

Neutronen i Medicinens tjänst!

**Vad är en neutron och vad kan man
göra med neutroner ??**

Bertil R.R. Persson PhD, MDhc
Professor emeritus
Medical Radiation Physics
bertil_r.persson@med.lu.se

Varför neutroner
och vad man kan göra med neutroner ??

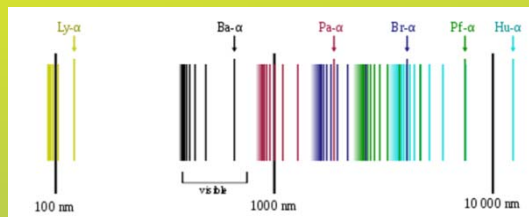
??

ESS



Det började 1888 i Lund en gråkulen november

natt då Johannes **"Janne" Rydberg** härledde en ekvation som beskrev de experimenella resultaten av spektrallinjerna i väte spektrum.

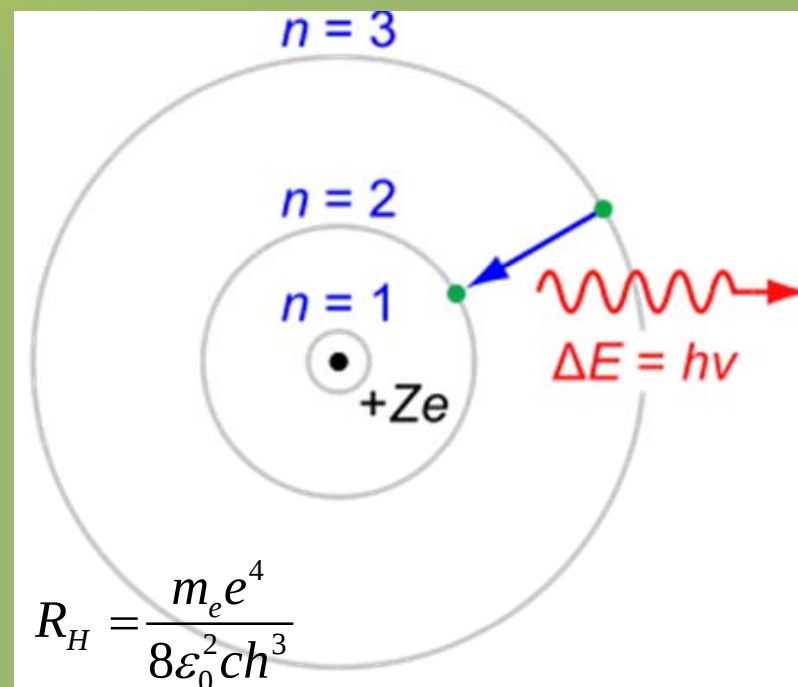


$$\frac{1}{\lambda_{vac}} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Niels Bohr i Köpenhamn 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, **$p = nh/2\pi$** . Detta leder till att elektronen endast kan inta vissa specifika energinivåer

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



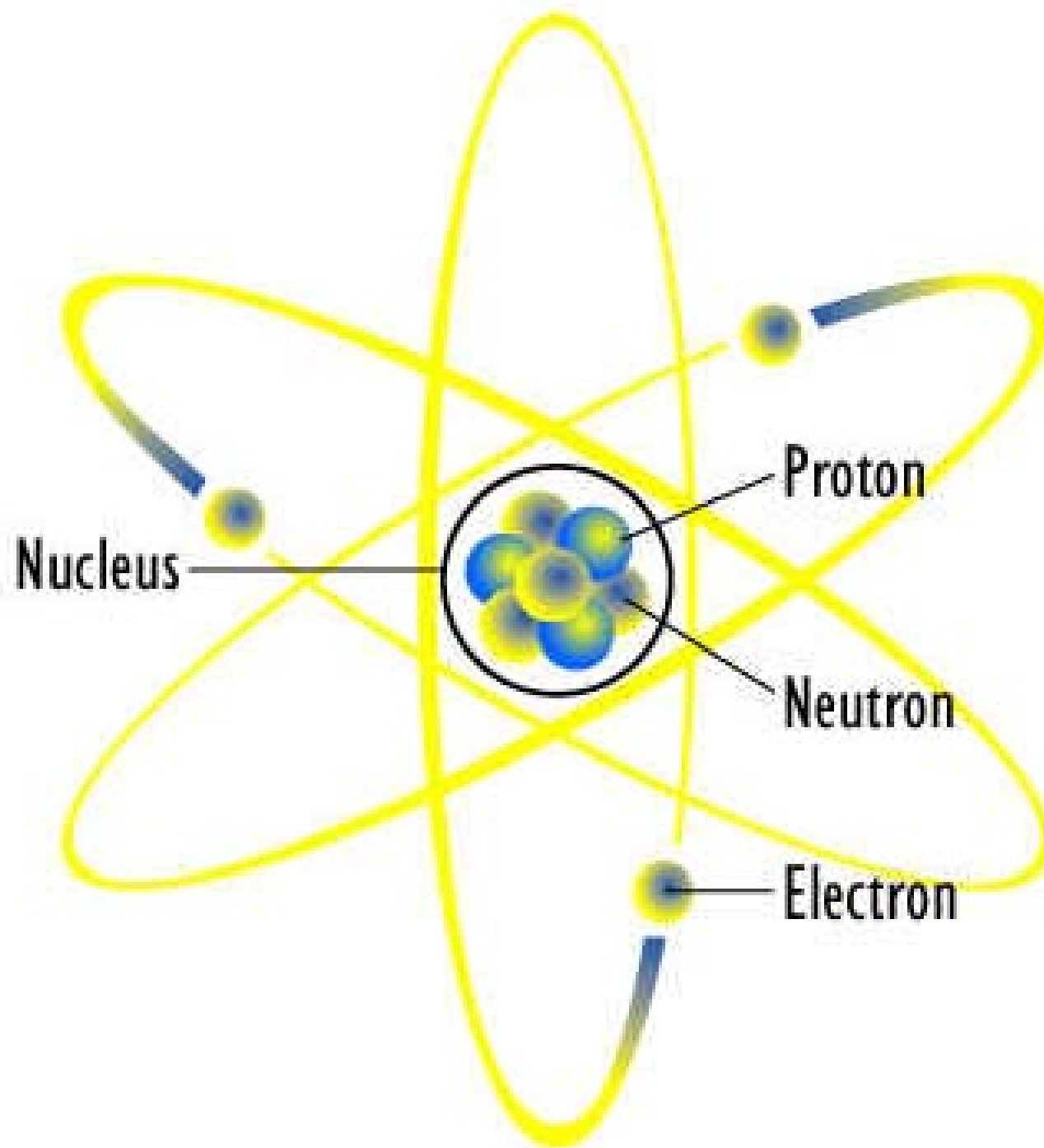
$$R_H = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 ch^3}$$

Centripetalkraften = Coulombs krafter

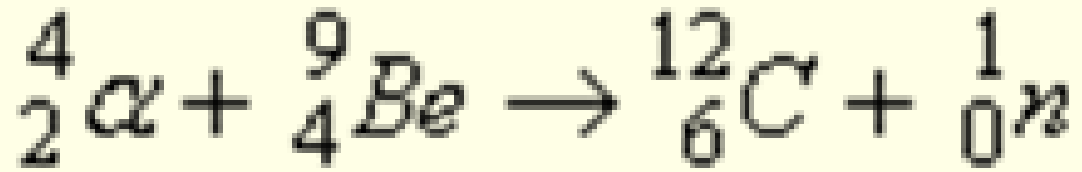
$$\frac{m_e v^2}{r} = \frac{Z k_e e^2}{r^2}$$

$$p = mv = nh/2\pi$$

$$\Delta E = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = h\nu = \frac{hc}{\lambda}; \quad R_H = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 ch^3}$$



1930 upptäckte de tyska fysikerna **Walther Bothe och Herbert Becker** att när de högenergetiska alfa-partiklar som polonium-210 utstrålar träffade på vissa lätta grundämnen som beryllium, bor och litium – så uppstod en ovanligt genomträngande typ av strålning som dom trodde var någon form av gammastrålning dvs elektromagnetisk.



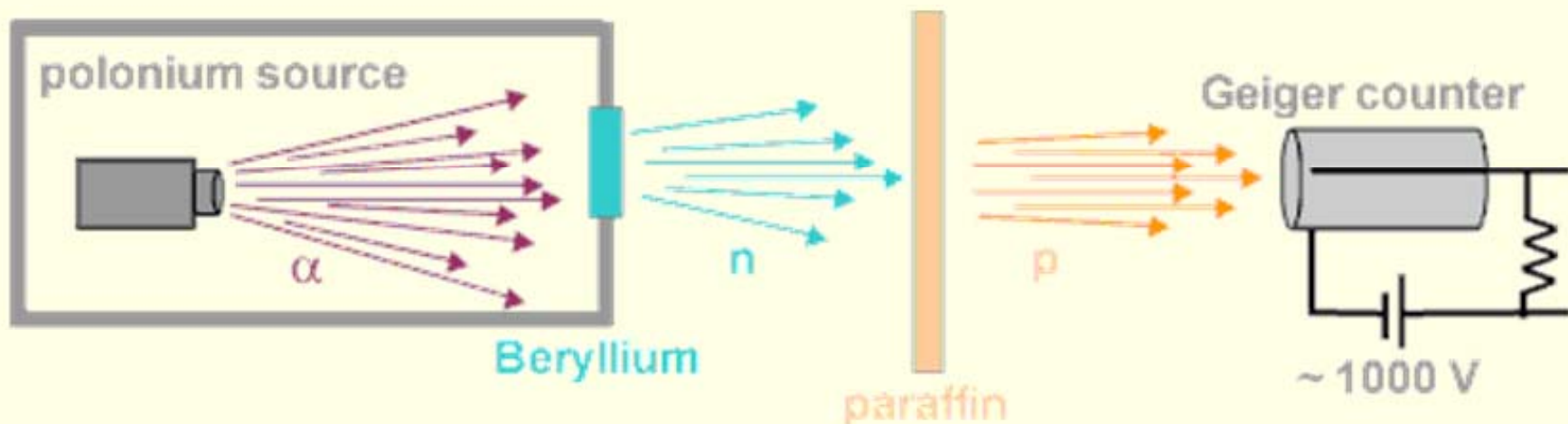
Antal protoner **Z**

		0.0102%		p	EC3α	EC
6	² ₄ C 4492t° 3642s° +2+4-4 12.0107 0.033%	C8 230 keV 0+	C9 126.5 ms (3/2-)	C10 19.255 s 0+	C11 20.39 m 3/2-	C12 0+
			ECp,ECp2α	EC	EC	98.90
5	² ₃ B 2075° 4000° +3 10.811 6.9×10 ⁻⁸ %	B7 1.4 MeV (3/2-)	B8 770 ms 2+	B9 0.54 keV 3/2-	B10 3+	B11 3/2-
			EC2α	2pα	19.9	80.1
4	² ₂ Be 1287° 2471° +2 9.012182 2.38×10 ⁻⁹ %	Be5	Be6 92 keV 0+	Be7 53.29 d 3/2-	Be8 6.8 eV 0+	Be9 3/2-
			2p	EC	2α	100
						β-

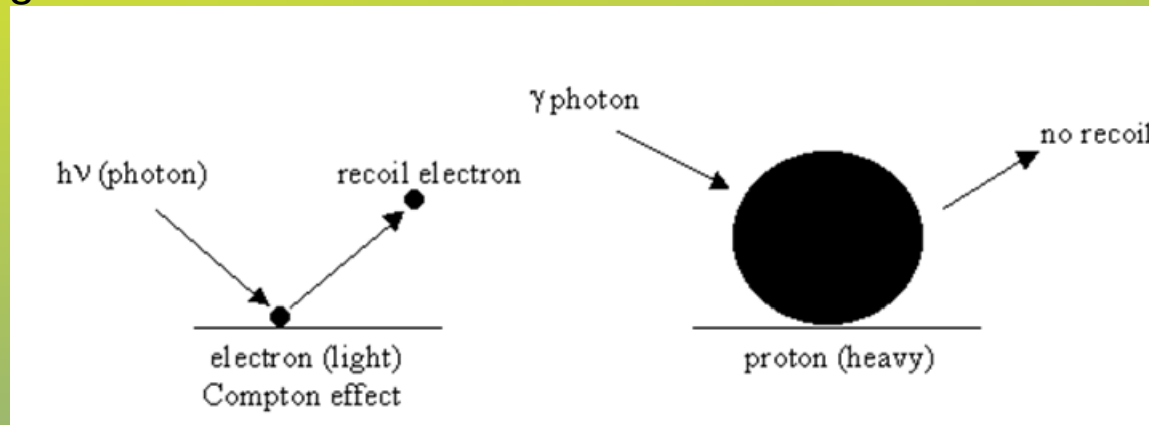
Antal protoner **Z** + Antal neutroner **N**

1932 gjordes nästa betydande upptäckt av **Irène Joliot-Curie och Frédéric Joliot** i Paris, som tidigare upptäckt och isolerat polonium.

De visade att om den mystiska strålning som utstrålar från Po-210/Be preparat träffade paraffin, eller andra kemiska föreningar innehållandes väte så utsändes protoner med mycket hög energi. Detta motsade emellertid inte i sig själv tron på att det var fråga om någon form av elektromagnetisk strålning.



1932 utförde den brittiske fysikern **James Chadwick** en serie experiment som slutgiltigt visade att hypotesen att neutroner var besläktade med gammastrålar var fel. Han föreslog i stället att strålningen utgjordes av oladdade partiklar (neutroner) med ungefär samma massa som protonen. Han utförde även experiment som stödde detta antagande



Genom beräkningar baserade på rörelsemängden $P=mv$, hos de spridda protonerna kunde han visa att massan på den neutrala strålningens partiklar var nästan exakt lika stor som massan för en proton.

Utanför atomkärnan är neutronen instabil och sönderfaller med en medellivslängd

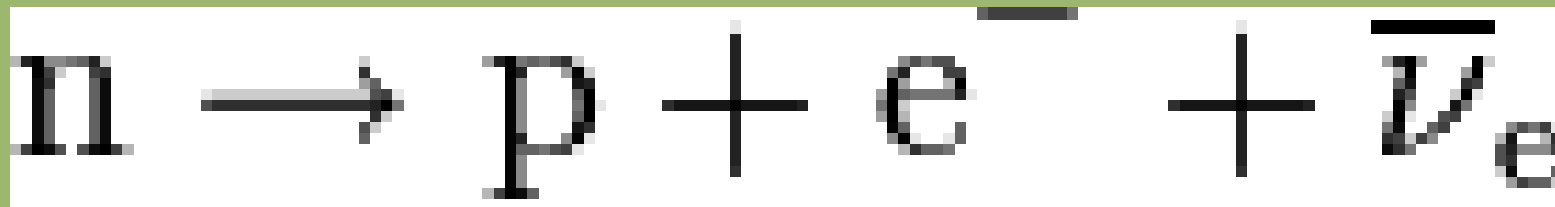
$$885,7 \pm 0,8 \text{ s,}$$

motsvarande en halveringstid

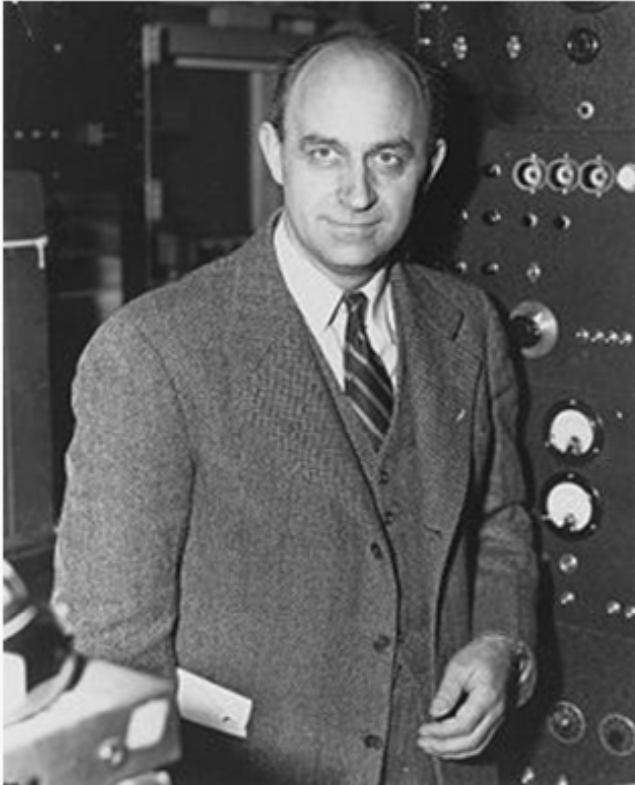
på 10 minuter och 14 s.

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

+



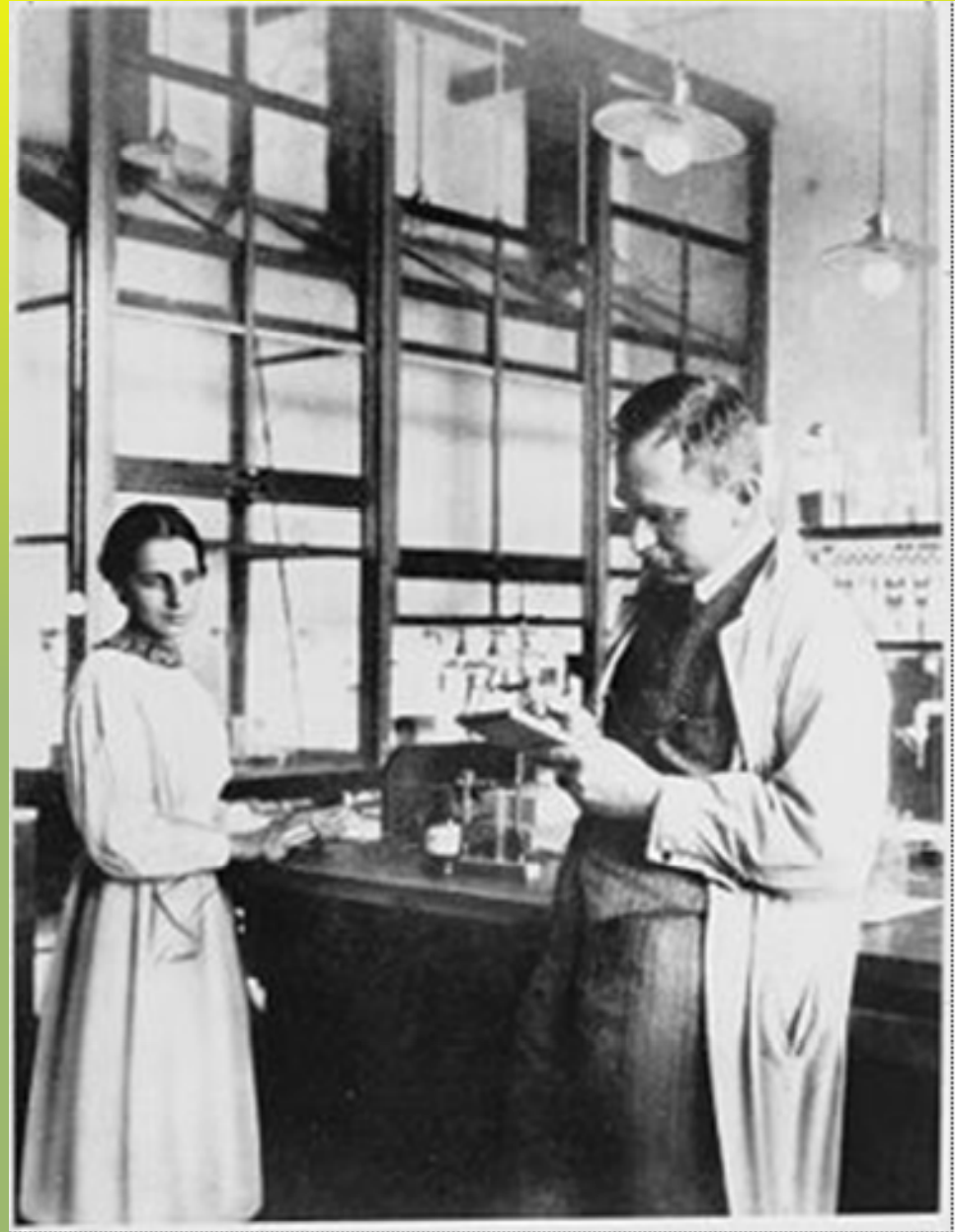
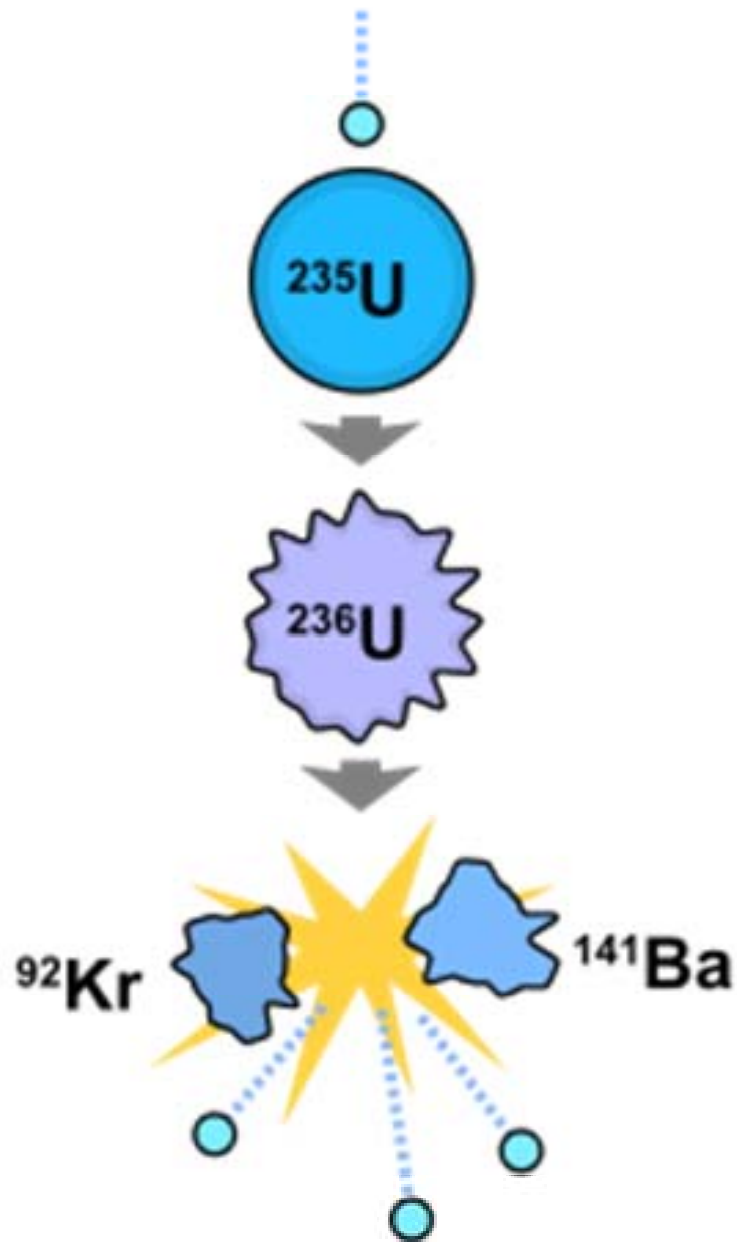
Enrico Fermi



Enrico Fermi (1901–1954)

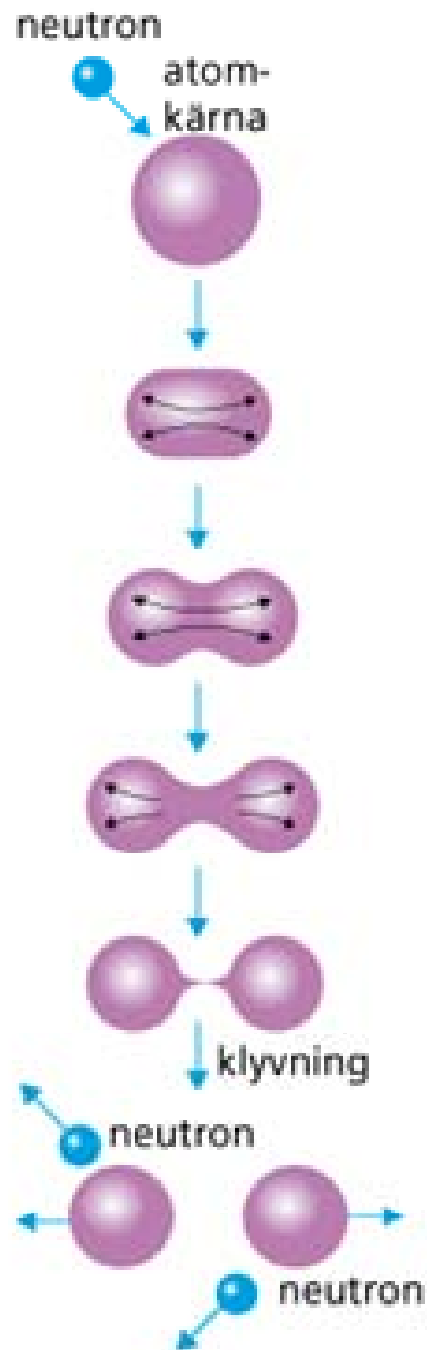
1932: Enrico Fermi, utförde detta år experiment med att bestråla tunga atomkärnor som uran med neutroner med avsikt att producera ännu tyngre grundämnen.

Resultaten var emellertid svårtolkade men fick sin naturliga förklaring år **1939**.



Otto Hahn och [Lise Meitner](#).





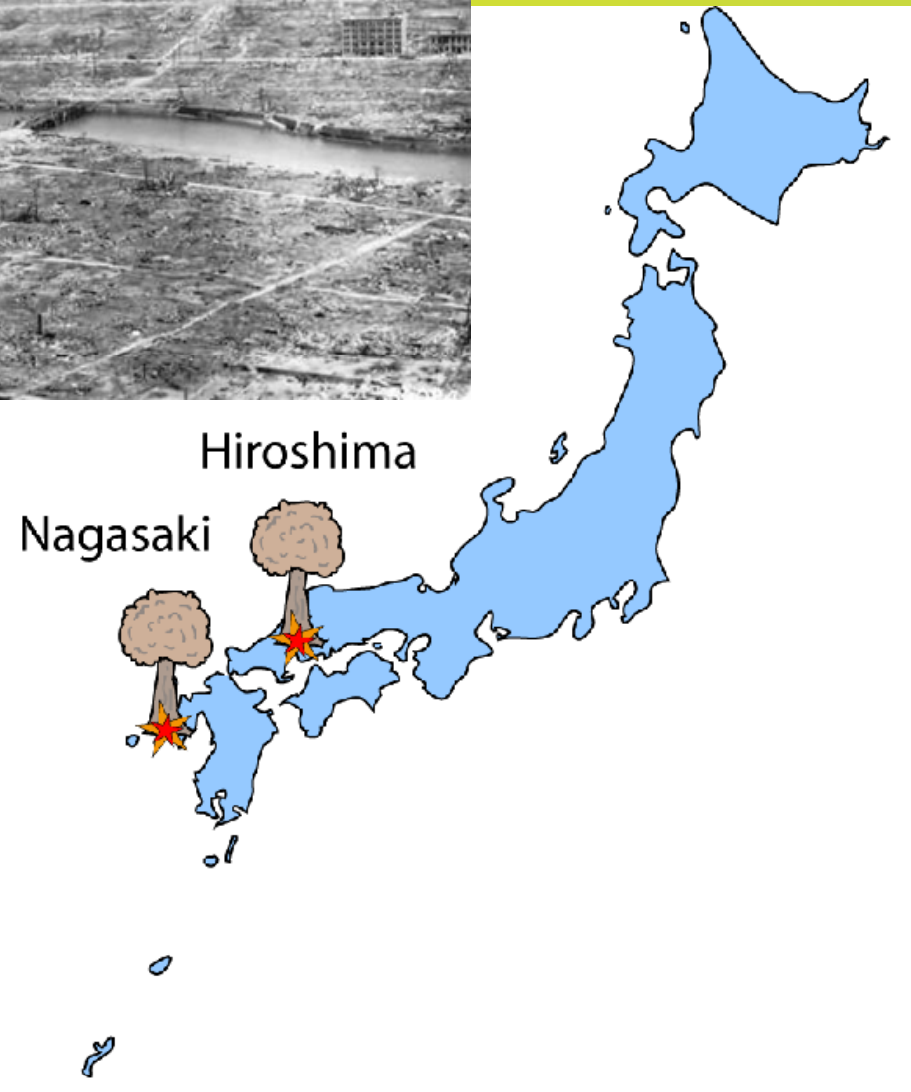
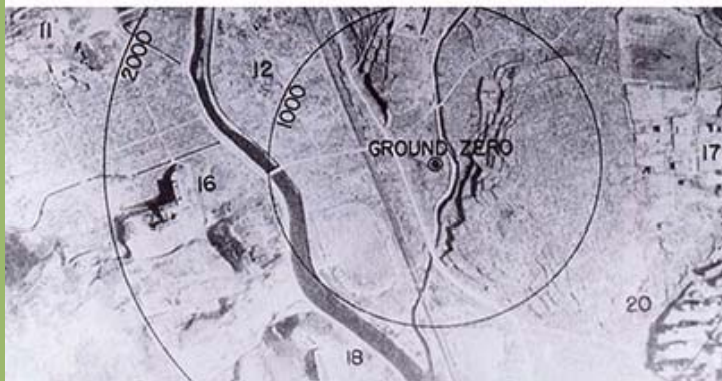
1939 upptäckte **Otto Hahn** och **Lise Meitner** i Berlin **fissionsprocessen** vilket blev upptakten till en kapplöpning mellan nazi-tyskland och den fria världen om vem som först kunde framställa en fissions bomb dagligt talat en atombomb.

Det blev USA som med hjälp av Enrico Fermi vann kapplöpningen och fällde den första atombomben över Hiroshima 1945.

Vad som hände med Nazi- Tysklands atombomb är fortfarande höljt i dunkel.

Hade Hitler's Nazityskland utvecklat
en egen Atom bomb ?



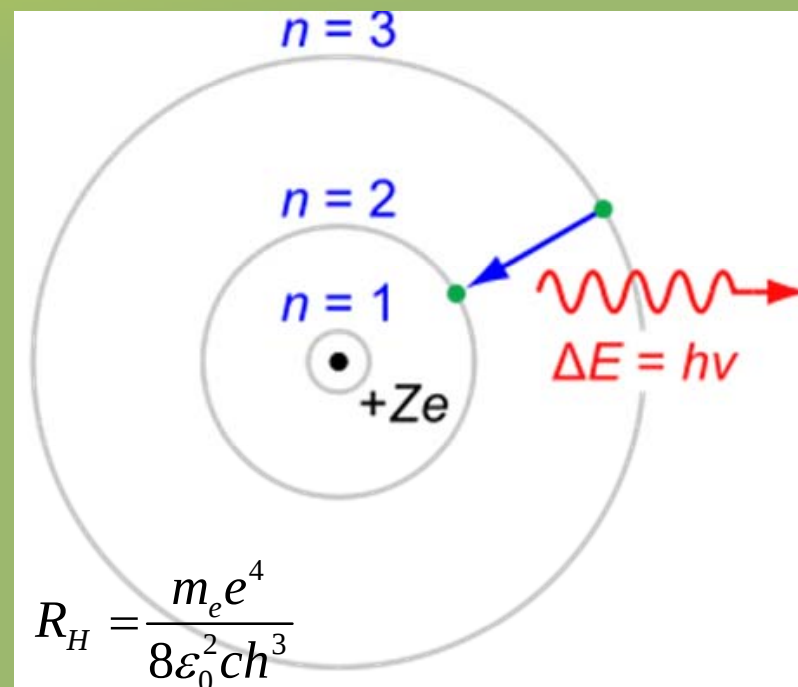


Vi återvänder till Lund där det började när Johannes "Janne" Rydberg den 5te november, 1888 härledde en ekvation som beskrev de experimenella resultaten av spektrallinjerna i väte spektrum.

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

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, **$p = nh/2\pi$** . Detta leder till att elektronen endast kan inta vissa specifika energinivåer

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



$$R_H = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 ch^3}$$



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 (6.626×10^{-34} joule-se) dividerad med dess rörelsemoment (massa multiplicerad med dess hastighet)

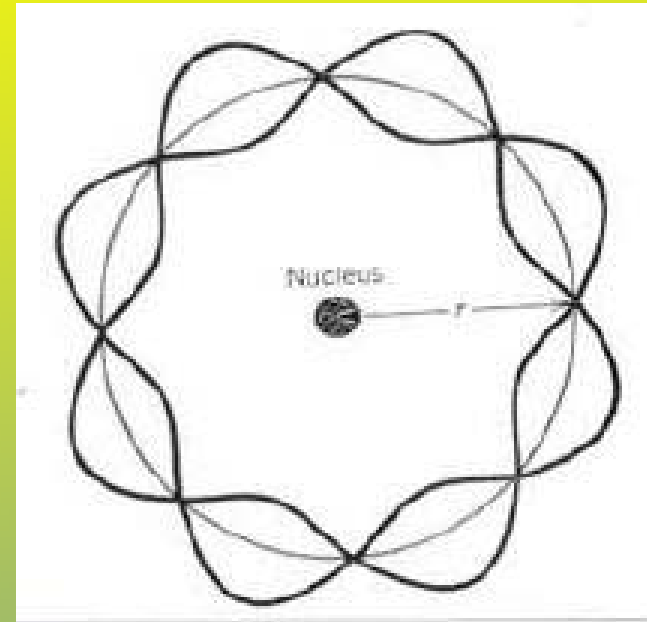
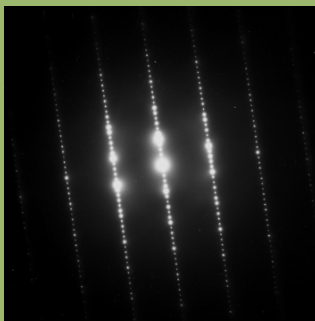
Louis de Broglie (1892–1987)

$$p = nh/2\pi$$

$$\lambda = h / (m \cdot v) = h / p$$

$$\text{vågtalet } k = 2\pi / \lambda \quad 2\pi = 5\lambda$$

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 λ

Einsteins ekvation $E=mc^2$

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

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

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

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

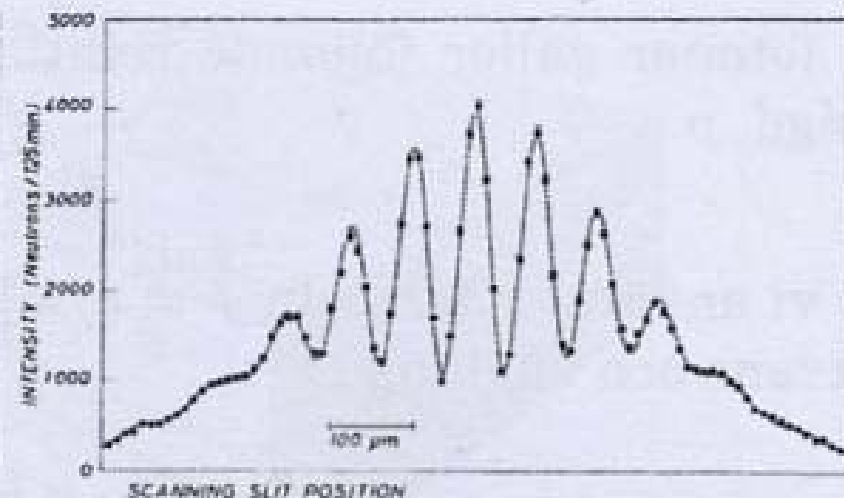
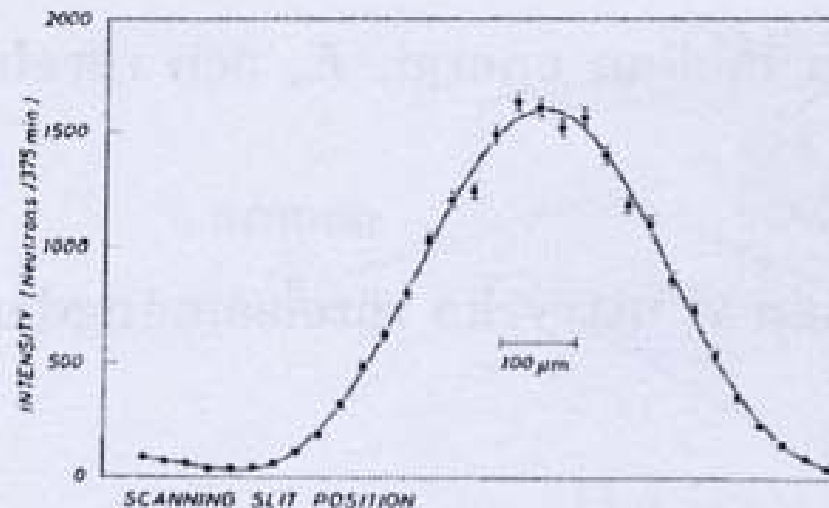
vågtalet $k = 2\pi / \lambda$ och

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

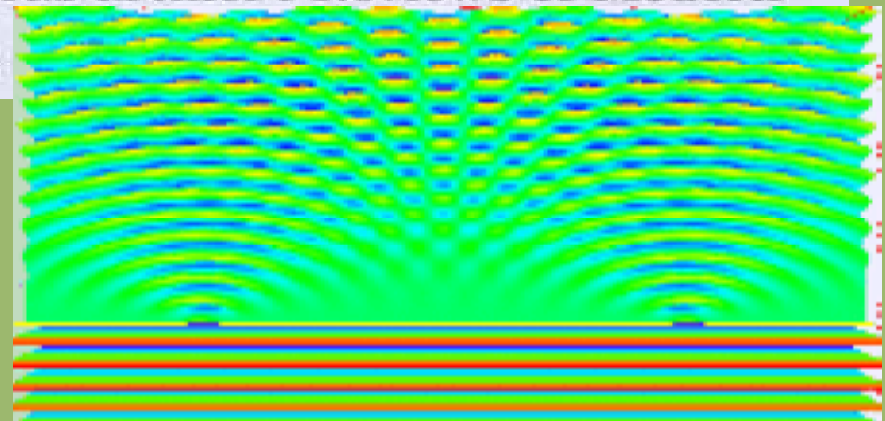
$$\vec{p} = \hbar \cdot \vec{k}$$

observera att vågtalet är en vektor

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



Figur 1.8: Dubbelspaltexperiment med neutroner. Den vänstra figuren visar intensiteten vid en enkelspalt medan man i det andra experimentet placerat en tunn tråd mitt i spalten så att man får en dubbelspalt. Detta vackra experiment utfördes av Zeilinger et al 1988. Figurerna är hämtade från deras artikel i *Reviews of Modern Physics*, Volym 60, Nummer 4, 1067.



Våglängden som funktion av energin

Fotoner:

$$\text{Fotonenergin: } E = \hbar \cdot \omega = \hbar \cdot c \cdot \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{1238}{\lambda(\text{nm})} \text{ (eV)}$$

$$\text{Våglängden: } \lambda(\text{nm}) = \frac{1238}{E(\text{eV})} ;$$

 $\hbar \cdot c$ $197,3 \approx 200$ eV.nm

Våglängden som funktion av energin

Partiklar:

Vågtalet för en partikel enligt de Broglie (dö Bröj): $k = \frac{2\pi}{\lambda}$;

Rörelsemängden (Impulsmomentet) enligt de Broglie (dö Bröj): $\vec{p} = m \cdot \vec{v} = h/\lambda = \hbar \cdot \vec{k}$

$$\text{energin: } E_{kin} = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{p^2}{2 \cdot m} = \frac{(\hbar \cdot k)^2}{2 \cdot m} = \frac{(\hbar \cdot c)^2}{2 \cdot mc^2} \cdot \frac{(2\pi)^2}{\lambda^2}$$

$$\text{Våglängden: } \lambda^2 = \frac{(\hbar \cdot c)^2}{2 \cdot mc^2} \cdot \frac{(2\pi)^2}{E_{kin}}; \quad \lambda = \frac{(\hbar \cdot c)}{\sqrt{mc^2}} \cdot \frac{(\sqrt{2}\pi)}{\sqrt{E_{kin}}}$$

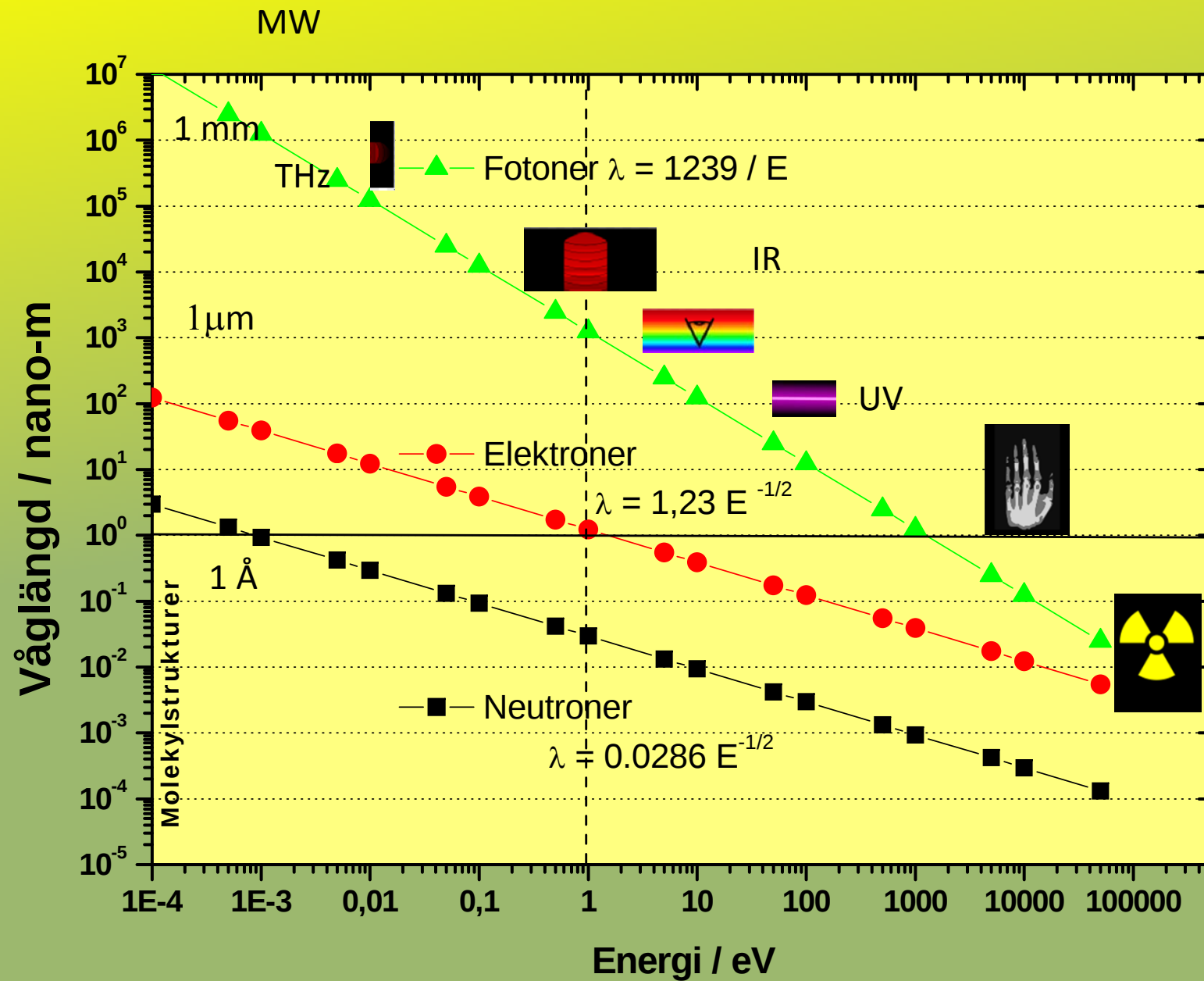
$$\lambda = \frac{(\hbar \cdot c)}{\sqrt{mc^2}} \cdot \frac{(\sqrt{2}\pi)}{\sqrt{E_{kin}}} = \frac{878}{\sqrt{mc^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{E_{kin}}}$$

Våglängden som funktion av energin

$$\text{Elektron: } \lambda = \frac{878}{\sqrt{mc^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{E_{kin}}} = \frac{878}{\sqrt{0,511 \cdot 10^6}} \cdot \frac{1}{\sqrt{E_{kin}}} = \frac{1,23}{\sqrt{E_{kin}(eV)}} \quad (nm)$$

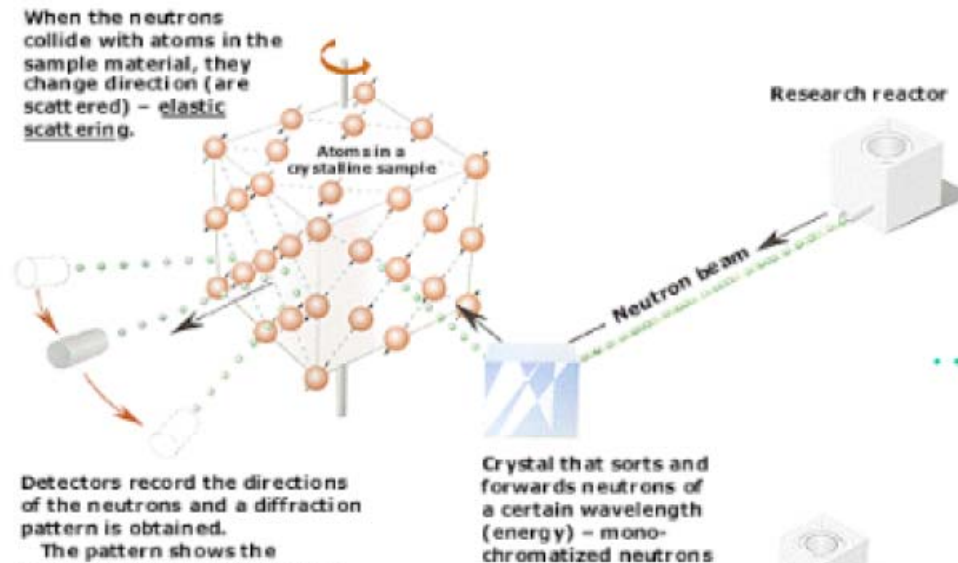
$$\text{Neutron: } \lambda = \frac{878}{\sqrt{mc^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{E_{kin}}} = \frac{878}{\sqrt{939,6 \cdot 10^6}} \cdot \frac{1}{\sqrt{E_{kin}}} = \frac{0,0286}{\sqrt{E_{kin}(eV)}} \quad (nm)$$

$$\text{Fotoner: } \lambda = \frac{1238}{E(eV)} \quad (nm)$$

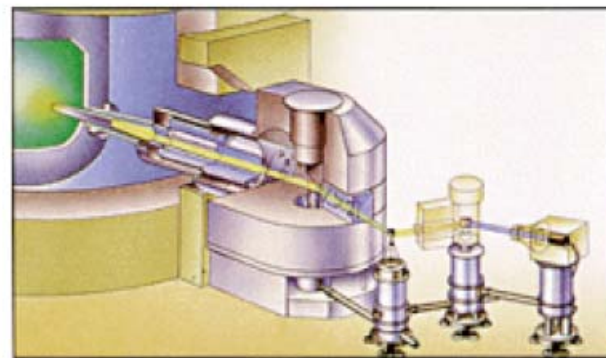


The 1994 Nobel Prize in Physics – Shull & Brockhouse

Neutrons show where the atoms are....



Detectors record the directions of the neutrons and a diffraction pattern is obtained. The pattern shows the positions of the atoms relative to one another.



3-axis spectrometer

...and what the atoms do.

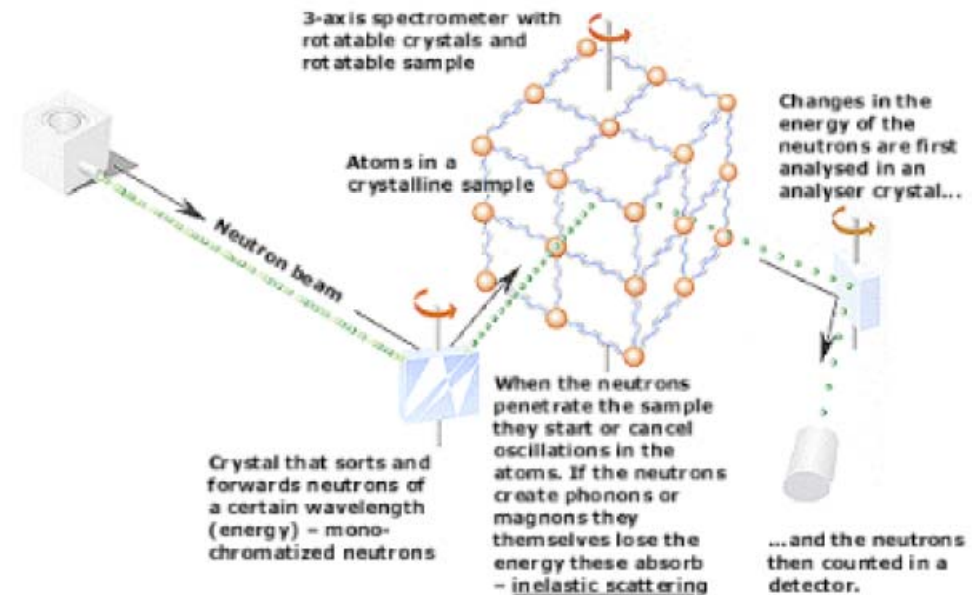




Photo Courtesy of
Oak Ridge National Laboratory

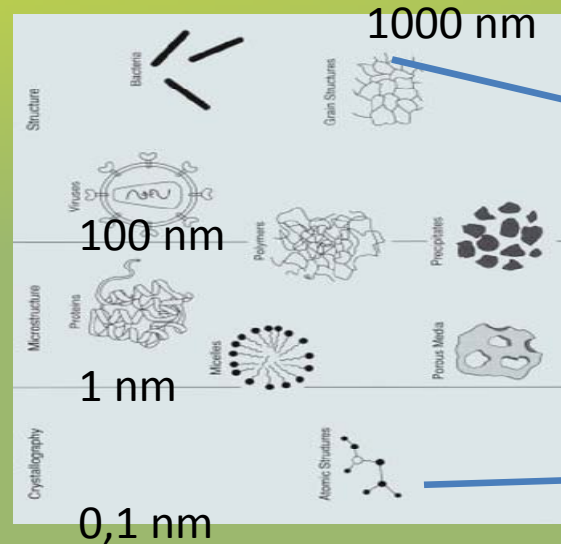
1945 studerade
**CLIFFORD G.
SHULL** i USA kristall
strukturer med hjälp
av neutroddiffraktion
vilket gav honom
Nobelpriset 1994



tillsammans
med **Bertram
N. Brockhouse**
som 1955
utvecklat
neutron
spektroskopi..

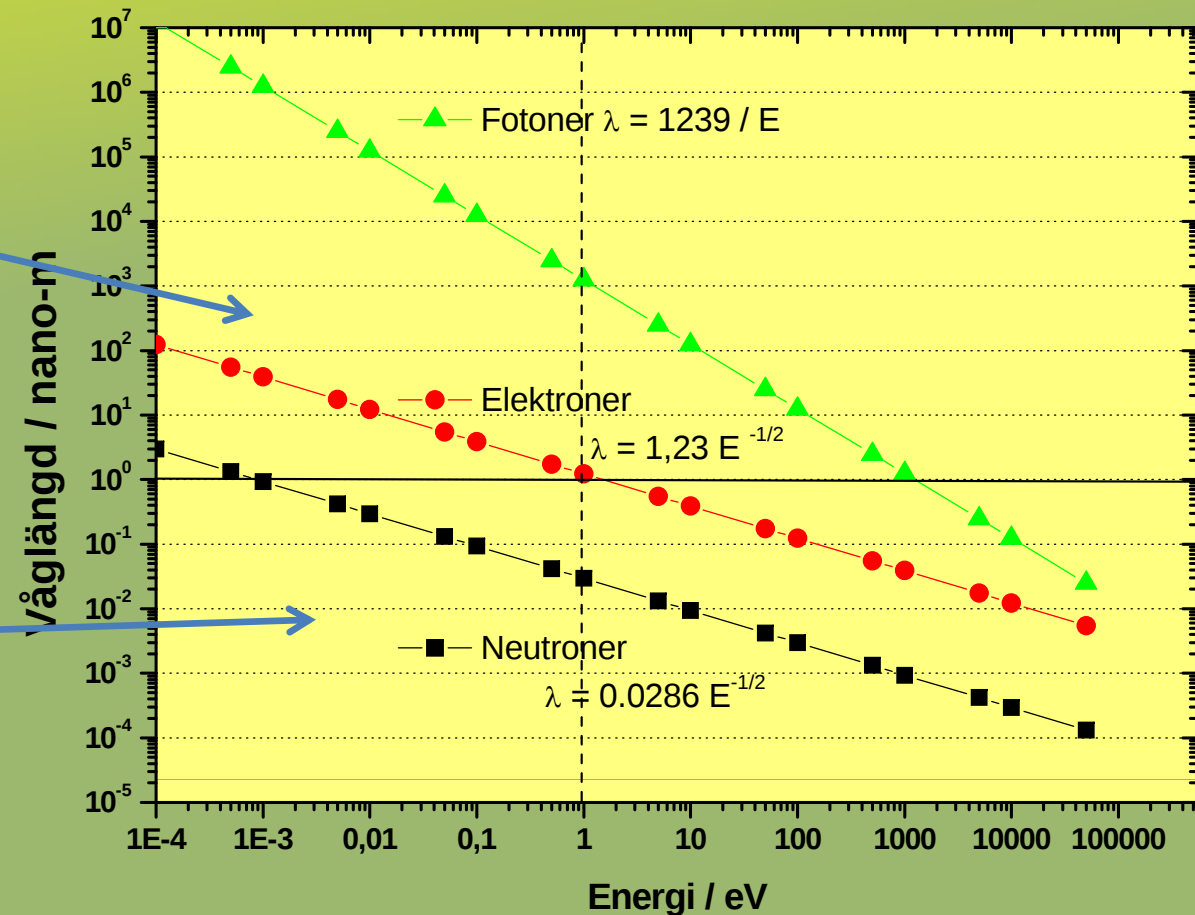
Neutron spridning och spektroskopi har sedan dess utvecklats till oehört kraftfulla verktyg för att studera molekylära processer och strukturer i olika material. Det är framför allt detta som den projekterade **ESS anläggningen i LUND** planeras att användas till. Men det finns också en vidsträckt möjligheter för medicinsk användning av neutroner både för diagnostik och tumörterapi

Parallellt med fissionsforskningen studerade man spridning av neutroner. Det visade sig då att neutronen hade både partikel och vågliknade egenskaper. Våglängden hos långsamma neutroner visade sig passa med atomära och molekylära strukturer.



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

λ (nm) = 395.6 / v (m/s)
 E (meV) = 0.02072 k^2 (k in nm^{-1})



6 High-Angle Neutron Fiber Diffraction in the Study of Biological Systems

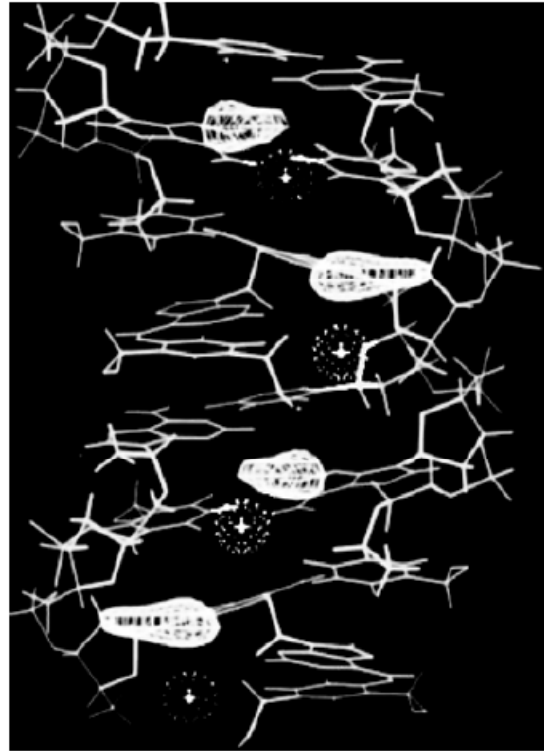


Fig. 6.11. Difference Fourier synthesis map showing the distribution of ordered water in the minor groove of the D conformation of DNA, and the relationship between these features and cation positions located in the groove through the use of heavy atoms derivatives of D-DNA in X-ray fiber diffraction studies

8 Small-Angle Neutron Scattering

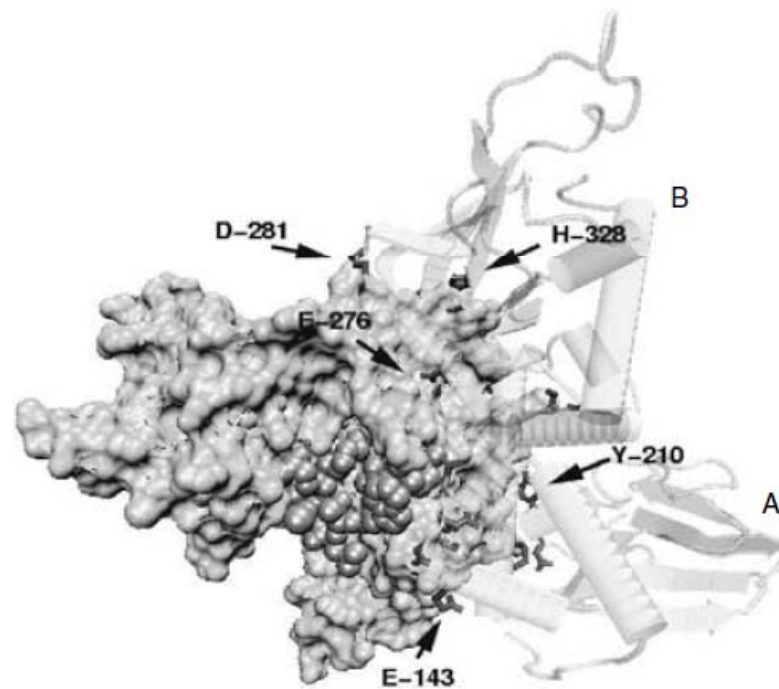


Fig. 8.9. Best fit model for the R-C heterodimer of the cAMP-dependent protein kinase shows the dimer poised for dissociation. C (catalytic) subunit is shown as surface representation and the R (regulatory) subunit is shown as a cartoon representation of the backbone structure with some residues identified to be at interface, in ball-and-stick, labeled

9 Small Angle Neutron Scattering from Proteins, Nucleic Acids, and Viruses

chaperonins GroEL and GroES

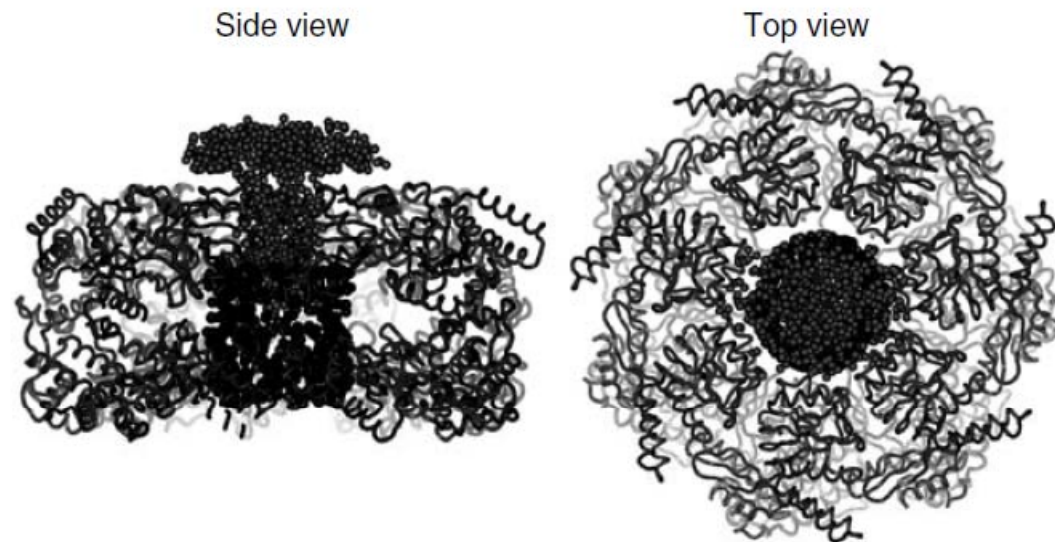


Fig. 9.8. Top and side view of the best-fit mushroom model for dPJ9 bound in the srGroEL/dPJ9 complex, constructed from SANS contrast variation and crystallography data. The srGroEL is represented by the ribbon structure, the dPJ9 is represented by the light spheres and the disordered C-terminal residues are represented by the dark spheres

10 Structure and Kinetics of Proteins

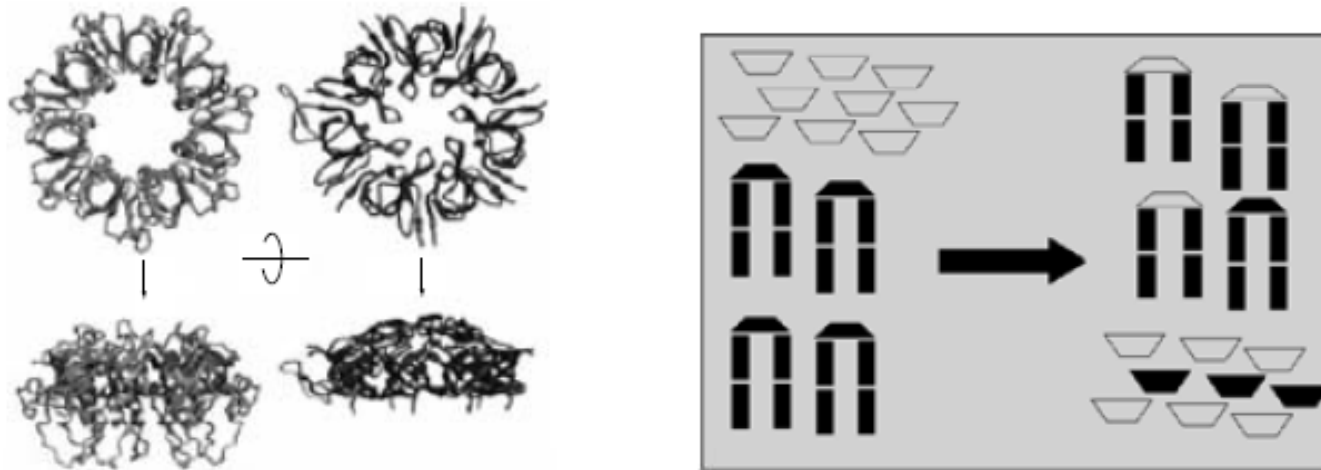
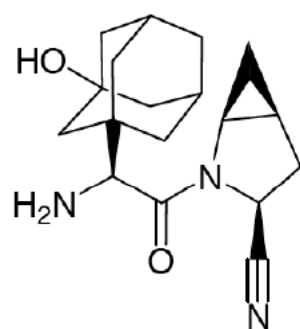
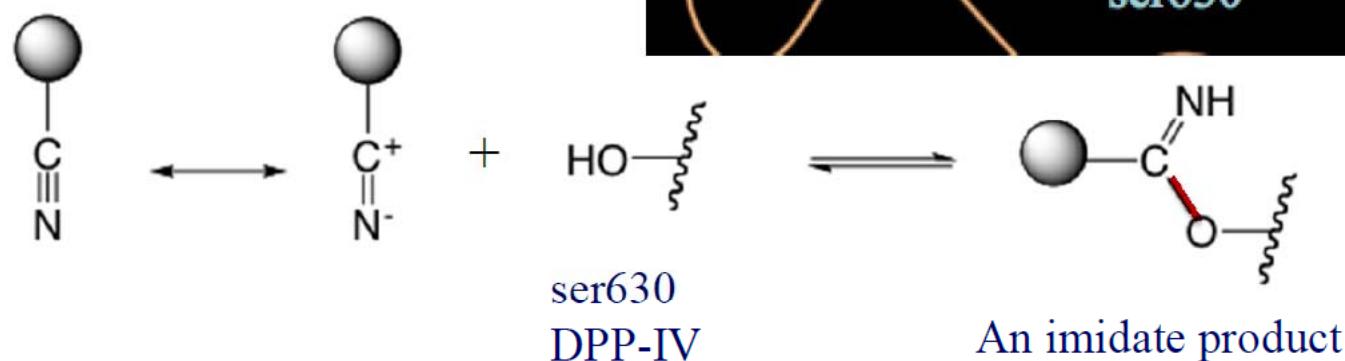
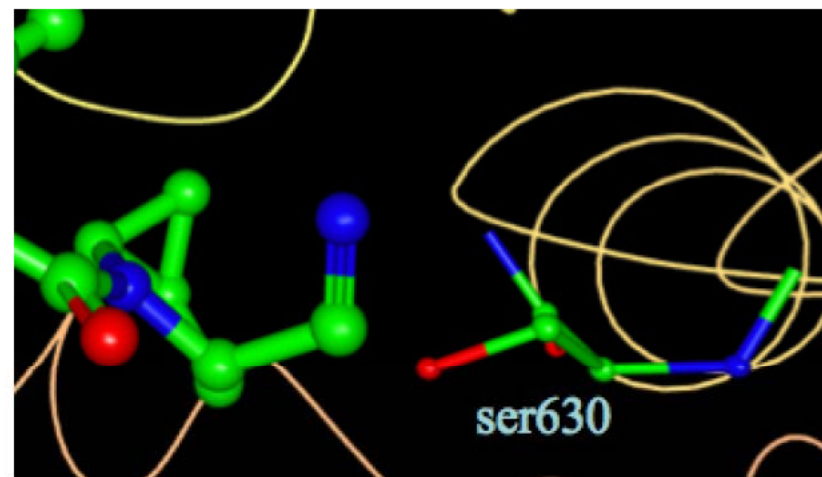


Fig. 10.8. Crystal structures of GP31 (*outer left*) [39] from phage T4 in comparison with GroES (*inner left*) [40]. The “chasing” principle is shown at the right picture

A Covalent Bond Formed in DPP-IV:Saxagliptin



Saxagliptin



Need a neutron structure to understand inhibitor bonding

11 Complex Biological Structures: Collagen and Bone

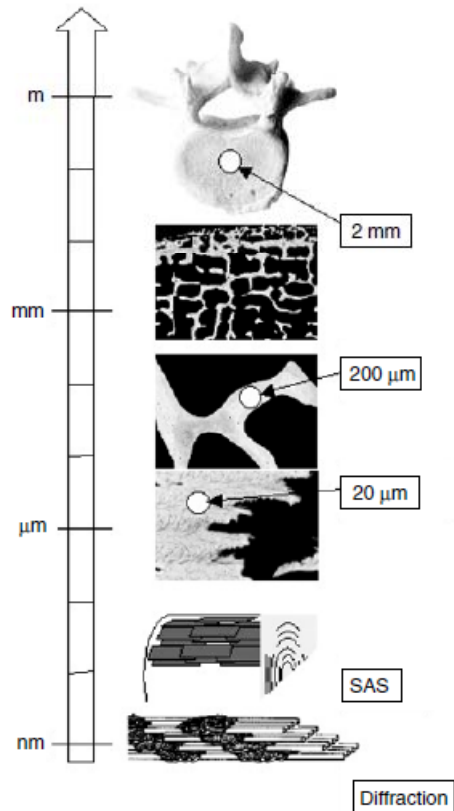


Fig. 11.7. Hierarchical structure of mammalian cancellous bone. As compared to compact bone (Fig. 11.6), cancellous bone such as vertebra exhibits one more hierarchical level, namely a foam-like structure with struts of $100 - 300 \mu\text{m}$ – the so called trabeculae – pointing preferentially into the direction of principal stresses. The structures at the nanometer scale can be investigated by small-angle scattering (SAS) and diffraction techniques. Combination with scanning techniques using a beam adapted to the hierarchical level of interest (shown for three examples by the white circles) permits to image the nanostructure with a resolution corresponding to the beam size

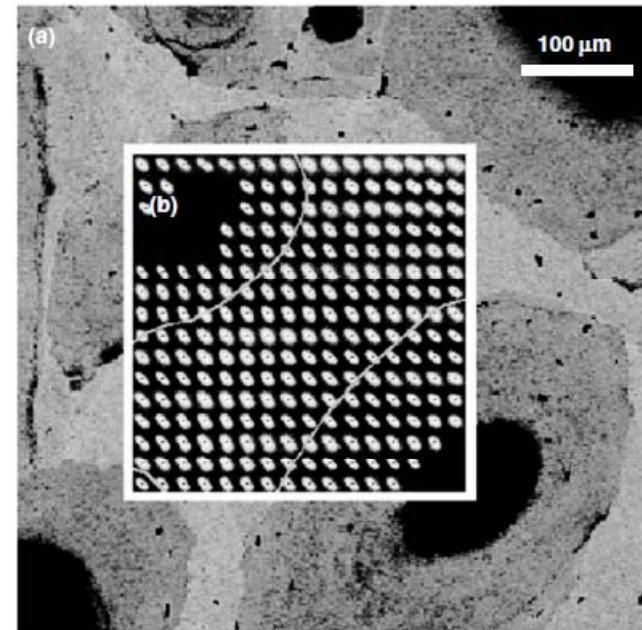


Fig. 11.10. Scanning SAXS imaging of cortical bone. The background image (a) shows a backscattered electron image (BEI) from a $20 \mu\text{m}$ thick section of cortical human bone (cross-section from a long bone such as in Fig. 11.6). The gray-levels in the BE image can be used to quantify the mineral density locally (qBEI) [82]. The overlaid image (b) consists of 2D SAXS patterns measured at exactly the corresponding specimen positions with $20 \mu\text{m}$ beam size, and matched to the BE image. For clarity, the hollow channels and the borders of the osteons are indicated by black and gray colors in the image (b), respectively

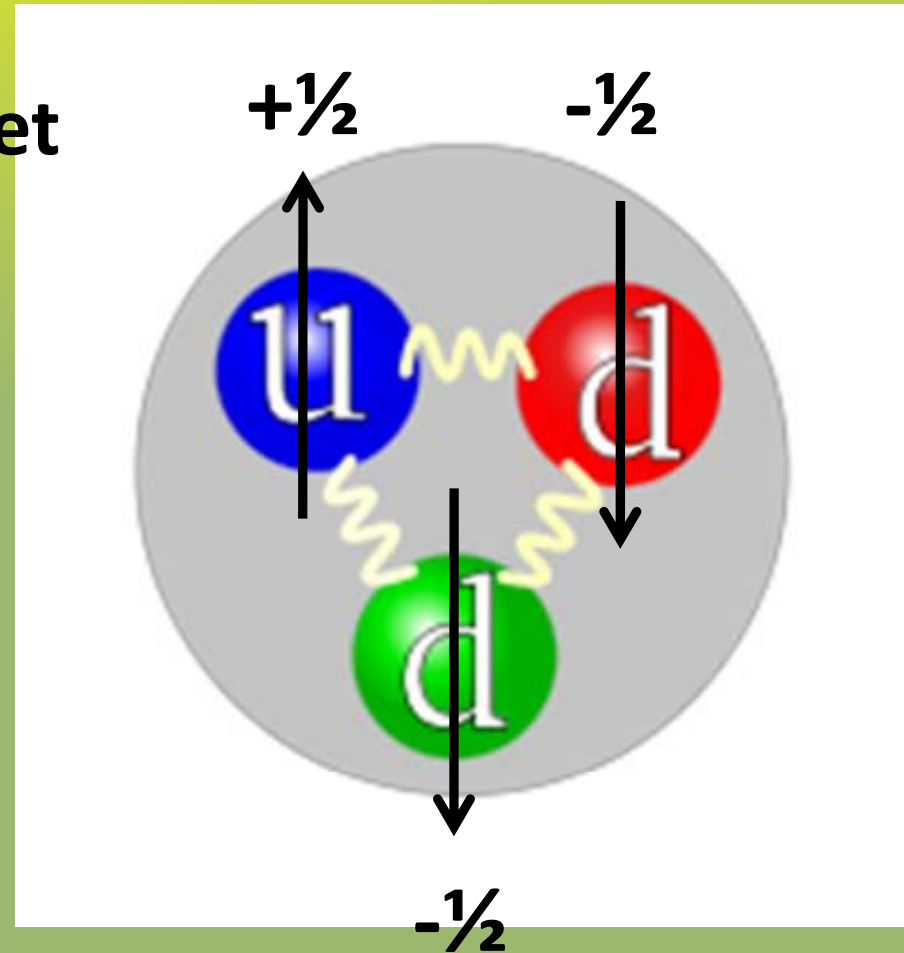
Neutronen har 3 kvarkar med spinn $\frac{1}{2}$ varav 2 är motsatt ritade och tar ut varandra
Det resulterande spinnet $-\frac{1}{2}$ är riktat motsatt banimpulsmomentet
så att neutronens gyromagnetiska förhållande blir negativt

Neutronen är en magnet

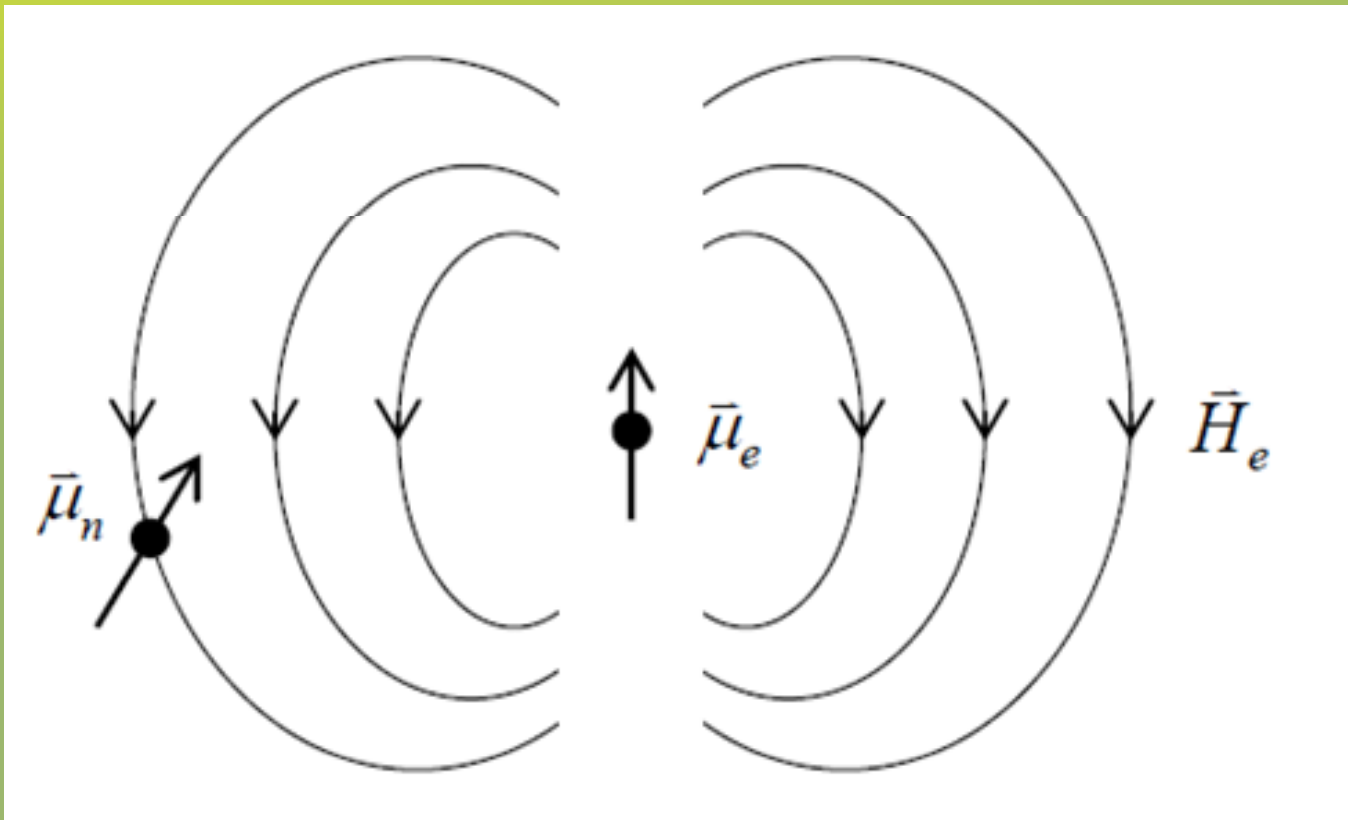
$$\mu_n = \gamma \mu_N \sigma$$

gyromagnetiska förhållandet

$$\gamma = -1,913$$



Neutroner kan detektera magnetism på en längdskala från 1-100 Å och på en tidsskala från 10^{-12} – 10^{-9} s dvs 1 pico-s – 1 nano-s. Vilket innebär att de kan användas för att studera hur elektroner uppför sig i kemiska bindningar vid olika reaktioner.



Neutroner kan användas för att studera strukturer på en längd skala 1-100 Å (0,1-10 nm)

samt molekyl och elektronrörelser i en tidsskala som omfattar 1 pico-s till 1 nano-s (10^{-12} - 10^{-9} s)

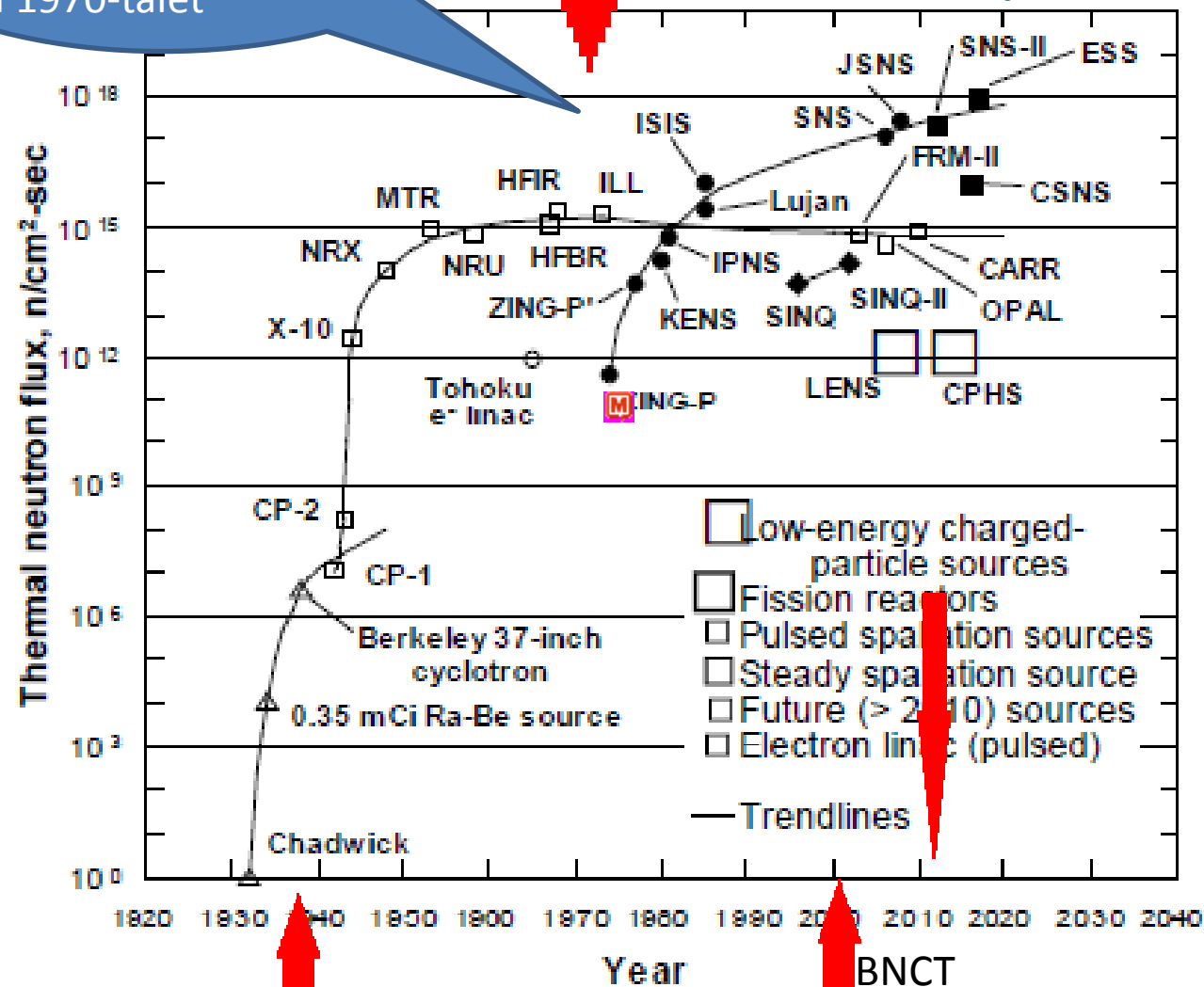
Neutronspridning är det mest kraftfulla verktyg vi har för att studera magnetism i olika material. Det är bland annat detta ESS skall användas till.

Sames 14 MeV
neutrongenerator
Radiofysik i Lund
på 1970-talet

För 40 år sen

Om <10 år

ESS i
Lund



rbrp



European Spallation Source ESS AB ska konstruera, bygga och driva världens mest kraftfulla neutronkälla för materialforskning i nordöstra Lund. Anläggningen kommer att öppnas 2019 och har planerad byggstart 2013.

Med ESS kommer forskarna att få möjlighet att studera material på atom- och molekylnivå. Tillsammans med synkrotronljuslaboratoriet Max IV, som byggs intill ESS, bildas i Lund ett världsledande Europeiskt centrum för materialforskning

och
Centrum för Medicinsk
Strålningsvetenskap
??

■ SKÅNES NYA UNIVERSITETSSJUKHUS

Planerna på skånskt storsjukhus går i stöpet



FOTOGRAF: HENRIK ROSENQVIST

Konkurrens
"Det måste finnas ordentliga motiv till att profilera, men annars kan det till och med finnas en poäng i att ha konkurrerande verksamhet på båda sjukhusen."

Ilmar Reepalu (S), kommunstyrelsens ordförande i Malmö.



FOTOGRAF: LARS BRILUND

Inget alternativ
"Min bedömning är att det alternativet inte finns."

Mats Helmfrid (M), kommunalråd i Lund.

Det blir inget nytt universitetssjukhus i Skåne. Men Lund erbjuder nu mark för ett medicinskt forskningscenter i närheten av ESS.

Ledningen vid Skånes universitetssjukhus har föreslagit att ett helt nytt sjukhus ska byggas, och att all högspecialiserad och dyr regionsjukvård ska samlas där. Men det kommer med största sannolikhet inte att bli verklighet.

Igår möttes regionledningen och politiker från Malmö och Lund för att diskutera framtida sjukvårdsbyggnader. De kom överens om att avfärda planerna på ett nytt universitetssjukhus och att fortsätta att bygga vidare på de två sjukhusområden som finns.

Huvudspåret är att fortsätta som idag, och bedri-

va universitetssjukvård på båda orter.

I Lunds kommun har ett arbete pågått för att hitta mark till ett nytt sjukhus. Det arbetet stoppas nu. Däremot erbjuder kommunen mark till Region Skåne eller medicinska fakulteten om de vill bygga upp ett medicinskt forskningscenter i närheten av EES-anläggningen.

– Den marken kan vi hålla i tio till femton år, säger Mats Helmfrid (M), kommunalråd i Lund.

Ett medicinskt forskningscenter vid EES skulle även kunna erbjuda viss be-

handling till patienter, tror oppositionsrådet i Lund, Anders Almgren (S).

– Det behöver inte vara något nytt stort sjukhus, men kanske en avdelning som dockar på den kompetens som finns vid EES. Där vet inte regionen vad de vill ännu, men vi vill låta den här idén mogna.

Dessutom finns det mark som regionen kan använda om sjukhusområdet i Lund behöver växa kommande år, vid dagens ridhus och idrottsplats. Men där behöver kommunen besked inom några år om den ska användas för sjukvård eller bostäder.

Kommunpolitikerna i Lund tycker att det är på tiden att regionpolitikerna talar med ledande företrädare för Malmö och Lund om förändringar som är på gång i sjukvården. Så

var det inte innan besluten togs om att flytta regionhuset från Lund, eller att slå samman den högspecialiserade vården och skapa storsjukhuset Sus.

– Fram till nu tycker jag att utvecklingen har haft klara inslag av att man har avlöst Lund från kompetens och kunskap, säger Anders Almgren.

Skulle det bli tal om att föra över den högspecialiserade vården till ett enda sjukhus kommer Lunds kommunpolitiker att kämpa hårt för att få den, försäkrar Mats Helmfrid och Anders Almgren.

– Men min bedömning är att det alternativet inte finns, säger Mats Helmfrid.

– Det finns absolut inget i diskussionen som säger att allt ska till Malmö, säger Anders Almgren.

Även Ilmar Reepalu (S), kommunstyrelsens ordförande i Malmö, var på mötet. Han tycker att sjukvården bör fortsätta som idag och bedriva högspecialiserad vård i både Malmö och Lund.

– Det måste finnas ordentliga motiv till att profilera, men annars kan det till och med finnas en poäng i att ha konkurrerande verksamhet på båda sjukhusen, säger han.

Ilmar Reepalu påpekar att Citytunnelprojektet planerades utifrån att öka tillgängligheten till sjukhusområdet i Malmö.

– Idag har sjukhuset i Malmö det bästa kommunikationsläget, med promenadavstånd till Triangeln och bussarna.

TEXT: MARTINA GLIMBERG
martina.glimberg@sydsvenskan.se



MEDICINSK FORSKNING

Nytt forskningscenter föreslås invid ESS

Malmö. Regionen bör ta initiativ till ett medicinskt forskningscenter vid ESS, tycker den avgående dekanen vid medicinska fakulteten. Han anser att den skånska vården har mycket att vinna på att ett center etableras.

Igår berättade Sydsvenskan att politikerna i Region Skåne och i Malmö och Lund är överens om att inte bygga något nytt samlat högspecialiserat sjukhus i Skåne.

Däremot erbjuder kommunpolitikerna i Lund mark till regionen för att

etablera ett medicinskt forskningscenter i närheten av ESS-anläggningen i Lund, ett center som även skulle kunna innehålla viss behandlingsverksamhet.

Förslaget om ett regionalt medicinskt center vid ESS kommer från Bo Ah-

rén, som fram till årsskiftet är dekan för medicinska fakulteten i Lund.

– Det är ju väldigt trevligt att de är positiva till det, säger han om markerbjudandet.

Men han är inte säker på att det behövs mer mark, eller om det finns plats för ett center i den forskningsstad som planeras vid ESS-anläggningen.

Bo Ahren tycker att det är viktigt att även Region Skåne är med och etablerar någon form av forskningsanläggning för att medicinskt

dra nytta av den forskning som kommer att utföras på ESS och Max Lab IV. Flera andra universitet kommer att skapa center i närheten, bland annat Chalmers som redan har aviserat att de ska öppna ett campus i Lund.

Enligt Bo Ahren behöver det inte vara Lunds universitet som tar initiativ till anläggningen, snarare Region Skåne eftersom flera sjukhus kan behöva kopplas till verksamheten.

– Jag ser det som en regionsatsning. Vi behöver

inte bara få in Skånes universitetssjukhus och medicinska fakulteten i det.

Medicinskt finns flera områden som kan dra nytta av materialforskningen vid anläggningarna, tror Bo Ahren. Han nämner forskningen kring bioimplantat, målsökande läkemedel som kan användas för cancerbehandling och bioimage, metoder för att se processer inne i cellerna.

Regionstyrelsens ordförande Pia Kinhult (M) tycker att det är "intressant" att

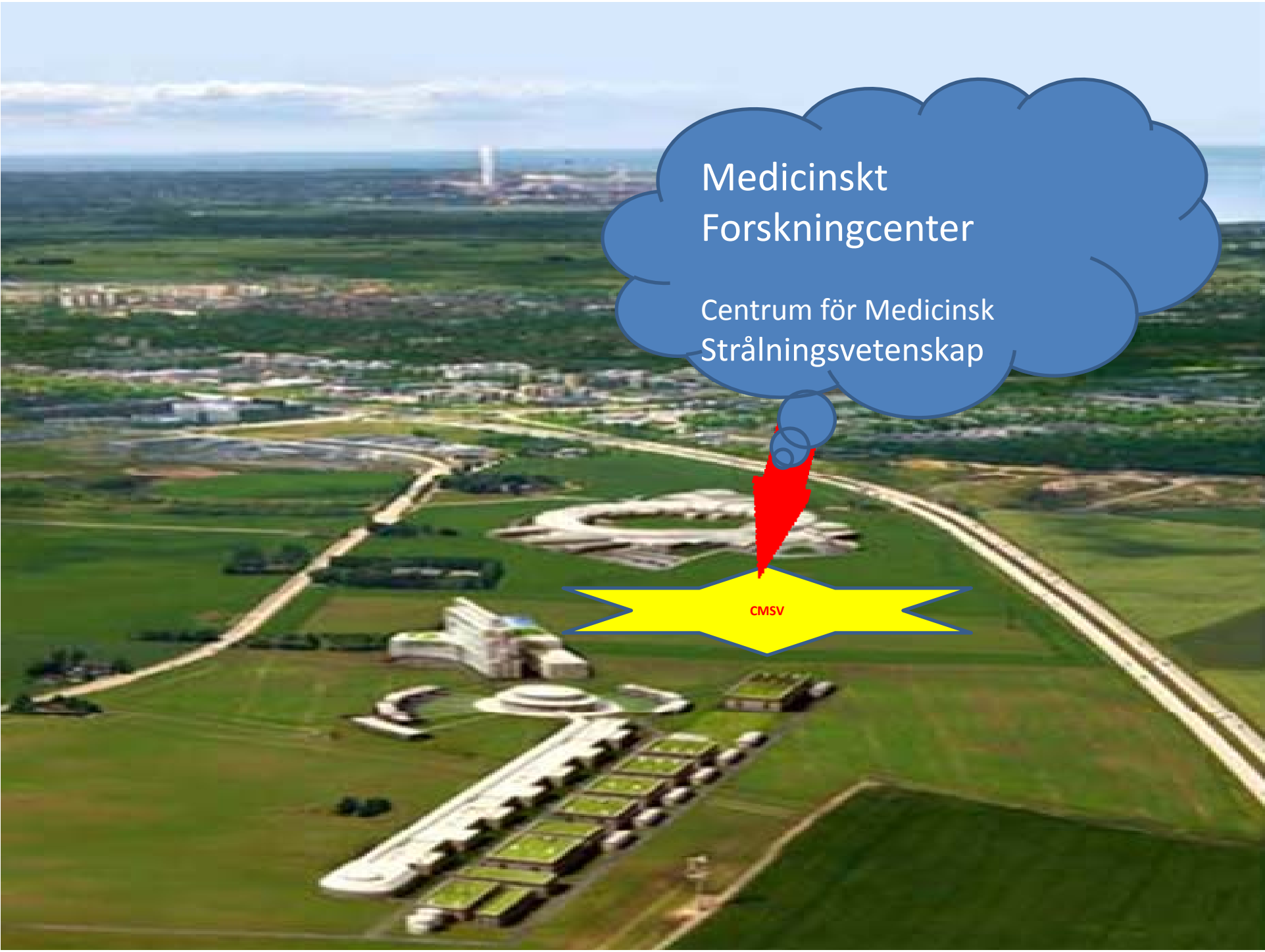
titta på om regionen ska starta ett medicinskt center, men att det behövs mer underlag innan politikerna kan fatta ett beslut.

– Kanske ska vi tänka in region Hovedstaden och Lunds universitet som samarbetspartners, föreslår hon.

Men det handlar inte om något nytt sjukhus, utan om en forskningsanläggning, understryker Pia Kinhult.

TEXT: MARTINA
GLIMBERG
martina.glimberg
@sydsvenskan.se



An aerial photograph of a large medical facility, likely a cancer center, situated in a green field. The facility consists of several large, modern buildings with white roofs and some green roofs. A road runs alongside the buildings. In the background, there is a city and a body of water under a blue sky with some clouds. A blue cloud callout points to a specific building, and a yellow star label with a red arrow points to another building.

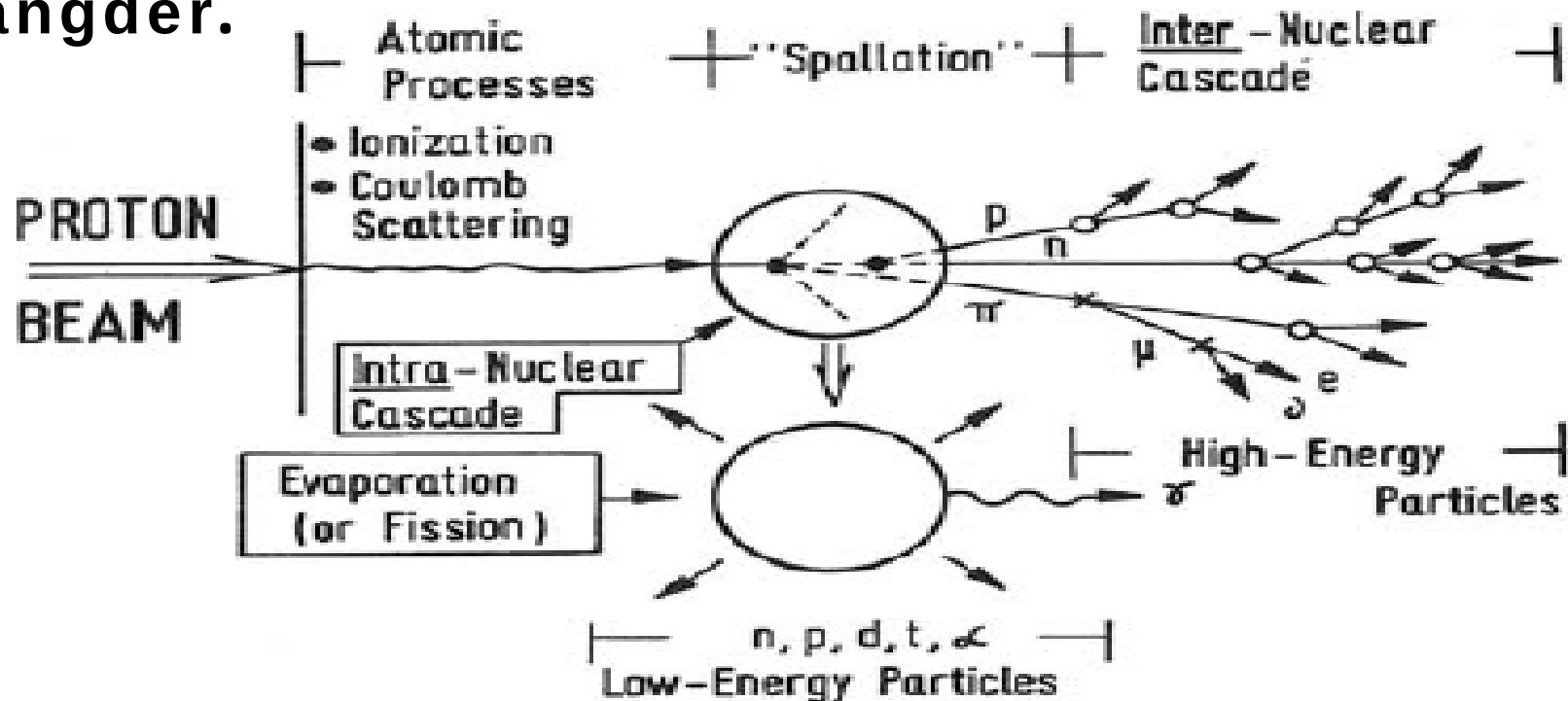
Medicinskt
Forskningscenter

Centrum för Medicinsk
Strålningsvetenskap

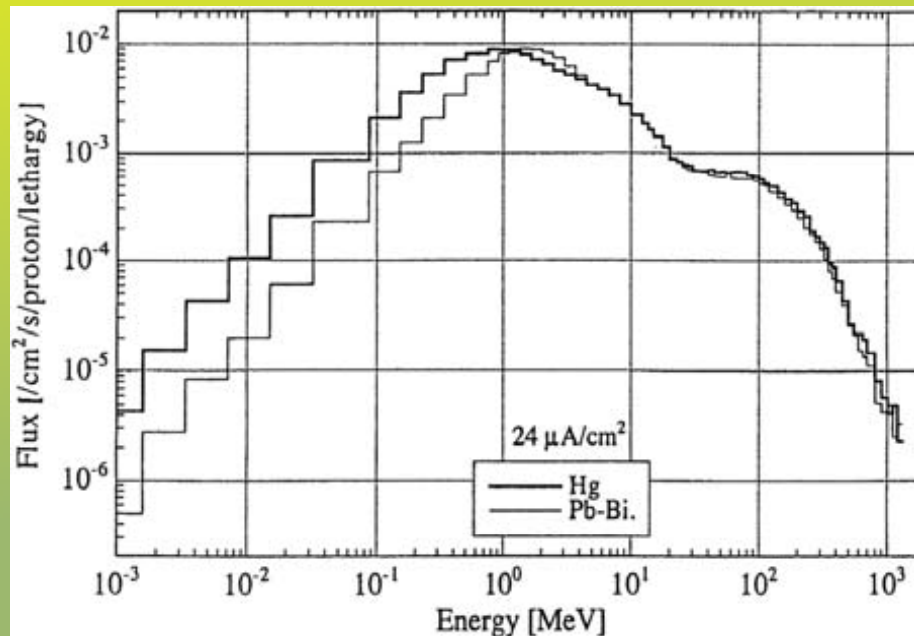
CMSV

Neutronkällan i ESS

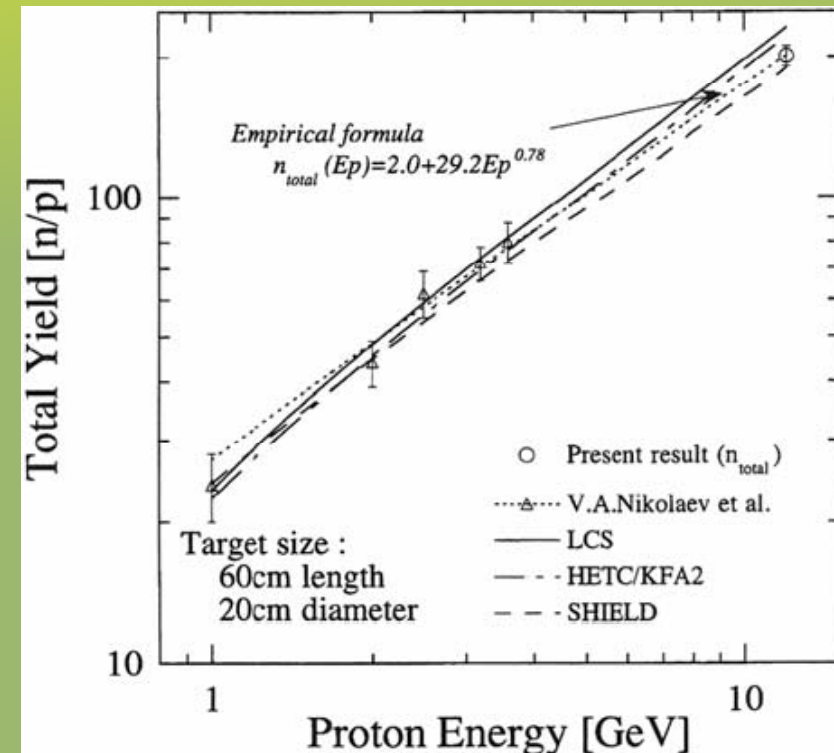
Högenergetiska protoner träffar en target av tungmetall (Kvicksilver, Bly / Vismut, eller Wolfram). De tunga atomkärnorna splittras i kärnfragment (Spallation), varvid protoner, gamma strålning och neutroner bildas i stora mängder.



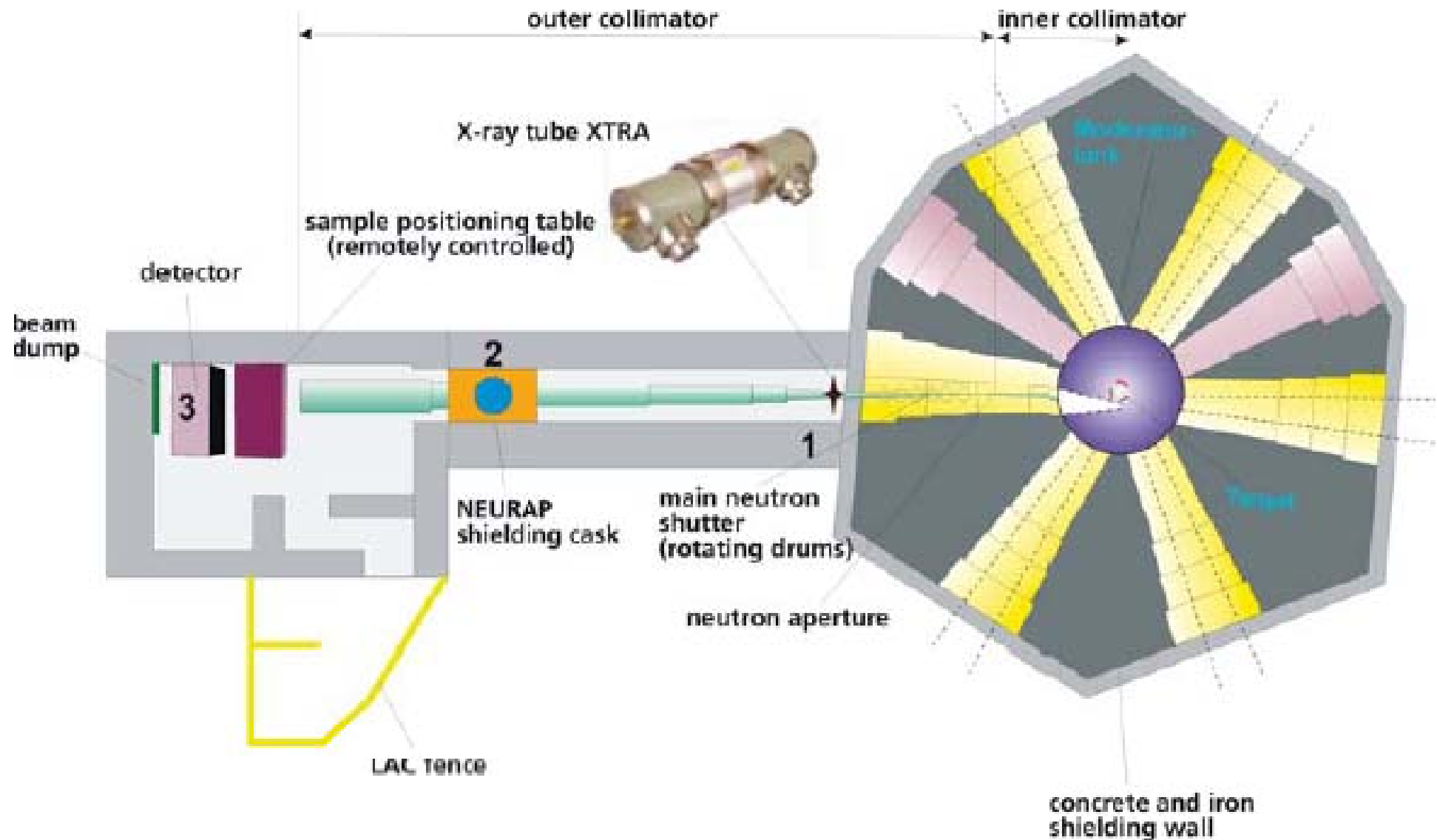
Neutronutbytet från en bly target ökar nästan linjärt med proton energin upp till omkring 12 Giga-eV



Neutron energi spektrum från kvicksilver och bly target.



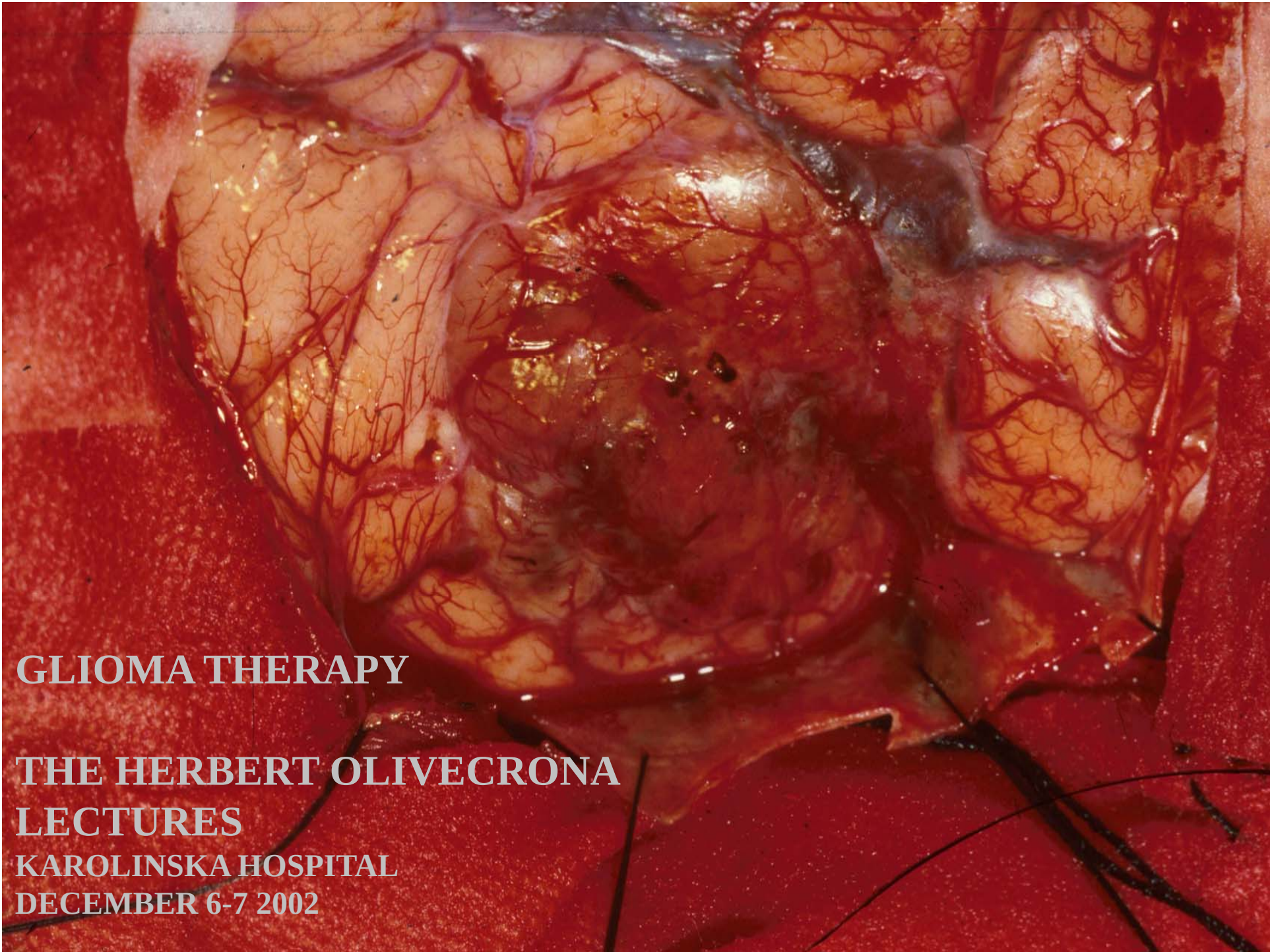
Grafisk representation av neutron stråle för radiografi



Vid Medicinsk Strålnings Fysik i Lund arbetar vi sedan 1970 talet för medicinsk användning av neutroner. I början av detta millienium genomfördes bor-neutron-infångnings-terapi (BNCT) av patienter med hjärntumörer vid R2 reaktorn i Studsvik. Det finns ett stort intresse för denna typ av behandling på oilka håll i världen främst i Japan.

Även diagnostik med neutroner har visat sig ha unika fördelar jämfört med vanlig röntgendiagnostik.

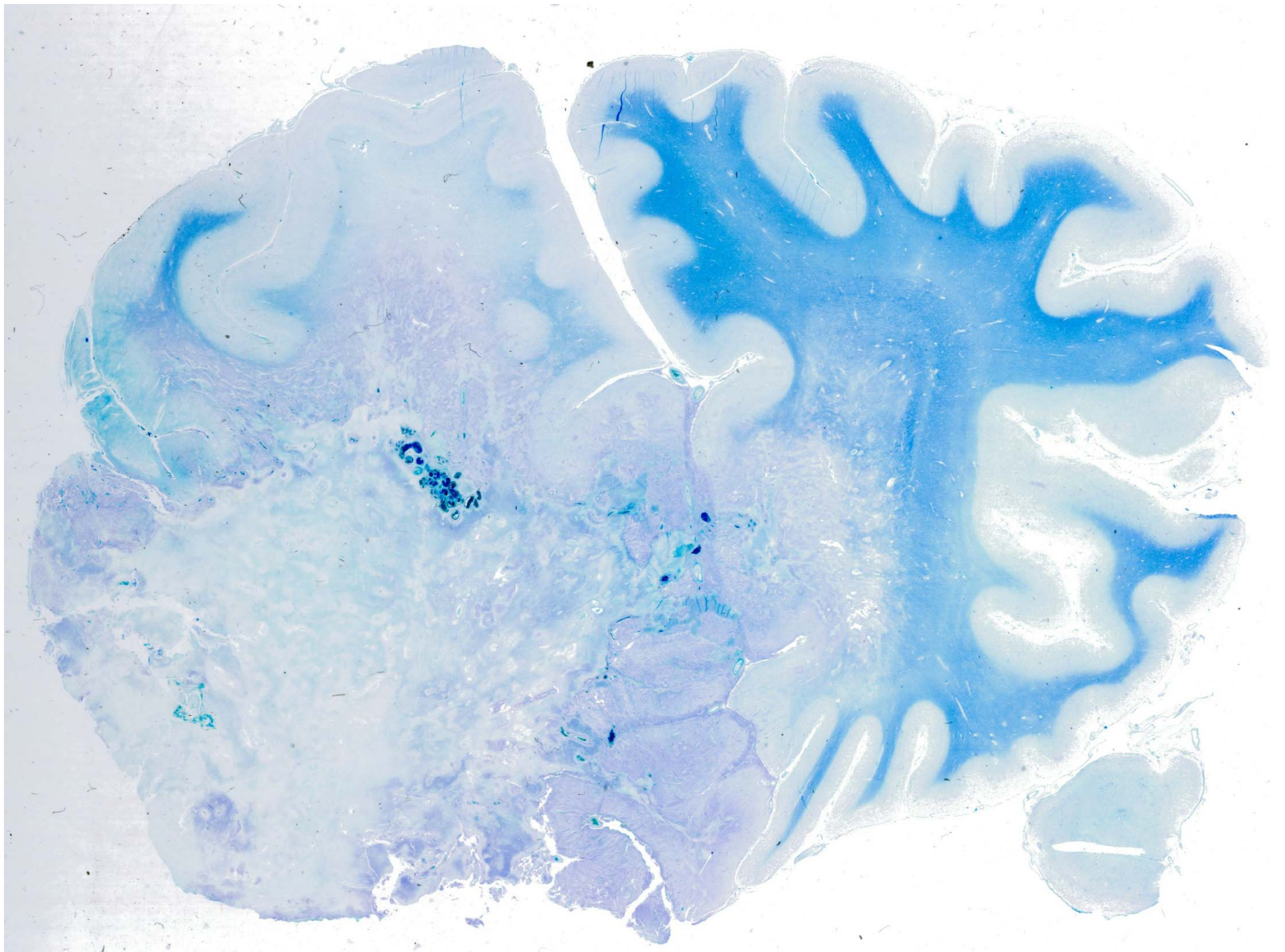


A gross photograph of a brain specimen, likely a glioma, showing a complex network of blood vessels and a central area of necrosis or hemorrhage. The specimen is surrounded by a red, moist, and vascularized tissue.

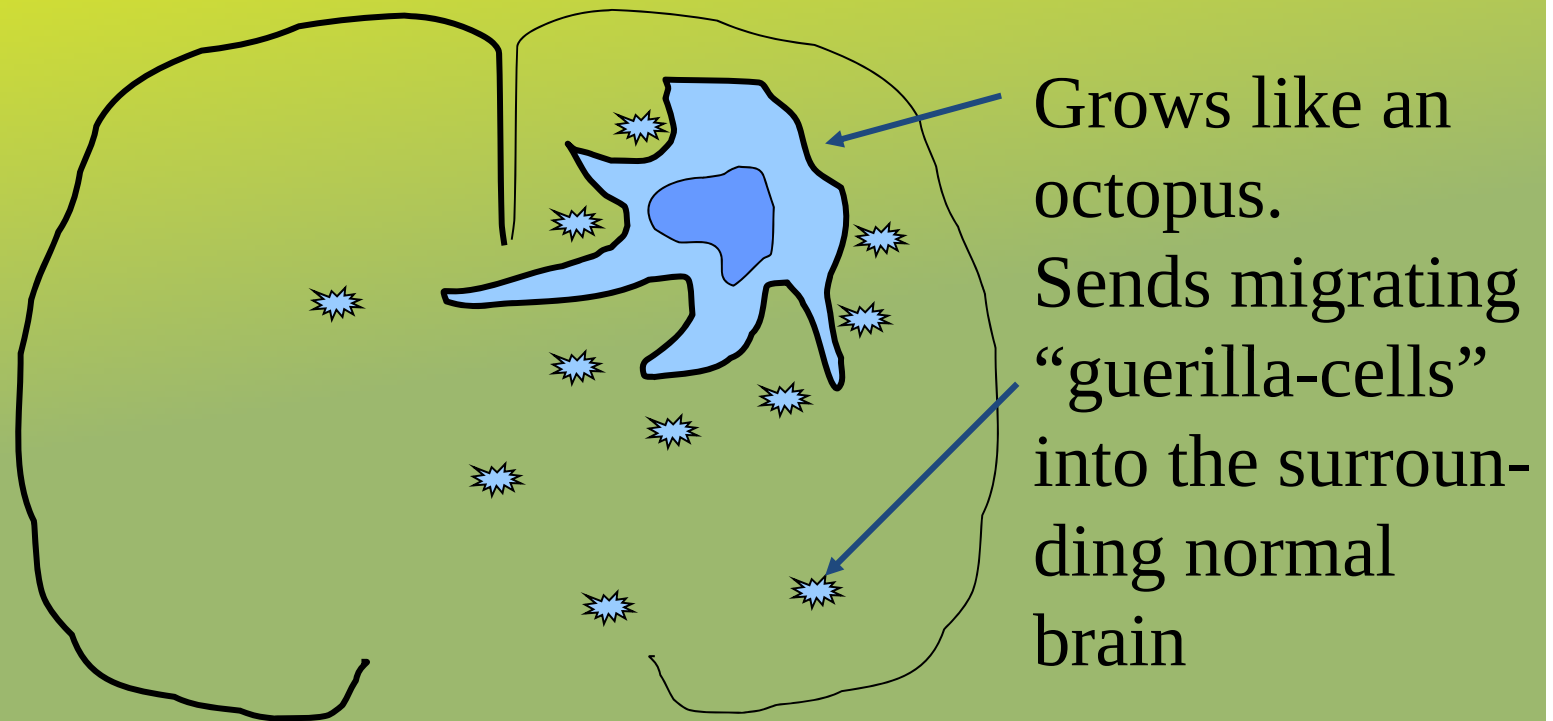
GLIOMA THERAPY

**THE HERBERT OLIVECRONA
LECTURES**

**KAROLINSKA HOSPITAL
DECEMBER 6-7 2002**



Malignant glioma of the human brain



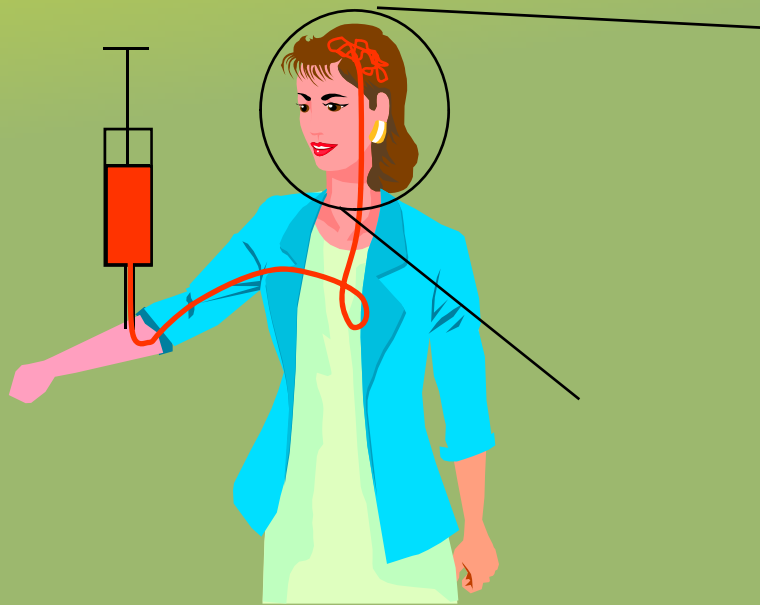
**Med dagens rutinmetoder kan endast ca 2 av 1000
patienter med Malignt Gliom botas....**

Salford

Neutron Behandling i två steg

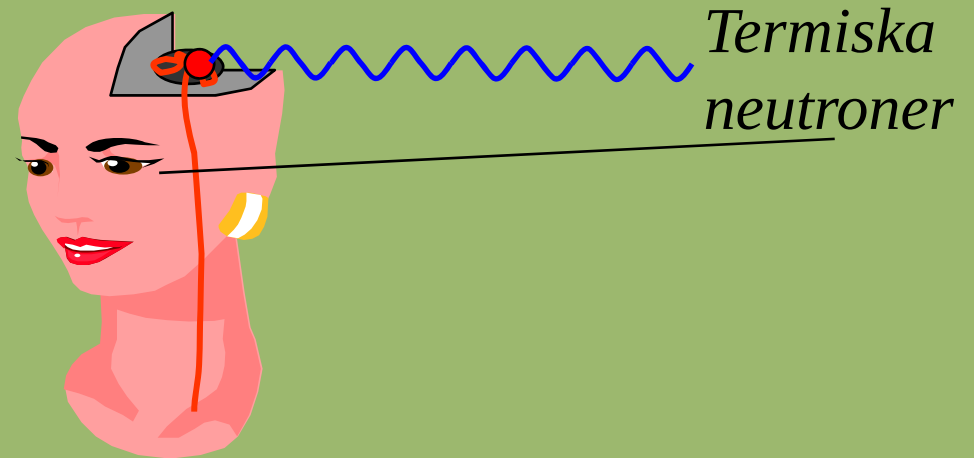
1.

*Stabilt ^{10}B ges
Intravenöst som
Bor-fenyl-alanin*

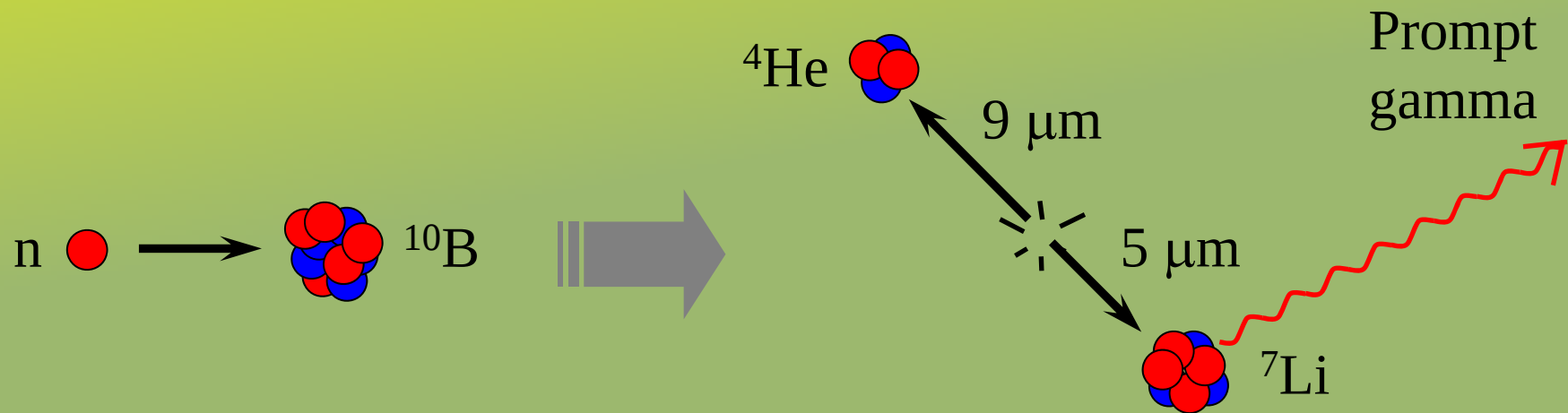


2.

*^{10}B i tumören
aktiveras ned
Neutroner*



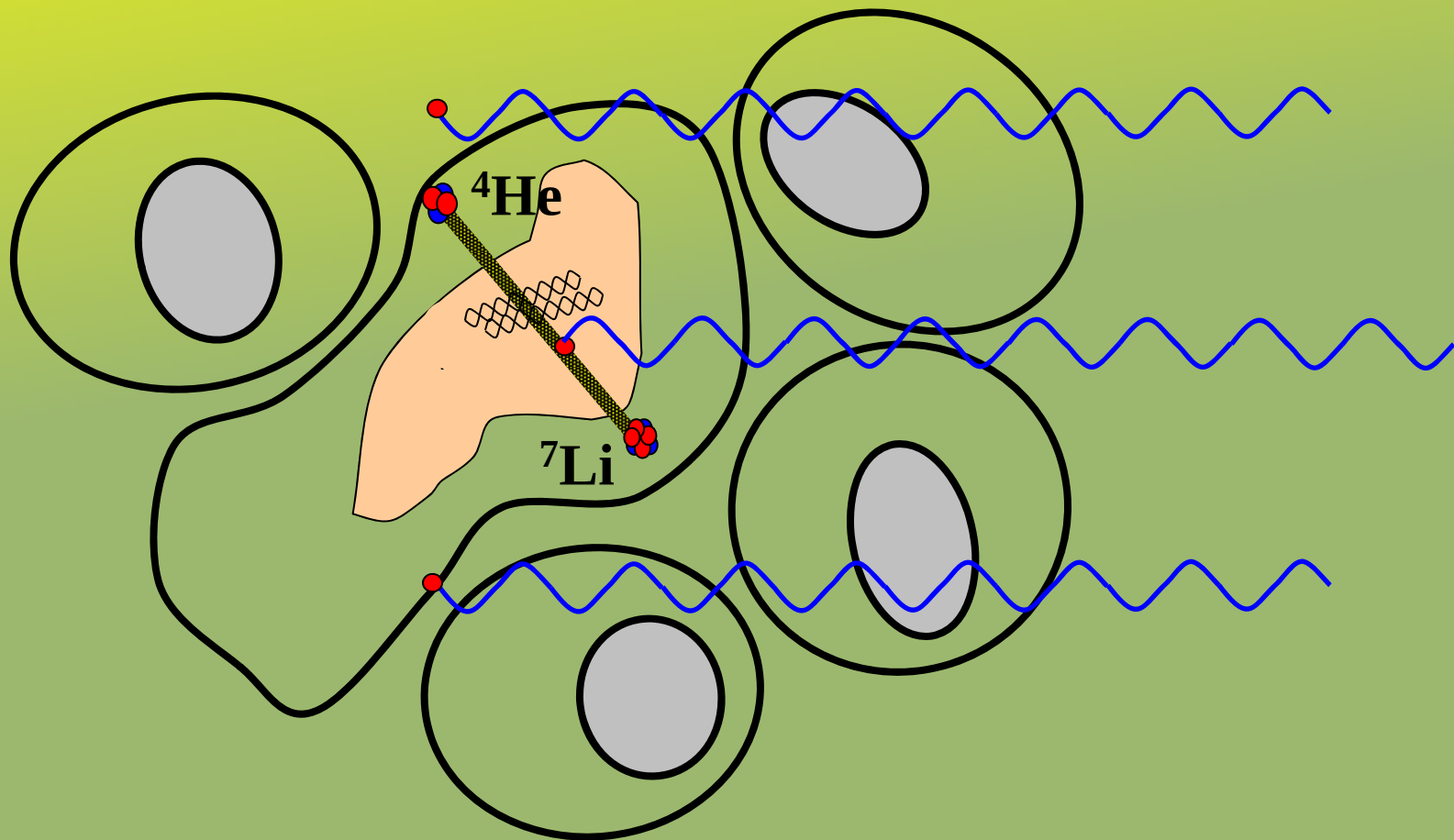
Neutroninfångning i bor-10



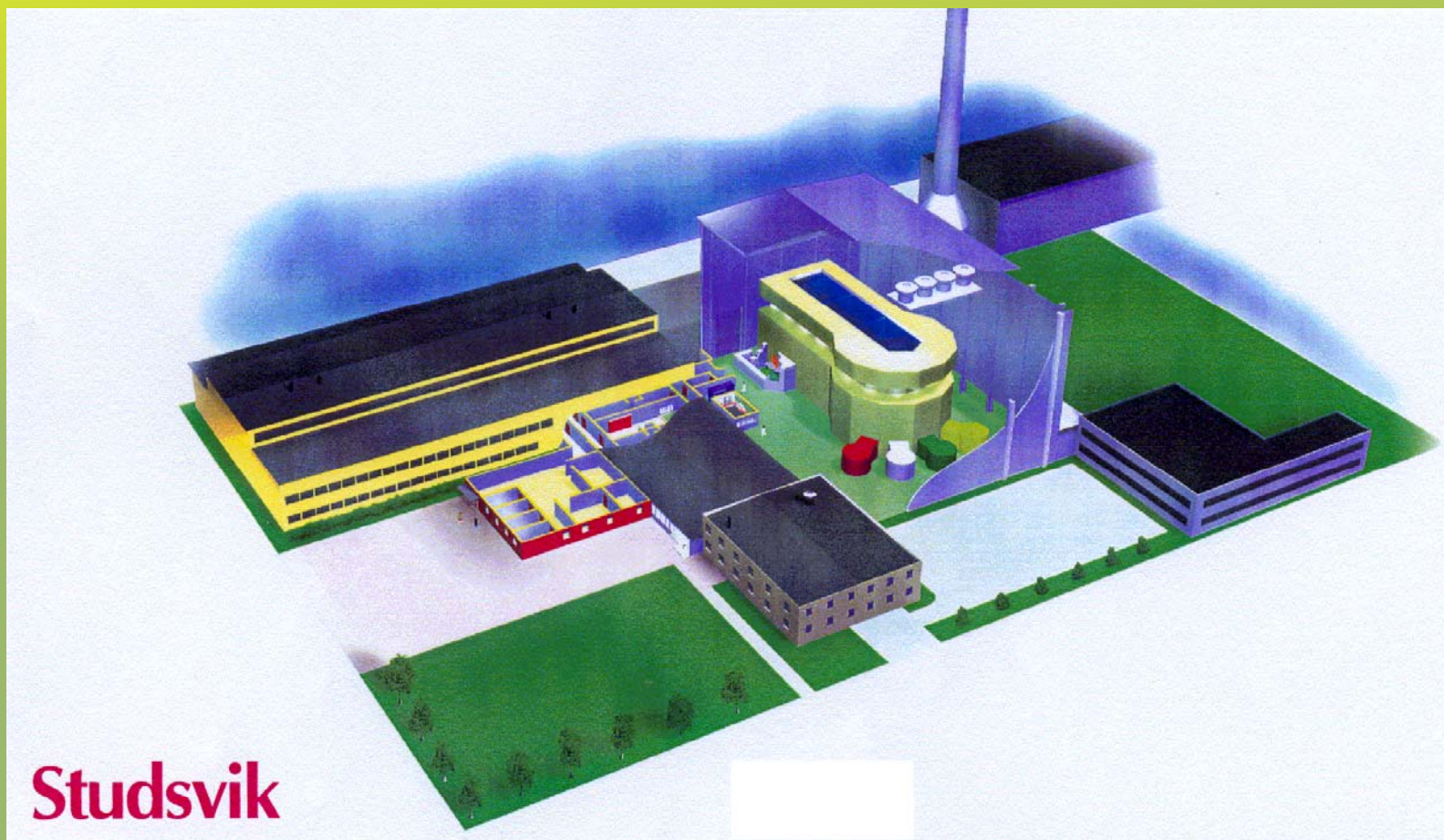
*Termiska neutroner
infångas av ^{10}B*

*Energin (2.3 MeV)
deponeras mycket lokalt*

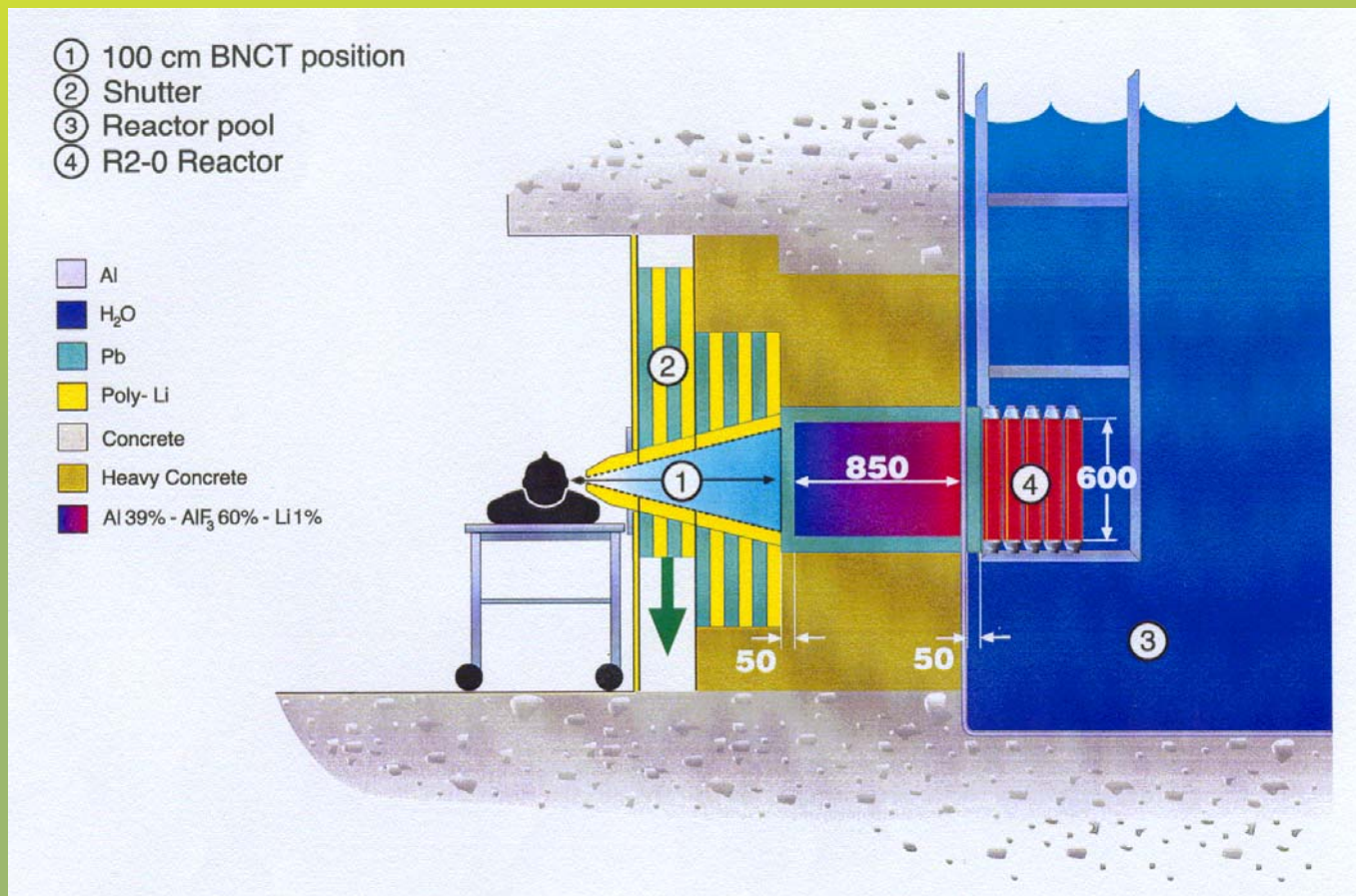
Kärnreaktioner i hjärnan

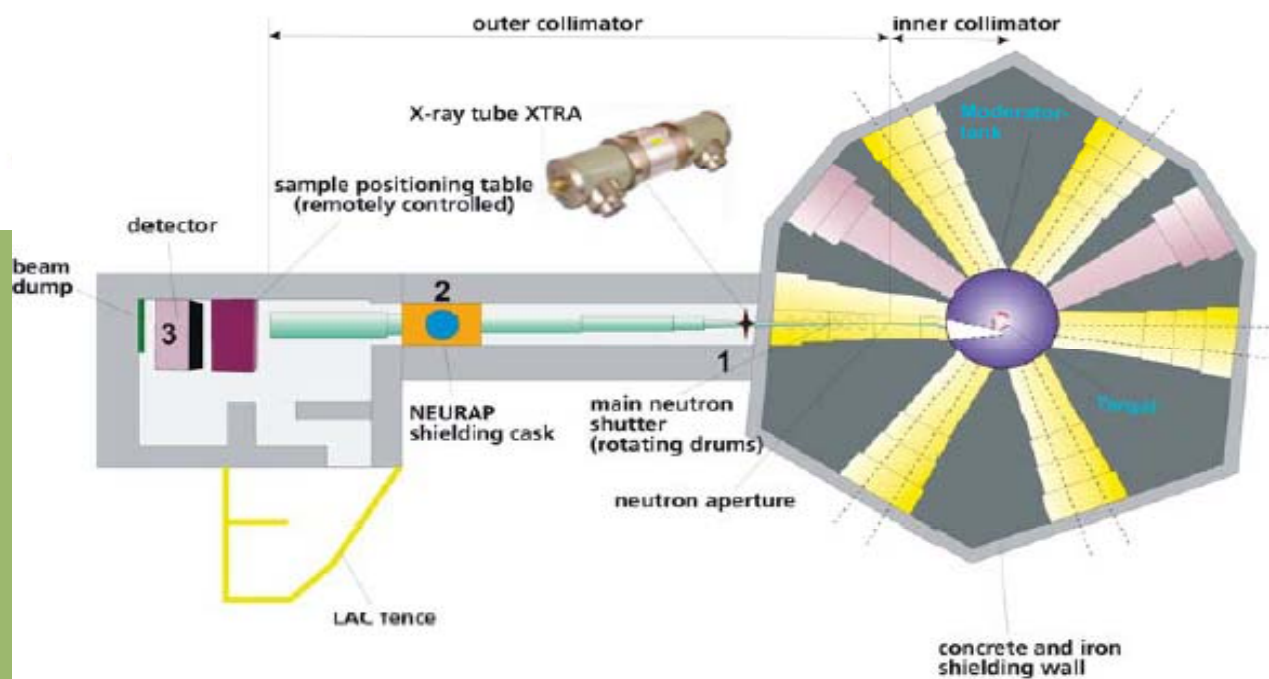
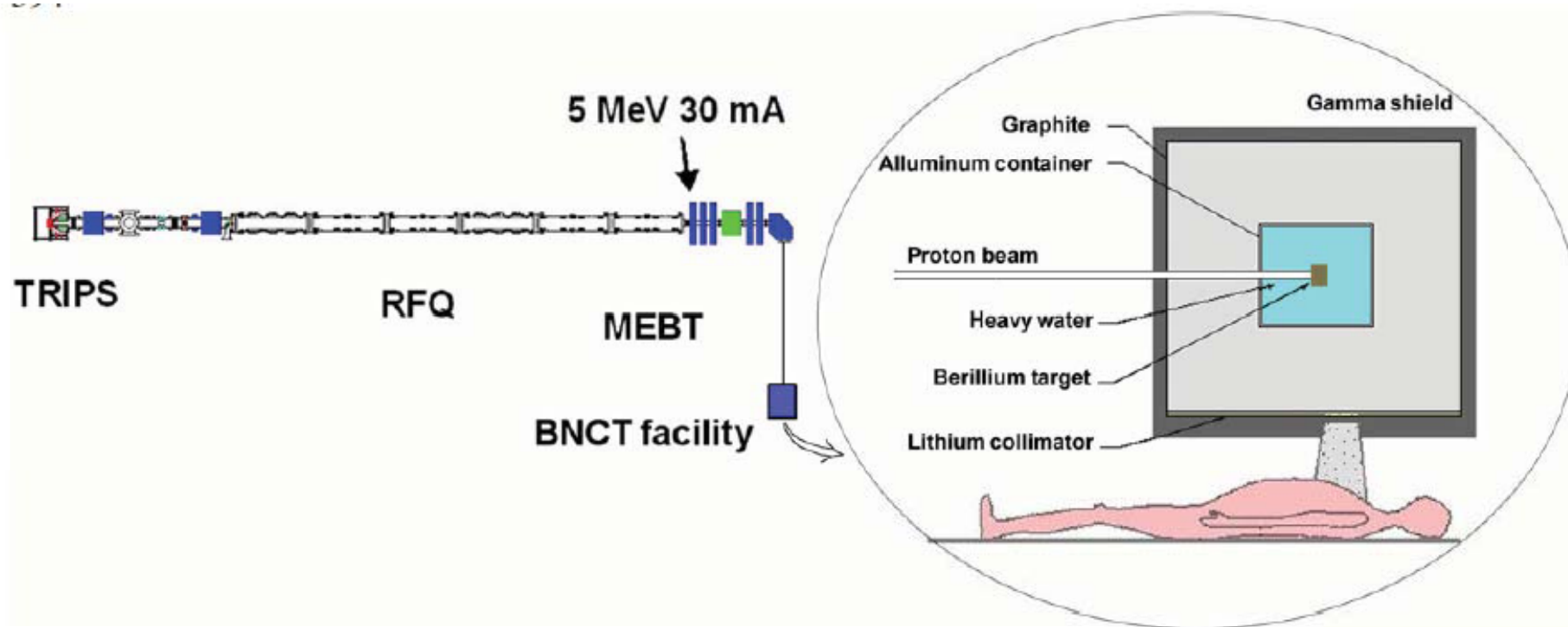


Forskningsreaktorn i Studsvik



Bestrålning

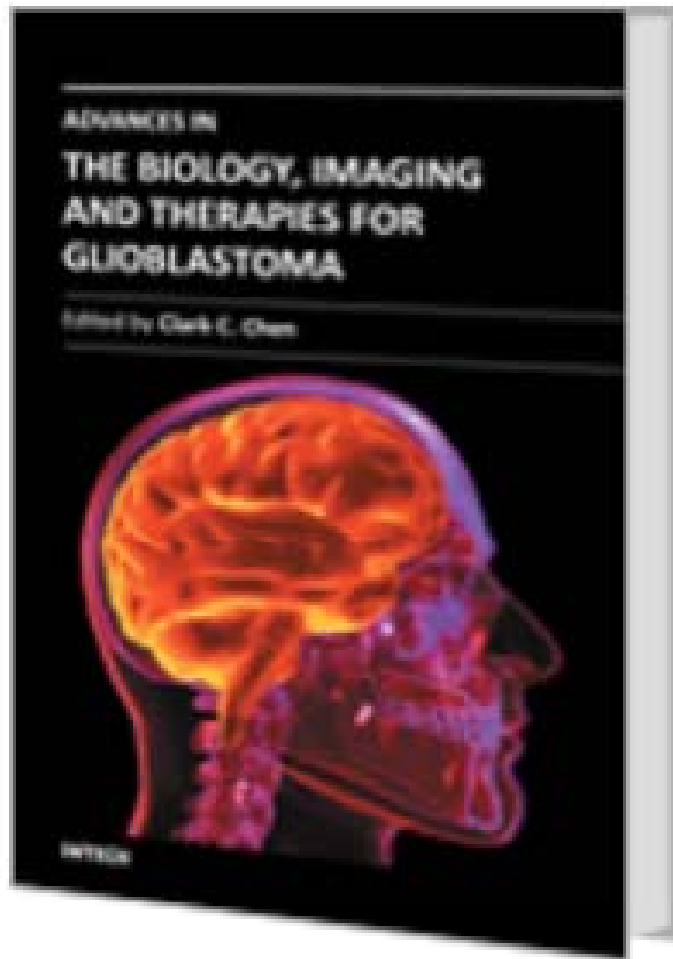




InTech

is a multidisciplinary Open Access publisher of books and journals

<http://www.intechweb.org/>



18

Radiation Immune Modulation Therapy of Glioma

Bertil R.R. Persson
*Lund University
Sweden*

Bertil Persson PhD, MDhc, professor em
Medical radiation physics

Barngatan 2, SE-22185 Lund, Sweden

tel. +46465406217; Mobil: +46708278087

bertil_r.persson@med.lu.se

<http://www.radfys.lu.se/b-persson/index.html>

**Neutroner kan också
användas till medicinsk
diagnostik**

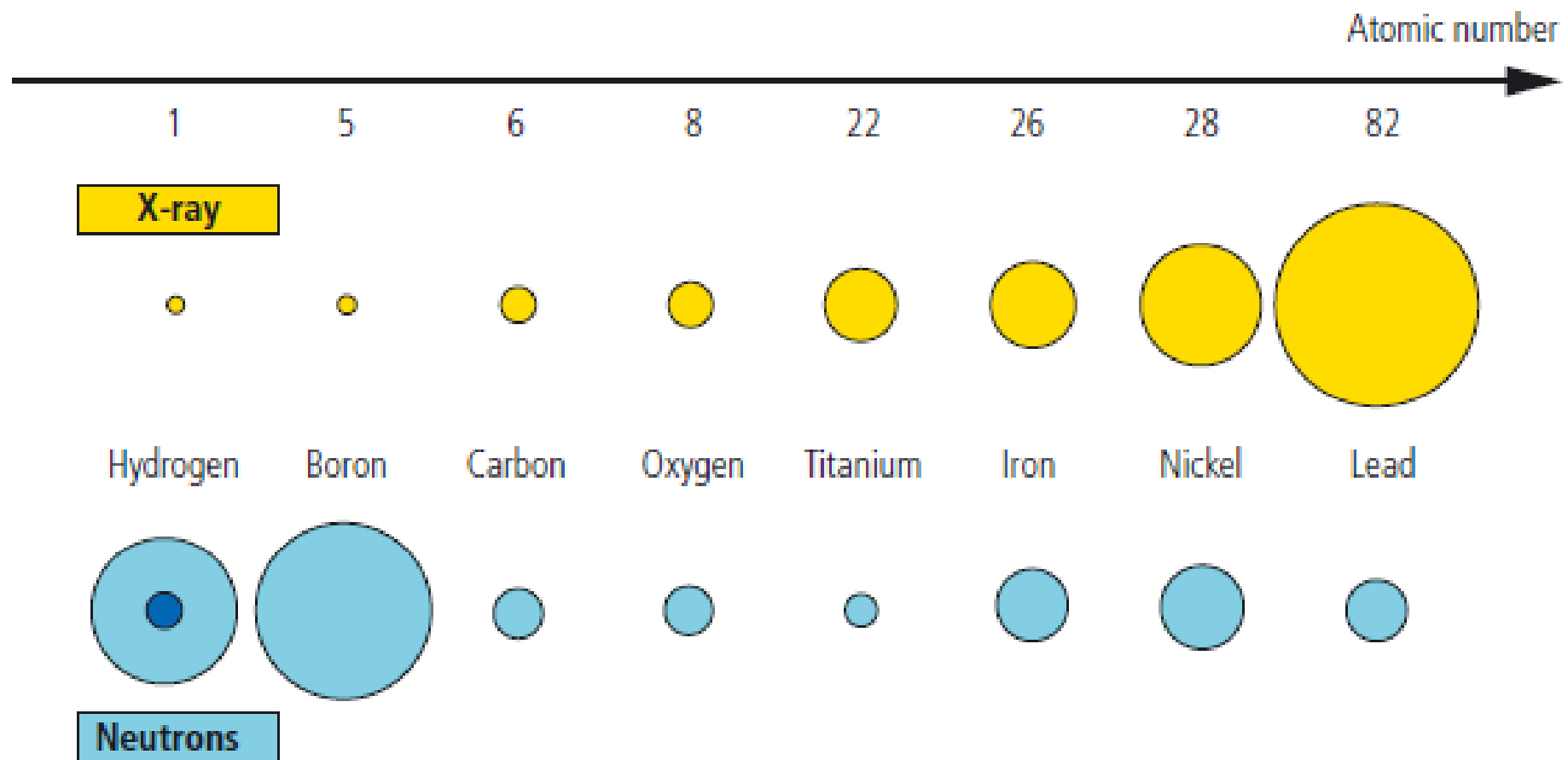
**som komplement till vanlig
röntgendiagnostik.**

I motsats till Röntgenstrålning kan neutroner penetrera metaller som bly och uran.

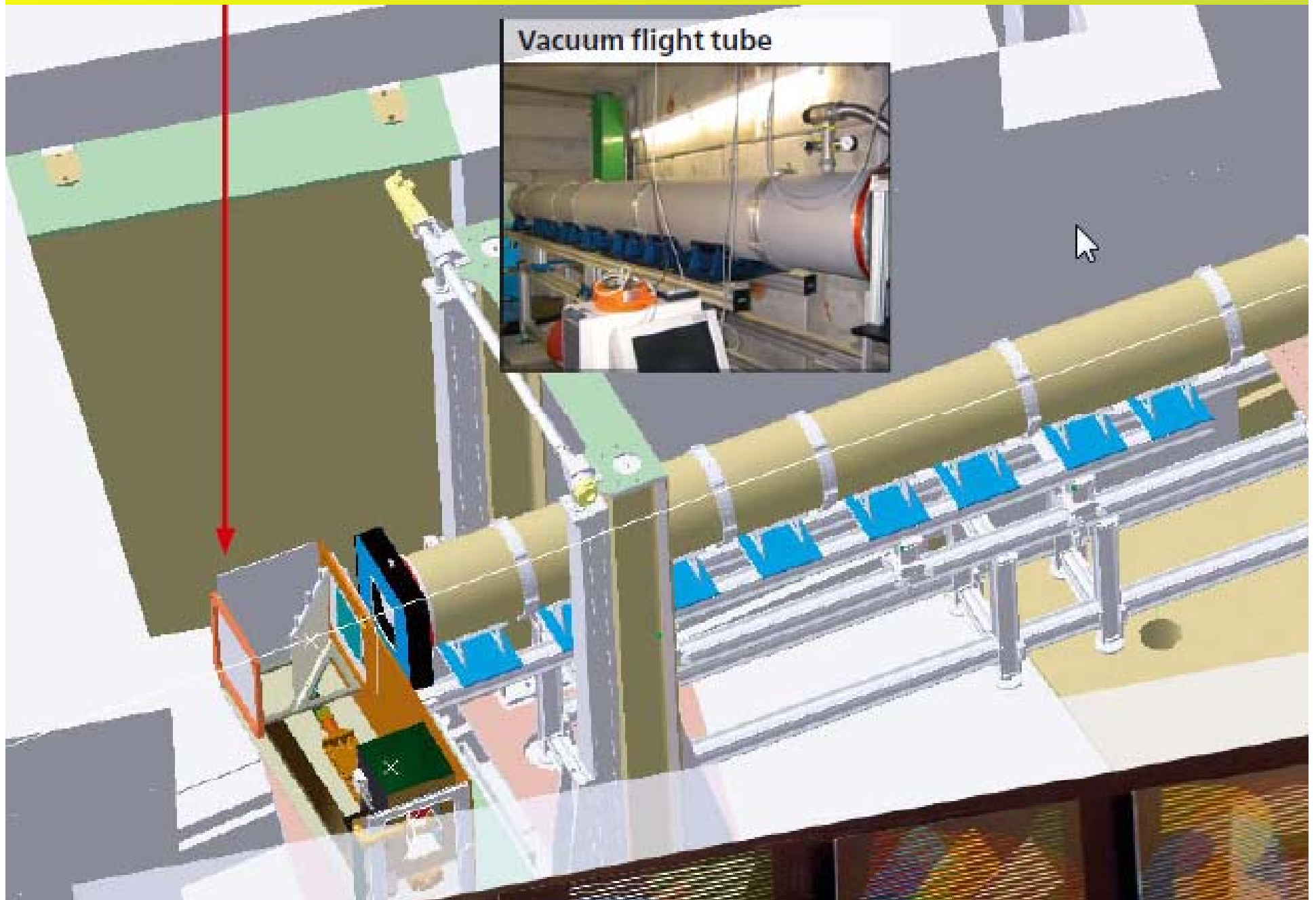
I motsats till Röntgenstrålning penetrerar Neutroner med svårighet vatten och organiskt material.

Med neutrontagnostik kan man undersöka insidan av metallobjekt där inga andra metoder är möjliga.

**Jämförelse av sannolikheten att absorberas (träffytan)
i ämnen med olika atomnummer
för röntgenstrålning (gula) och neutroner (blåa)**



Vacuum flight tube



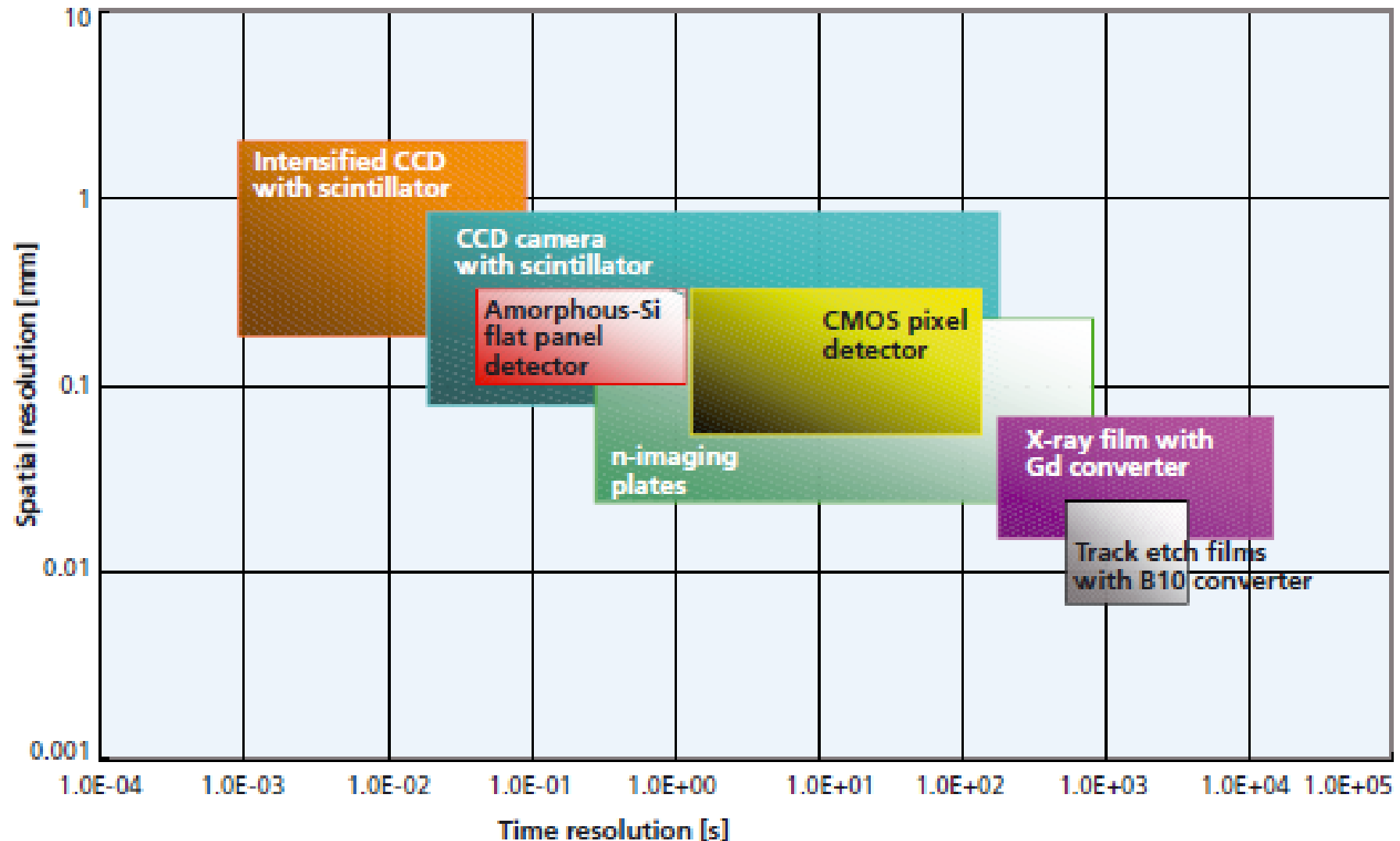


**Internal view of Neutron
Radiographic beam
(shielding partially
removed).**

**The detector
arrangement is shown at
the front**

Neutron bilder kan skapas med vanlig röntgenfilm med hjälp av en platta som absorberar neutroner (Cd) och avger fotoner (scintillator).

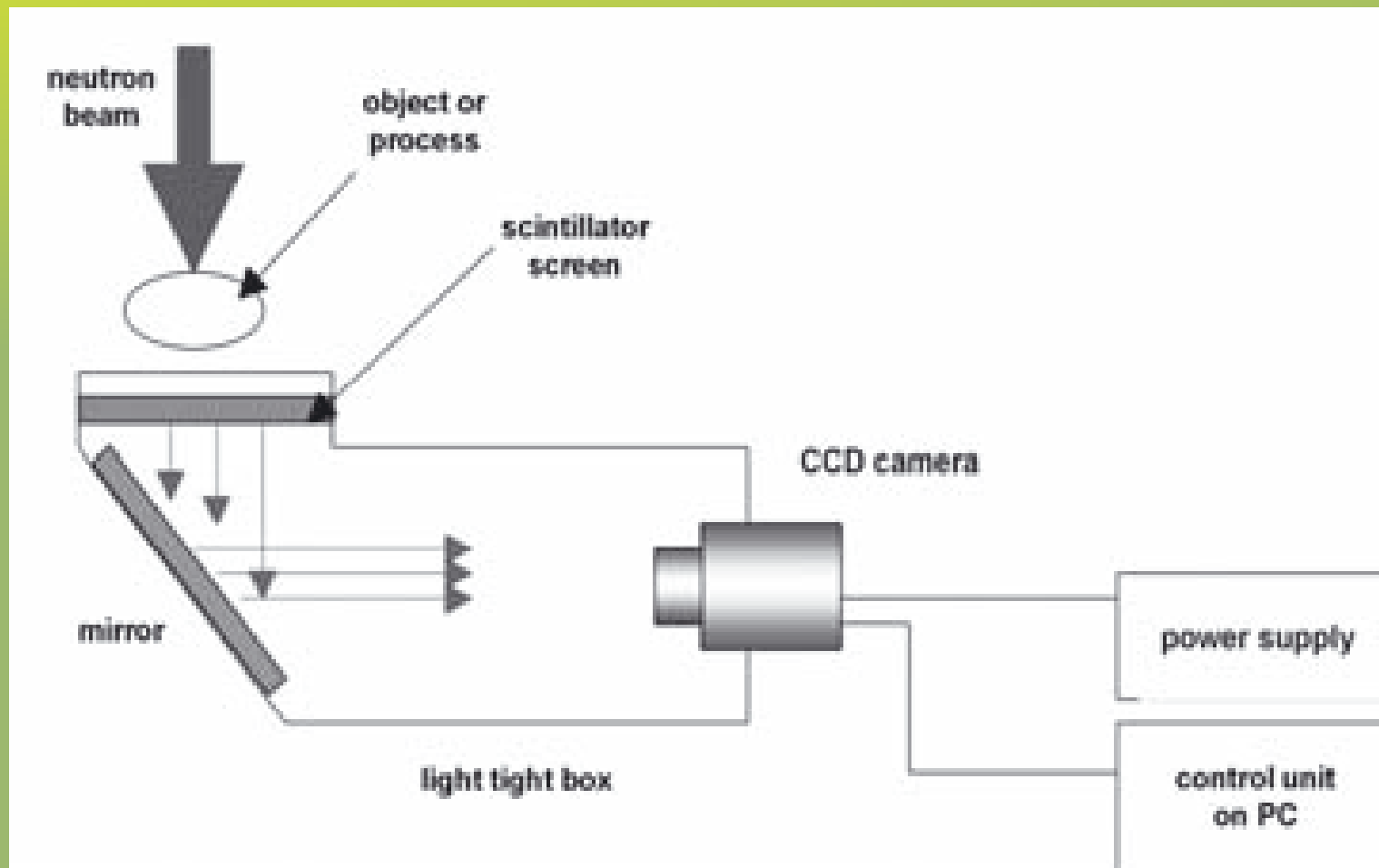
På senare år har man ersatt filmen med digitala CCD kameror och en scintillator.





**CCD kamera med
scintillator**

**Uppställning med CCD kamera som
registrerar bilden i scintillatorskärmen med
Hjälp av en spegel för att undvika
neutronstrålning direkt i CCD kameran.**



th-neutrons

X-rays 20 keV

A

adenocarcinoma

B

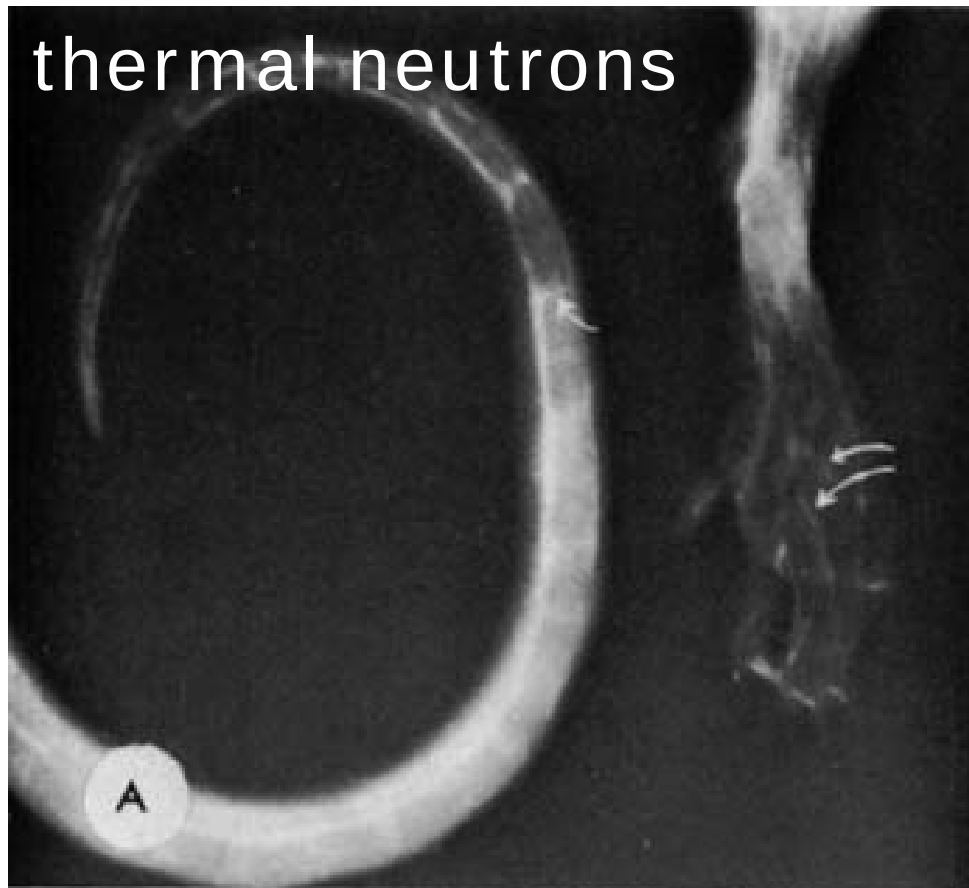
liposarcoma,

C

leiomyoma

Avbildning av tumörer imaged med termiska neutroner (upptill) och mjuk 20-kV röntgen strålning (nedtill). Neutron bilderna visar större kontrast beroende på högre halt av väteatomer i tumörvävnad.

thermal neutrons

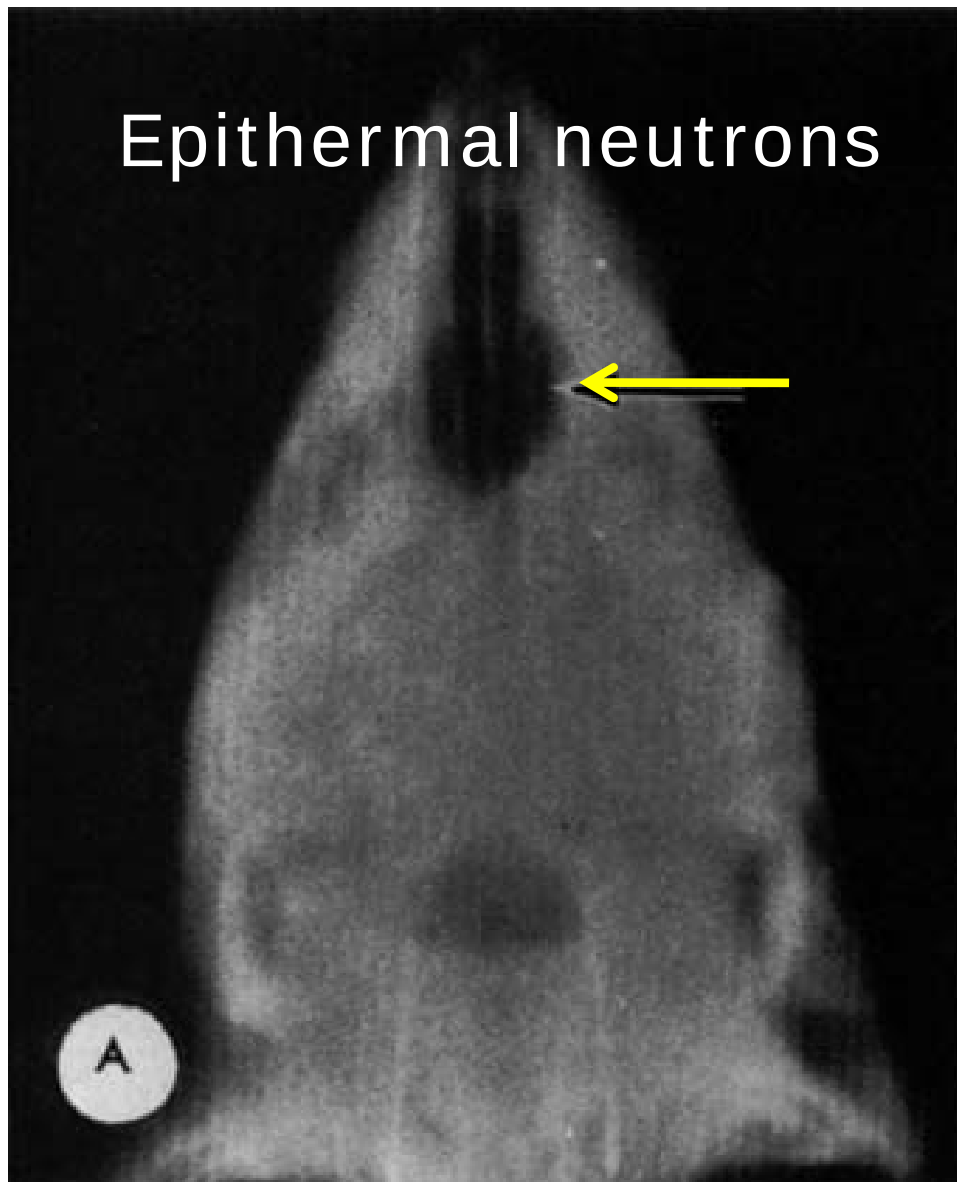


X-rays 42 kV



Avbildning av en råttsvans och en råttfot med
(A) termiska neutroner and (B) 42-kV röntgenstrålning

Epithermal neutrons



X-rays 42 kV



Avbildning av ett råtthuvud med:

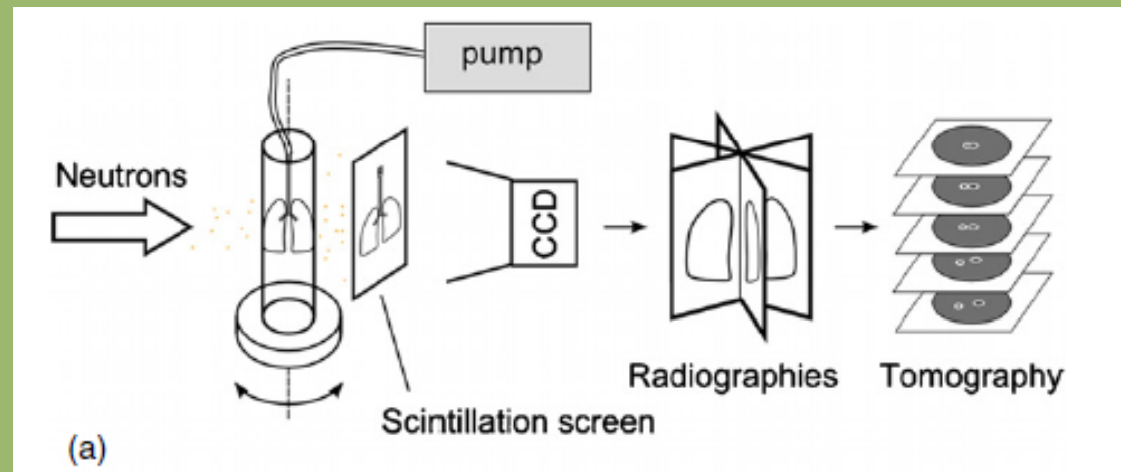
(A) epithermal (i.e., 0.5 to 2 eV) neutrons and

(B) 42-kV röntgen strålning

Neutron computed tomography of rat lungs

Neutrons (energy between **2 and 30 meV**; flux at target: 10^8 neutrons $\text{s}^{-1} \text{cm}^{-2}$) enter a 16 m long evacuated aluminium flight tube through a collimator (typically 20 mm diameter), delivering a quasi-parallel beam without intrinsic image magnification. A beam diameter at the sample position is 40×40 cm, but for lung measurements typically 4×4 cm beam diameters were used.

After penetrating the sample, neutrons are detected by a nuclear reaction ($^6\text{Li}(n,\alpha)^3\text{H}$) in a ***LiF+ZnS(Ag,Cu) scintillation screen***. This reaction is highly exothermic with a kinetic energy of 4.7 MeV. Resolution is limited to about $100 \mu\text{m}$ on a standard screen (*thickness: 200 μm*) and to about $30 \mu\text{m}$ (*thickness: 50 μm*) on specially thinned screens, which were used here. A high-resolution cooled **CCD camera** (Andor DW436, 2048×2048 pixel, 16 bit) records the resulting image.



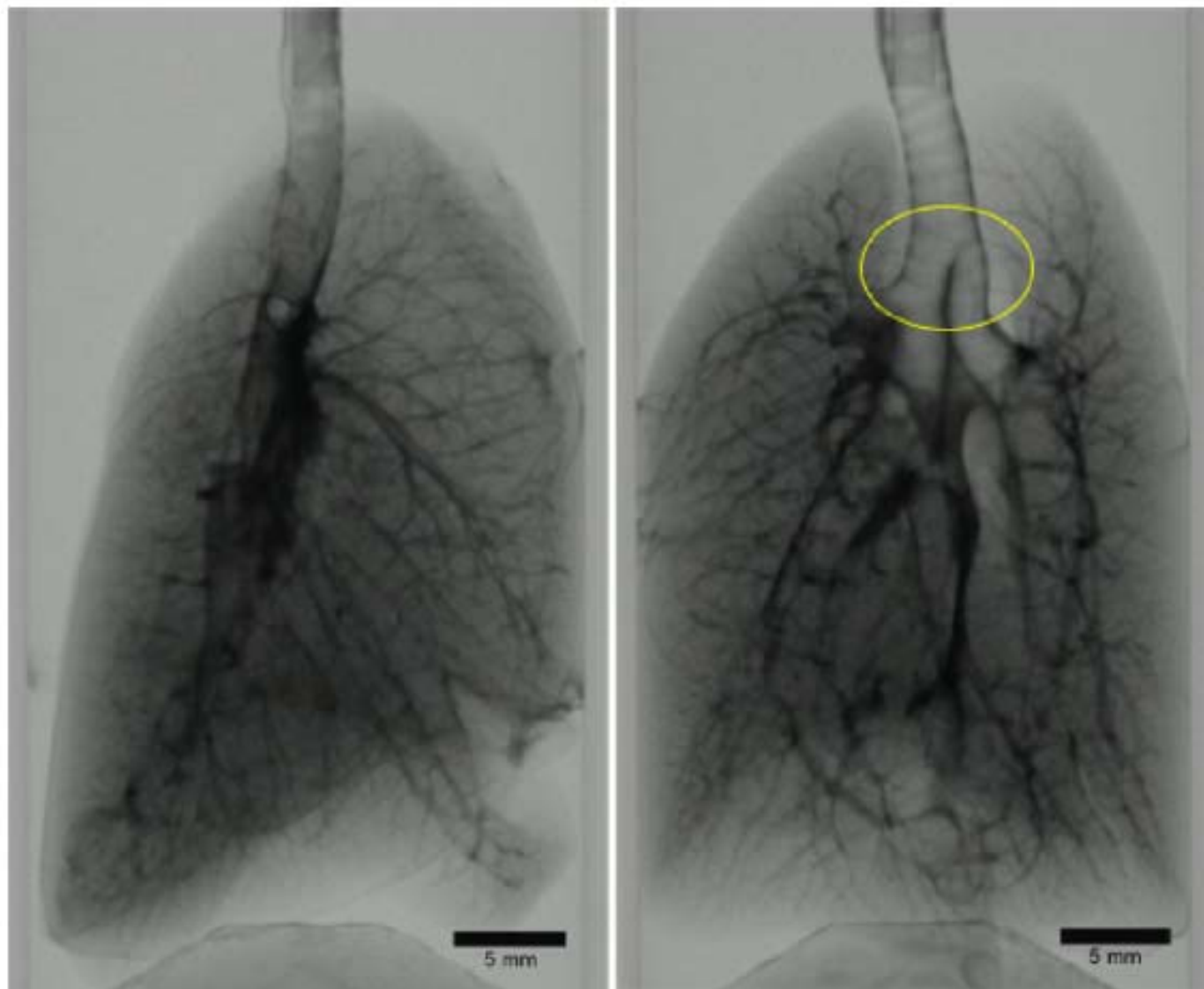


Figure 3. Lateral (left) and frontal (right) neutron radiographs of the lung. The dark structures represent hydrogen-containing tissue and the lighter ones air-containing airways. The fine lines on the outer left and right hand sides and the grey area at the bottom of each image reflect the aluminium cylinder. At the top, the cannula introduced into the trachea can be seen. The yellow ellipse indicates the first bifurcation.



Figure 4. Radiograph of an unconfined and further inflated rat lung suspended in front of the scintillation screen. Intensity fluctuation on top results from duct tape used to fixate the trachea.

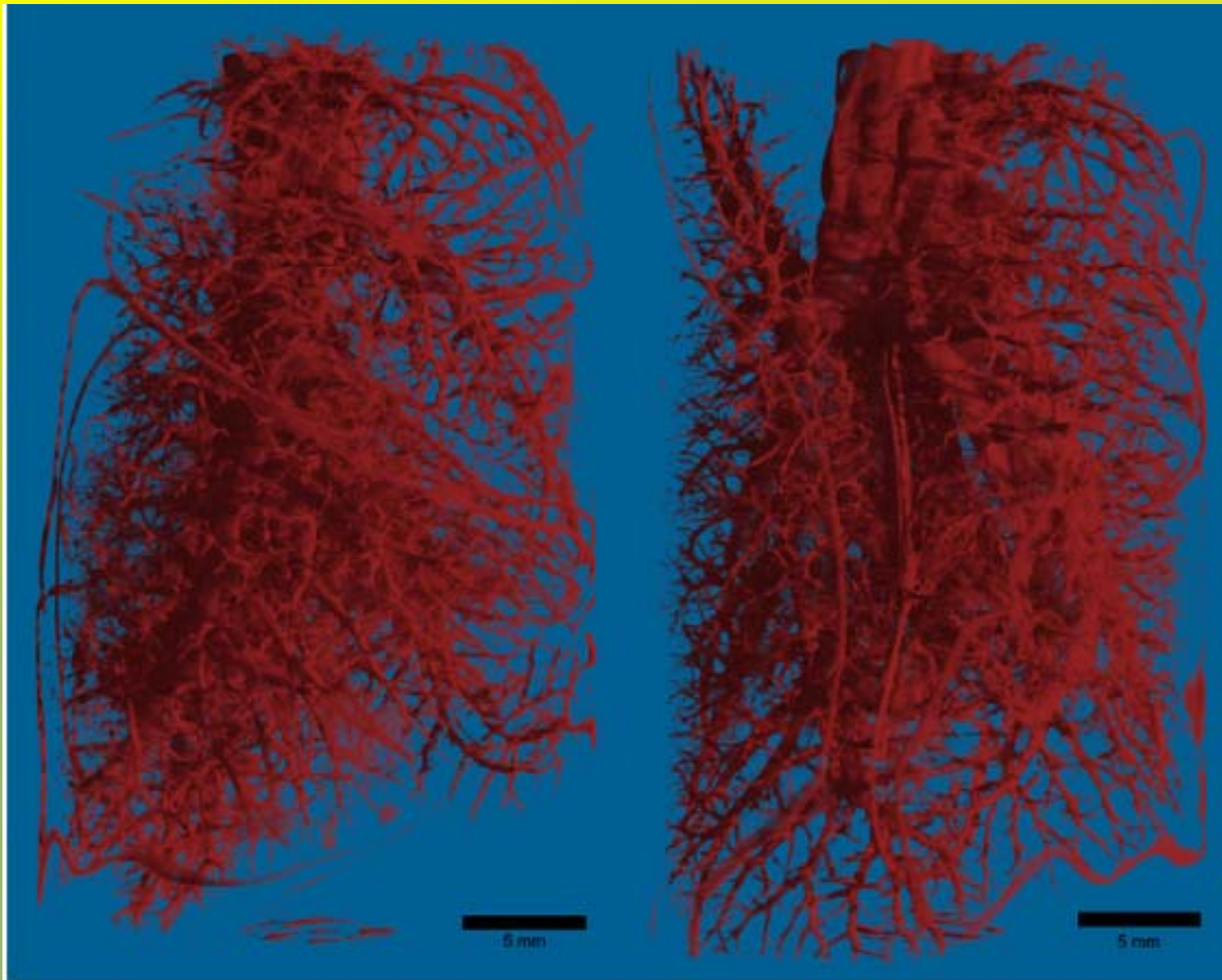


Figure 5. Lateral (left) and frontal (right) computed tomograms of a confined lung. Red structures reflect hydrogen-containing components of the lung, i.e. lung tissue.

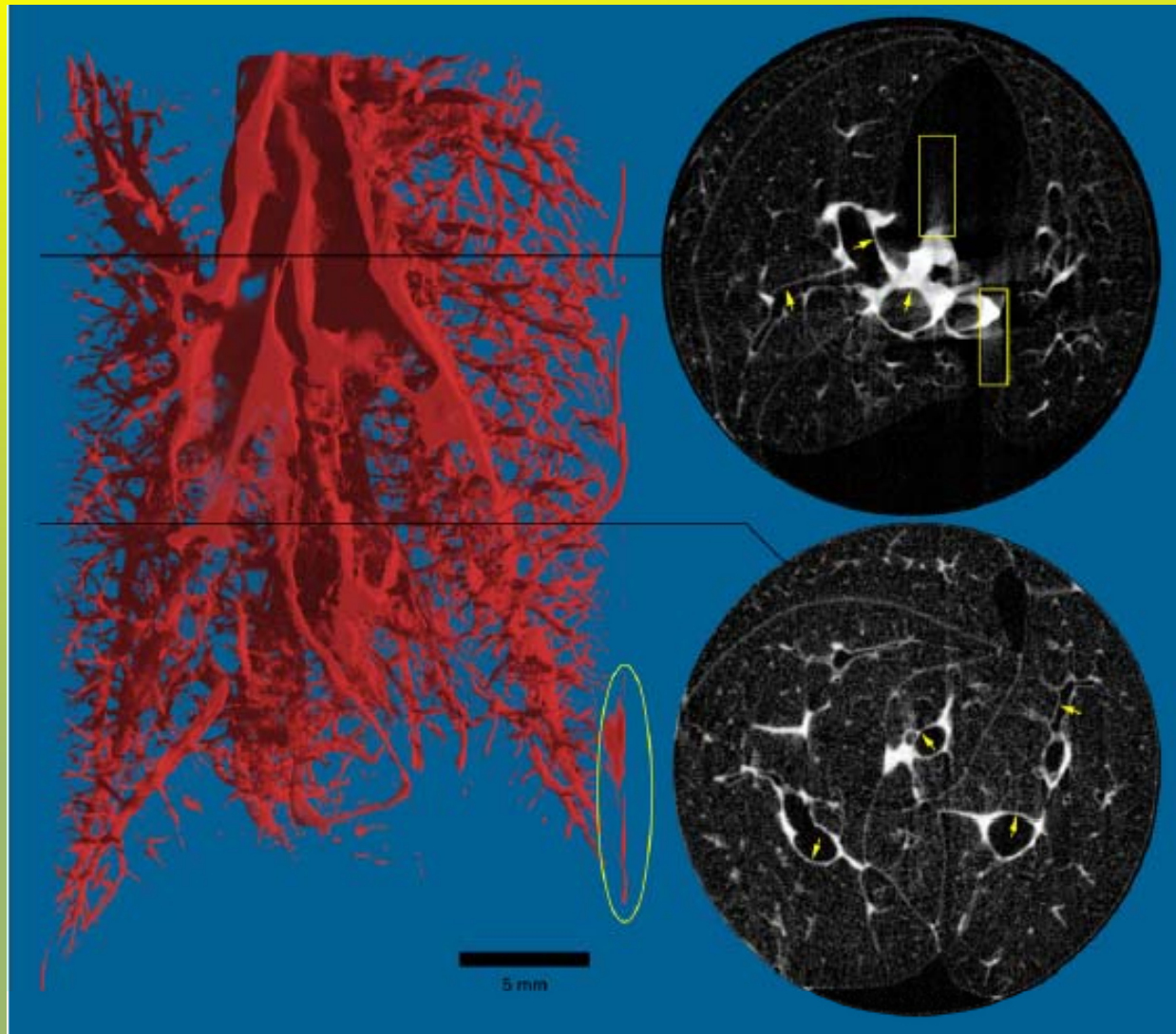


Figure 6. Frontal view of a three-dimensional computed tomogram of a confined rat lung (left) and two tomogram slices (right) at the indicated levels (black lines). The airway walls can be clearly identified (arrows) and airways can be traced down from the trachea to the periphery. Small motion artefacts are present in areas with very high hydrogen content and where tissue cannot be properly stabilized (indicated by rectangles). The line-like contrast along the right border of the lung (left panel, marked by yellow ellipse) which resembles that of airway walls is due to condensation along the inside of the aluminium container.

Sammanfattningsvis så kan neutron CT generera högkvalitativa lung bilder.

Neutron CT befinner sig ännu på utvecklings stadiet, men har stor potential att utvecklas till att visualisera luftvägarna ända ner till 10:e förgreningen.

Detta kan användas till att öka förståelsen för basal lung fysiologi och patologi till stor nytta för många patienter med t.ex KOL.

Tack

för uppmärksamheten

