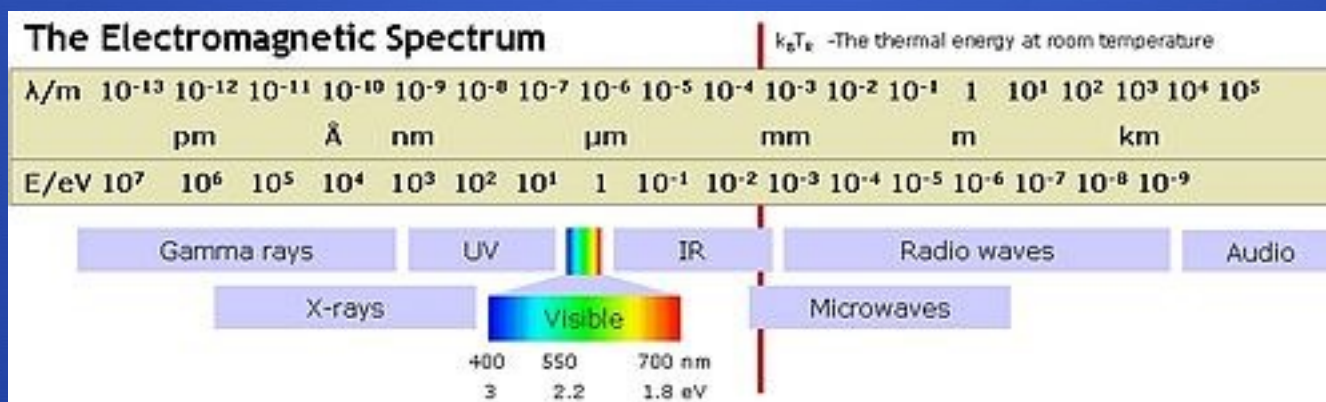
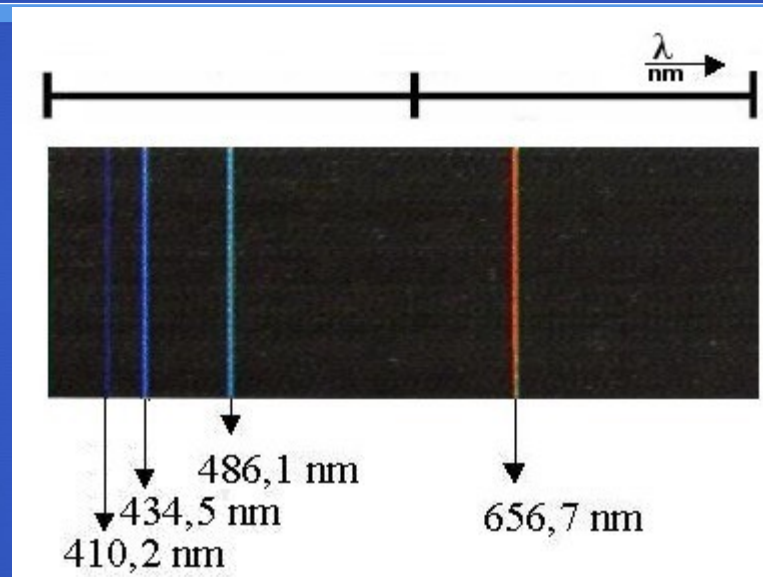
Energieübergangen in Bohr model



Zichtbare waterstof overgangen



H₂



Basis van Quantumfysica

- Het 'duale' karakter
 - Electronen (en alle andere deeltjes) kunnen als golven beschreven worden
 - Golven kunnen ook als deeltjes opgevat worden
- DUS:
 - deeltjes zijn golven en vice versa
 - radiogolven zijn dus ook deeltjes

Toestanden

- 1923 de Broglie stelt deeltjes gelijk aan golven
- 1924 Schroedinger ontwikkelt golfvergelijkingen voor deeltjes
- Begrip Toestand doet intrede:
 - is staat waarin een deeltje zich bevindt:
 - Energie niveau
 - Plaats
 - Momentum (snelheid x massa)
 - Spin
 - Etc.

Quantum vs klassieke fysika

Fysica:	Klassiek	Quantum
Energieniveaus	Onbeperkt, oneindig veel	Beperkt in vaste stappen (= toestanden)
Coexistentie	De toestand waarin deeltjes zich bevinden wordt niet door elkaar beïnvloed	Twee soorten spin deeltjes: A. Even (Bosonen) b.v. fotonen gaan graag in dezelfde toestand zitten B. Oneven (Fermionen) b.v. electronen willen juist niet met elkaar in dezelfde toestand zitten
Onderlinge nauwkeurigheid	Onafhankelijk van elkaar	A. Afhankelijk van elkaar B. Heisenberg: $\Delta p \Delta x = 2\pi h$
	Alles is zeker	A. Niets is zeker, alles is waarschijnlijk

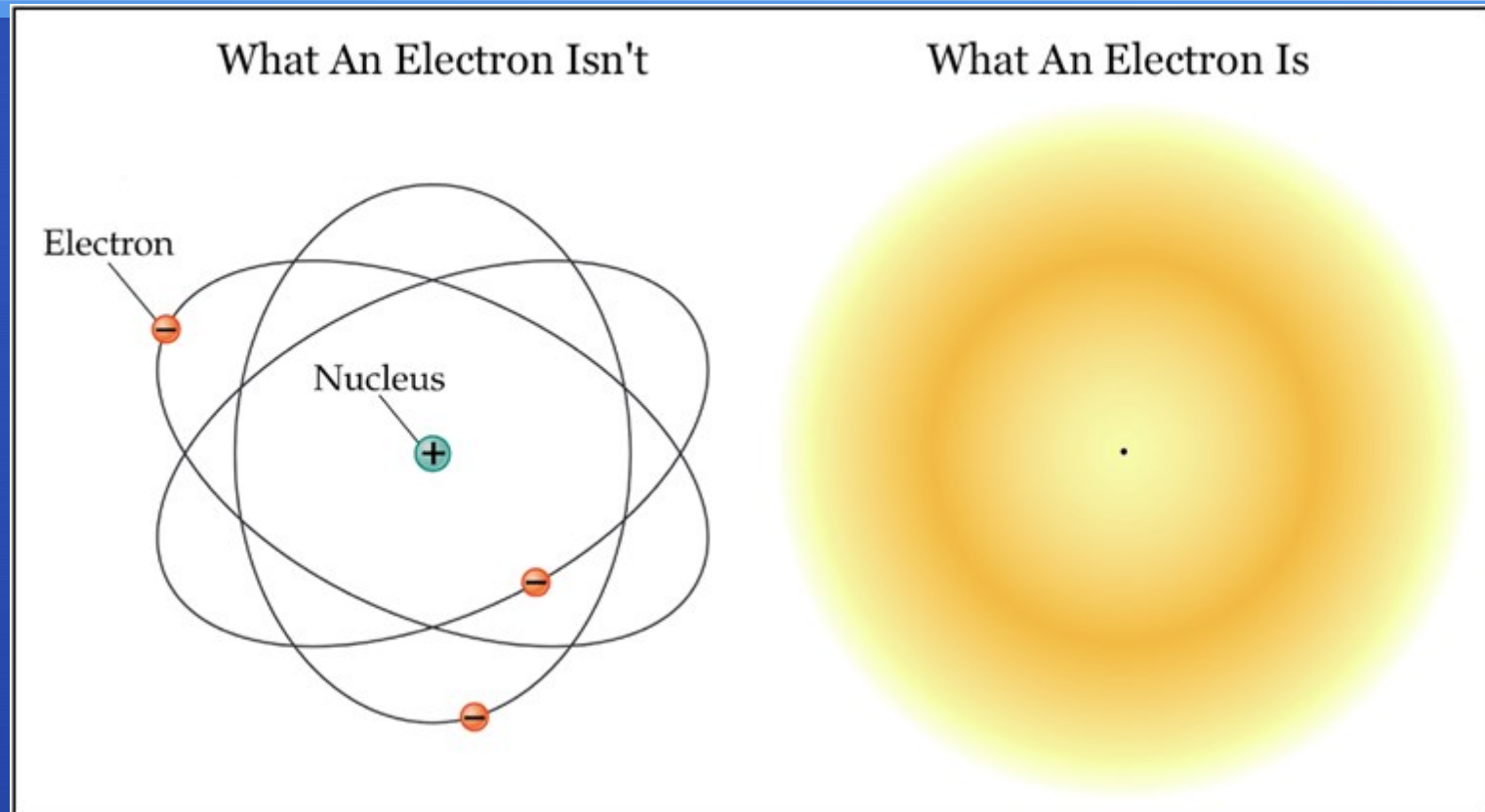
Fotonen zijn Bosonen

- Het zijn 'electromagnetische golf deeltjes'
- Hebben energie
- Frequentie van foton is evenredig met energie $E = h f$
 - (h is constante van Planck)
- Hebben spin = 0 (Bose deeltjes) dus willen bij elkaar blijven
- Vandaar dat licht zich in rechte lijnen voorplant. Geldt ook voor radio
- Quantum echanica staat daarmee aan basis van radiovoortplanting

Electronen zijn Fermionen

- Electronen hebben een elektrische lading
- Een electron in een elektrisch veld heeft energie (vergelijk met potentiële energie)
- Electronen hebben oneven spin (fermionen)
 - Gelijksoortige electronen stoten elkaar af
 - Twee electronen kunnen niet in dezelfde toestand zitten
- Basis van het Bohr Model

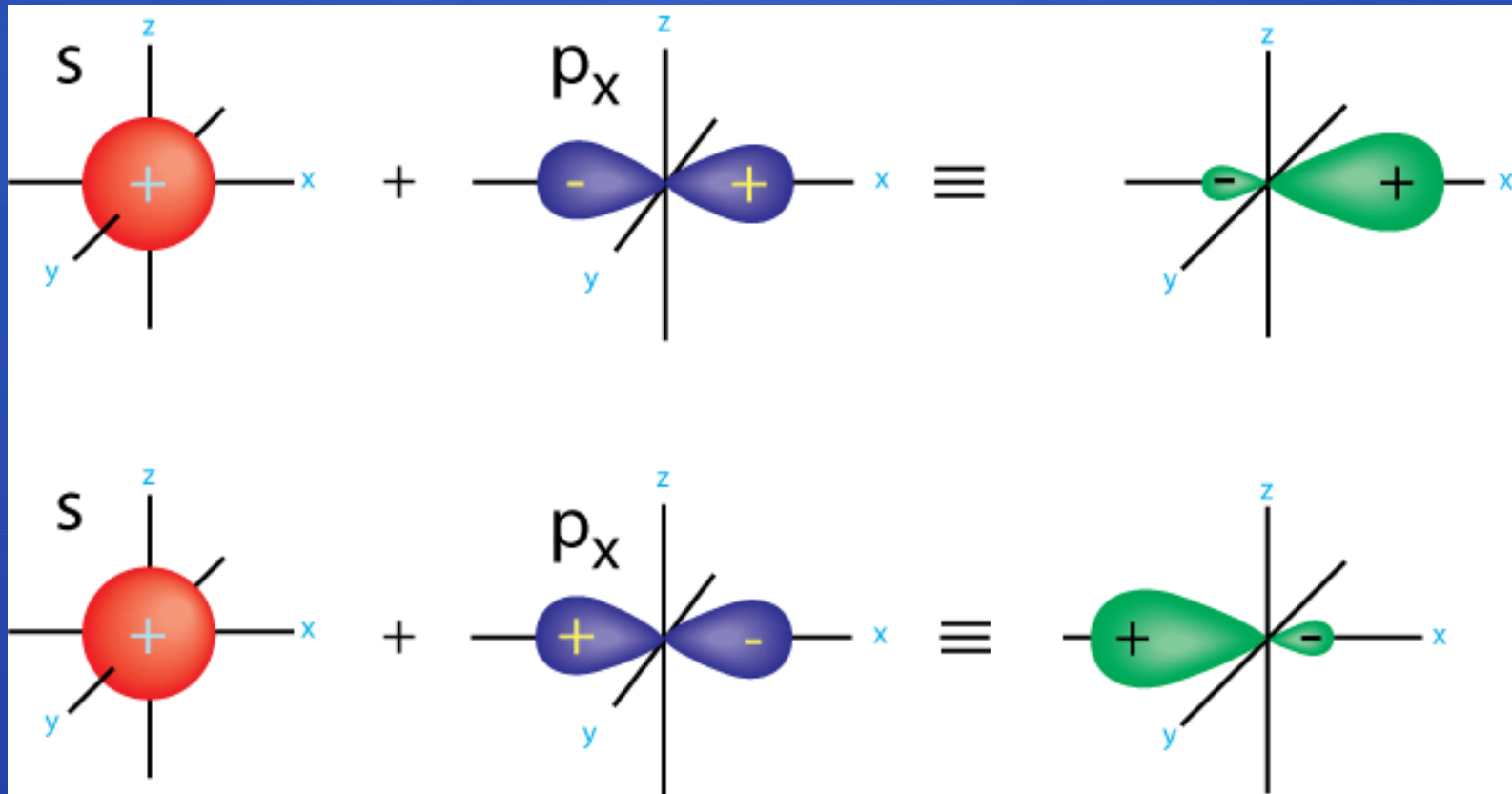
Klassiek vs Quantum



WEL GEDEFINIEERDE ORBITALEN

WAARSCHIJNLIJKHEIDSDISTRIBUTIE

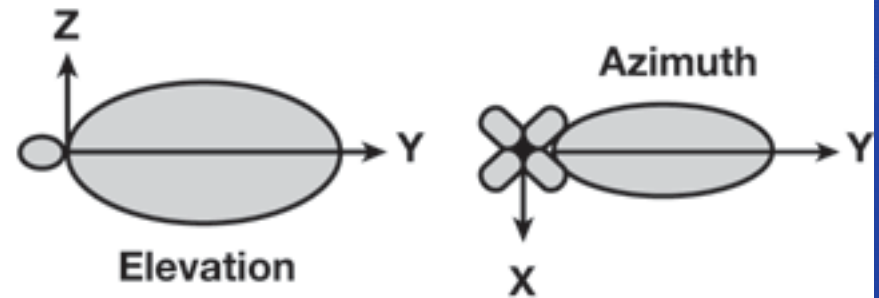
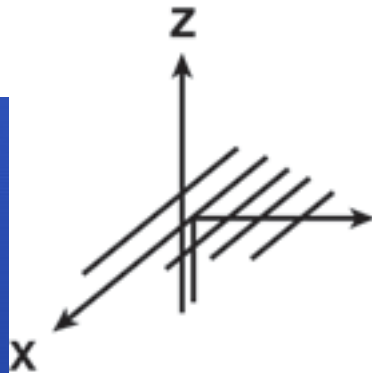
S, p en sp Orbitals



Zelfde matematika



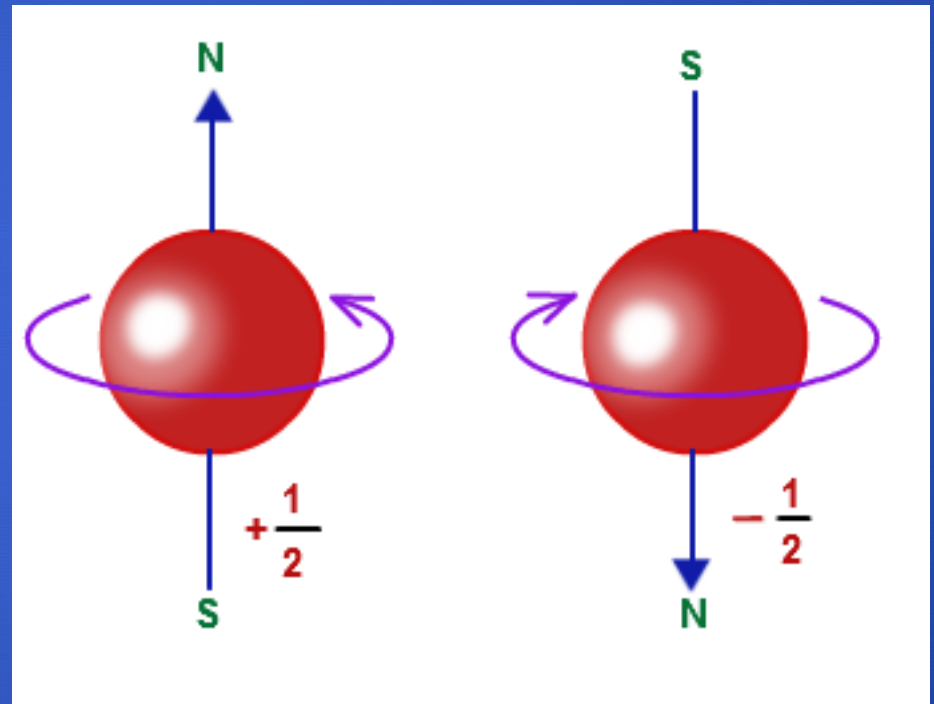
hybrid orbitals – sp , sp^2 , or sp^3



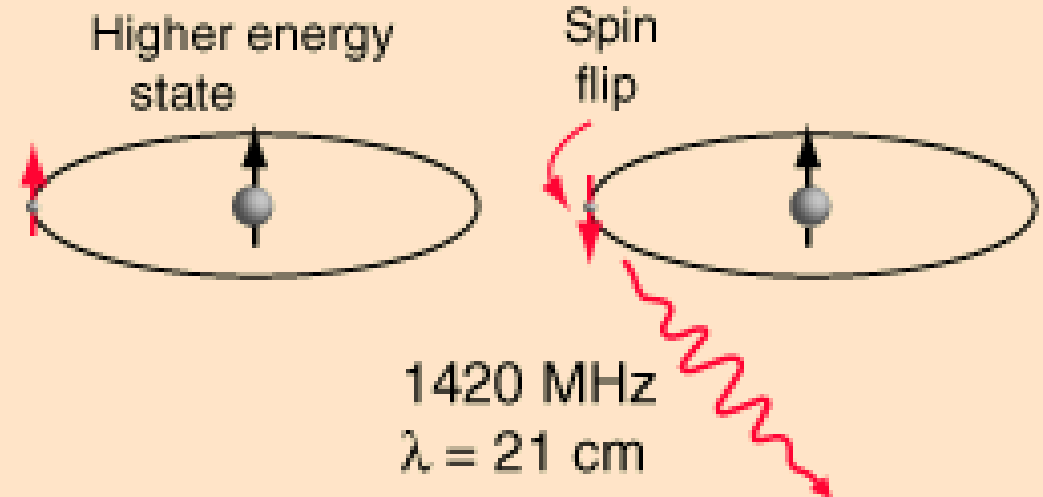
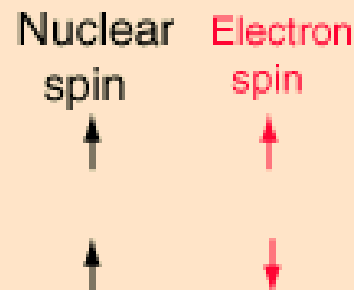
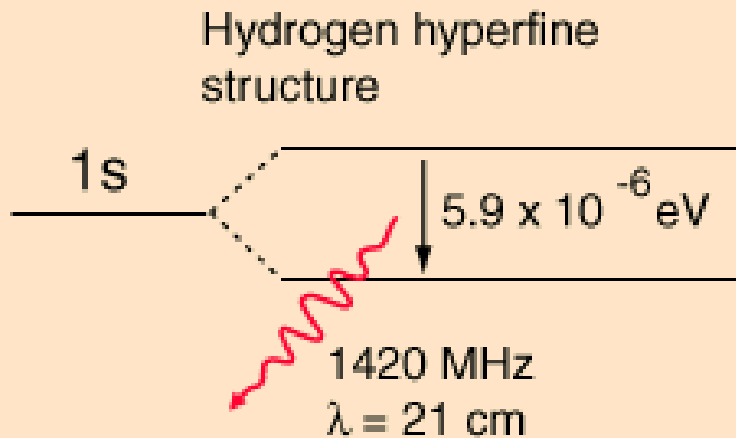
Yagi Radiating Pattern

Klassieke voorstelling van Spin

- Geladen deeltjes draaien om hun as (engels: to spin)
- Hebben daardoor een magnetisch moment (atomaire magneetjes)
- In een magnetenveld wordt de energie van een geladen deeltje o.a. bepaald door zijn spin
- Magnetenveld kan ook veroorzaakt worden door een ander deeltje met spin



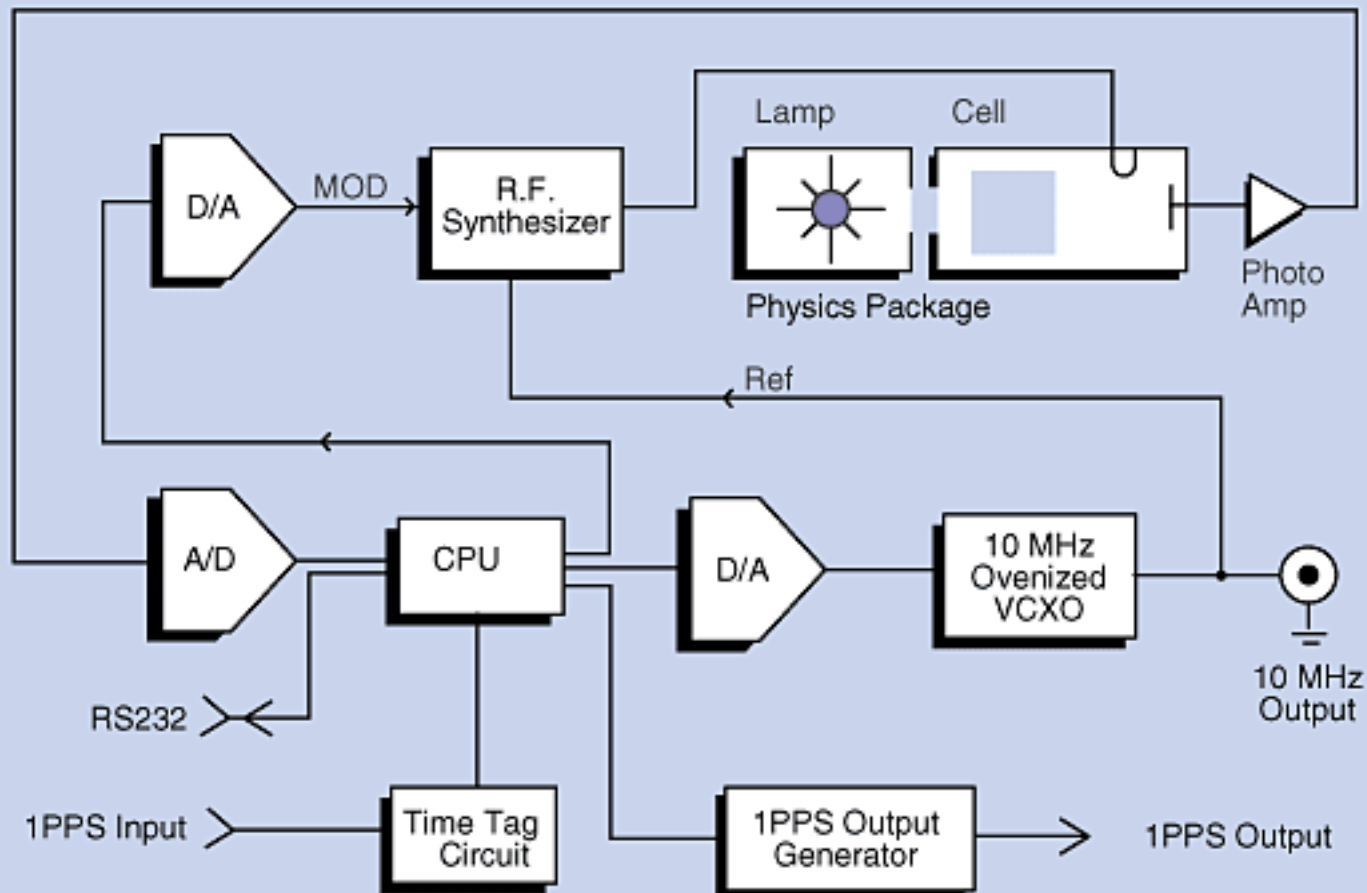
Neutraal waterstoflijn



CAMRAS



PRS₁₀ Rb Oscillator

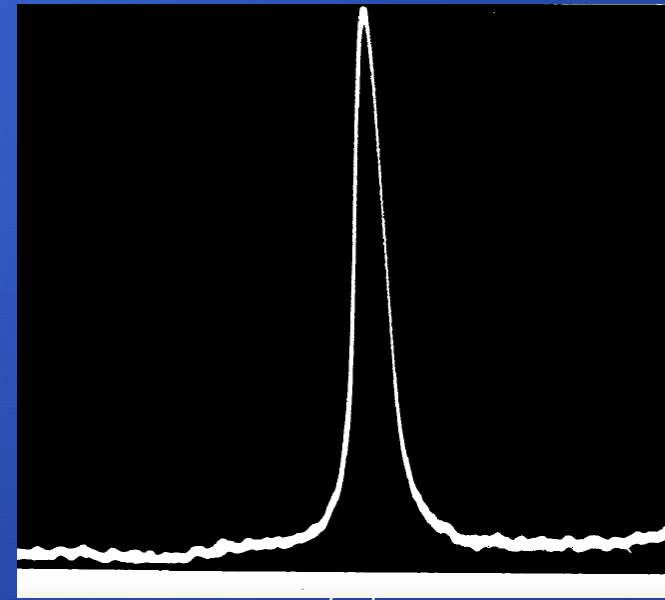


Rb

- Rb gas ontladingslamp wordt geëxciteerd
- Er is een energie overgang die overeenkomt met 6,834.682.612 GHz
- Deze frequentie wordt toegevoegd.
- Resonantie geeft optische dip (0,1%)
- Deze wordt gedetecteerd
- Xtal oscillator wordt gelockt aan 6GHz oscillator

Kernspin effecten in magneetveld

- Energieniveau van kernspin is afhankelijk van magneetveld in omgeving
- Omgevingsmagneetveld wordt bepaald door beweging naburige electromen
- 1948 Bloembergen et al toonde in HF band dit effect aan : NMR
- Relaxation effects in nuclear magnetic Resonance Absorption



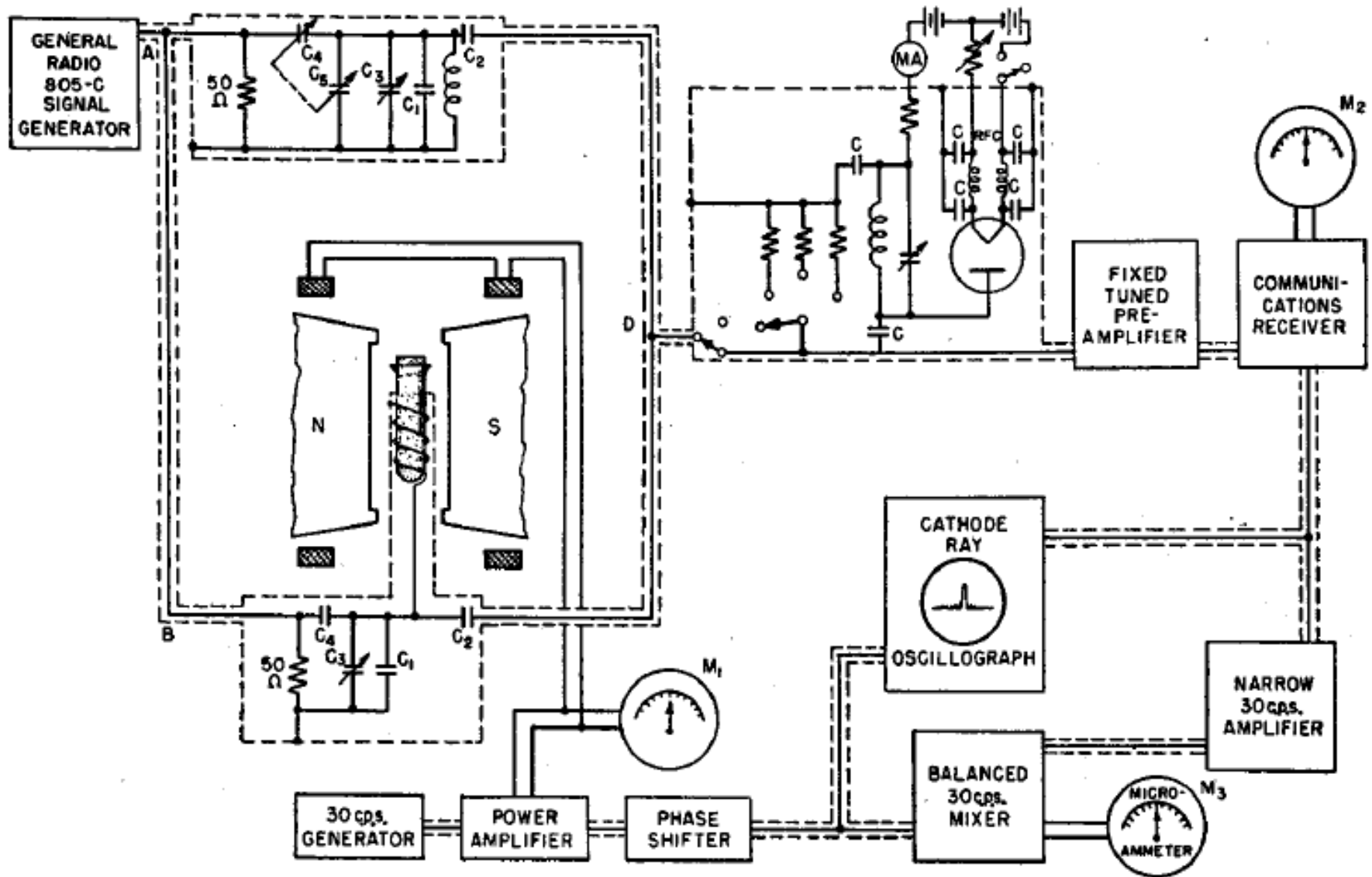


Fig. 1. Block diagram of circuit. The sample and the magnet gap are not drawn in correct proportion.



Radio en quantumfysica

Voorbeelden:

- Waterstoflijn (PAoCAM s.k.)
- Rubidium 10 MHz referentie
- Radio
- ESR, NMR en MRI
- Etc.