



**LUND**  
UNIVERSITY

# Joniserande strålning i medicinens tjänst för diagnostik och terapi

Michael Ljungberg

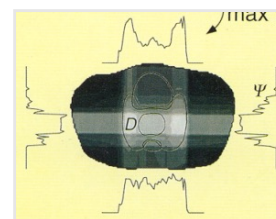
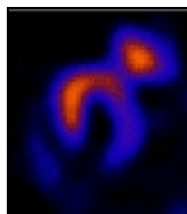
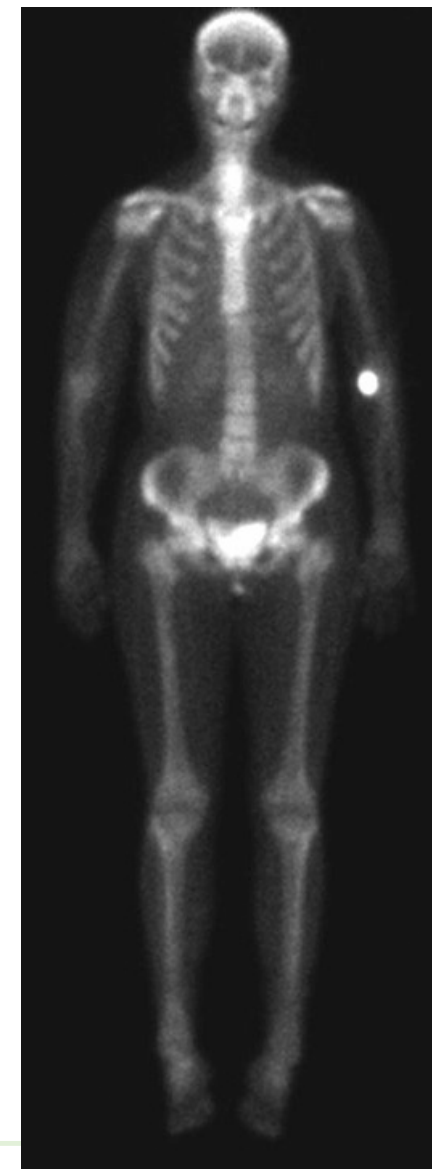
Medicinsk strålningsfysik, Lund

Lunds universitet

**Fysikdagarna 2022**



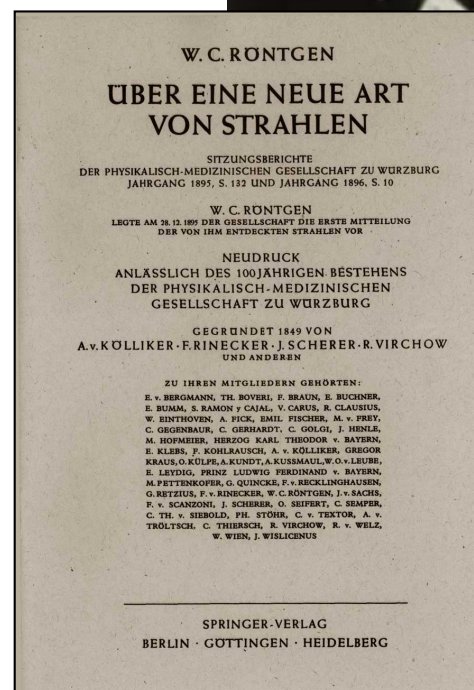
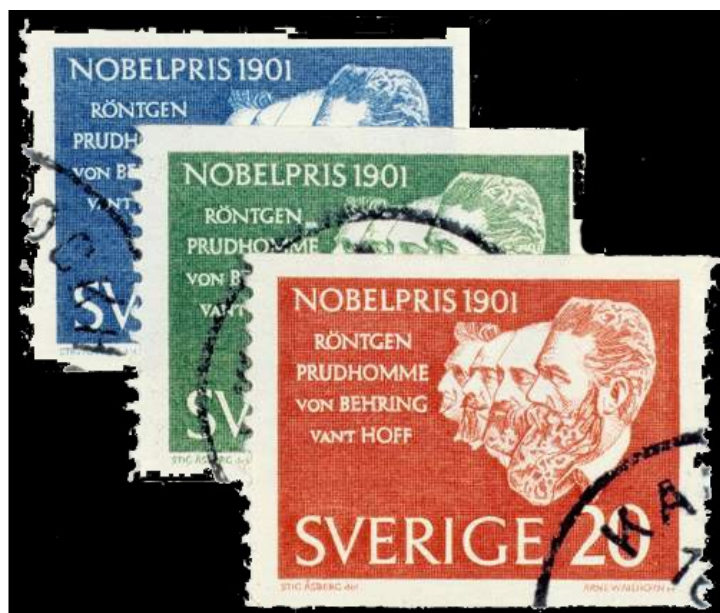
# Strålning i medicinens tjänst - hur började det?



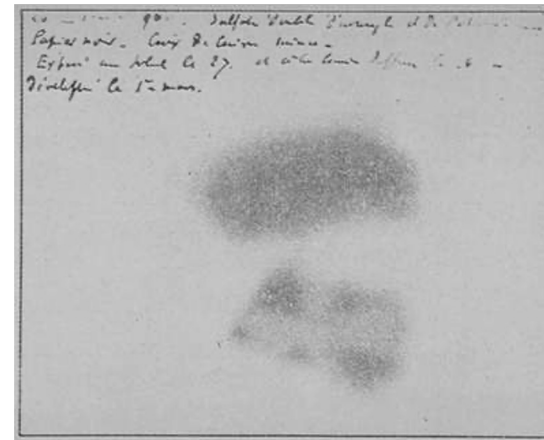
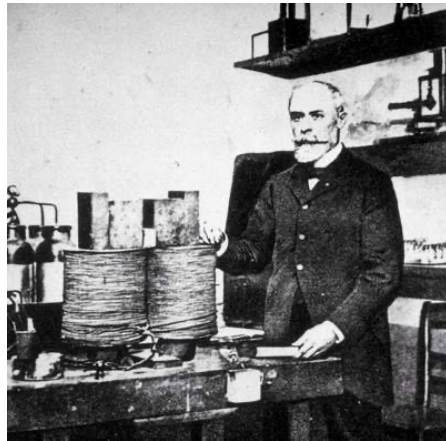


# Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923)

- Upptäckte "X-strålarna" 1895
- Fick det första Nobelpriset 1901



# Henri Becquerel (1852-1908)

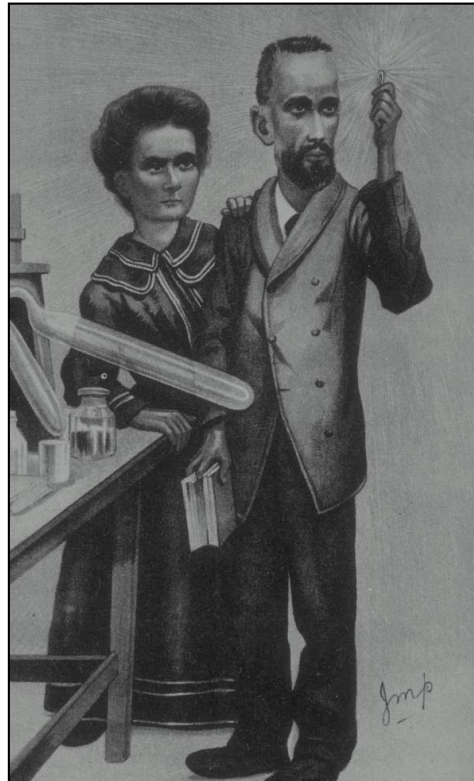


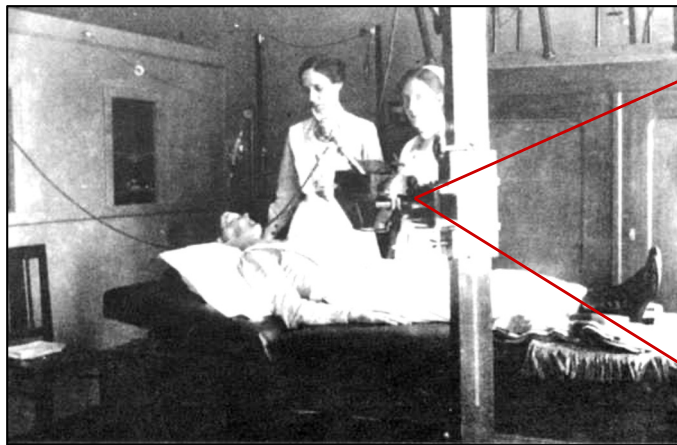
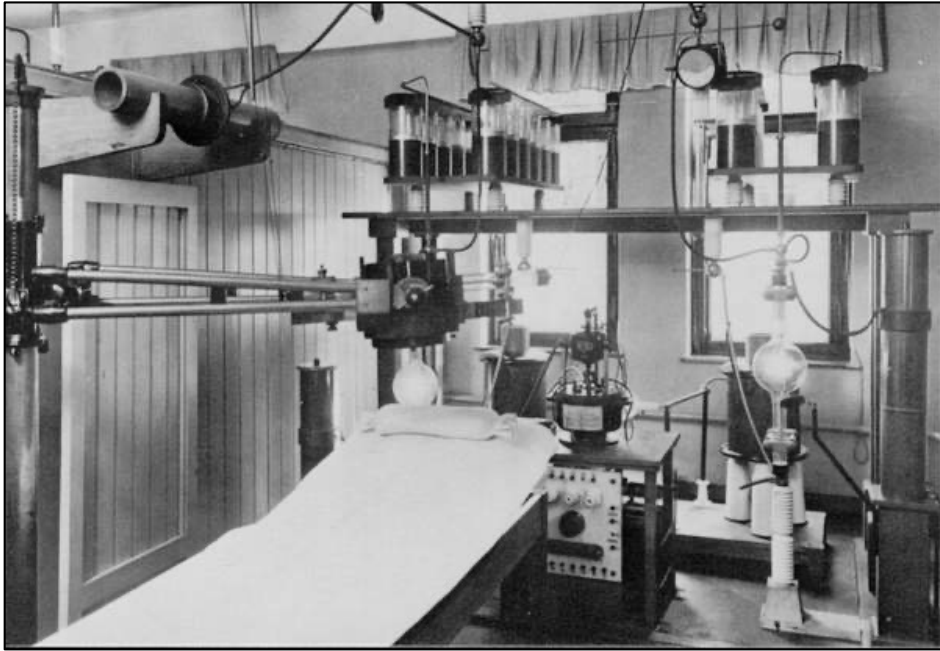
1 Bq = 1 sönderfall/s

- ❑ Studerade "fluorescence"
- ❑ Upptäckte radioaktiviteten 1896
- ❑ Nobelpris 1903 tillsammans med makarna Curie

# Marie Curie (1867-1934) Pierre Curie (1859-1906)

- ❑ Upptäckte polonium 1898 och strax därefter radium
- ❑ Nobelpriset 1903





# Första strålbehandlingen



- ❑ Första lyckade strålbehandlingen i Sverige 1898 genomfördes av Thor Stenbeck
- ❑ 49-årig kvinna med basalcellscancer på nästippen
- ❑ 100 behandlingar under 9 månader
- ❑ Patienten mår bra 30 år senare

# Synen på radioaktivitet och strålning förr i tiden

**RADIUM**

A.-B. Radiumelement Radioaktiva V  
Humlegårdsgatan 29, Stockholm  
Tel. 3813. Kungl. Hovleverantör

Uthyr Radiumelement för  
lig tillverkning i hemmet  
radioaktivt vatten för dri  
och badkurer. Begär pros

Europas starkaste radio  
Bords- och Hälsov  
från  
**Västersels Br**  
Försäljes hä  
31,780 voltenheter.

Send for Patterns. **YORKS.**



**Hair-Health & Wealth  
By RADIUM**

The marvellous rays from Radium prove the most effectual way of rejuvenating and beautifying the hair. These rays, constantly emitted, instantly penetrate to the hair roots, follicles, pigmentary glands, etc. Destroy all harmful germs, eliminate dandruff, and promote a steady growth of new luxuriant, glossy hair.

**"RADIOR" HAIR TONIC** is guaranteed to be the finest therapeutic preparation known to science for producing Healthy Hair, and, in addition, contains the correct quantity of **Actual Radium** for producing permanently healthy and abundant tresses.

On sale at **Harrod's, Selfridge's, Barker's, Whiteley's, D. H. Evans, Army & Navy Stores, and Boots THE Chemists**, all Branches. Price **5/9** per bottle; Double Size **10/6**, Oily or Non-Oily; or post free from the **Radior Co., 167, Oxford Street, W. 1.** Also the famous **"Radior" Vanishing Cream** for day use and **Peau de Velours** for night use, guaranteed to contain actual Radium, **5/9** per jar.

**DRICK HÄLSA!**

**SENNANS HÄLSOVATTEN**

Kristallklart, starkt radioaktivt.  
Rekommenderas av läkare. Tillverkas under läkarekontroll.

\* \* \* \*



vatten. Vichyvatten, Lemo  
tillverkas av vatten, tappat dire  
**SENNANS Hälsobru**

Rikstelefon: 8 Sen



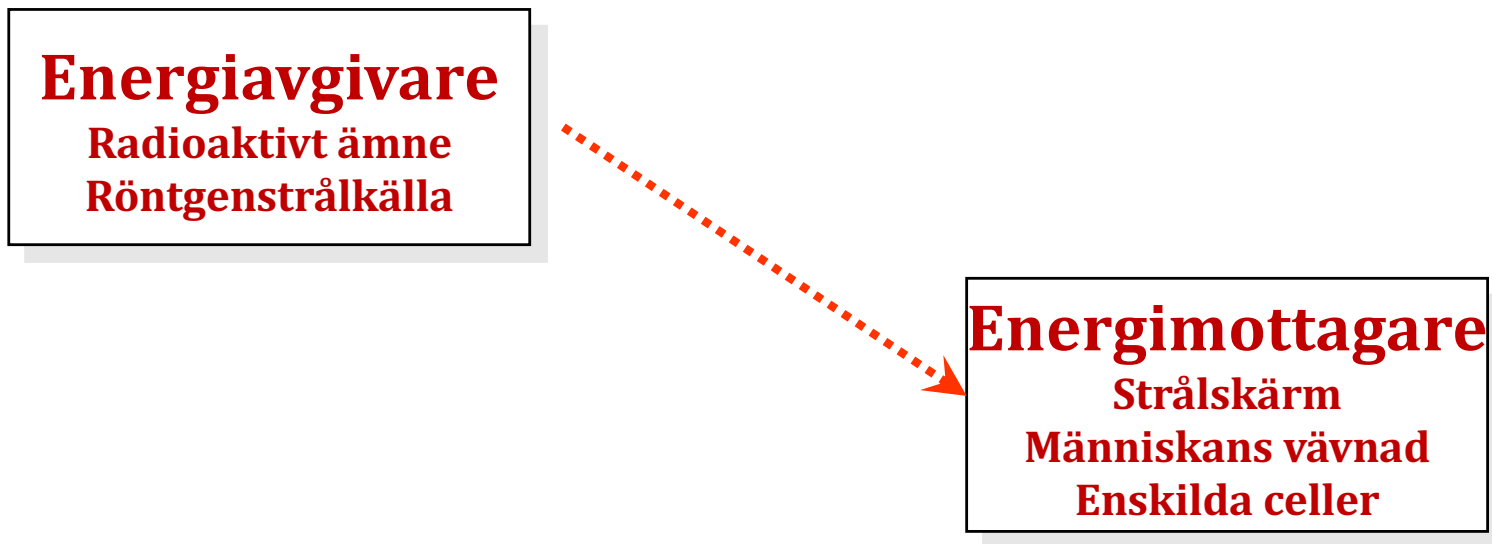
**RADITHOR**  
REG. U. S. PAT. OFF.  
**CERTIFIED**  
Radioactive Water  
Contains  
Radium and Mesothorium  
in a Triple Distilled Water



# Synen på radioaktivitet och strålning förr i tiden



# Vad är strålning?

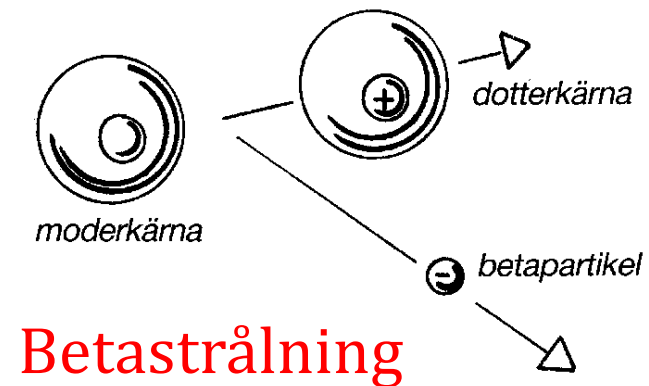
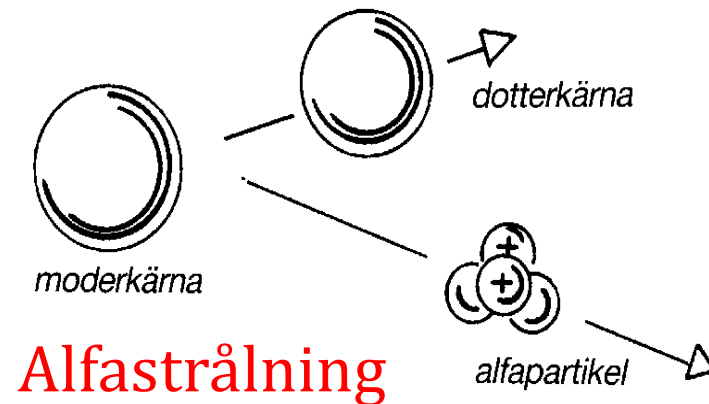


**Strålning är bärare av energi**

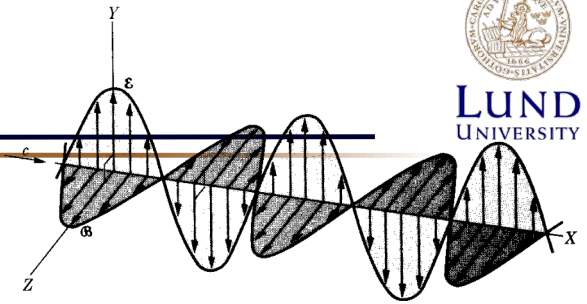
*partikelstrålning eller elektromagnetisk strålning*

# Partikelstrålning

- ❑ Partikelstrålning är atomära partiklar i rörelse.
- ❑ Partiklar har en massa, dvs de väger något.
- ❑ De bär med sig energi i form av rörelseenergi!

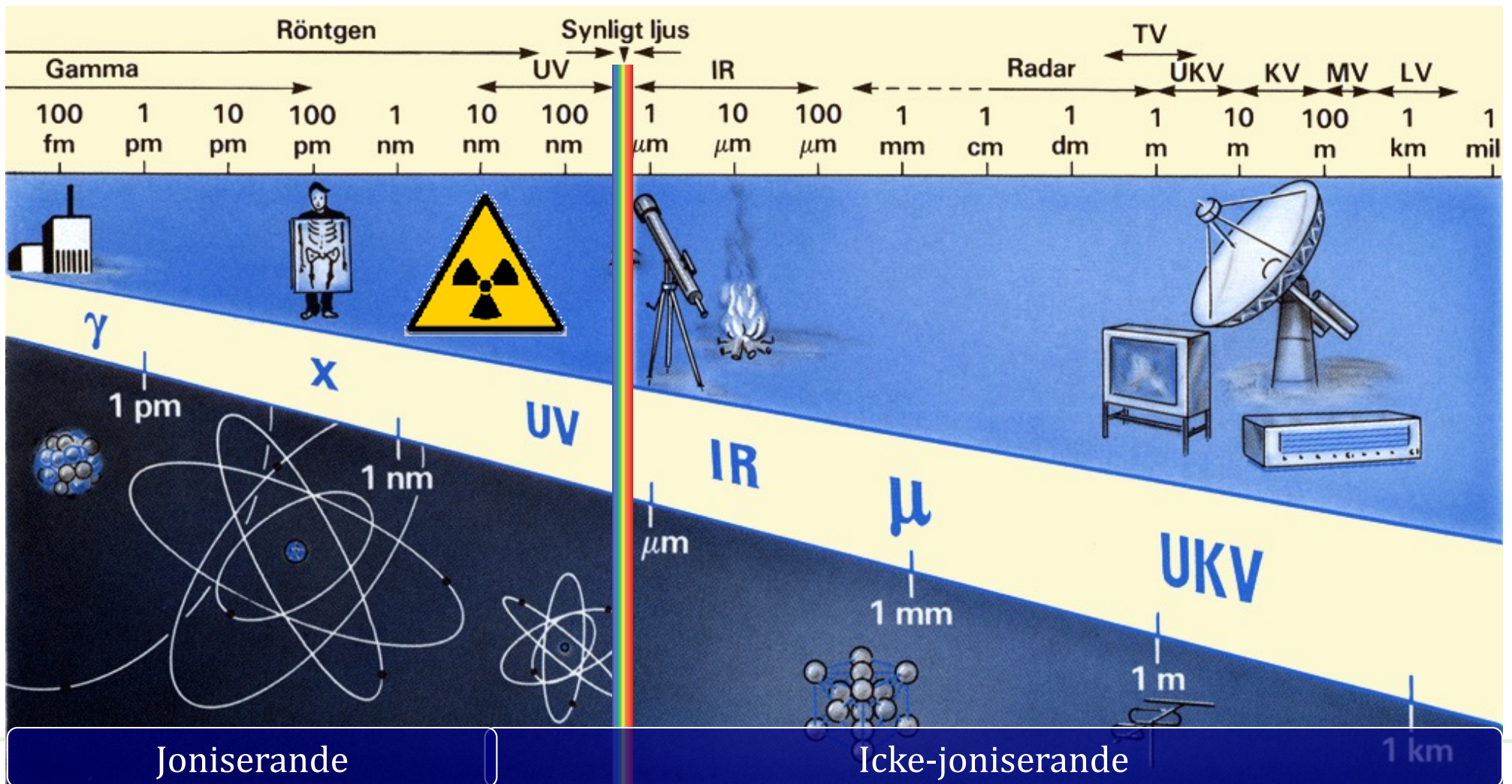


# Elektromagnetiska spektrumet

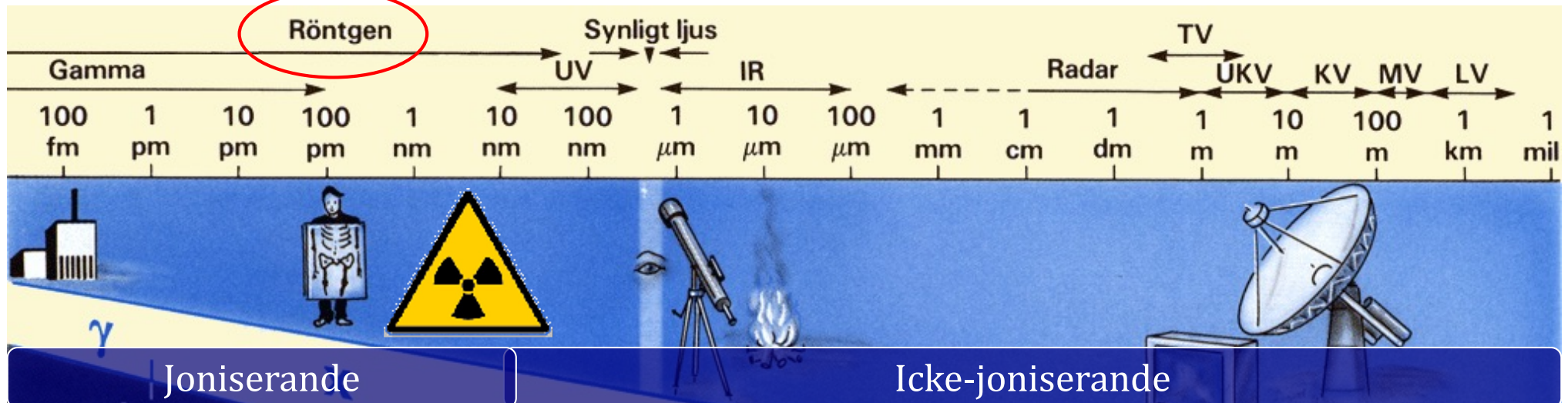
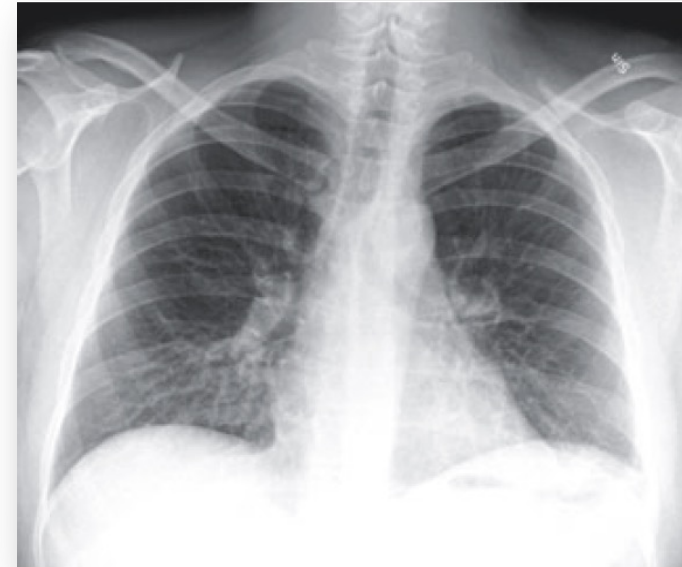
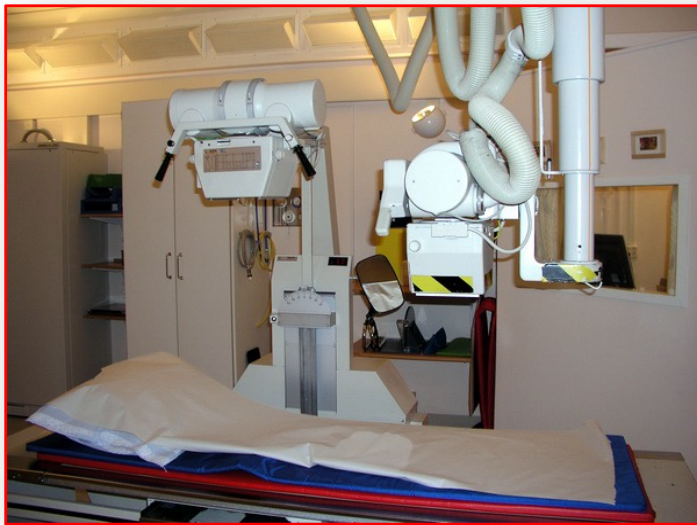


Våglängd (m) ; Frekvens ( $s^{-1}$ ) ; Energi (eV)

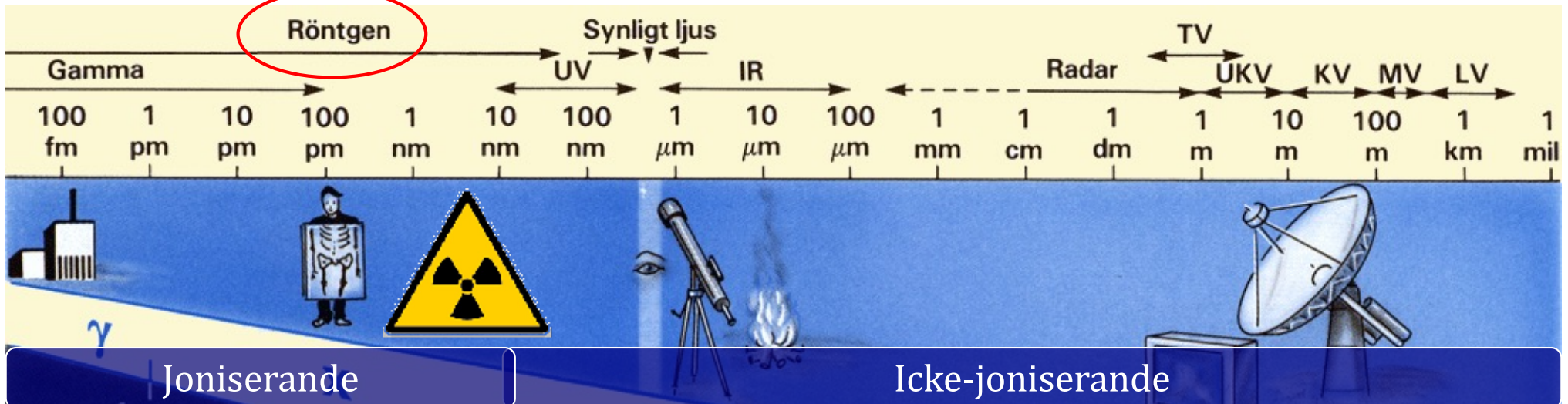
Fotoner (kvanta)



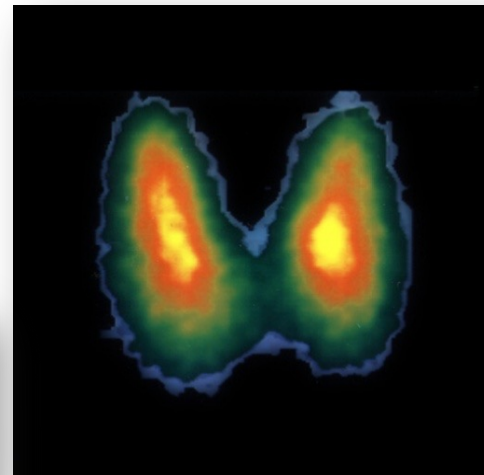
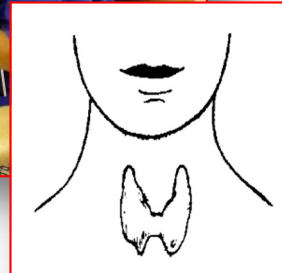
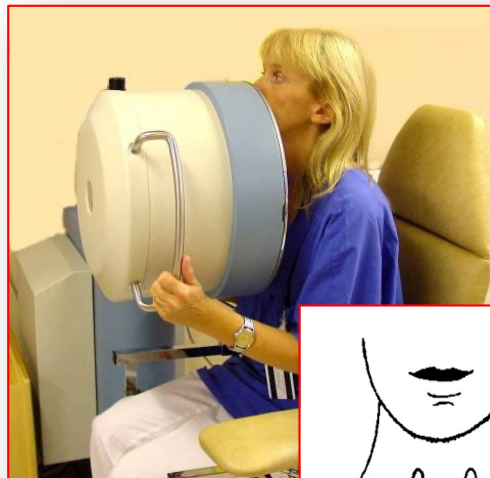
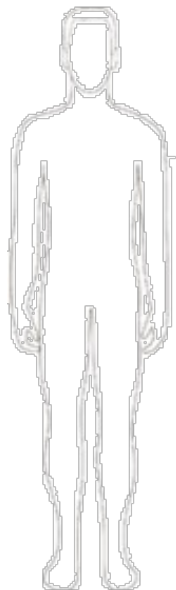
# Röntgendiagnostik



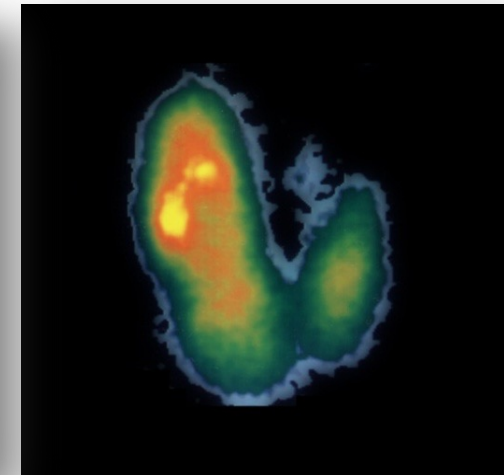
# CT – Computed Tomography (skiktröntgen)



# Gammakamera

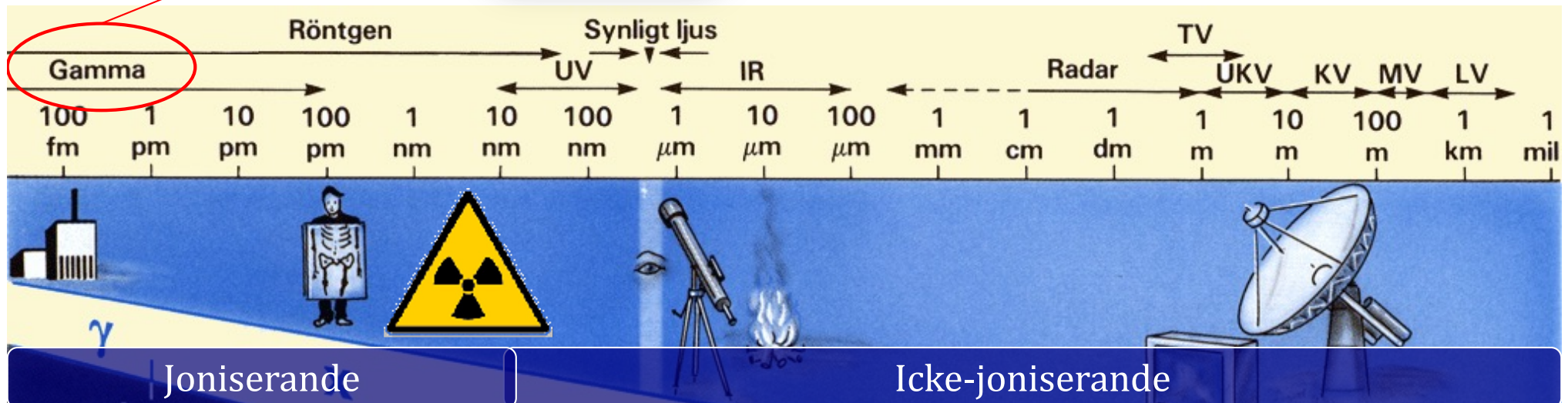


Normal sköldkörtel

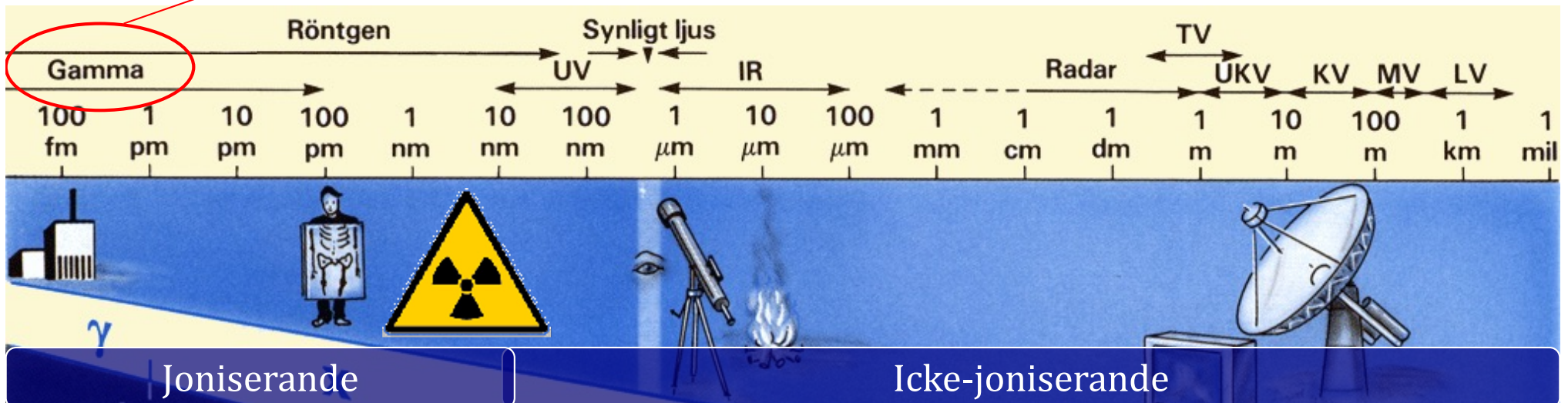
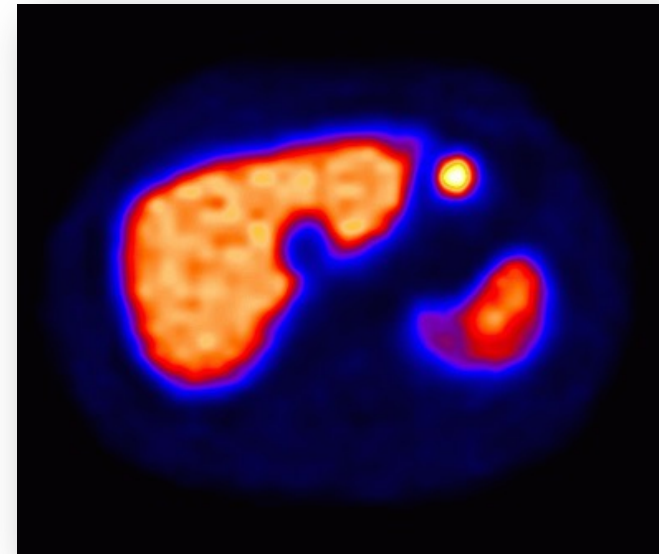


Struma

## Funktionella undersökningar

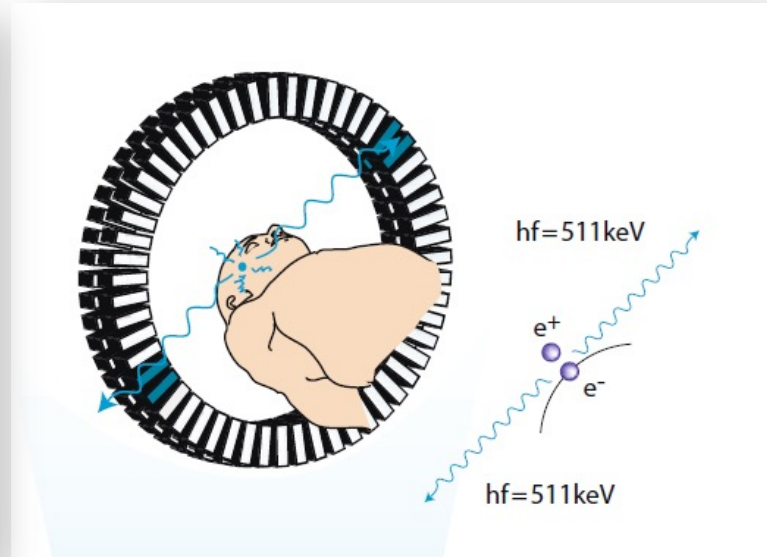


# SPECT – Single-Photon Emission Tomography

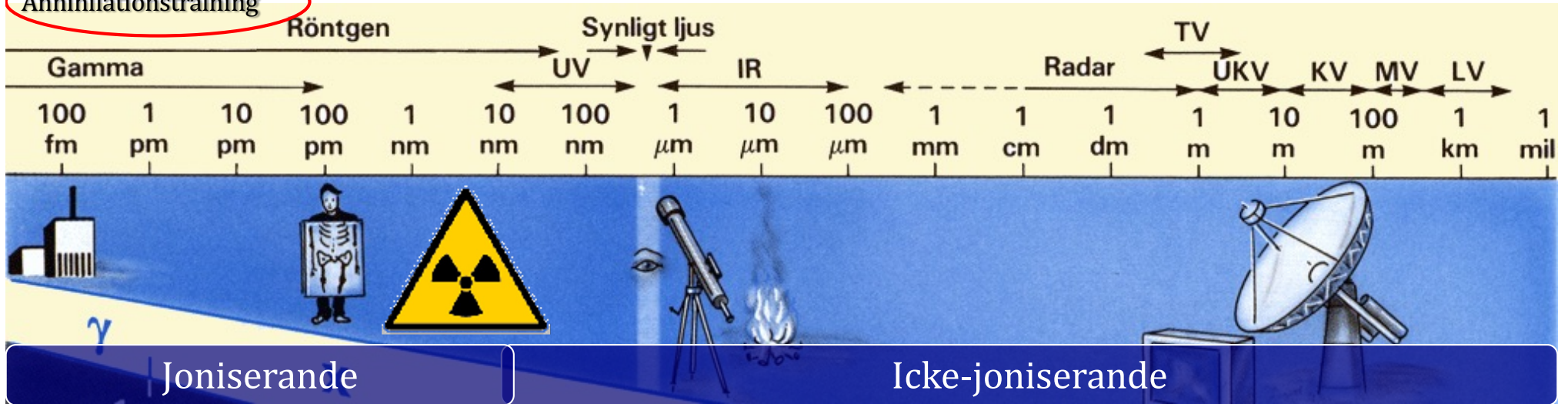




# PET – Positron Emission Tomografi



Annihilationstrålning



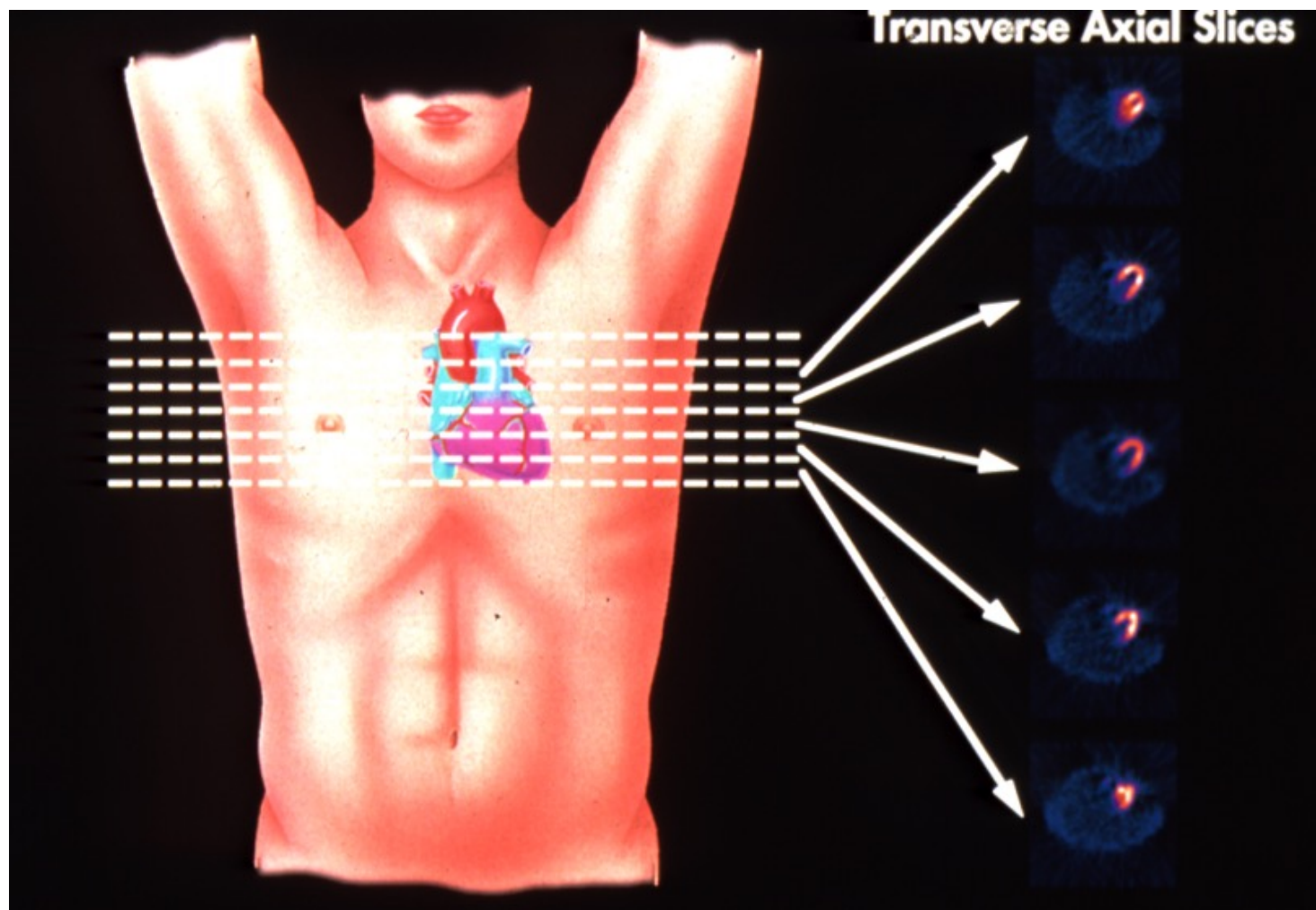


# Lite kort om Tomografi

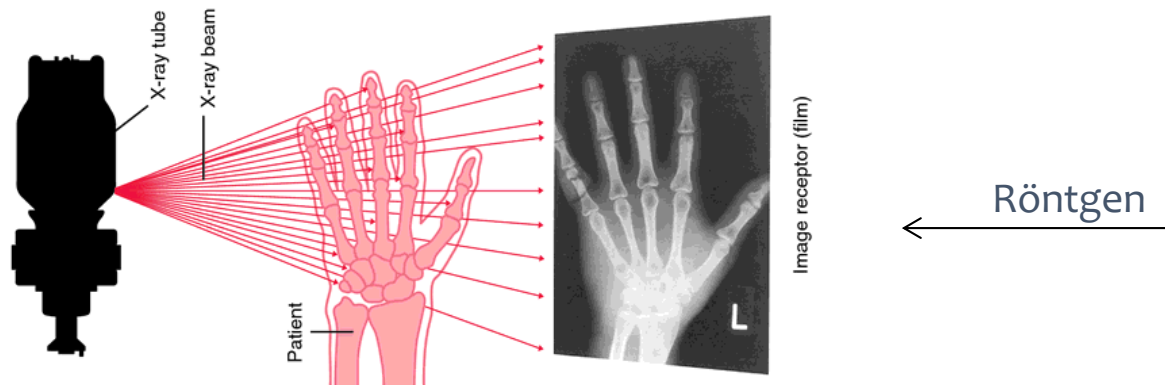
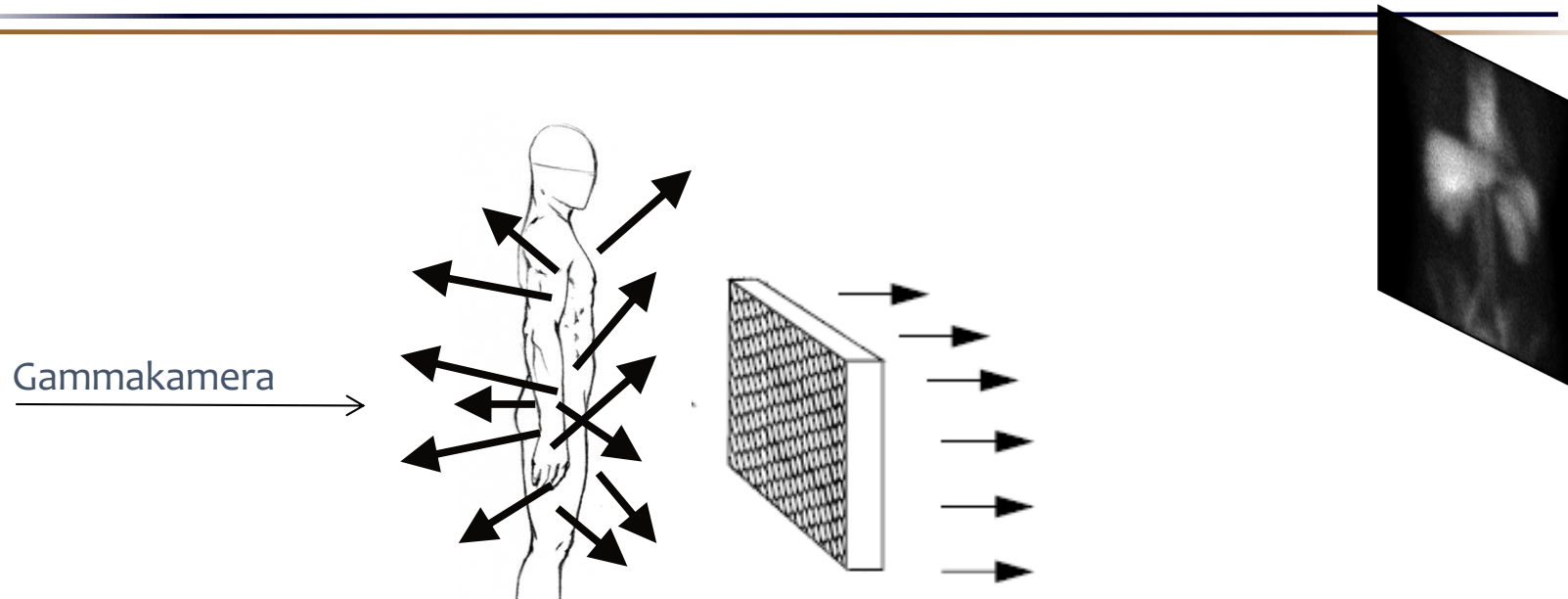


# Principerna bakom tomografi

Tomography: tomos = disk, section, graphy=Image,Graphic



# Grundläggande princip

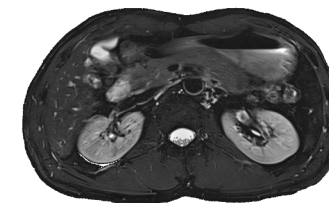
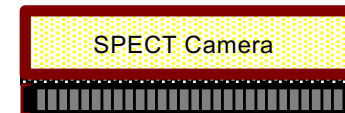


# Tomography

Mäter plan 2D-bilder i olika vinklar runt patienten

Samma aktivitetsfördelning kommer att ge olika bilder beroende på vinkeln

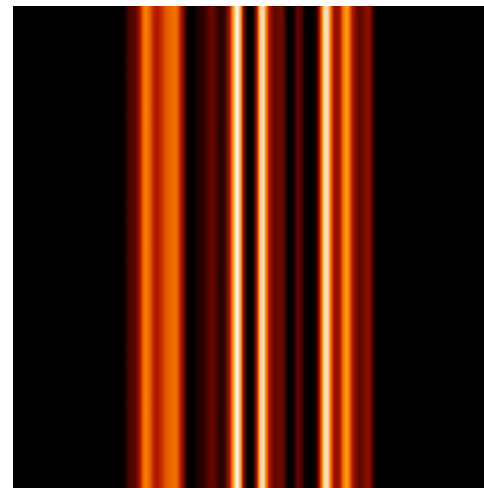
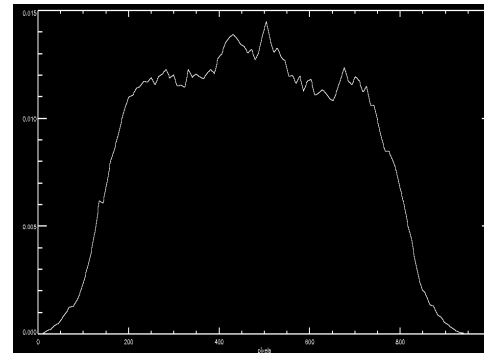
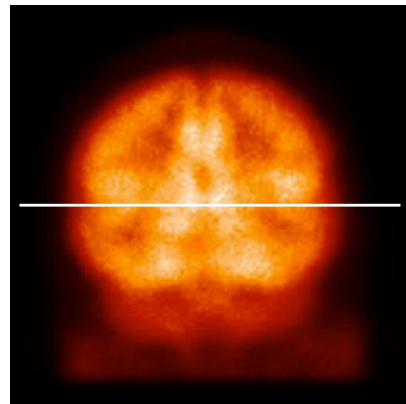
Använd detta för att besvara frågan med matematiska metoder



***Hur måste aktivitetsfördelningen se ut i 3D för att få dessa uppmätta bilder?***



# Filtrerad bakåtprojektion



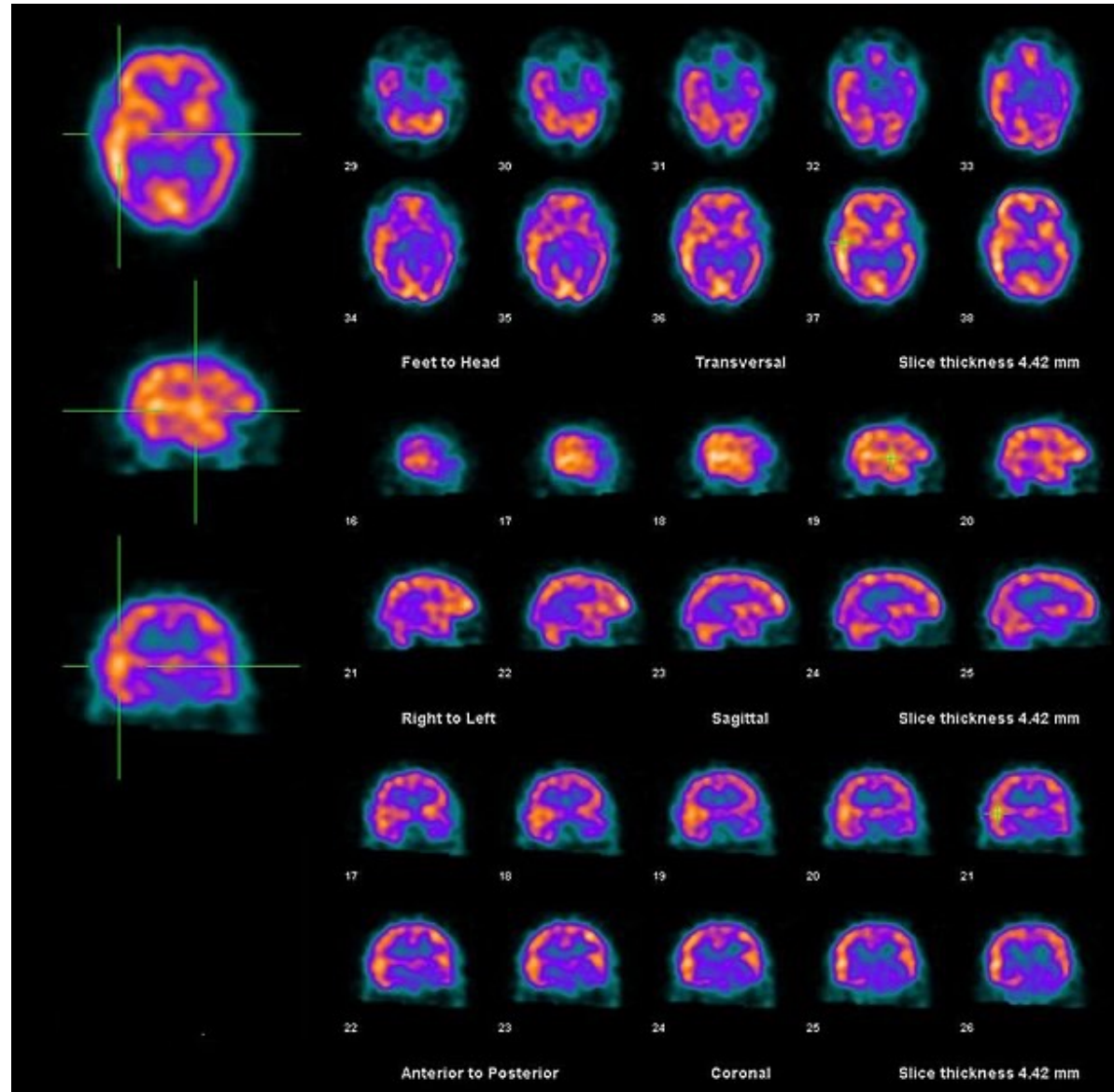
Rekonstruktion

$$f(x, y) = \int_0^{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} P_{\theta}(v) |v| LP(v) e^{i2\pi v r} dv d\theta$$

# 3D information

- 3D kub av tal som motsvarar radioaktiviteten i små volymselement och som kan orienteras i olika plan

- Transversal
- Coronal
- Sagittal



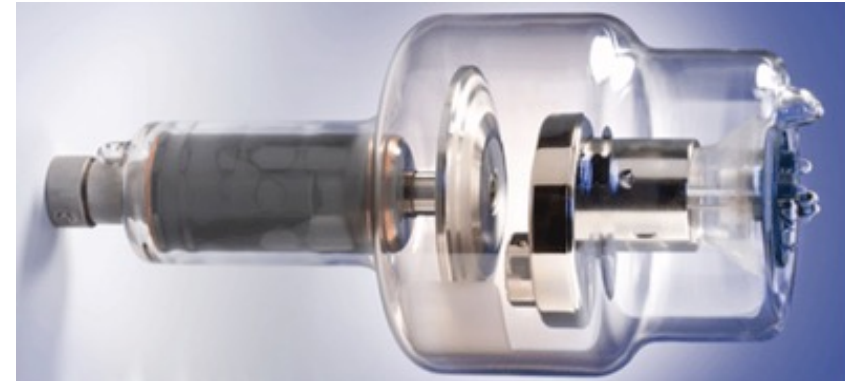


# Röntgen

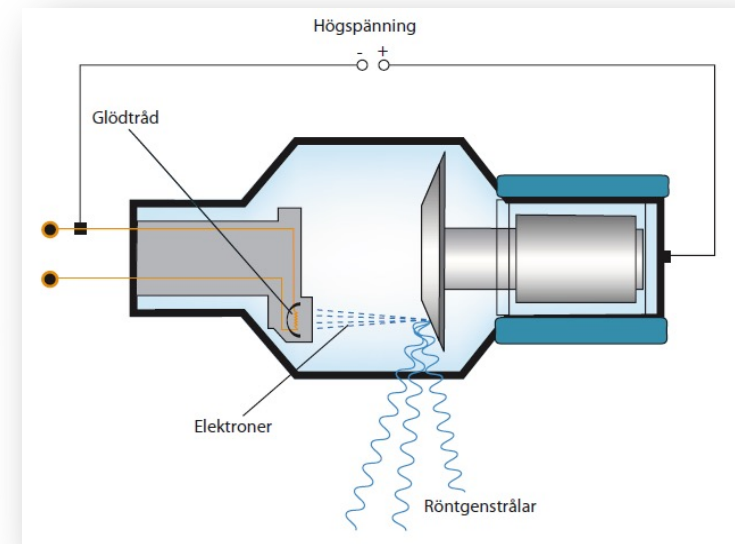




## Konventionell röntgen



Traditionellt röntgenrör





Röntgen är allt från 2D-bilder av täthetsvariationen till ...

## C-båge, biplansystem (angiografier)

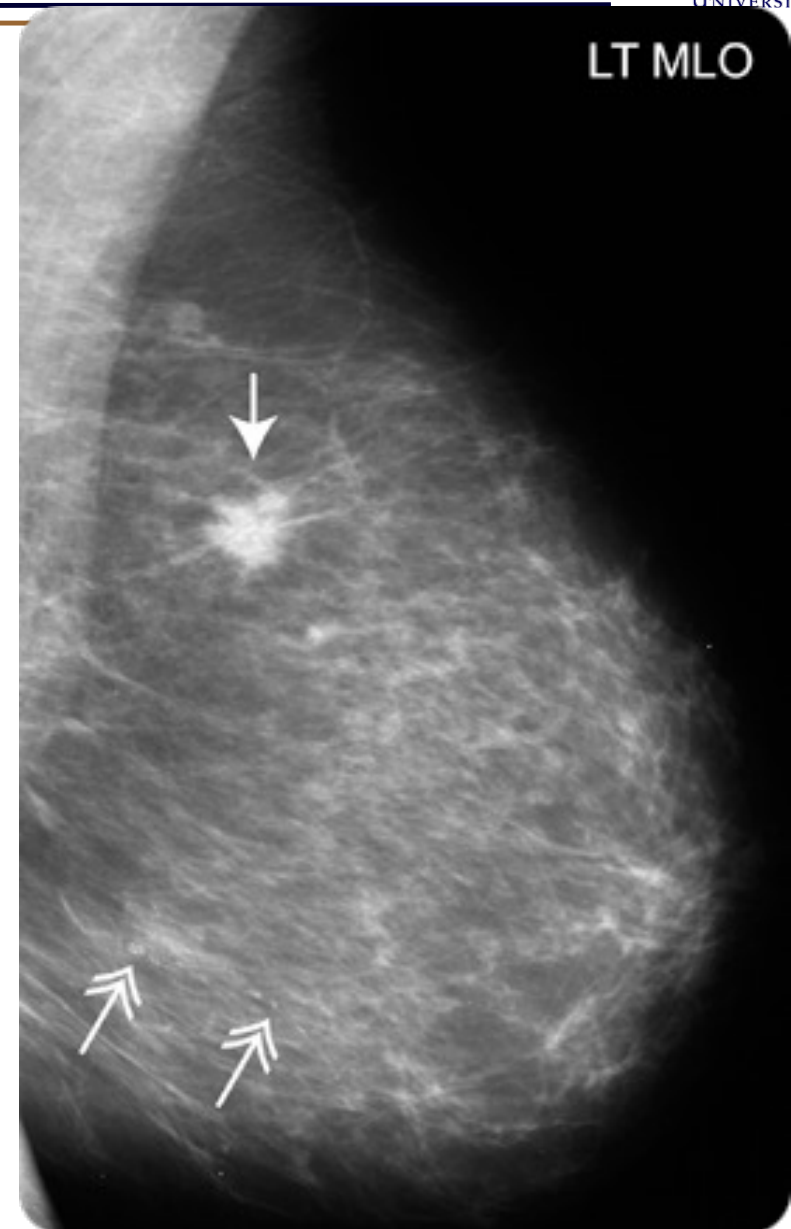


Blodkäril i hjärnan

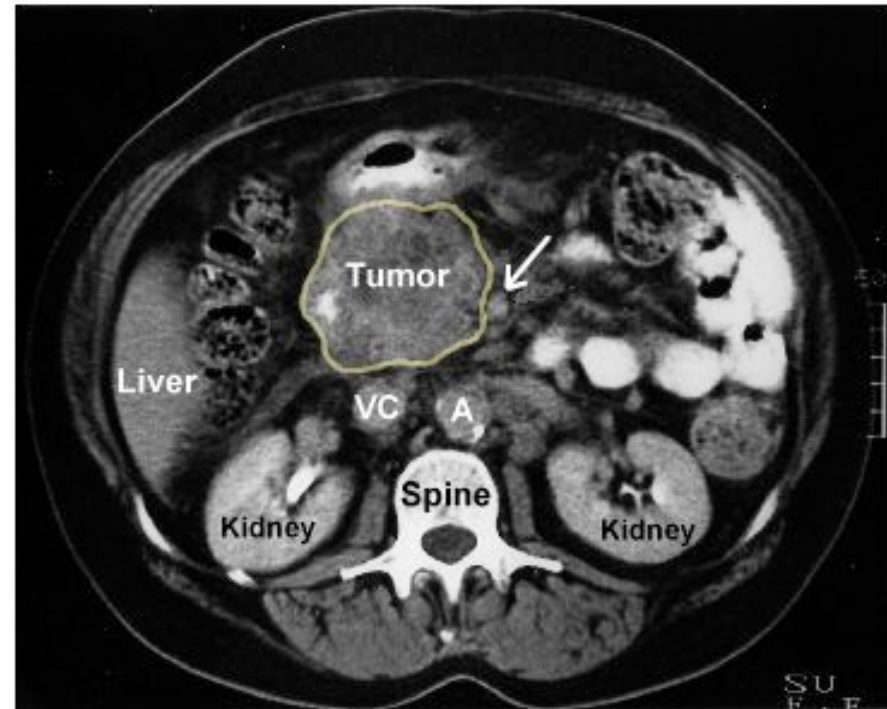


Fingerangiom

## Mammografi



## Datortomograf

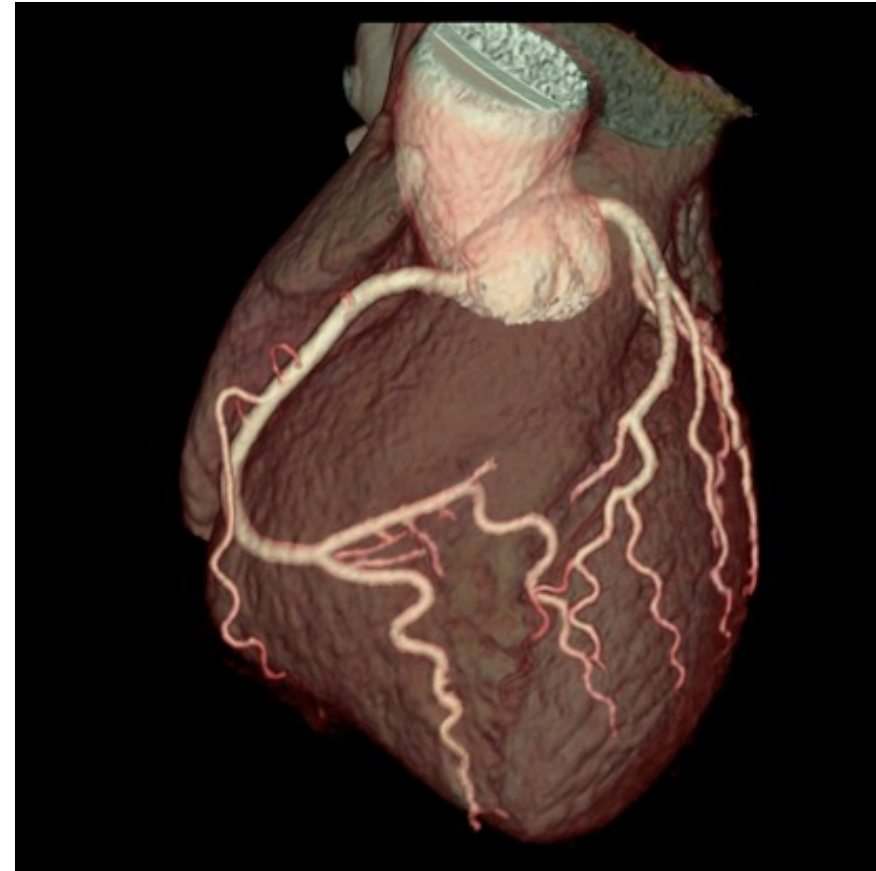


# CT-bilder



[https://www.youtube.com/watch?v=Prb5lcR8jqw&index=39&list=PLa0Del-3RpKxFkGY9sk7\\_0b\\_3Vf7495bj](https://www.youtube.com/watch?v=Prb5lcR8jqw&index=39&list=PLa0Del-3RpKxFkGY9sk7_0b_3Vf7495bj)

# CT-bilder



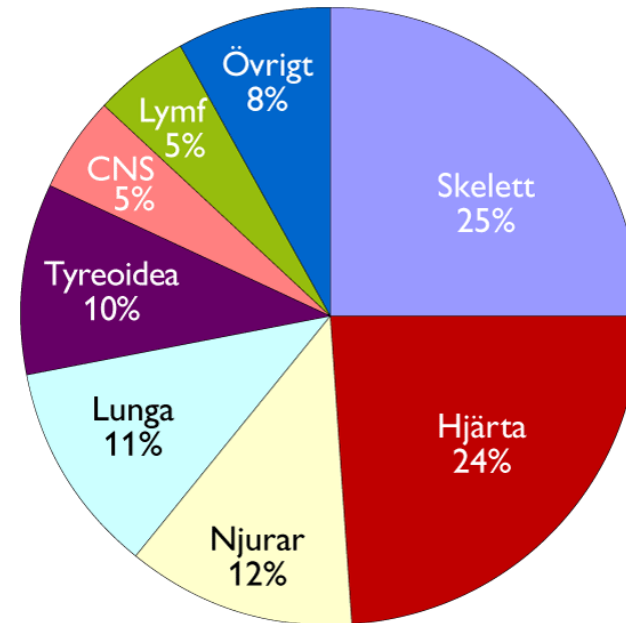


# Diagnostik med isotoper

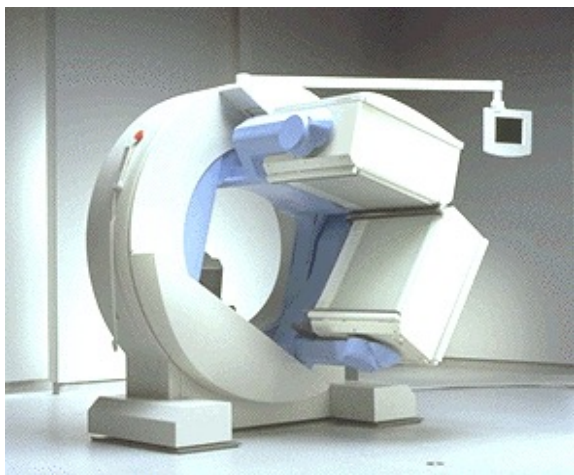




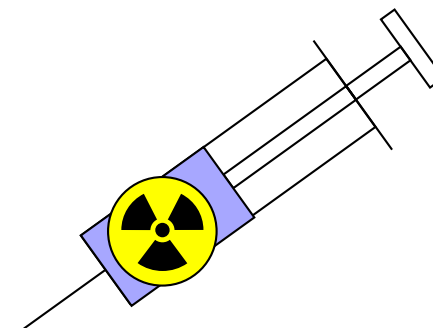
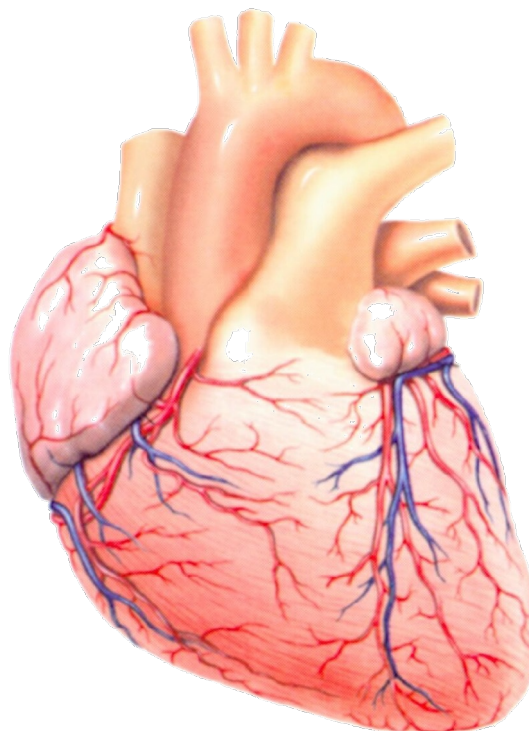
- Alla nukleärmedicinska undersökningar **avspeglar organfunktion, blodflöde eller metabolism** genom detektering av ett ökat eller minskat upptag av det givna radioaktiva läkemedlet.
- Scintillationskameran, vanligen kallad **gammakameran**, är det mest använda instrumentet för avbildning av aktivitetsfördelningen i ett organ inom nukleärmedicinsk diagnostik.



# Vad behövs då för att få en bild?



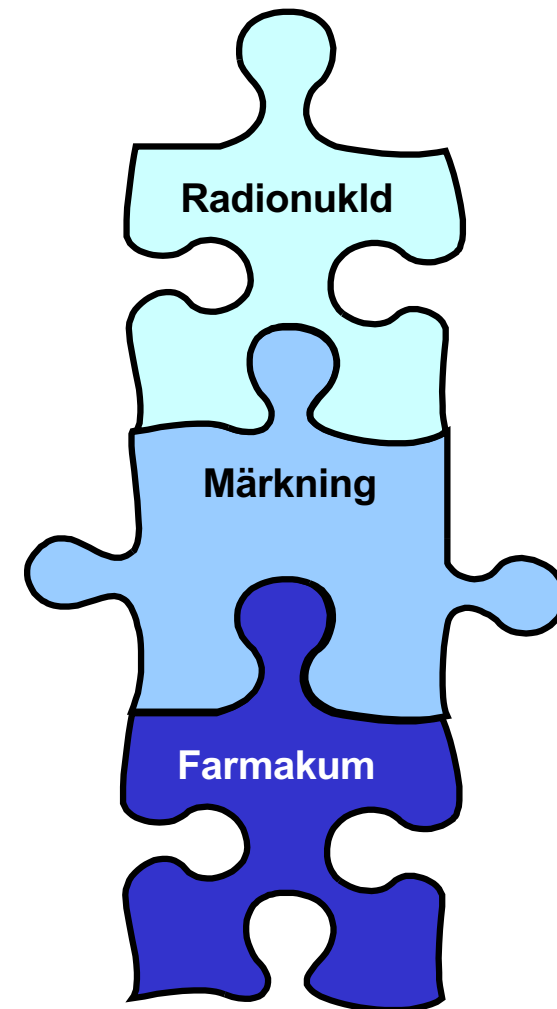
Scintillationskamera



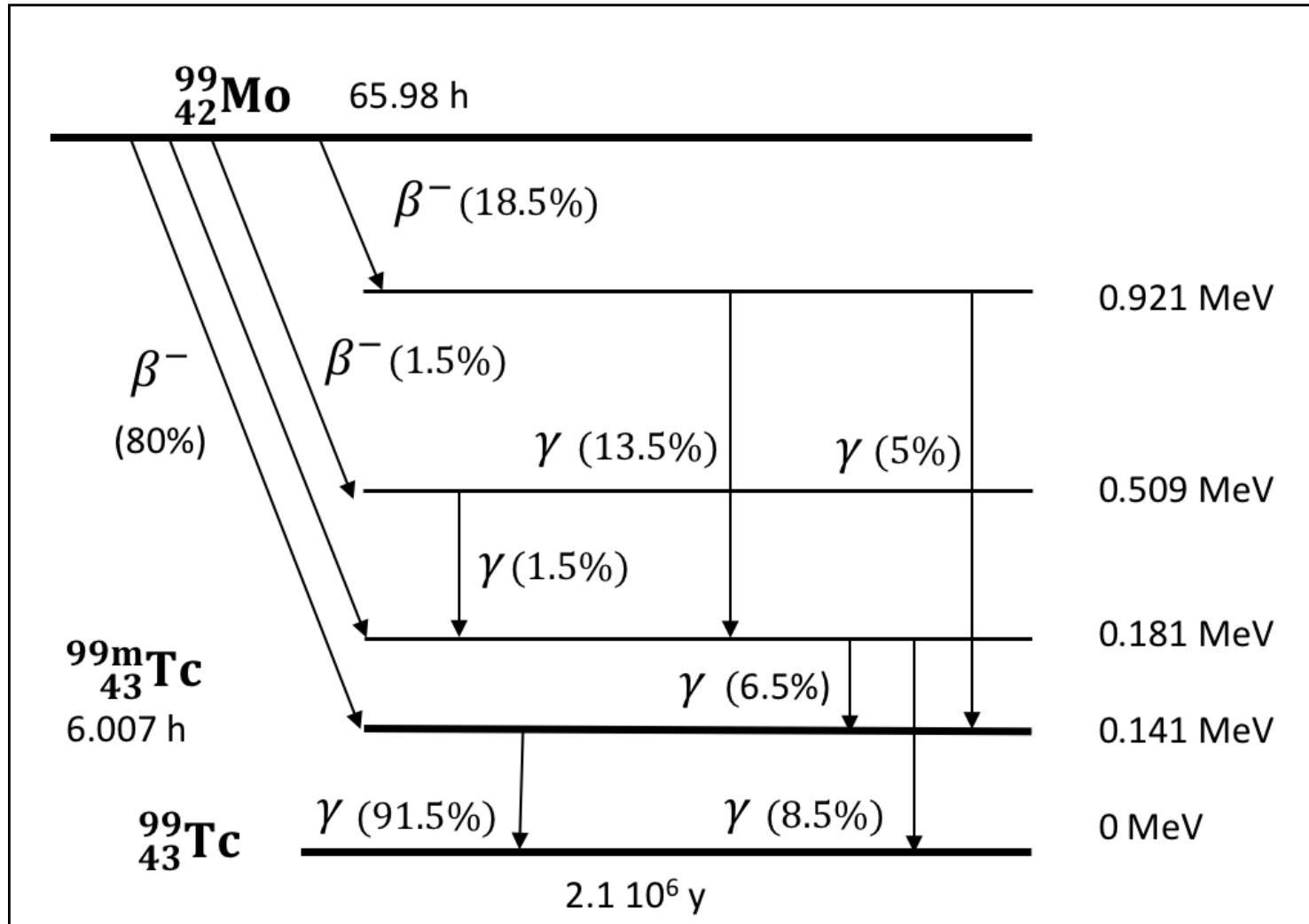
Radioaktivt spårämne  
**Radioaktivt läkemedel**



- Radionuklid - strålning
- Läkemedel - biomolekyl
- "Klister" - märkningsmetod



# $^{99}\text{Tc}^m$



# Vanliga radionuklider

isotope	symbol	Z	$T_{1/2}$	decay	photons	$\beta$
Imaging:						
fluorine-18	$^{18}\text{F}$	9	110 m	$\beta^+$	511 (193%)	0.664 (97%)
gallium-67	$^{67}\text{Ga}$	31	3.26 d	ec	93 (39%), 185 (21%), 300 (17%)	-
krypton-81m	$^{81\text{m}}\text{Kr}$	36	13.1 s	IT	190 (68%)	-
rubidium-82	$^{82}\text{Rb}$	37	1.27 m	$\beta^+$	511 (191%)	3.379 (95%)
technetium-99m	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	43	6.01 h	IT	140 (89%)	-
indium-111	$^{111}\text{In}$	49	2.80 d	ec	171 (90%), 245 (94%)	-
iodine-123	$^{123}\text{I}$	53	13.3 h	ec	159 (83%)	-
xenon-133	$^{133}\text{Xe}$	54	5.24 d	$\beta^-$	81 (31%)	0.364 (99%)
thallium-201	$^{201}\text{Tl}$	81	3.04 d	ec	69–83* (94%), 167 (10%)	-
Therapy:						
yttrium-90	$^{90}\text{Y}$	39	2.67 d	$\beta^-$	-	2.280 (100%)
iodine-131	$^{131}\text{I}$	53	8.02 d	$\beta^-$	364 (81%)	0.807 (100%)



LUND  
UNIVERSITY

# Gammakameran

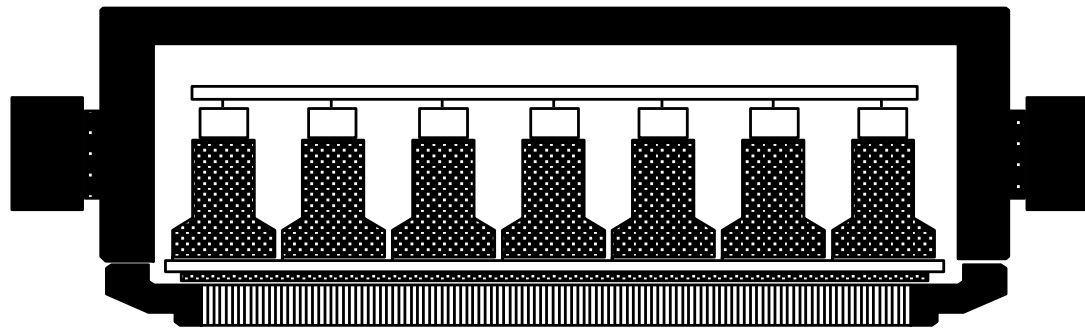


# Scintillationskameran

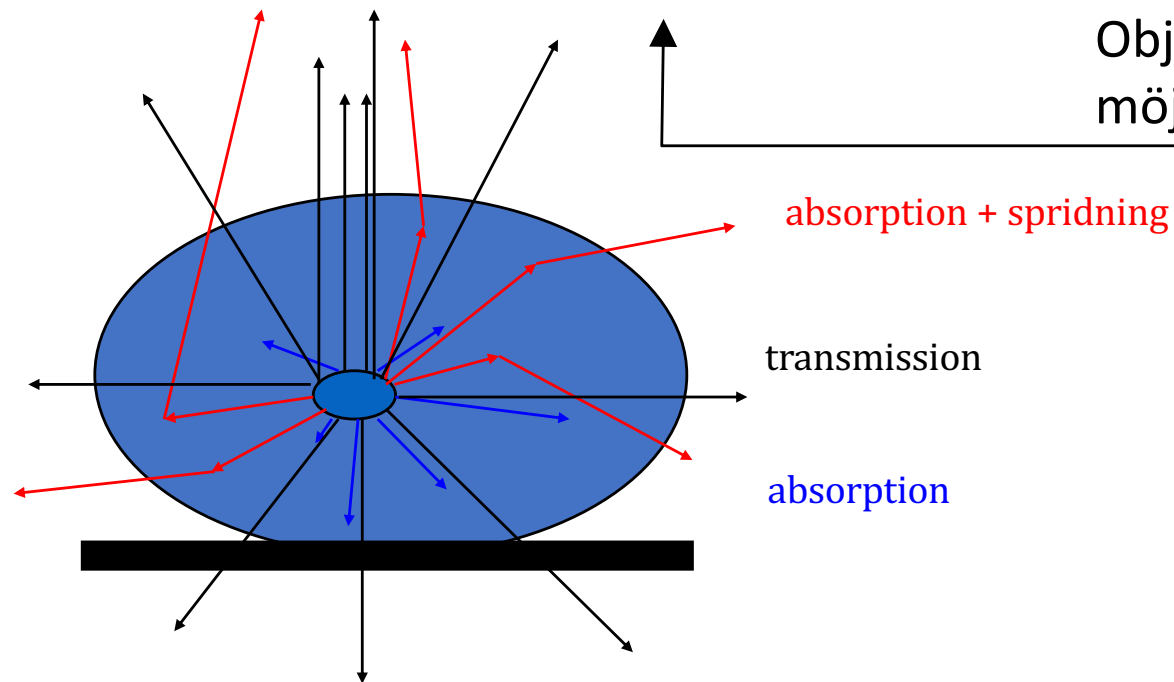
- ❑ Mäter fotoner från en radioaktiv fördelning i en patient
- ❑ Kan bestämma lokaliseringen
- ❑ Bilder speglar funktionen (ej morfologi)



# Vad händer med strålningen i patienten?



Objektiv som möjliggör en bild





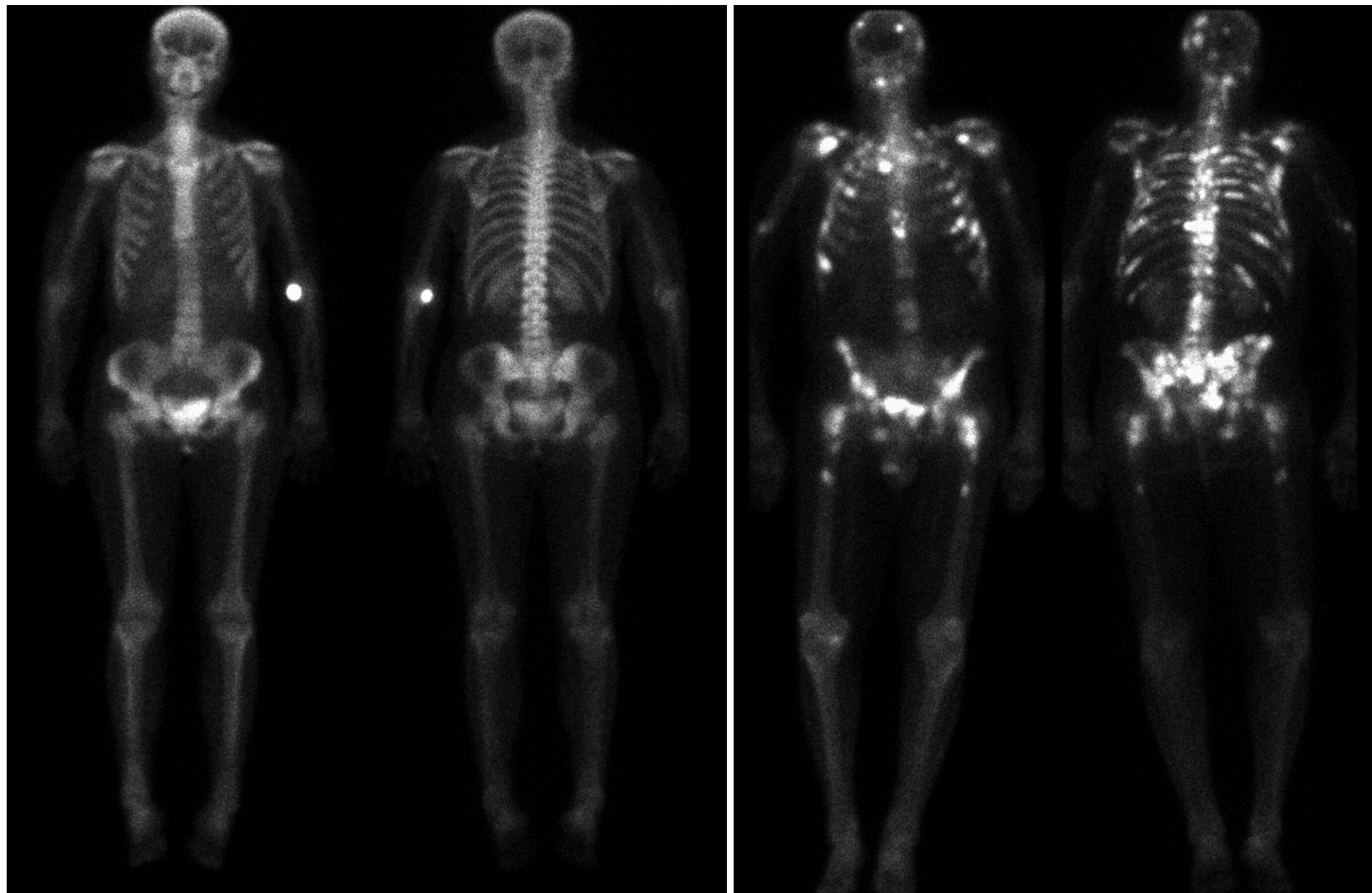
# Exempel på planar bild – skelett scintigrafi



Substans som söker sig  
till skelettet

Högra bilderna tagna  
i ett tidigt skede då  
mycket av substansen  
fortfarande finns  
i blodet

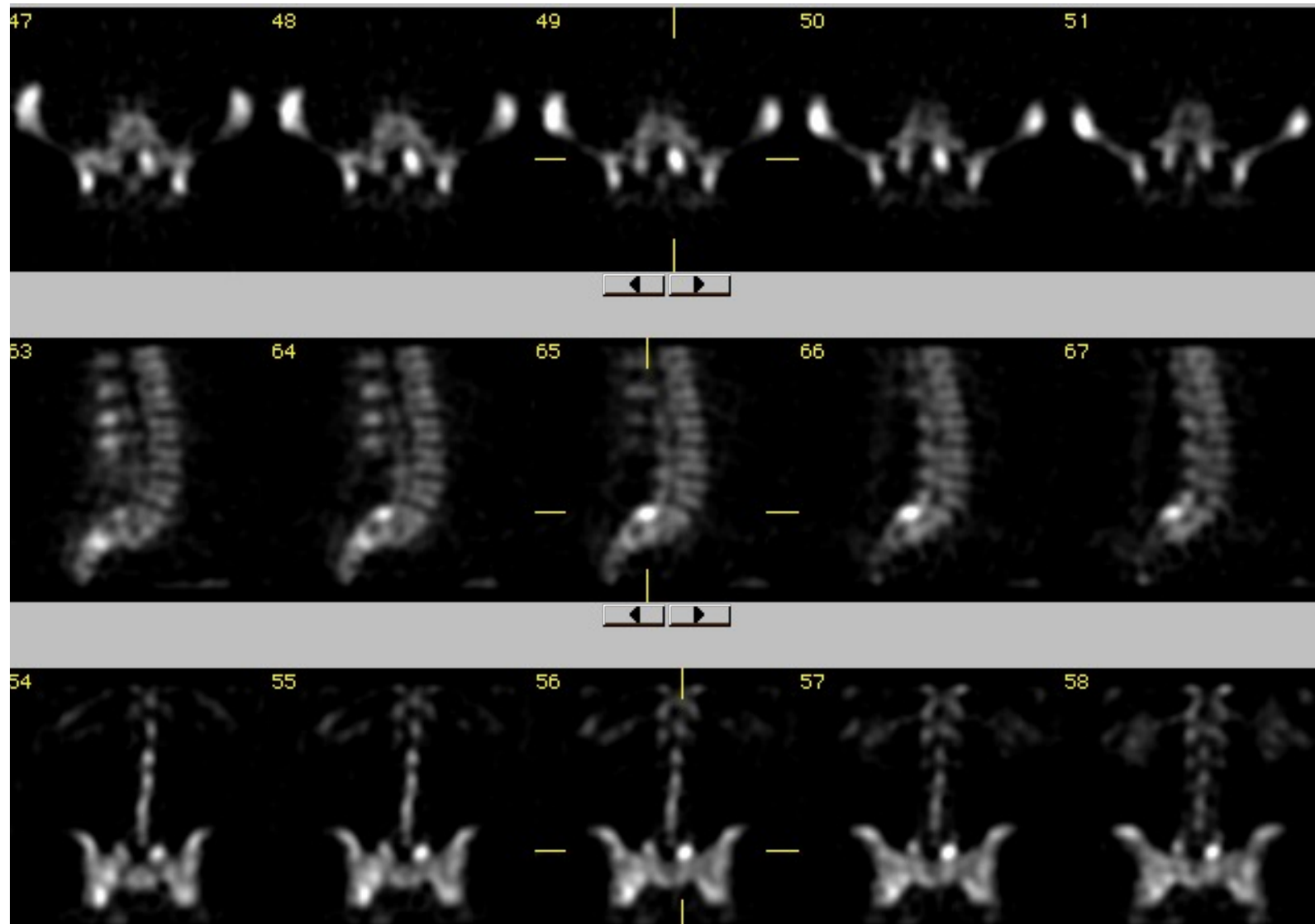
# Skelettscintigafi



Normalt skelettscintigafi

Metastasering från prostatacancer

# Skelettscintigrafi – Tomografi (SPECT)





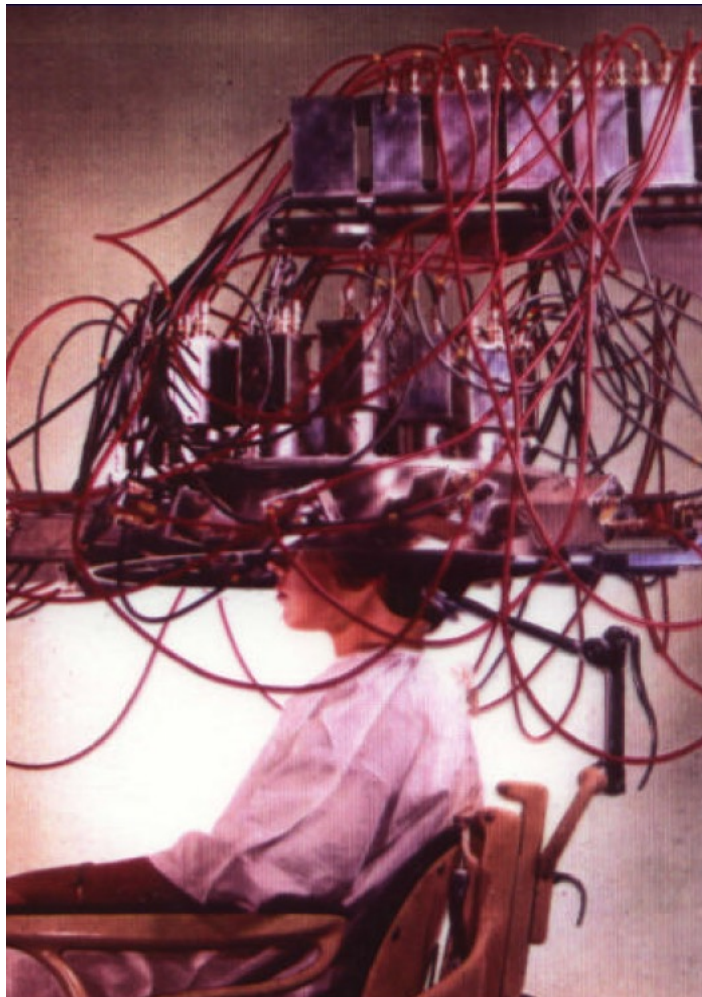
# PET – Positron Emissions Tomografi



# PET - system

---

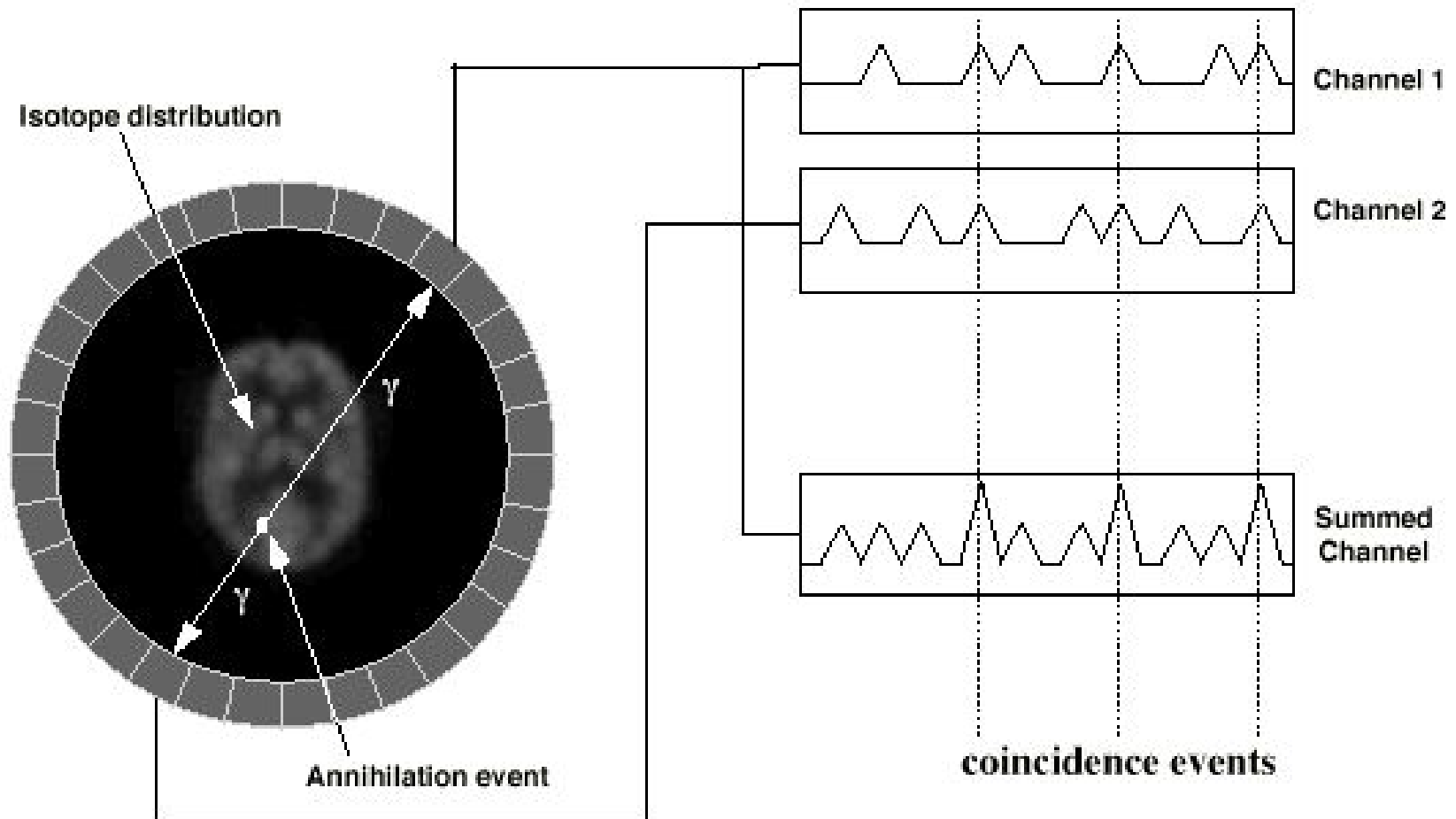
Tidigt experiment PET system



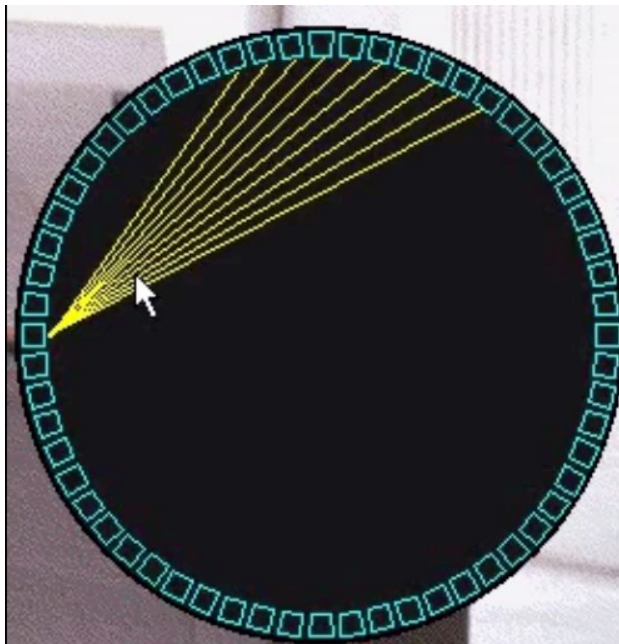
Modernt PET system



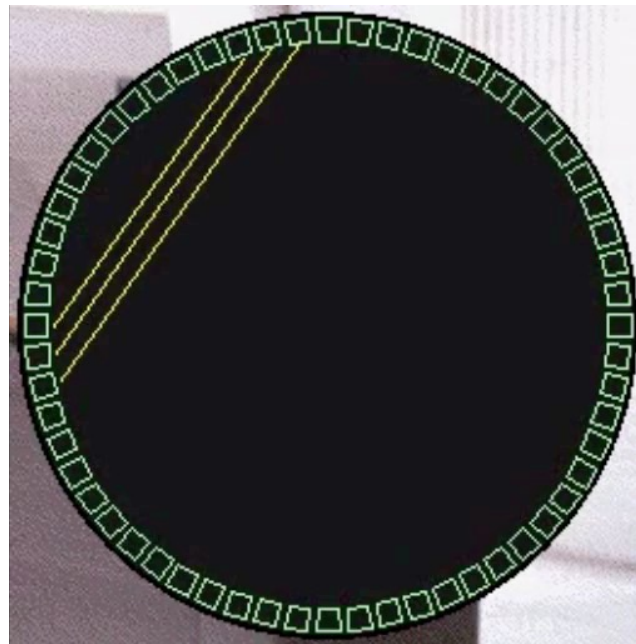
# Koincidensmätning



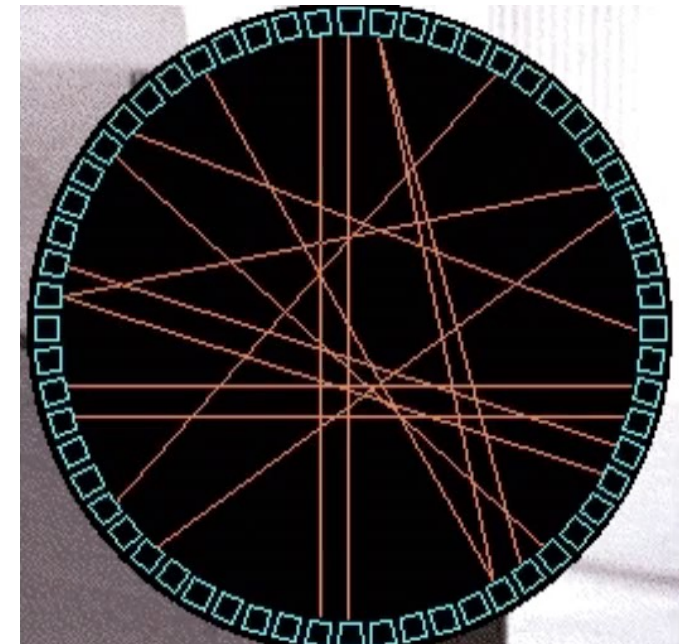
# Grundläggande princip - PET



Koinsidensmätningar

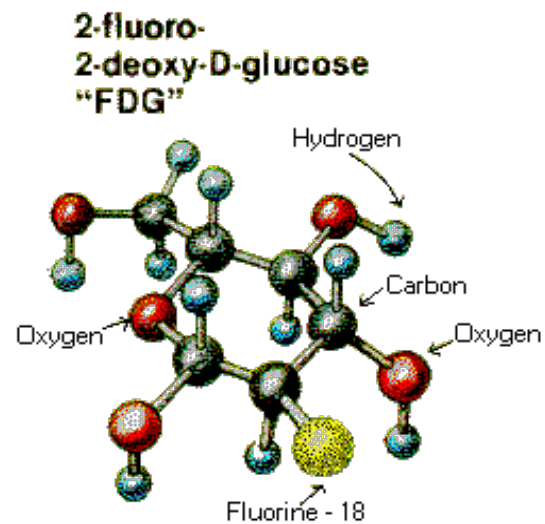


Omstrukturering



Bildrekonstruktion

# Tumörceller gillar socker...



Radioaktivt  
märkt glukos



Bild framifrån



Bild från vänster sida



Cancer i lymfsystemet  
(Hodgkins lymfom)

Cytostatikabehandling



*Före behandling*



*3 veckor efter behandling*



*6 veckor efter behandling*



# Hybridsystem



# Hybridsystem

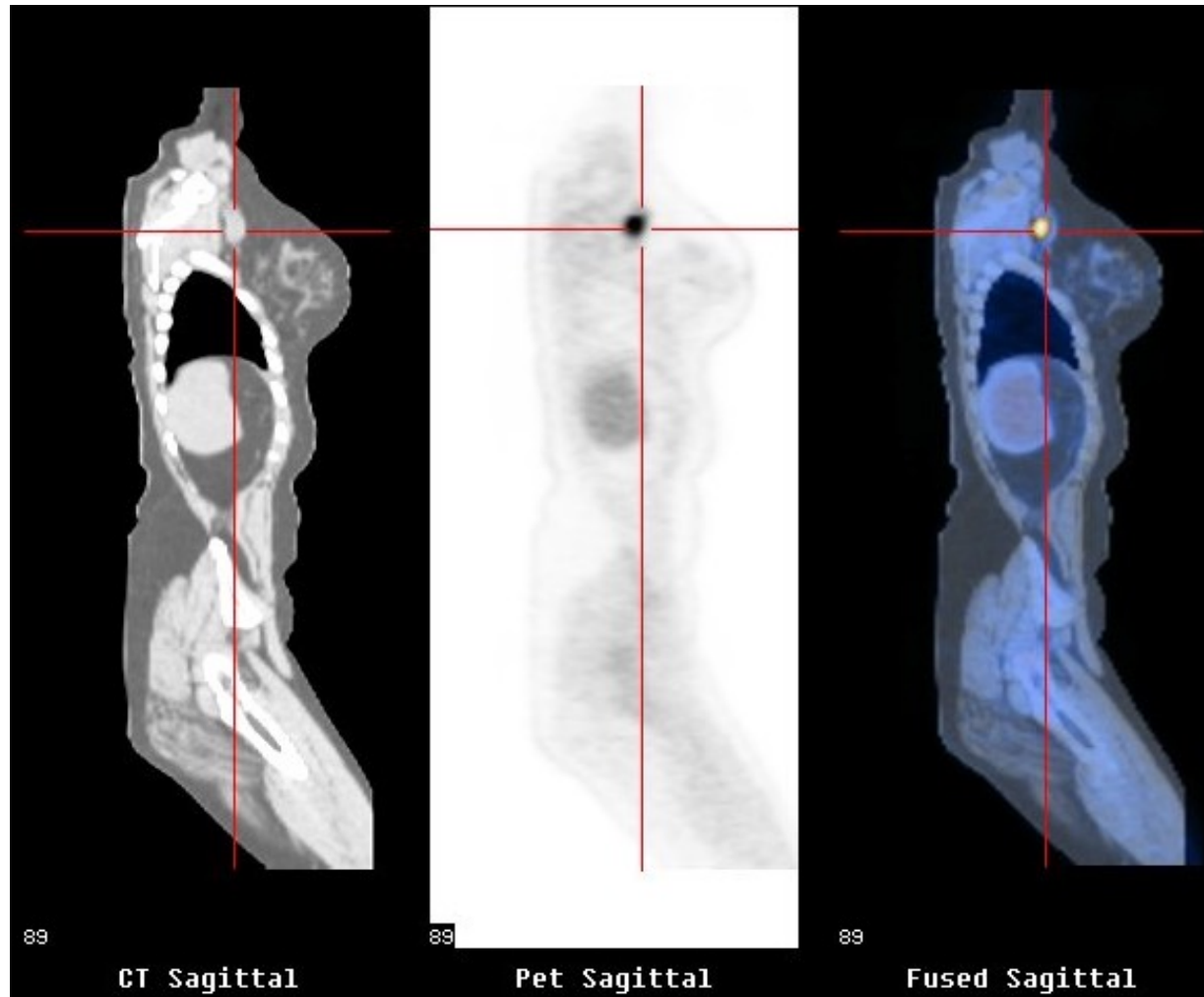
## PET/CT



## SPECT/CT



# PET/CT





# Strålbehandling



# Var tredje svensk får cancer

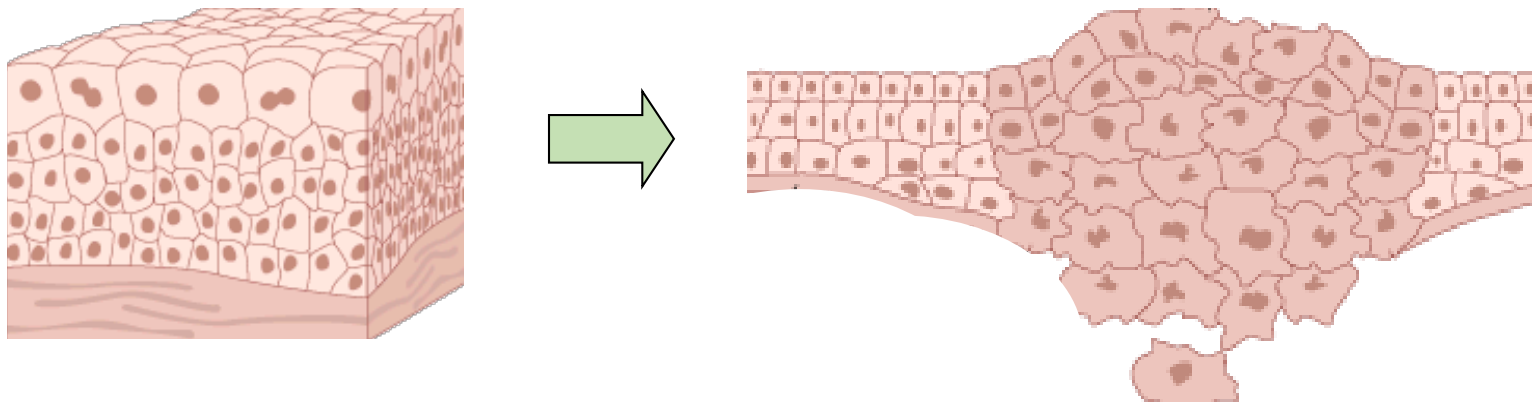
- hälften behandlas med strålterapi



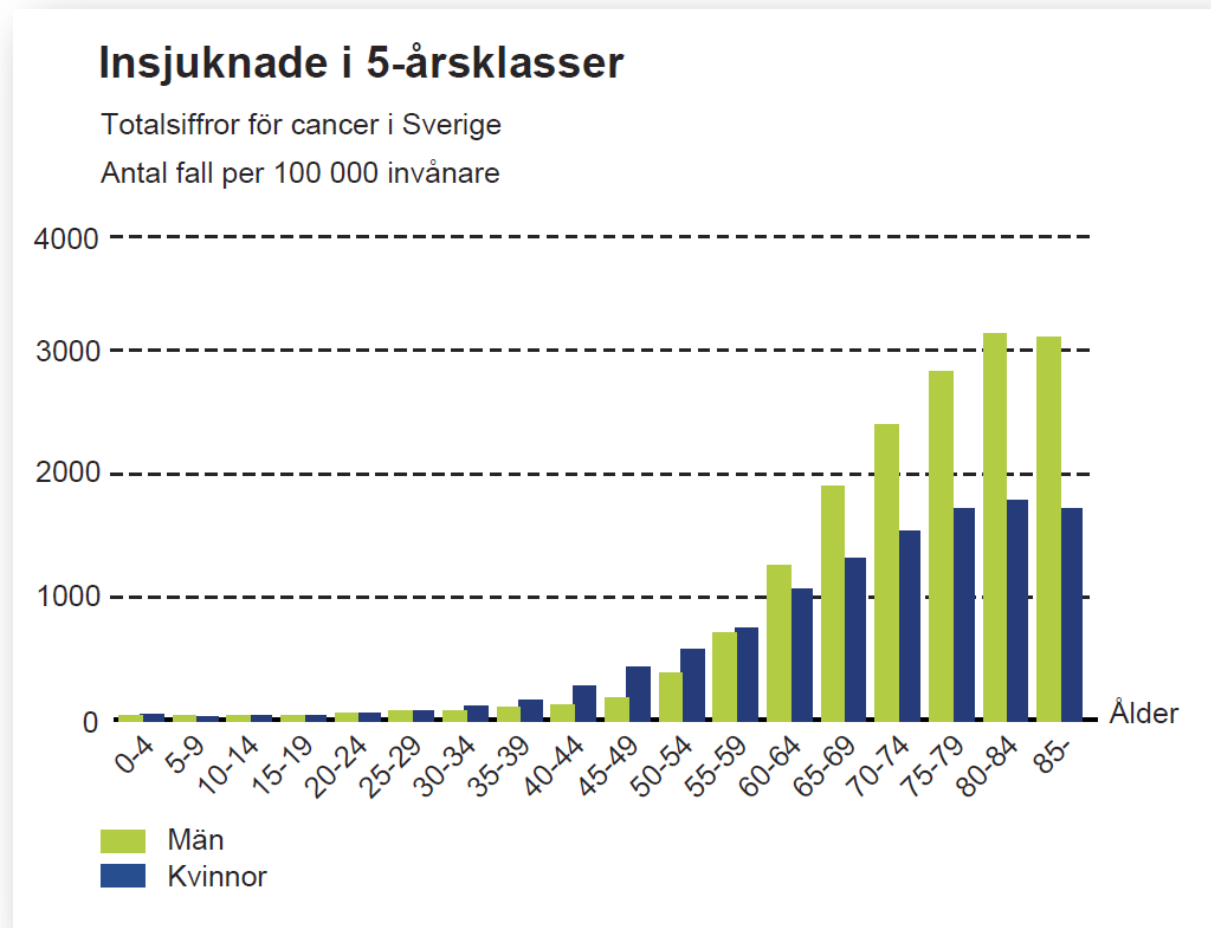
# Cirka 100 svenskar per dag får cancer

- ❑ Livsstilsfaktorer
- ❑ Miljöföroreningar / miljögifter
- ❑ Ärftliga faktorer
- ❑ Virus (humant papillom virus, HPA)
- ❑ Joniserande strålning
- ❑ ?

Prostatacancer	37 %
Bröstcancer	30 %
Tjocktarm	15 %
Lungcancer	13 %



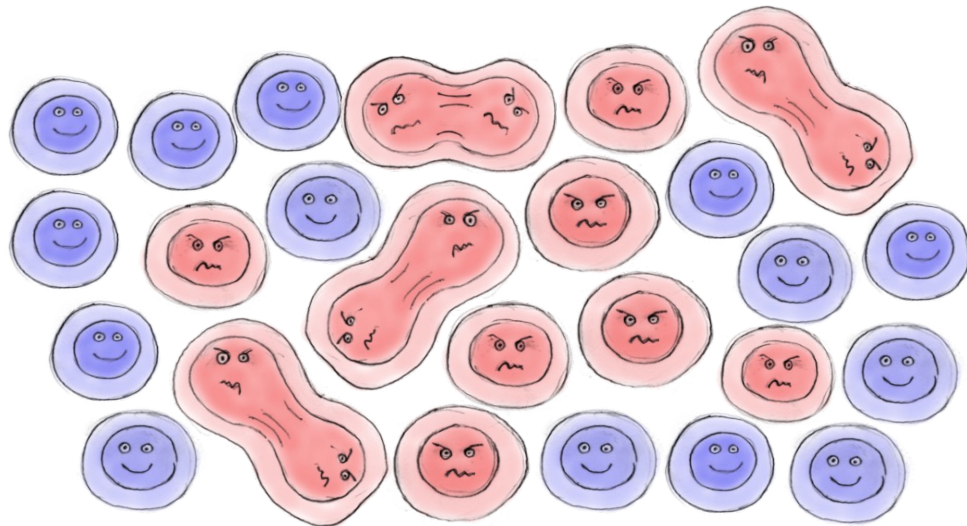
# Cancer är en ålderssjukdom



[www.cancerfonden.se](http://www.cancerfonden.se) (2009)



# Hur botas cancer med strålbehandling?

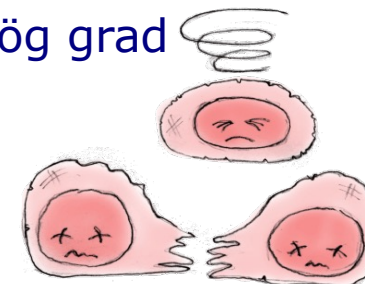


Strålning ger skador  
på arvsmassan (DNA)



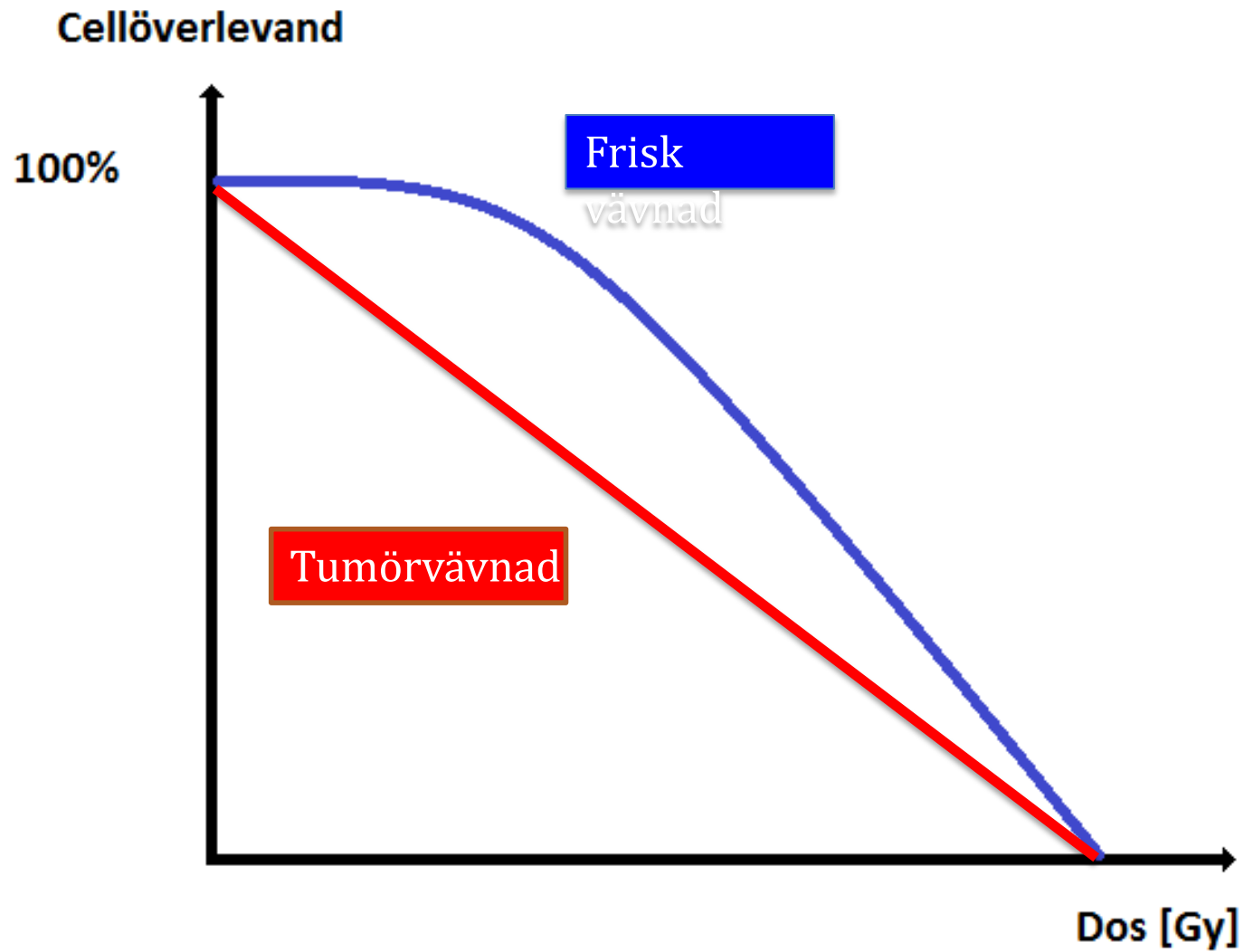
Normala celler reparerar en DNA-skada i hög grad

Tumörceller reparerar en DNA-skada i låg grad



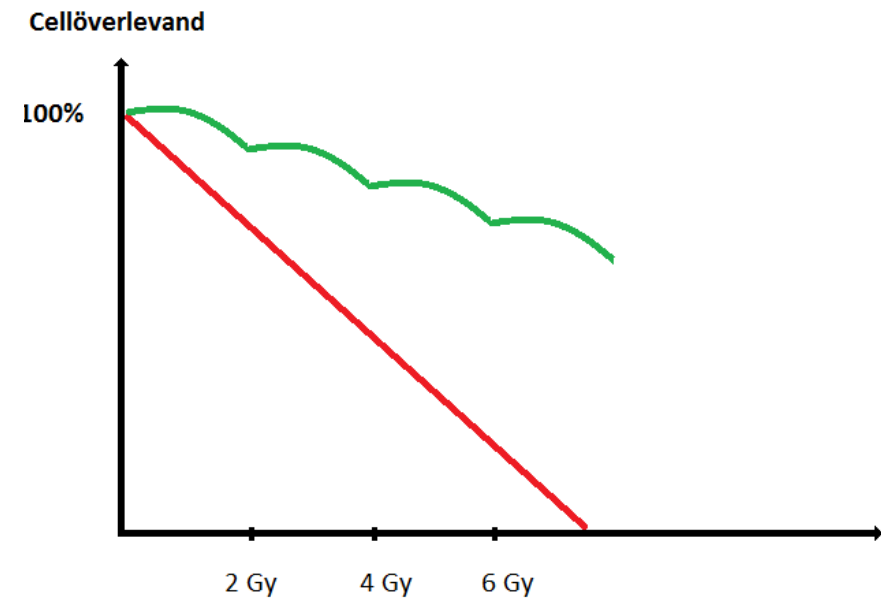
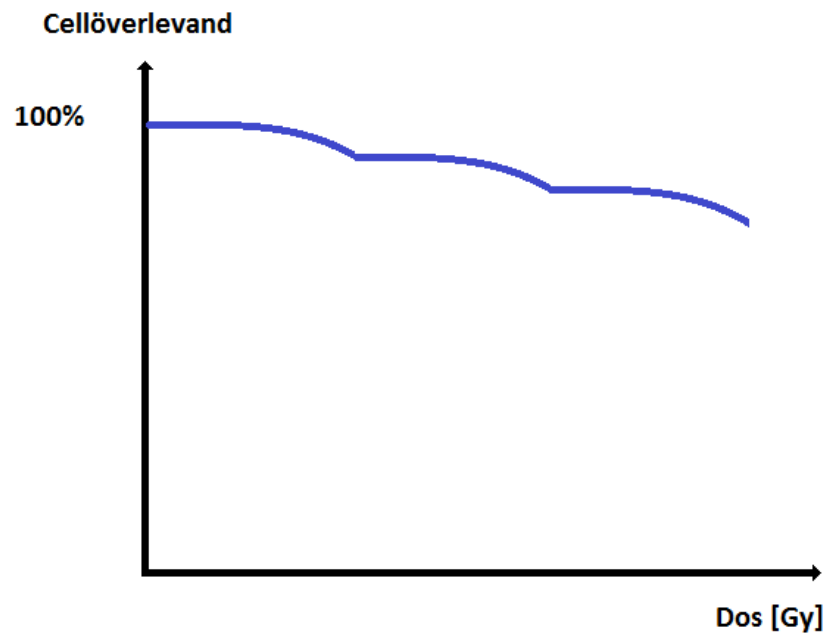
Dosering med en daglig stråldos under 5-7 veckor är effektivast för att slå ut tumören och skonsammast för den friska vävnaden – fraktionerad strålterapi.

# Cellöverlevnad

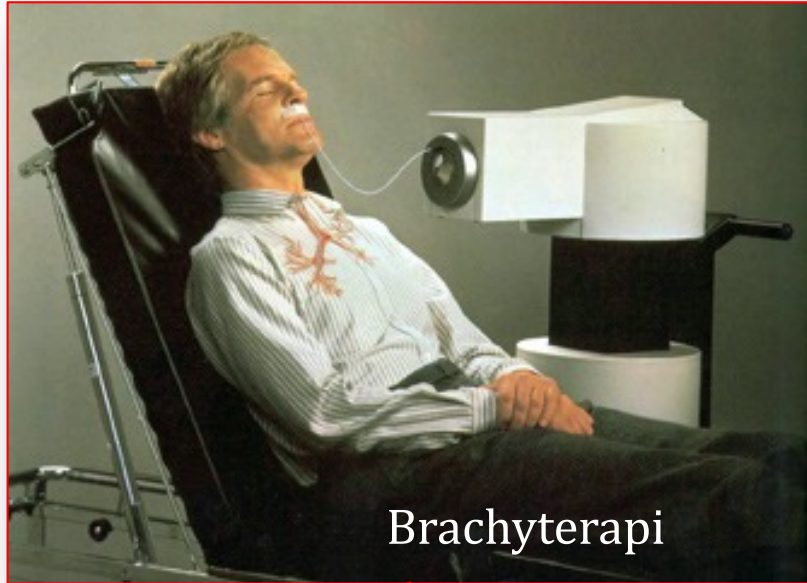


# Fraktionering av dosen

Skuldran upprepas – friska celler hinner repareras!



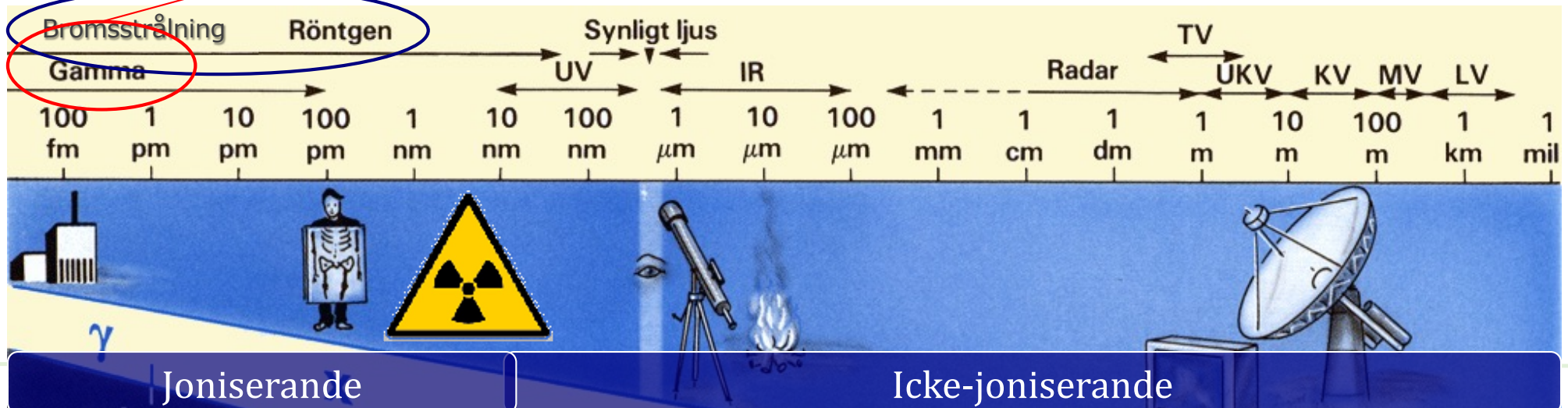
# Strålbehandling



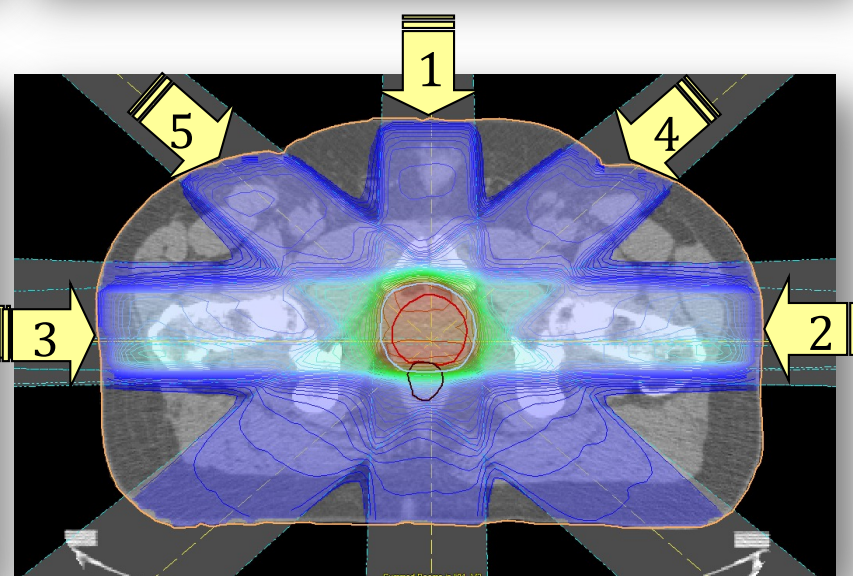
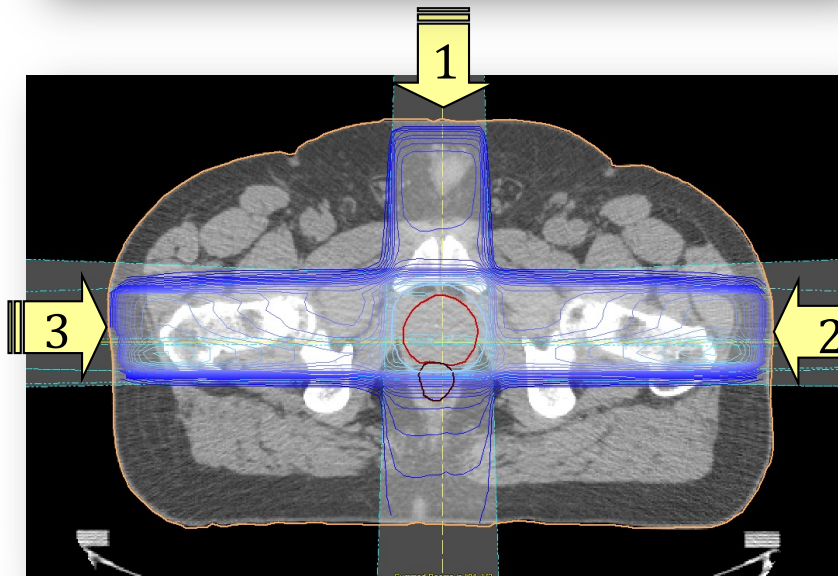
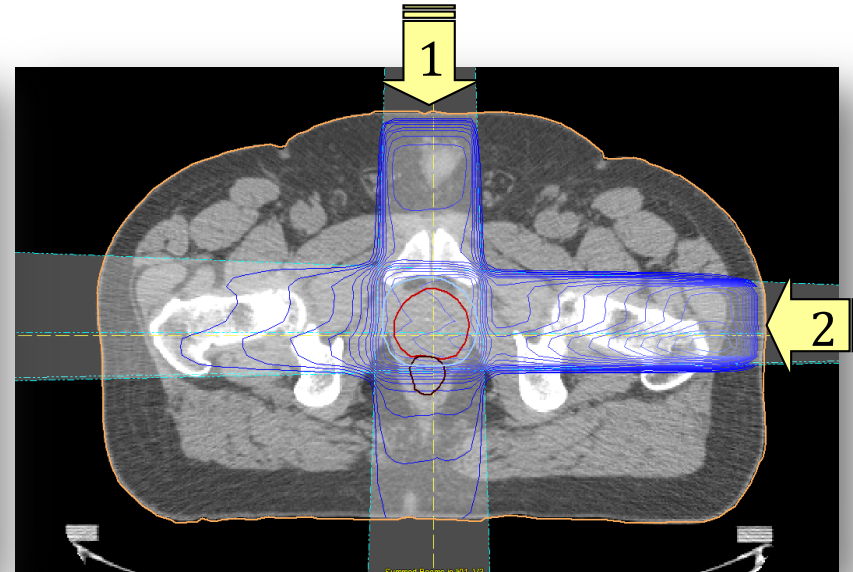
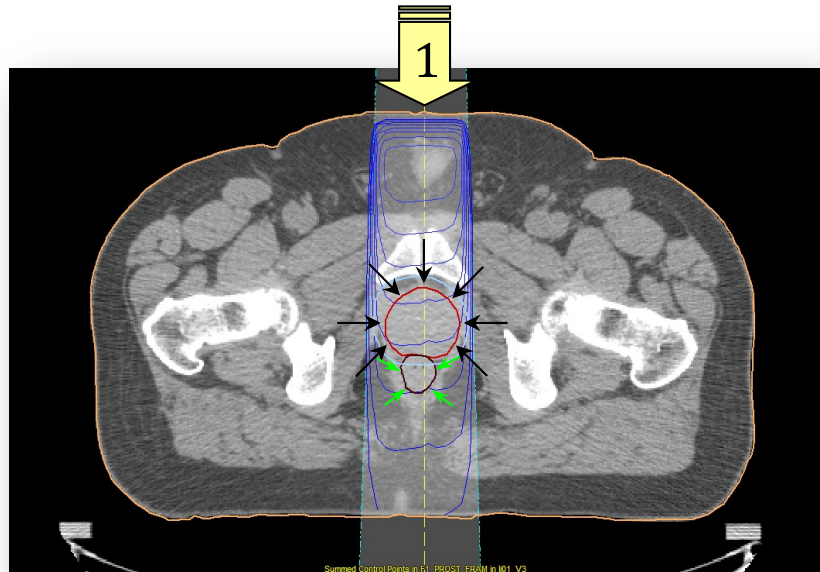
Linjäraccelerator med inbyggd röntgen



4-18 MV röntgenstrålning



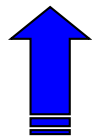
# Dosplanering



# Strålbehandlingsprocessen



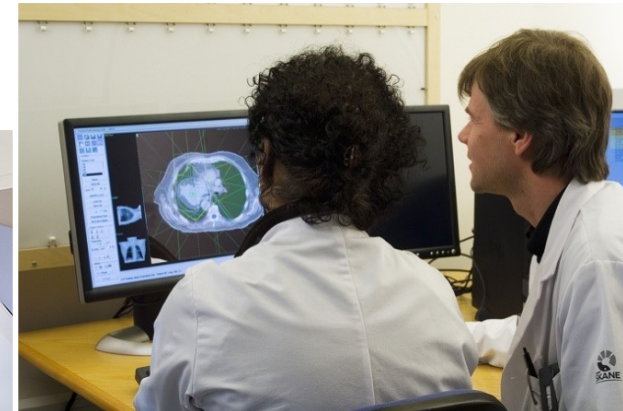
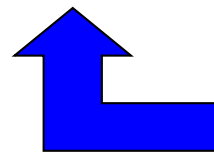
Skiktröntgen (CT)



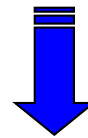
Fixation



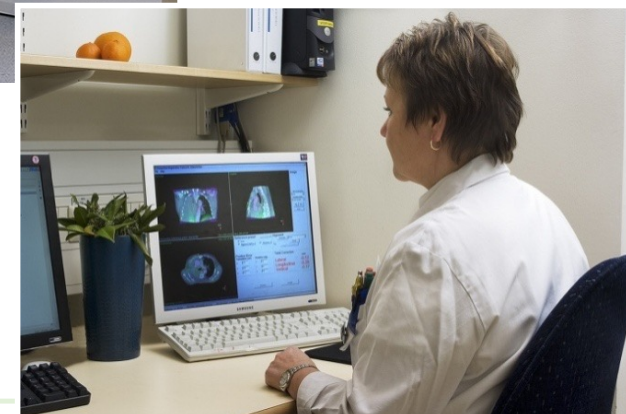
Behandling



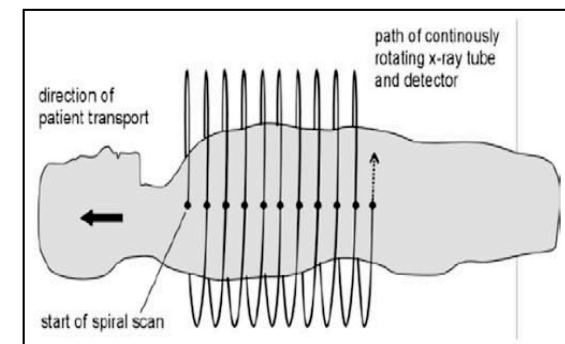
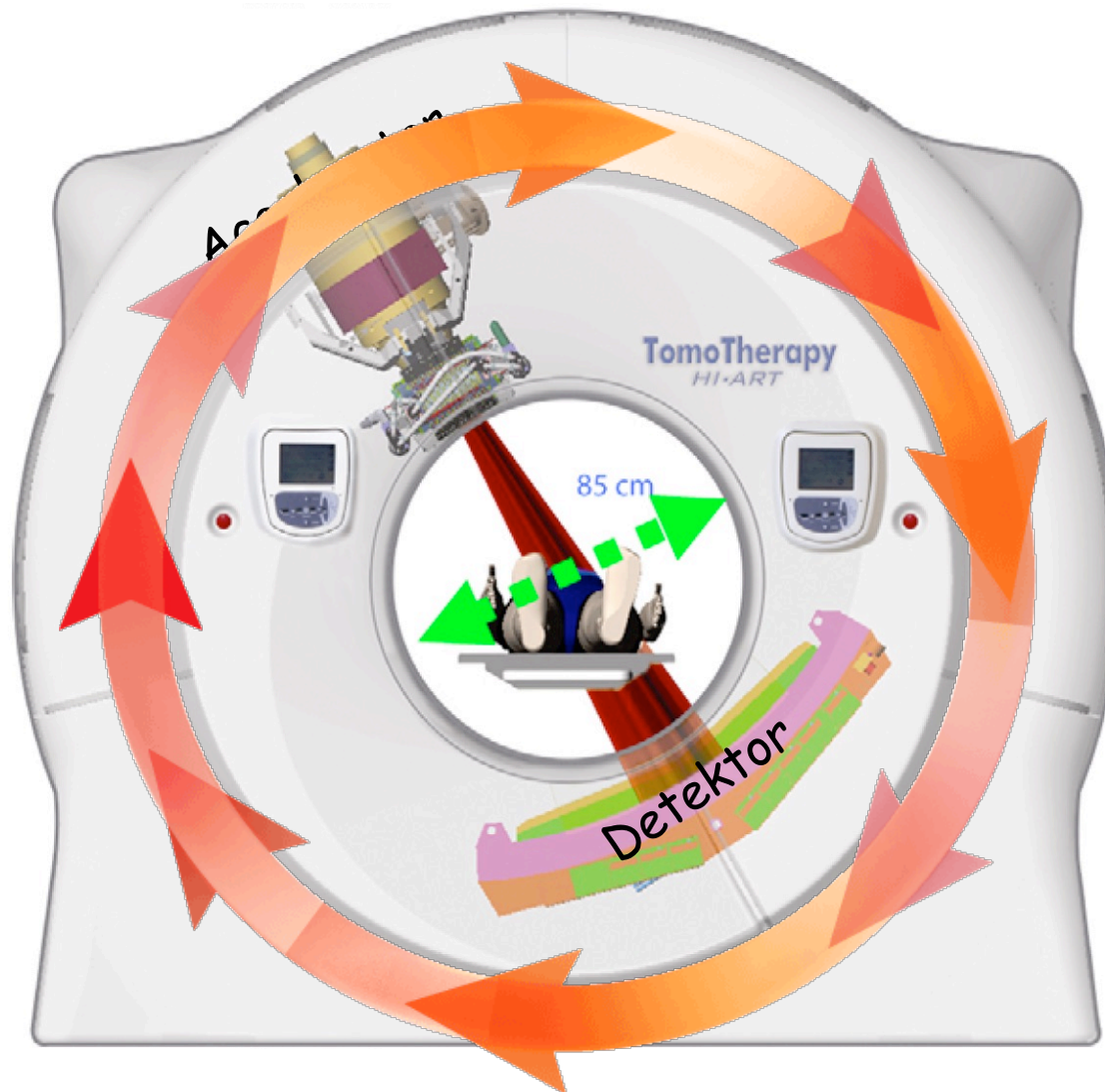
Inritning av tumör  
och riskorgan  
Dosplanering



Verifikation



# Tomoterapi – en ny typ av strålbehandlings-maskin



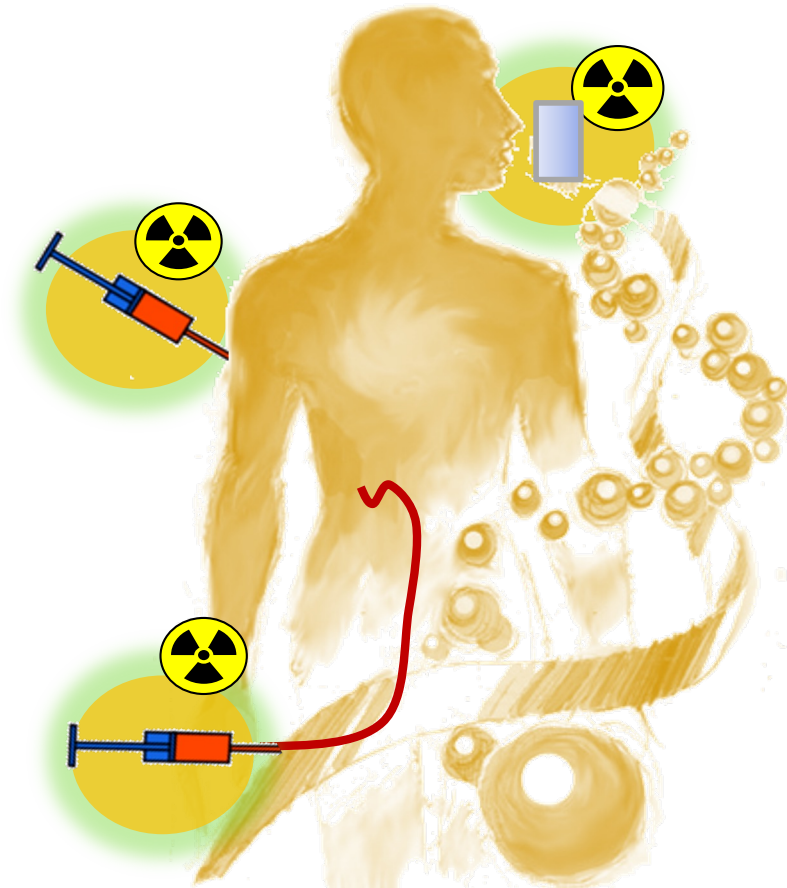


LUND  
UNIVERSITY

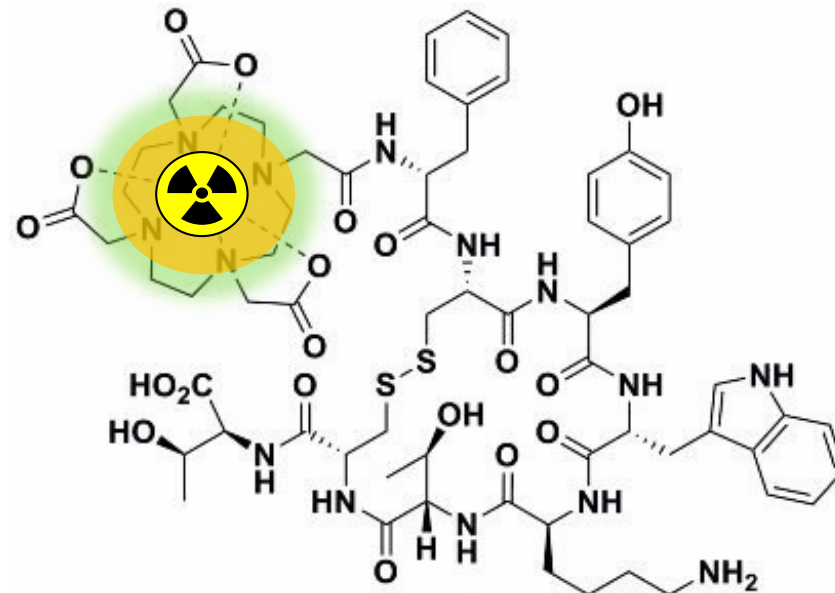
# Radionuklidbehandling







Använder läkemedel som är märkta med radionuklider

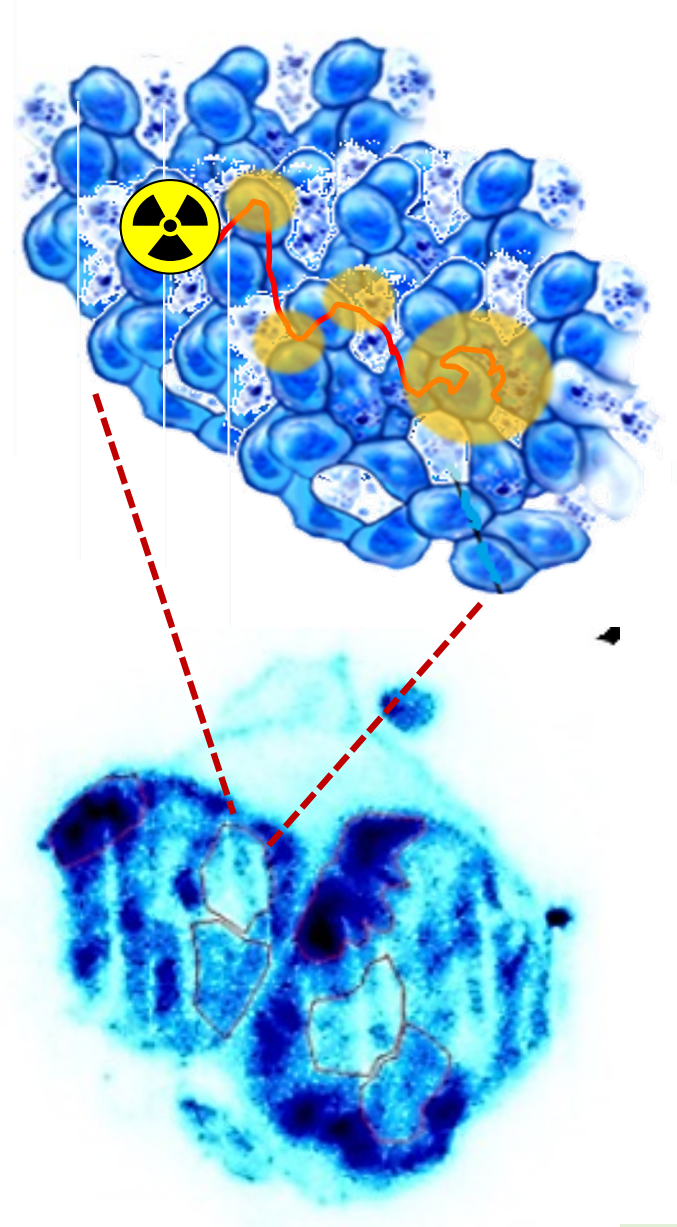


## Radionuklider:

$^{131}\text{I}$ ,  $^{177}\text{Lu}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{166}\text{Ho}$ ,  
 $^{153}\text{Sm}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{223}\text{Ra}$

avger partiklar vid  
radioaktivt sönderfall:

- $\beta^-$  particles  
(electrons)
- $\alpha$  particles (Helium  
nuclei)

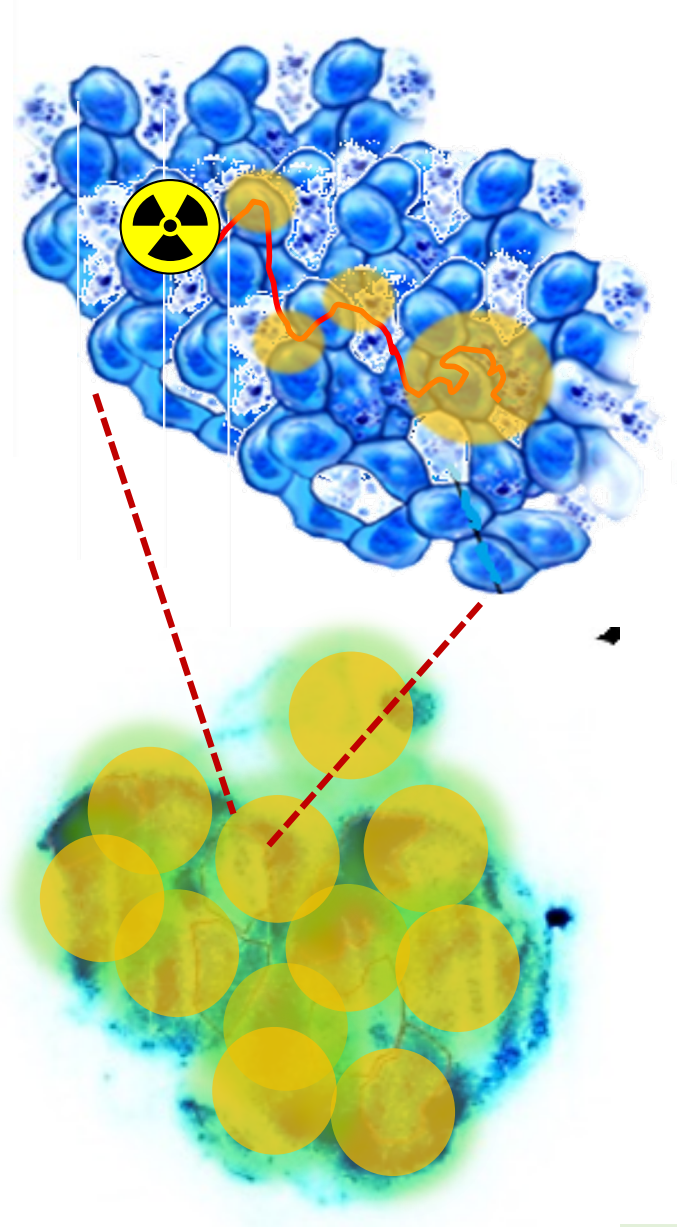


## Radionuklider:

$^{131}\text{I}$ ,  $^{177}\text{Lu}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{166}\text{Ho}$ ,  
 $^{153}\text{Sm}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{223}\text{Ra}$

avger partiklar vid  
radioaktivt sönderfall:

- $\beta^-$  Partiklar  
(Elektroner)
- $\alpha$  Partiklar (Helium  
kärnor)



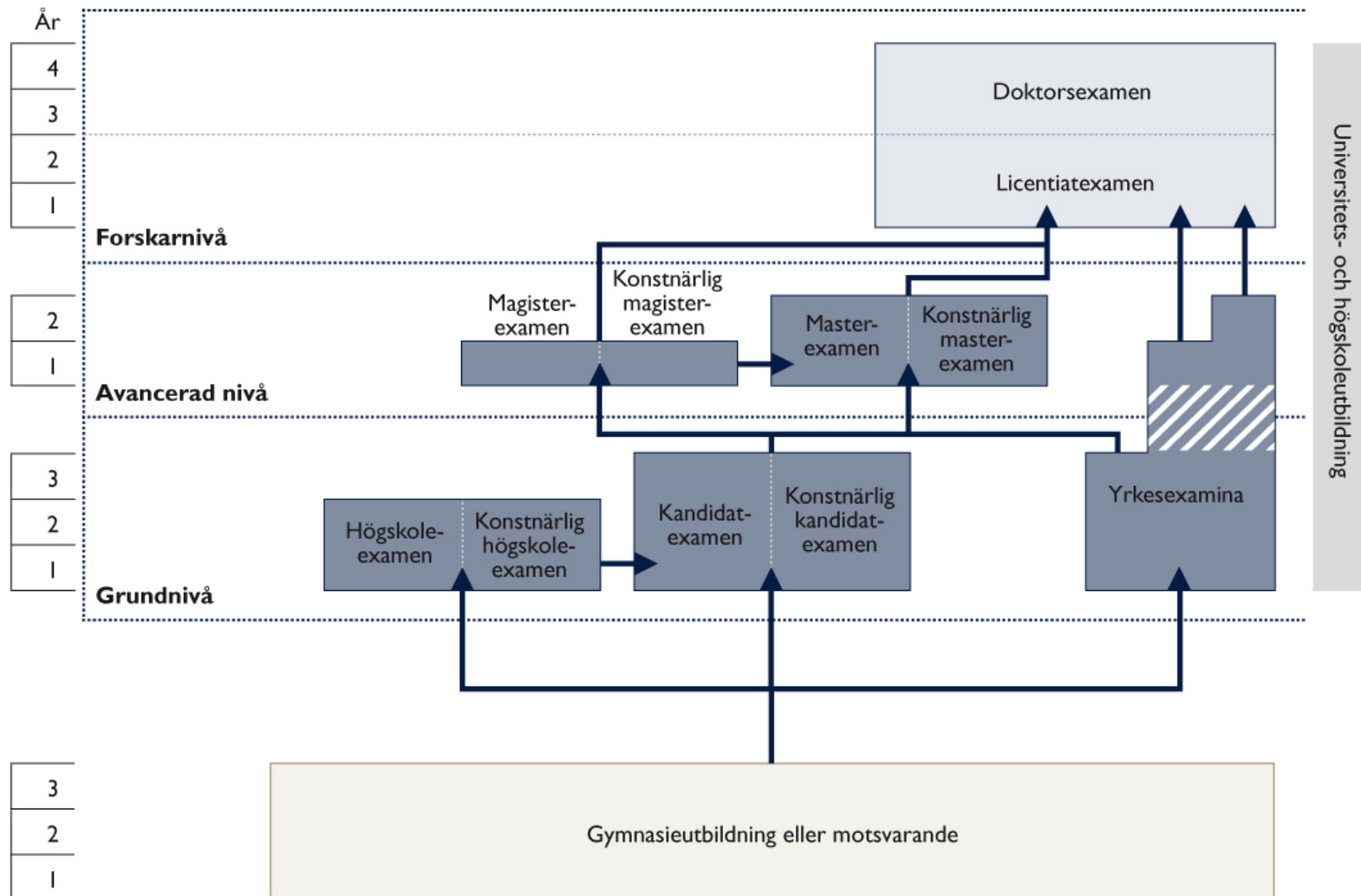


LUND  
UNIVERSITY

# Sjukhusfysikerutbildningen



# Det svenska högskolesystemet (Bologna 2007)

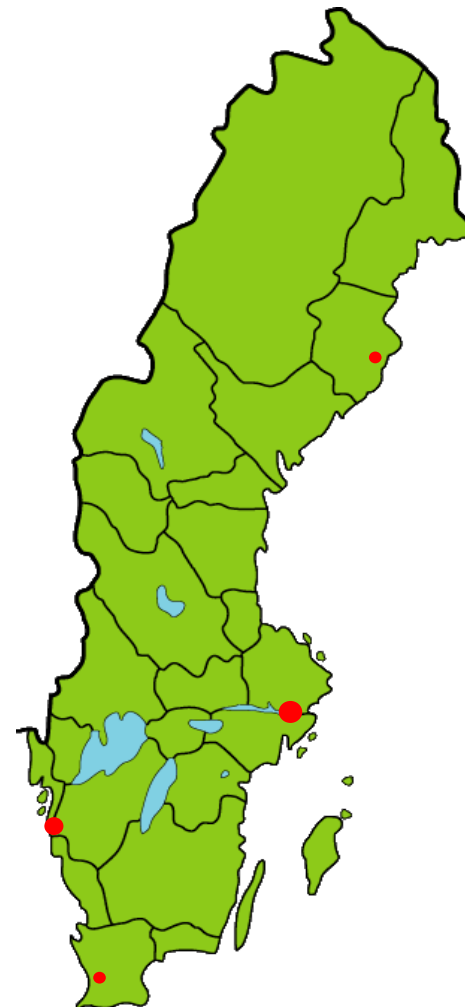


# Det svenska högskolesystemet (Bologna 2007)



□ Fyra lärosäten har examensrätt:

- Umeå universitet i samarbete med Norrlands universitetssjukhus
- Stockholms universitet i samarbete med Karolinska universitetssjukhuset
- Göteborgs universitet i samarbete med Sahlgrenska Universitetssjukhuset
- Lunds universitet i samarbete med Skånes universitetssjukhus (Lund/Malmö)



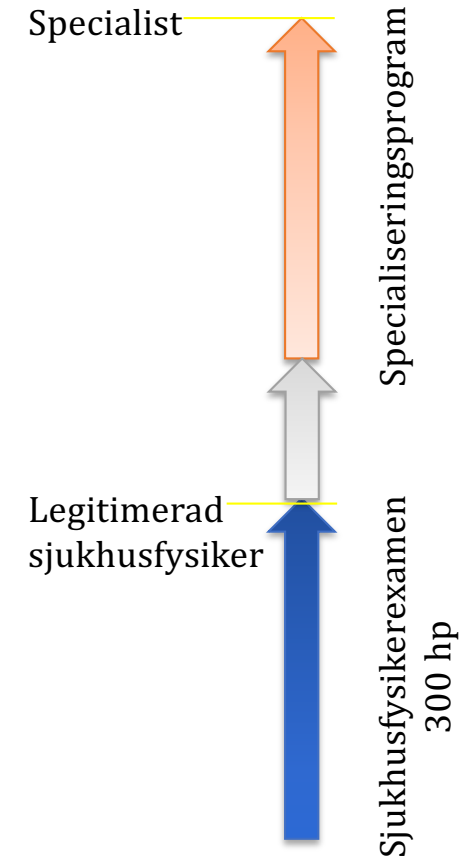


	Höstterminen	Vårterminen				
Läsår 1	<b>Allmän fysik (FYSA01)</b> <i>Mekanik och elektromagnetism. Vågor, energi och kvantfysik. Experimentella seminarier.</i>	<b>Matematik (MATA21/MATA22/NUMA01)</b> <i>Envariabelanalys. Lineär algebra. Beräkningsprogrammering.</i>				
Läsår 2	<b>Matematik (MATB21-22) och Fysik (FYSB11-12)</b> <i>Flerariabelanalys. Lineär algebra.</i> <i>Grundläggande kvantmekanik, statistisk fysik och kvantstatistik.</i>	<b>Modern fysik (FYSC11-14)</b> <i>Atom- och molekylfysik. Kärnfysik och reaktorer. Fasta tillståndets fysik. Partikelfysik, kosmologi och accelerators.</i>				
Läsår 3	<b>Medicinsk strålningsfysik, grundkurs (MSFM11)</b>					
	<i>Joniserande strålning: Produktion, växelverkan och detektion</i> 22 hp	<i>Dosimetri</i> 8 hp	<i>Medicinsk terminologi</i> 7 hp	<i>Strålningsbiologi</i> 7 hp	<i>Icke-joniserande strålning</i> 9 hp	<i>Radioekologi strålskydd</i> 7 hp
Läsår 4	<b>Medicinsk strålningsfysik, sjukhusfysik (MSFM21)</b>					
	<i>Bildbehandling</i> 9 hp	<i>Bild- och funktionsdiagnostik</i> 31 hp <i>Ultraljud, MR-fysik, röntgen och nuklearmedicin</i>		<i>Strålterapifysik</i> 16 hp		<i>Biostatistik</i> 4 hp
Läsår 5	<b>Klinisk praktik och lagstiftning (MSFM31)</b> <i>Verksamhetsförlagd praktik, medicinsk etik, lagstiftning, bildkommunikation, upphandling, patientsäkerhet</i>			<b>Examensarbete (MSFT01)</b> <i>Självständigt arbete 20 veckor</i>		



# Nationell specialisering

- ❑ Efter legitimation och 2 års kliniskt arbete
- ❑ 5-årigt specialiseringsprogram
  - Specificerade utbildningsmål
  - Kurser
  - Handledning
- ❑ Professionellt initiativ regleras av kursråd
  - Svenska Sjukhusfysikerförbundet
  - Svensk förening för Radiofysik
- ❑ Omkring 150 specialister för närvarande



## Medicinsk strålningsfysik, Lund

NATURVETENSKAPLIGA OCH MEDICINSKA FAKULTETERNA | LUNDS UNIVERSITET

Medicin  
Naturvetenskap  
Sjukhusfysikerutb



LUNDS  
UNIVERSITET

Sjukhusfysikerutbildning

Övrig GU

Forskarutbildning

Forskning

Kontakt

SÖK

Start > Sjukhusfysikerutbildning

Vad gör en sjukhusfysiker?

Hur blir man sjukhusfysiker?

Studiehandboken

## Sjukhusfysikerutbildning

Sjukhusfysikerutbildningen omfattar 300 högskolepoäng och är en naturvetenskaplig yrkesexamen. Efter att du tagit ut din universitetsexamen ansöker du om legitimation från Socialstyrelsen. Utbildningen är samtidigt en masterexamen i medicinsk strålningsfysik och den engelska översättningen är Master of Science in Medical Physics.

Att kombinera fysik och matematik med tillämpningar i hälso- och sjukvård gör medicinsk strålningsfysik till ett tvärvetenskapligt ämne. Att jobba som sjukhusfysiker är ett spännande och omväxlande yrke, där fysik och olika strålningsstillämpningar möter biologi och medicin, med människan i centrum.

Som legitimerad sjukhusfysiker är du sjukvårdens strålningsexpert inom bildgivande medicinsk diagnostik (röntgen, nuklearmedicin och magnetresonanstomografi) eller inom strålbehandling. Förutom det kliniska arbetet jobbar ofta sjukhusfysikern med forsknings- och utvecklingsprojekt. Sjukhusfysikern har ansvar för att strålskyddet på sjukhuset efterlevs och har ett stort strålskyddskunnande för andra områden i samhället. Du kan även få jobb som strålningsexpert utanför sjukvården, tex inom strålskyddsmyndigheter och i medicin- tekniska företag.

[Vad gör en sjukhusfysiker?](#)

[Hur blir man sjukhusfysiker?](#)

[För dig som redan går på programmet – studiehandboken](#)



Att studera till  
sjukhusfysiker  
Studenter berättar



Att arbeta som  
sjukhusfysiker  
Alumner berättar