

Medicinsk Neutron Vetenskap

医疗 中子 科学

yi1 liao2 zhong1 zi3 ke1 xue2

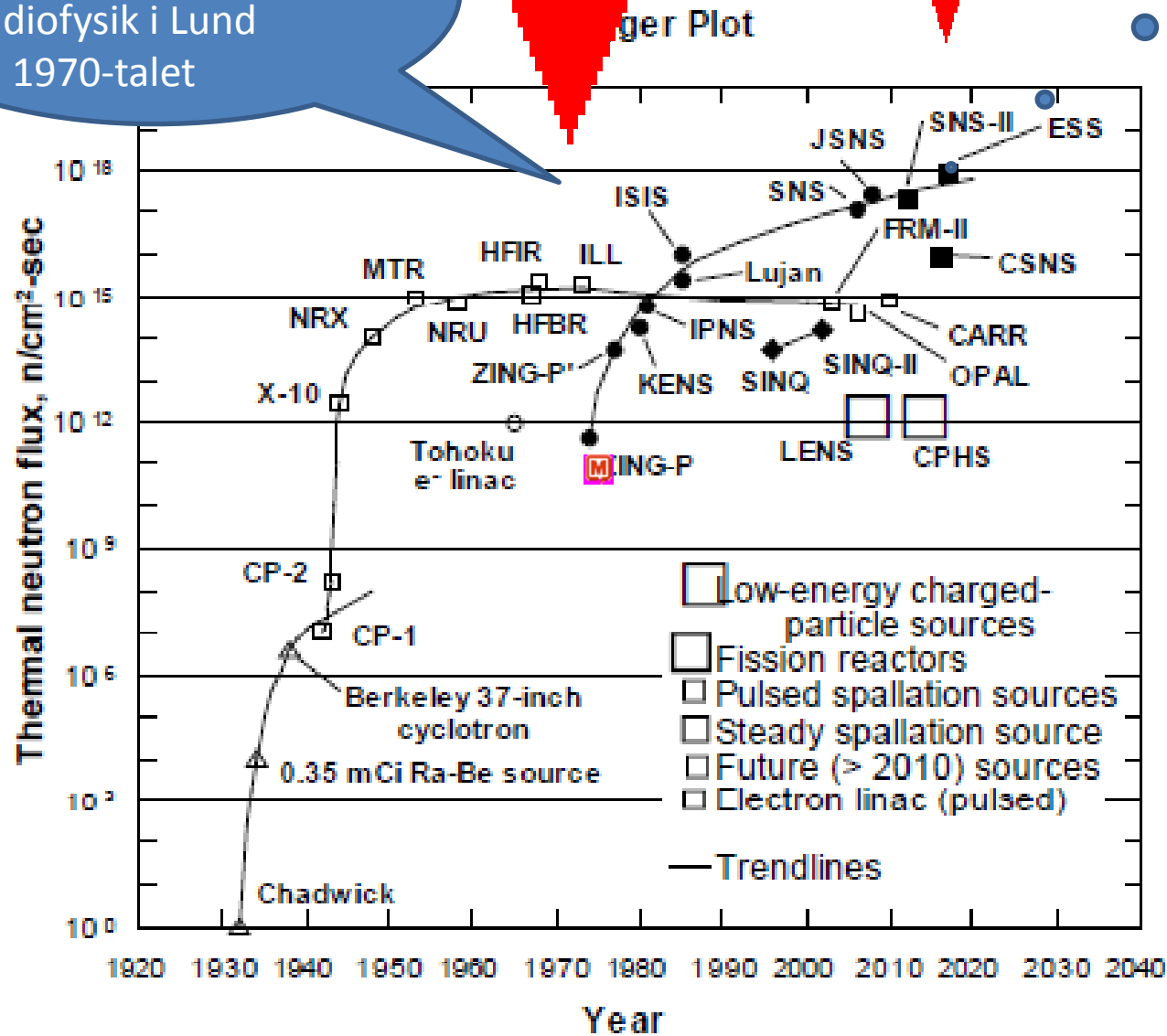
**Introduction**

Sames 14 MeV  
neutrongenerator  
Radiofysik i Lund  
på 1970-talet

För 40 år sen

Om <10 år

ESS i  
Lund ??



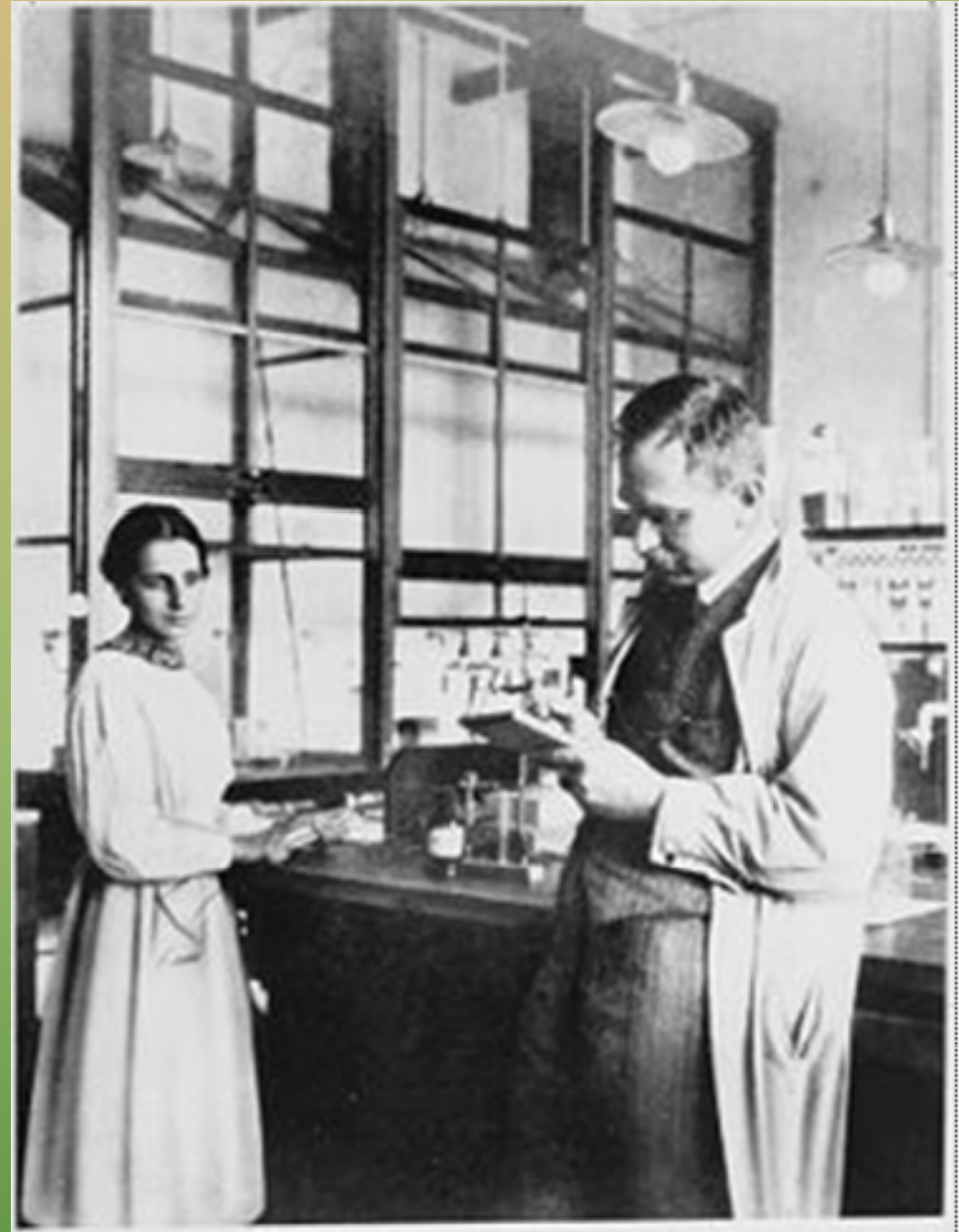
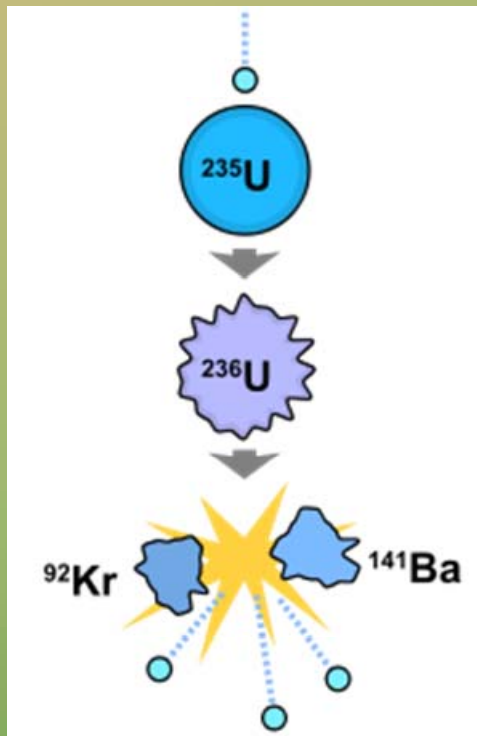
**1920** framlade **Rutherford** en teori om att det skulle existera neutrala partiklar i atomkärnan som han kallade "neutroner", efter den latinska roten för "neutral" och den grekiska ändelsen "-on" (efter mönster av protonen och elektronen).

**1930** upptäckte de tyska fysikerna **Walther Bothe och Herbert Becker** att när de högenergetiska alfapartiklar som polonium strålar träffade på vissa lätta grundämnen – beryllium, bor och litium – så uppstod en ovanligt genomträngande typ av strålning. Denna troddes först vara gammastrålning, även om den var långt mer genomträngande än all då känd gammastrålning, vilket gjorde de experimentella resultaten svåra att tolka.

**1932** gjordes nästa betydande bidrag av **Irène Joliot-Curie och Frédéric Joliot** i Paris, då de visade att om denna mystiska strålning träffade paraffin, eller andra kemiska föreningar innehållandes väte så utsändes protoner med mycket hög energi. Detta motsade inte i sig själv tron på att det var fråga om gammastrålning, men detaljerade kvantitativa analyser gjorde det svårt att få denna hypotes att stämma.

**1932** utförde den brittiske fysikern **James Chadwick** en serie experiment som slutgiltigt visade att hypotesen med gammastrålar var ohållbar, och föreslog att strålningen istället utgjordes av oladdade partiklar med ungefär samma massa som protonen. Han utförde även experiment som stödde detta antagande.

Enrico Fermi började, strax efter det att neutronen upptäckts 1932, experimentera med att bestråla tunga atomkärnor som uran med neutroner med avsikt att producera ännu tyngre grundämnen. Resultaten var svårtolkade och fick sin naturliga förklaring först 1939 när Otto Hahn och Lise Meitner upptäckte fissionsprocessen.



Otto Hahn och Lise Meitner.

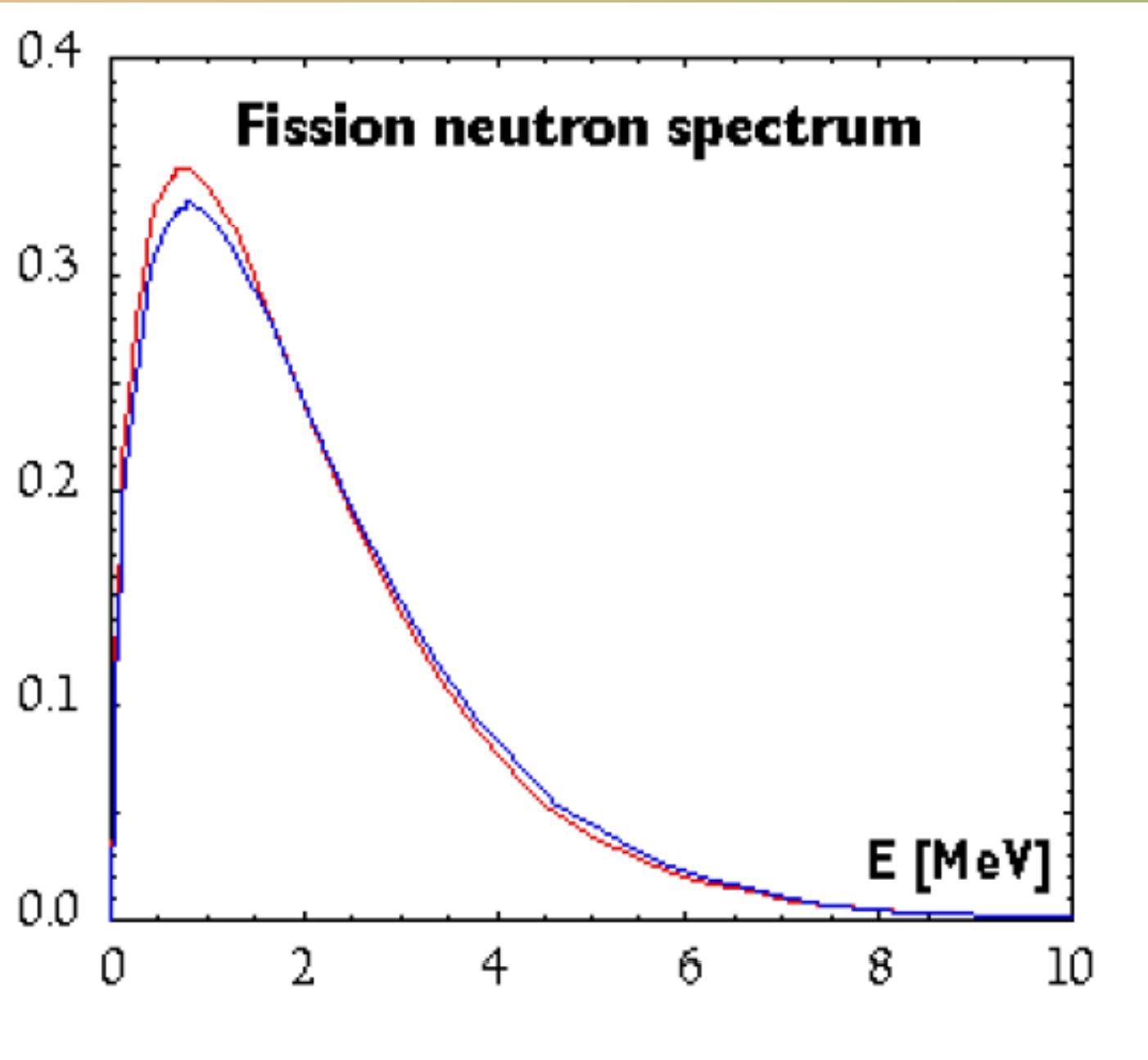


Hade Hitler's Nazityskland utvecklat  
en egen Atom bomb ?



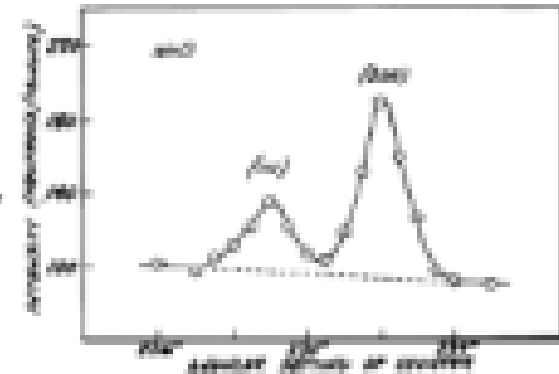
## Start-up Dates of Early “Piles”

1942 ( <i>Dec.</i> )	Fermi Demonstration ( <i>Chicago</i> )
1943 ( <i>Nov.</i> )	Clinton Pile, graphite, ( <i>3 MW</i> )
1944	Argonne CP-3, heavy water
1947	NRX – Chalk River
1948	BEPO – Harwell
1950	LITR – Oak Ridge (enriched U)
	BGRR – Brookhaven



# Some Neutron History

- 1932 – Chadwick discovers the neutron
- 1934 – thermalisation (Fermi)
- 1936 – scattering theory (Breit, Wigner)
- 1936 – wave interference (Mitchell, Powers)
- 1939 – fission
- 1945 – diffraction (Shull, Wollan), reflection, refraction
- 1948 – coherent & incoherent scattering (Shull, Wollan)
- 1948 – spallation
- 1949 – structure of AFM (Shull)
- 1951 – polarized neutrons (Shull & Wollan)
- 1955 – three axis spectrometer (Brockhouse)
- 1958 – rotons in helium (Palevsky, Otnes, Larsson)
- 1962 – Kohn anomalies
- 1960 – 79 – soft phonons & structural phase transitions
- 1969 – 79 – scaling and universality
- 1972 – conformation of polymers
- 1994 – Nobel Prize for Shull and Brockhouse



Cliff Shull (1915 – 2001)...



Vad är då en neutron ?

中子

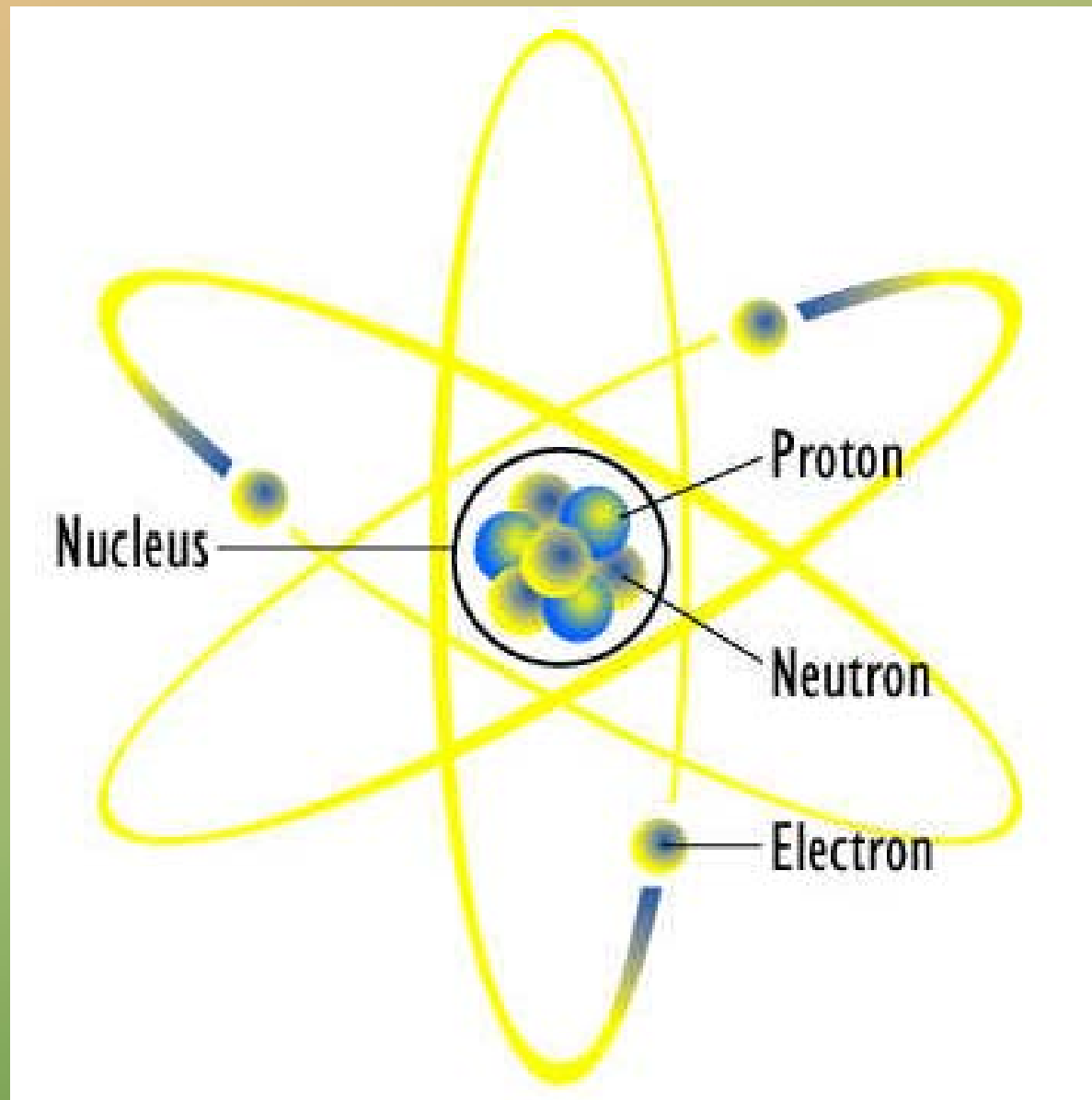
zhong1 zi3

不 帶 电 粒 子

bu4 dai4 dian4 li4 zi3

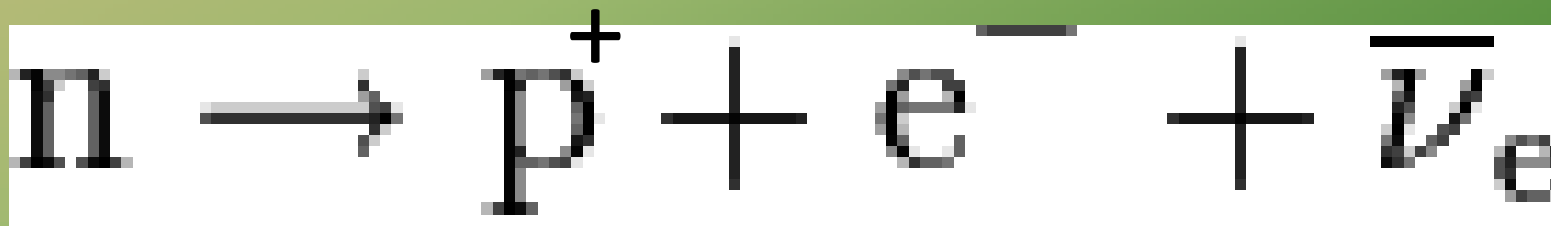
Inte laddad elektriskt

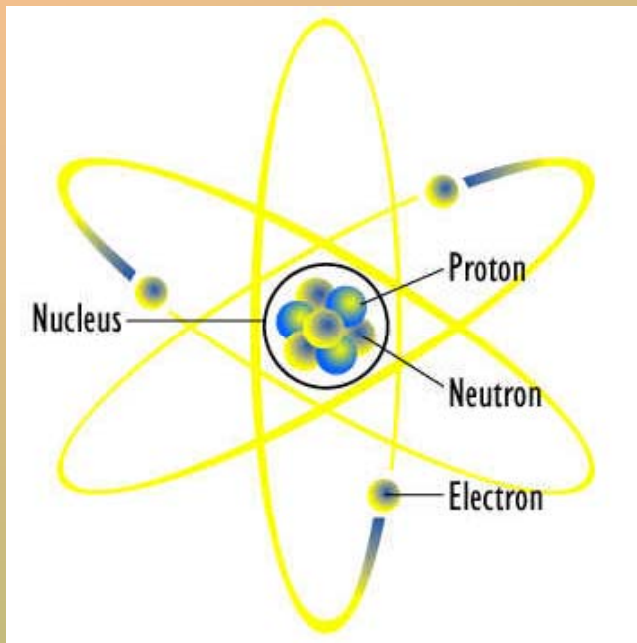
Elektriskt neutral liten partikel



Utanför atomkärnan är neutronen instabil och sönderfaller med en medellivslängd  $885,7 \pm 0,8$  s, motsvarande en halveringstid på 10 minuter och 14 s.

Vid sönderfallet omvandlas neutronen till en elektron, en antineutrino och en proton:





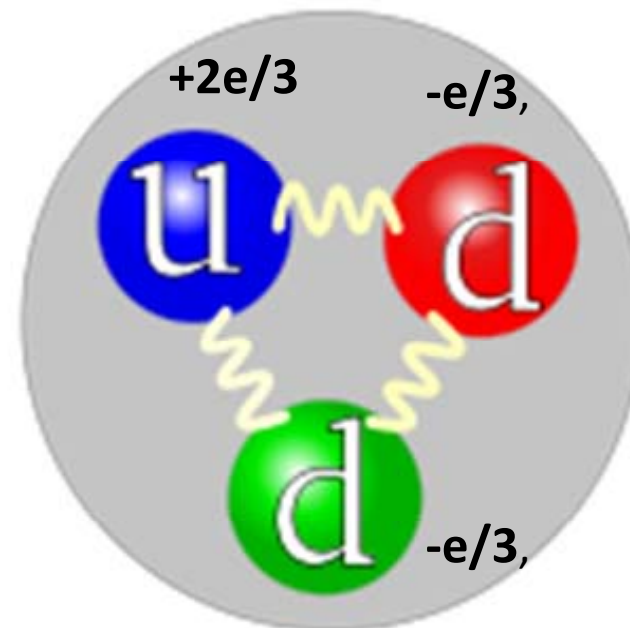
# Neutronen

Neutronen är en subatomär partikel som tillsammans med protoner  $Z$  bildar en atomkärna.

Olika antal neutroner i kärnan  $N$  med samma  $Z$  ger upphov till olika isotoper av grundämnet.

Neutronen har ingen elektrisk laddning, den är neutral, har spinn  $\frac{1}{2}$ , och massan  $939,573 \text{ MeV}/c^2$  ( $1.6749 \times 10^{-27} \text{ kg}$ , eller  $1,00866490 \text{ u}$ , aningen mer än protonen).

Neutronen består av tre kvarkar, närmare bestämt en upp-kvark och två ner-kvarkar med totala laddningen noll.

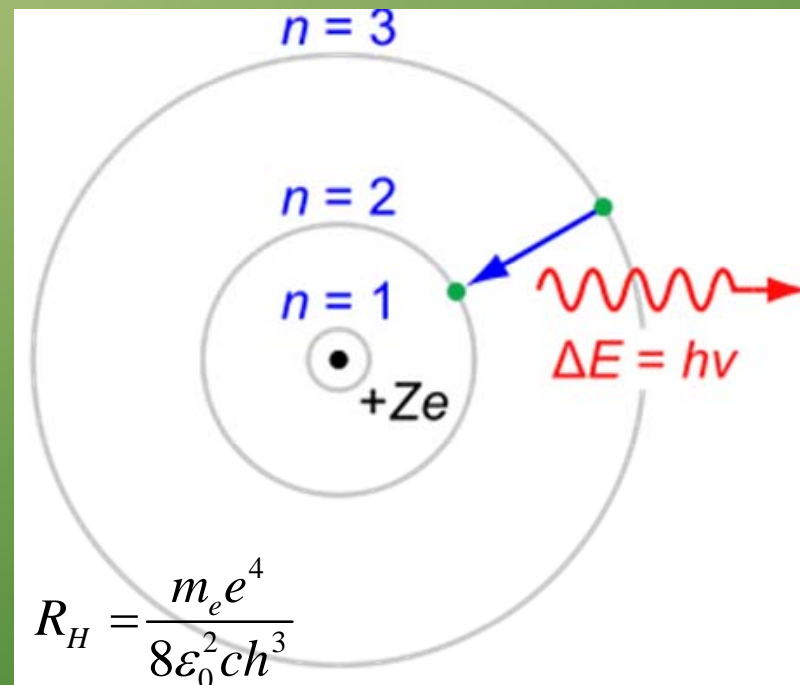


Det började i Lund när Johannes "Janne" Rydberg den 5te november, 1888 härledde en ekvation som beskrev de experimenella resultaten av spektrallinjerna i väte spektrum.

$$\frac{1}{\lambda_{vac}} = R_H \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

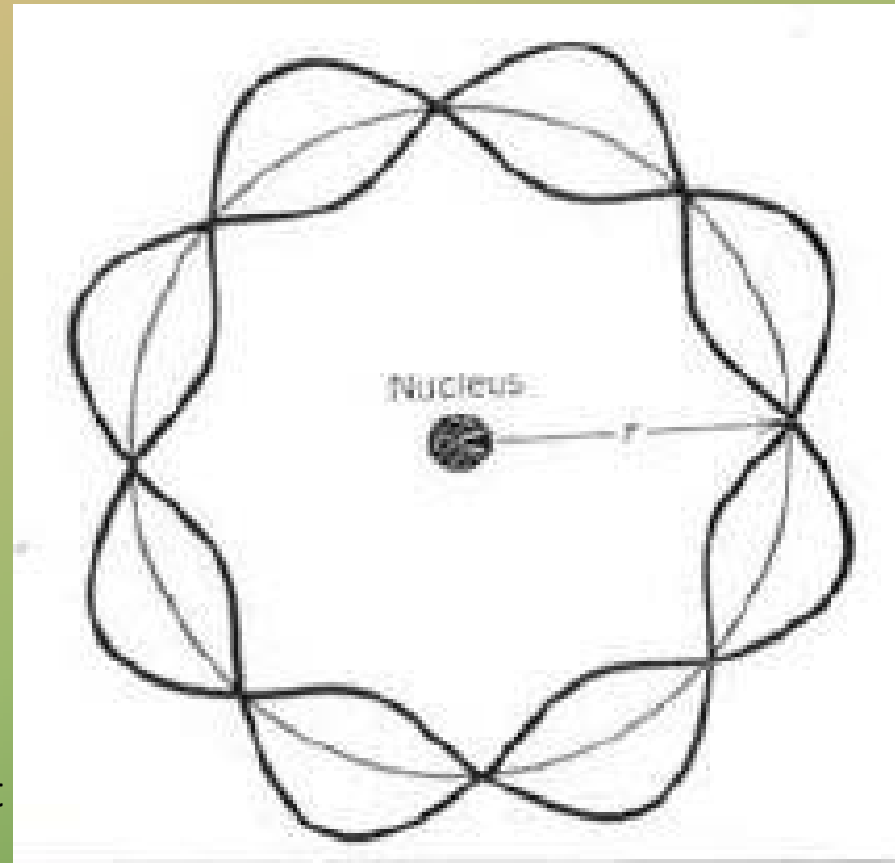
Niels Bohr härledde 1913 ekvationen teoretiskt baserat på sin atommodell. enligt vilken elektronerna rör sig i cirkulära banor runt atomkärnan, där centripetalkraften kompenserar coulombkraften och rörelsemängdsmoment är kvantiserad till ett heltal gånger Plancks konstant,  $\mathbf{p} = \mathbf{nh}/2\pi$ . Detta leder till att elektronen endast kan inta vissa specifika energinivåer

$$\Delta E = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = h\nu = \frac{hc}{\lambda};$$



Louis de Broglie (1892–1987) utvecklade Bohr's ideer och härledde en ekvation som kunde förklara elektronens och materiens vågegenskaper. Ekvationen innebar att elektronens våglängd är en funktion av Planck's konstant ( $6.626 \times 10^{-34}$  joule-se) dividerad med dess rörelsemoment (massa multiplicerad med dess hastighet)

Hans ekvation verifierades experimentellt 1927 då Lester Germer and Clinton Davisson riktade en stråle av elektroner mot en kristallin nickel target. Resultatet blev ett diffraktions mönster som matchade de Broglies ekvation..



# De Broglie's ekvation

De Broglie kombinerar

Plancks ekvation  $E = h\nu = hc/\lambda$  :

för sambandet mellan energin hos en foton  $E$  och dess våglängd  $\lambda$

Einsteins ekvation  $E=mc^2$

för sambandet mellan vilomassan för en partikel med massan  $m$  och ljushastigheten  $c$

$$E = h\nu = hc/\lambda = mc^2 \implies h/\lambda = mc = p \text{ rörelsemomentet} \implies \lambda = h/p$$

*de Broglie generaliserar denna ekvation till att gälla partiklar med impulsen  $p=mv$  där  $v$  är partikelns hastighet.*

Om vi inför Dirac's konstant  $\hbar = h/2\pi$

vågtalet  $\mathbf{k} = 2\pi/\lambda$  och

Vinkelfrekvensen  $\omega = 2\pi\nu$  får vi sambanden

$$\vec{p} = \hbar \cdot \vec{k}$$

observera att vågtalet är en vektor

$$E = \hbar \cdot \omega$$

# Neutronen har således både partikel- och våg-liknande egenskaper

Massa:  $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27}$  kg

Ladning = 0

Energin  $E = m_n v^2/2 = k_B T = (hk/2\pi)^2/2m_n$  ;

$k = 2\pi/\lambda = m_n v/(h/2\pi)$ ; Boltzmanns konstant  $k_B = 1,381 \cdot 10^{-23}$  JK<sup>-1</sup>

	<u>Energy (meV)</u>	<u>Temp (K)</u>	<u>Wavelength (nm)</u>
<b>Cold</b>	0.1 – 10	1 – 120	0.4 – 3
<b>Thermal</b>	5 – 100	60 – 1000	0.1 – 0.4
<b>Hot</b>	100 – 500	1000 – 6000	0.04 – 0.1

$\lambda$  (nm) = 395.6 / v (m/s)  
E (meV) = 0.02072 k<sup>2</sup> (k in nm<sup>-1</sup>)

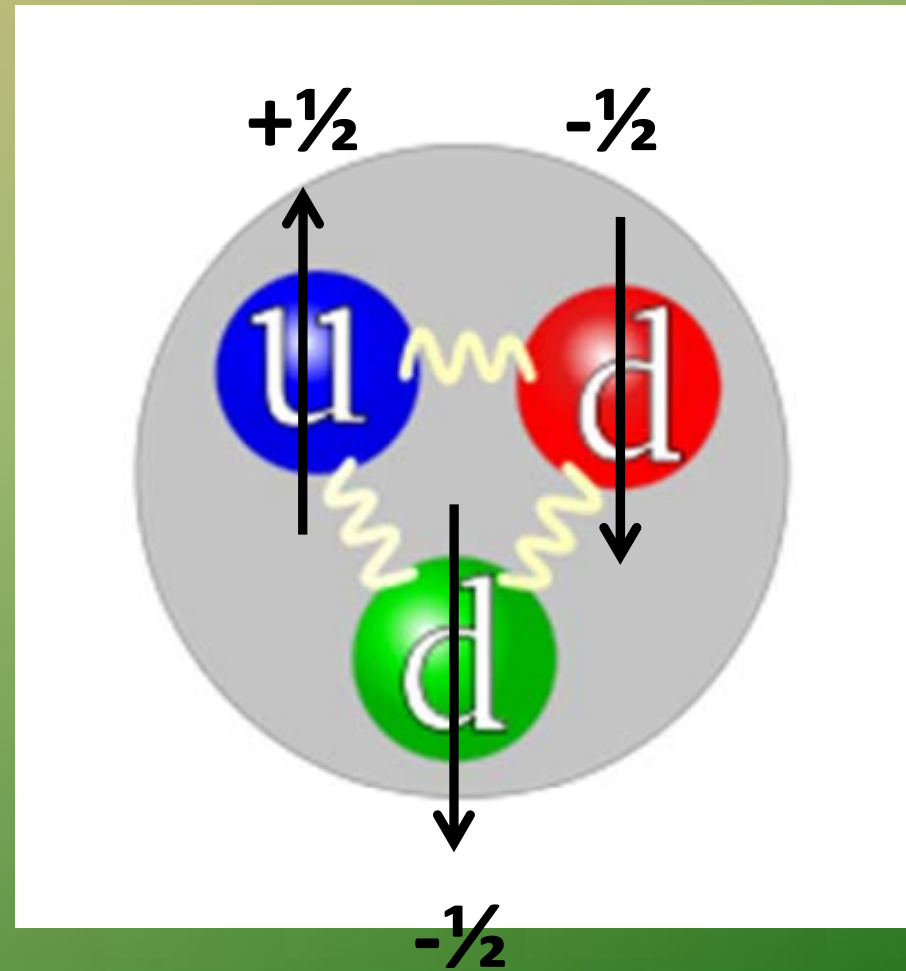


Neutronen har spinn  $\frac{1}{2}$  riktat motsatt banimpulsmomentet så att neutronens gyromagnetiska förhållandet blir negativt

$$\mu_n = \gamma \mu_N \sigma$$

gyromagnetiska förhållandet

$$\gamma = - \mathbf{1,913}$$





neutron

$e^-$

**Neutronens spinn kopplar till elektronens spinn vilket orsakar att neutronen ändrar riktning . Magnetisk neutron spridning**

**Neutronen känner av magnetism  
i stoleks ordningen 0,1 – 10 nm  
i tidskalan 0,001-1 ns.**

**Detta gör neutronspridning till det  
mest kraftfulla verktyg vi har för att  
studera magnetiska egenskaper hos  
olika material**

## Get Involved



**Now is the time to get involved in defining the scientific possibilities for the next generation neutron source ESS.**

The European Spallation Source (ESS) will be built in Southern Scandinavia as an intergovernmental project with seventeen European countries as partners. The facility will provide the scientific community with new possibilities for research using neutrons. Together with the adjacent Max IV Synchrotron laboratory it will become a world leading centre for materials research.

ESS is calling for your input and knowledge. On these pages you will find updated articles on the possibilities that the ESS project can provide as well as facts, scientific articles and links to interesting reading.

The Get Involved-section is always "under construction" so make it a habit to log in and read the news.

Get Involved in the making of the next generation research facility.