

This is what you should know after this lecture + own work:

1. Def. of (absorbed) dose, effective dose, effective dose equivalent and their units
2. Describe how Linear Energy Transfer is relevant for the risk of exposure to radiation
3. The order of magnitude of yearly dose from background radiation
4. Describe the rationale for Single Photon Emission (SPE) imaging
5. The reason for using collimators in SPE (and the related drawback)
6. Qualitatively describe how the sensitivity and spatial resolution of a parallel-hole collimator change with the geometry of the collimator and with the object-collimator distance

Emission I: dos +
introduktion till Single
Photon Emission Imaging

dose

Dose - joniserande strålning

Fysik, enkel!

absorberad dos $\stackrel{\text{Def}}{=} \frac{\text{absorberad } E}{\text{mass}}$ [Gy = J/kg]
(old rad = 10 mGy)

samma för:



och för: α , β , γ , heavy ions, π - och μ -mesons, ...

1 kg of prosciutto di parma is exposed to ionising radiation. The energy deposited by radiation is 1 Joule.

The absorbed dose is then:

1. 1 rad

4. 1 mGy

2. 1 mrad

5. 1 Ci

3. 1 Gy

6. 1 mCi

1 kg of prosciutto di parma is exposed to ionising radiation. The energy deposited by radiation is 1 Joule.

The absorbed dose is then:

1. 1 rad

2. 1 mrad

3. 1 Gy

4. 1 mGy

5. 1 Ci

6. 1 mCi

1 g of prosciutto di parma is exposed to ionising radiation. The energy deposited by radiation is 1 Joule.

The absorbed dose is then:

1. 1 mGy

2. 1 Gy

3. 1 kGy

1 g of prosciutto di parma is exposed to ionising radiation. The energy deposited by radiation is 1 Joule.

The absorbed dose is then:

1. 1 mGy

2. 1 Gy

3. 1 kGy

Vad är farlig?

deponerad E i sig?

knappast!

10 Gy medför en T ökning på $0,0024^\circ$

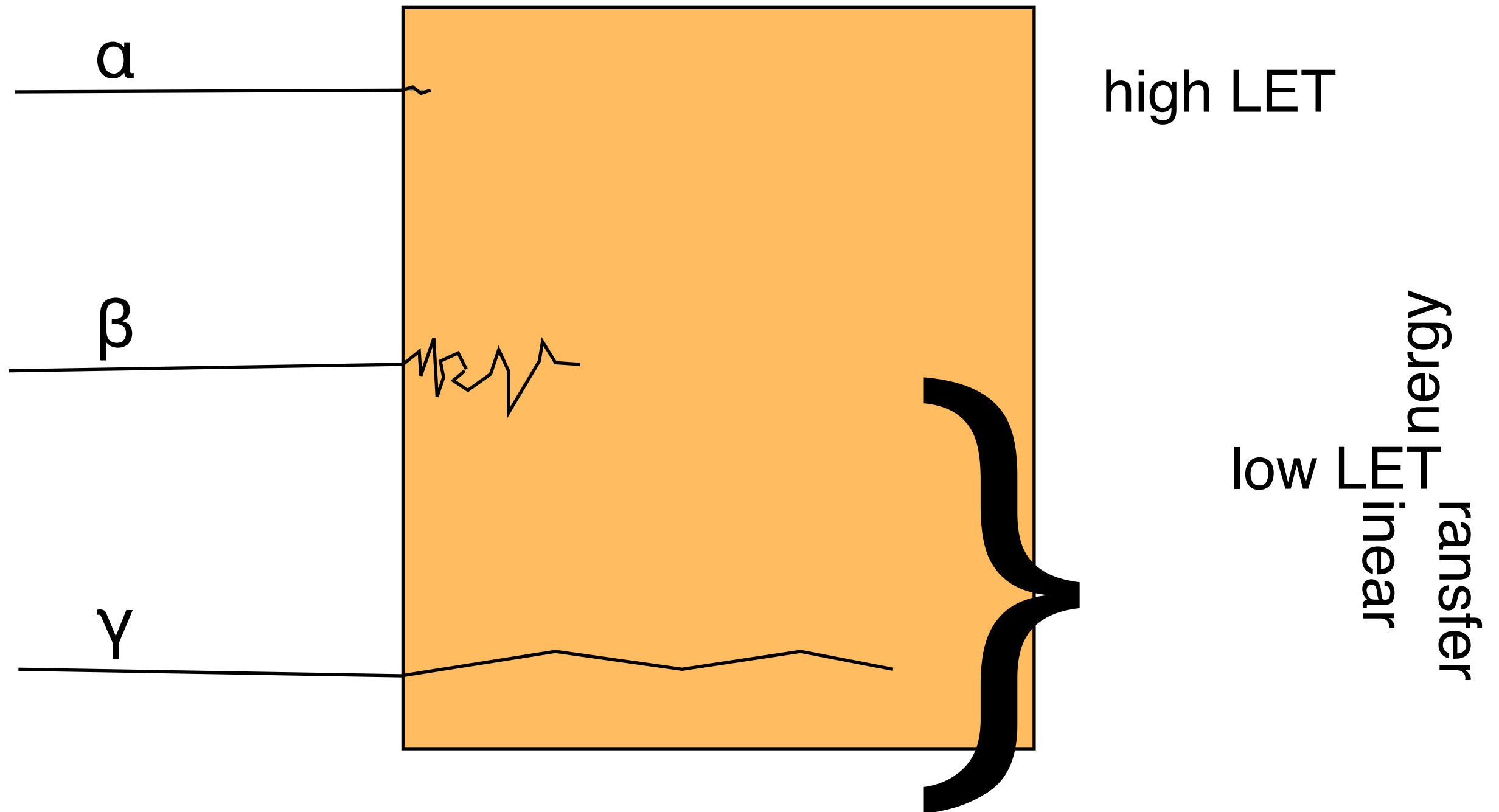
... men man dör direkt. (100% säkert!)

➡ Fysik makroskopisk nivå: alldeles för enkel modell

Nytt storhet: dose equivalent

Blandning av Fysik (mikroskopisk nivå) och Biologi

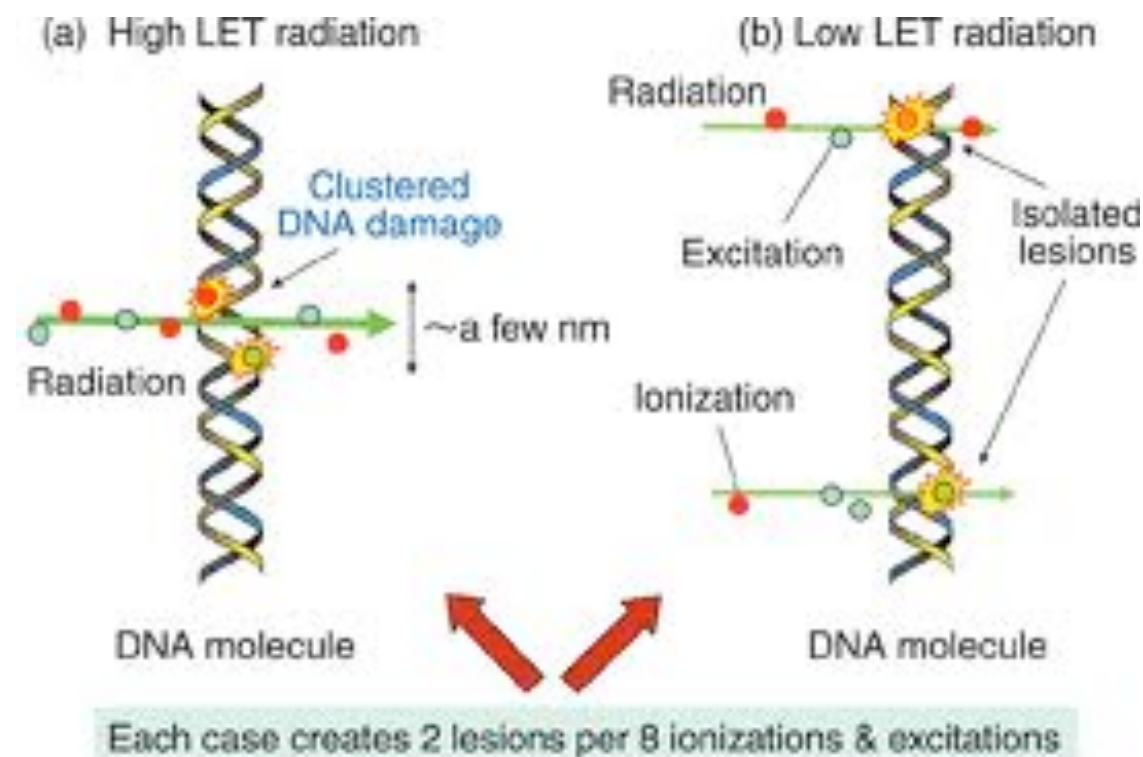
Fysik:



Dose equivalent

Fysik (mikroskopisk nivå)- Biologi

Biologi:



Fysik + Bio $\rightarrow$ quality factor W_R

$$\beta, \gamma: W_R = 1$$

$$\alpha: W_R = 20$$

Def: dose equivalent = $W_R \cdot \text{abs dose}$

[Sv]

The dose equivalent:

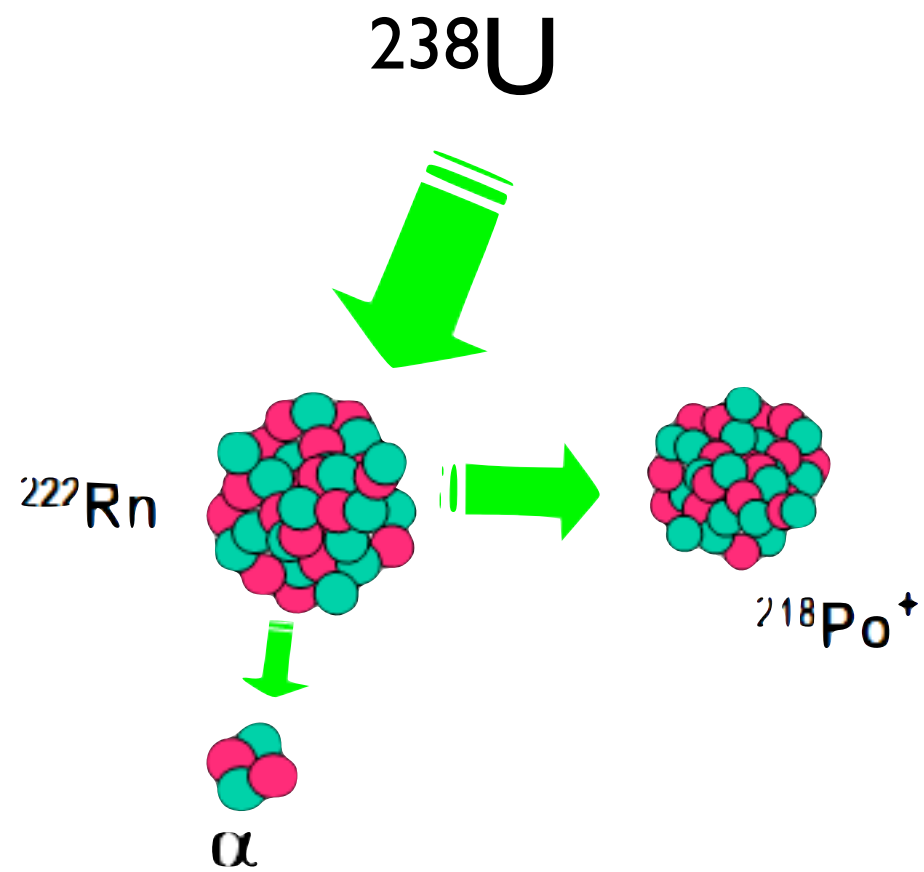
1. Is the same as the absorbed dose, but biologists use different units

2. It's used to determine if someone has been irradiated by alpha-particles or by other type of radiation

3. It's a way of taking into account the different effect that different kinds of radiation have on living tissues

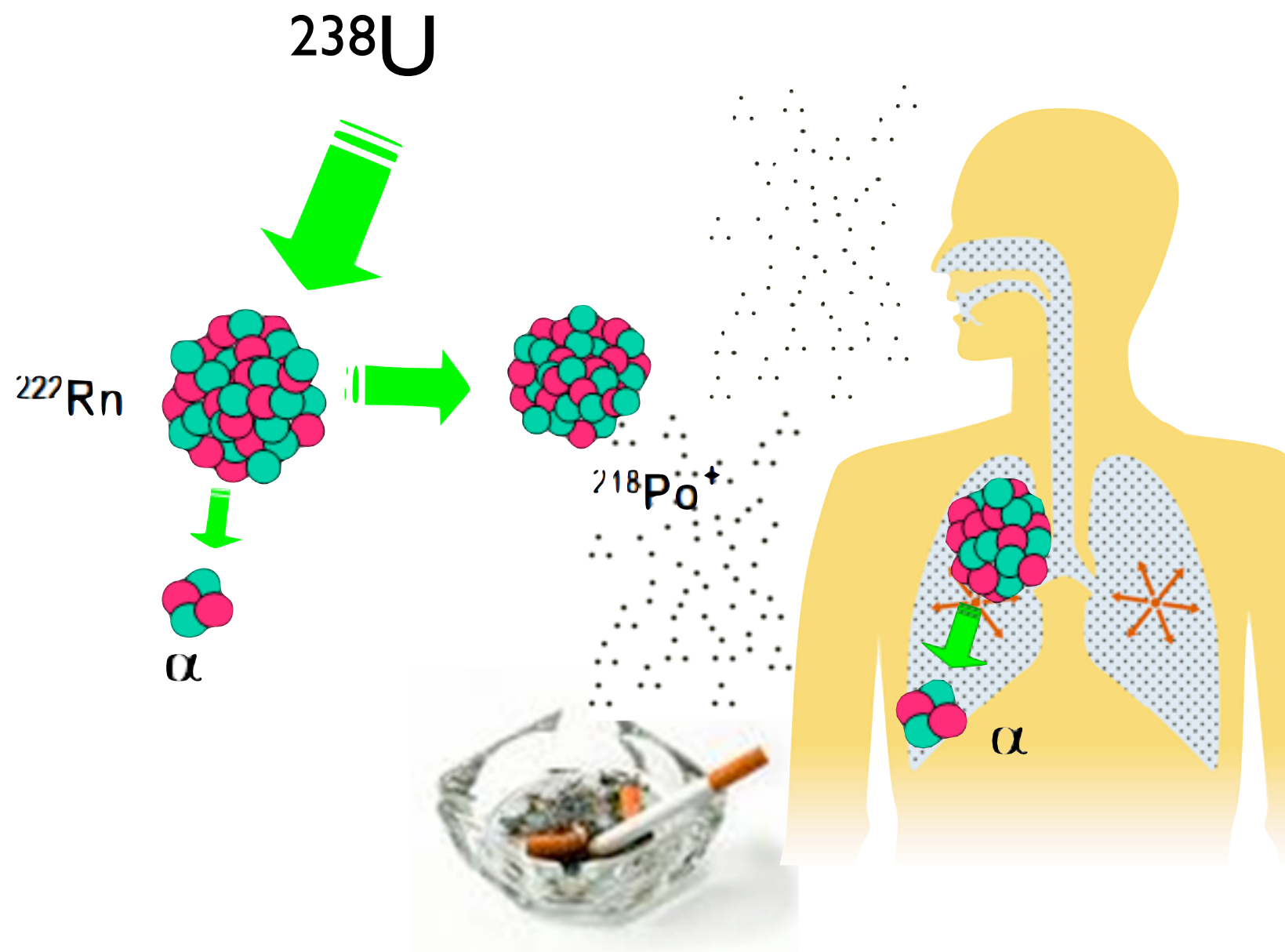
4. It's a way of standardising dose measurements

... men det räcker ändå inte



relativt ofarlig

... men det räcker ändå inte



rökare 7 ggr högre sannolikhet lungkancer

Effective dose equivalent:

dose equivalent “viktas” med organfaktor: W_T

Def: eff. dose equivalent = $W_T \cdot W_R \cdot \text{abs dose}$

From the International Commission on Radiological Protection, ICRP

Organ eller vävnad	W_T
Könskörtlar	0.20
Tjocktarm	0.12
Mage	0.12
Lungor (varav <i>bronchial epithelium</i>)	0.12 (0.08)
Röd benmärg	0.12
Bröst	0.05

Matstrupe	0.05
Urinblåsa	0.05
Lever	0.05
Sköldkörtel	0.05
Benvävnad (yta)	0.01
Hud	0.01
Övrigt	0.05
Summa	1.00

The effective dose equivalent is introduced because:

1. Not all organs react to radiation in the same way

2. Not all countries agreed on using equivalent dose as a standard

3. real measurements of dose are more reliable than estimation based on calculations

4. It's a way of standardising dose measurements

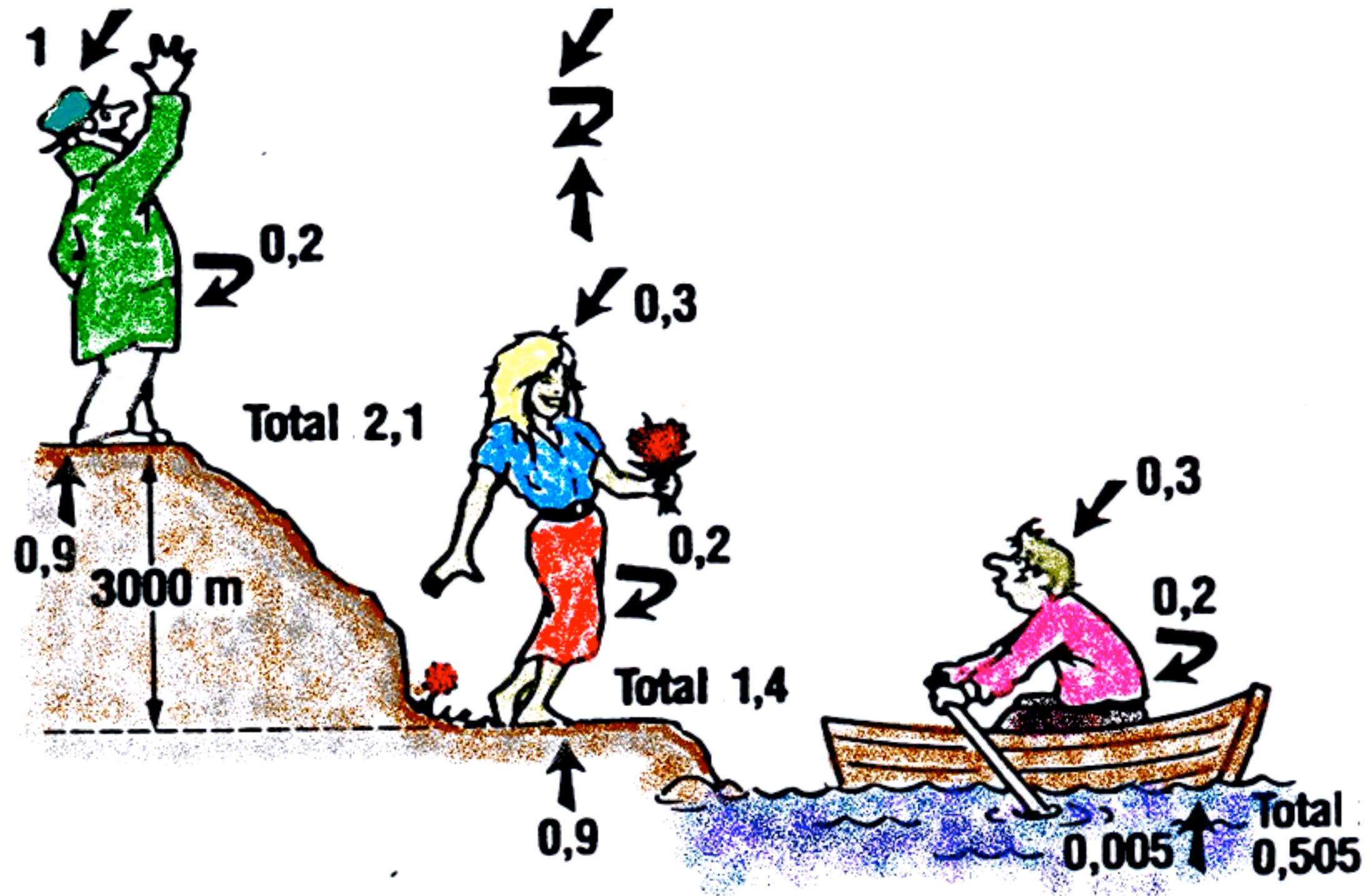
Dosbidrag

- Bakgrundsstrålning
- Medicinska undersökningar
- Yrkesmässig exponering

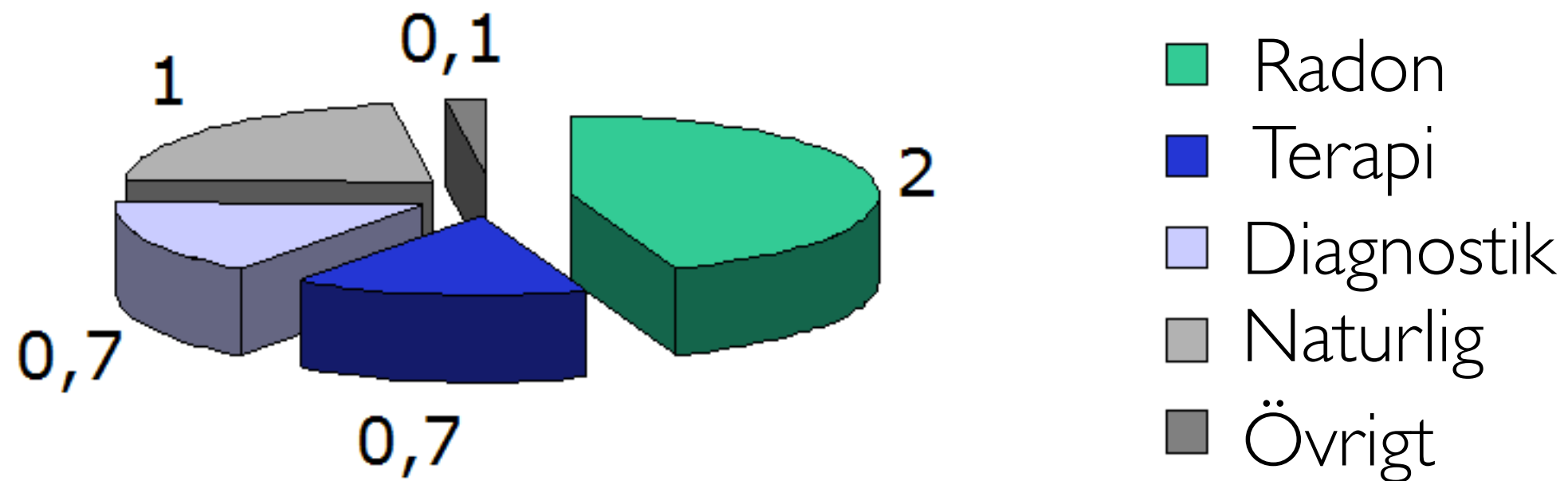
Strålningens biologiska effekt

- Sjukdom
 - Deterministisk
 - Slumpmässig
- Genetisk effekt

Naturliga strålkällor: mSv/år



Genomsnittlig stråldos i Sverige: mSv/år



The largest contribution to average annual dose to the public in Sweden is due to:

1. Imaging with ionising radiation
2. Radon
3. Radiation therapy
4. Oversea flights

Diagnostik

	Undersökning	Effektive dos
Röntgenundersökning	Lungröntgen	0.2 mSv
	Urografi	5 mSv
	Barium kontraströntgen	5 mSv
	Datortomografi huvud	2 mSv
	Datortomografi bröstorg	8 mSv
Fluoroscopi	Huddos	20 mGy/min
	Effektiv dos	1 mSv/min
Nuklearmedicin	Abscess imaging (^{67}Ga 150 MBq)	18 mSv
	Lungventilation ($^{81\text{m}}\text{Kr}$ 6 GBq)	0.1 mSv
	Hjärt- och kärl avbildning ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 800 MBq)	6 mSv
	Njurundersökning (^{123}I 20 MBq)	0.3 mSv

Årsdos för olika yrkeskategorier

Yrke	Effektiv medeldos
Sjukvårspersonal (röntgen och nuklearmedicin)	1.0 mSv/år
Strålterapi (huvudsak brachyterapi)	2.6 mSv/år
Cardiologer (Angiografi, hjärtkateter)*	16 mSv/år
Flygpersonal	1.7 mSv/år
Kärnkraftspersonal	5.5 mSv/år
Gruvarbetare urangruvor	23 <u>mSv/år</u>

*Personal använder 0.25 mmPb blyförkläde som dämpar >90% av spridd strålning.
Strålning i huvudsak till extremiteter samt huvud och hals

**Maximal årlig stråldos för övervakade yrkesgrupper :
50 mSv**

Biologiska effekter:

Deterministik

Tröskelvärde

- Då tröskelvärdet överskrids ökar den biologiska effekten med dosen
- Inga känd effekt under 50 mSv.
- Cataracts, ögats lins förstörs vid doser över 5 Sv
- Hudrodnad, förlust av benmärgsceller, ...

Statistisk effekt

Inga tröskelvärden

- Inom diagnostisk sjukvård är dosen till patienten liten. Trots detta är det viktigt att minimera användningen av joniserande strålning då mycket stora grupper exponeras.

Risken att drabbas av olika typer av cancer på grund av strålning:

Stochastic biological effects of ionising radiation

Organ	Mortality effect	Death per 1 mSv per million
Thyroid	Cancer	0.8
Red bone marrow	Leukaemia	5
Skin	Cancer	0.2
Bone	Cancer	0.5
Lung	Cancer	8.5
Breast	Cancer	1.5
Esophagus	Cancer	3
Colon	Cancer	8.5
Liver	Cancer	1.5
Stomach	Cancer	11
Bladder	Cancer	3
Ovaries	Cancer	1
Remainder	Cancer	5

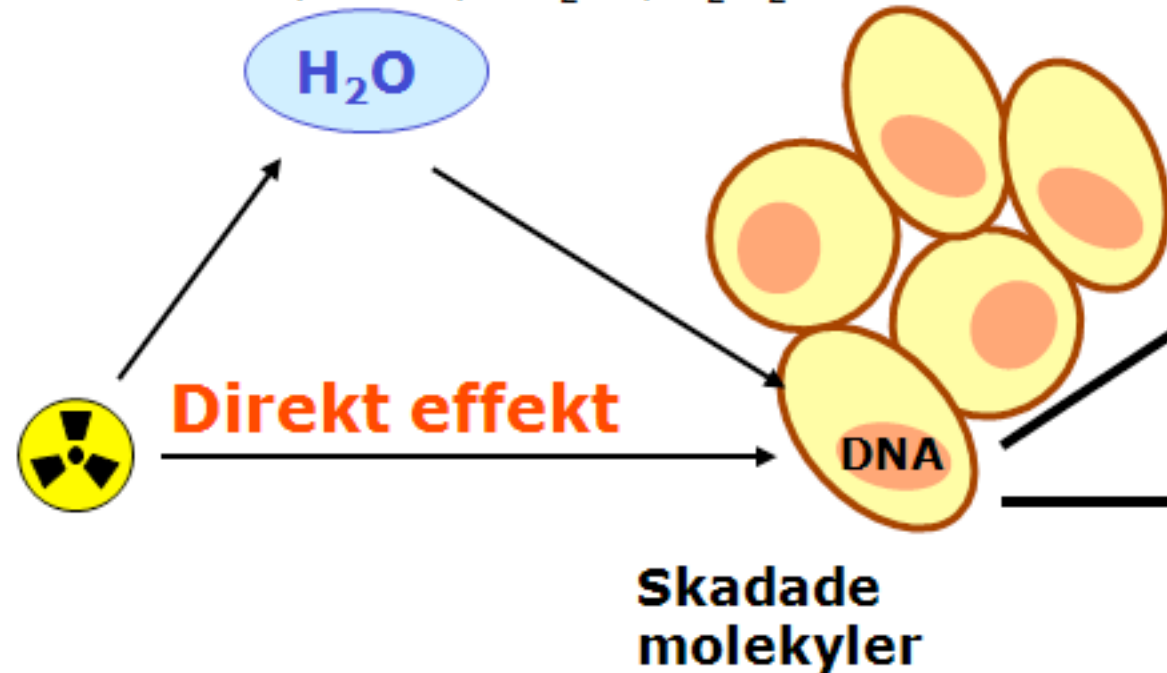
Totalt 50

Strålnings växelverkan med biologisk vävnad

Indirekt effekt

Ionisation och excitation →

Fria radikaler och Hydrogen peroxide $H\bullet$; $OH\bullet$; $HO_2\bullet$; H_2O_2



Direkt effekt

Fysikaliska konsekvenser ($< \mu s$)

Biologiska konsekvenser (sekunder till årtionden)

Reparation



Mutation



Sjukt organ

Genetisk förändring

Organet slås ut

In order to keep under the max allowed annual dose for the public, which is 6 mSv/year, what should be the dose rate in a room with full occupancy (that is 8h/day 5 days/week)?:

1. 2 mSv/hour

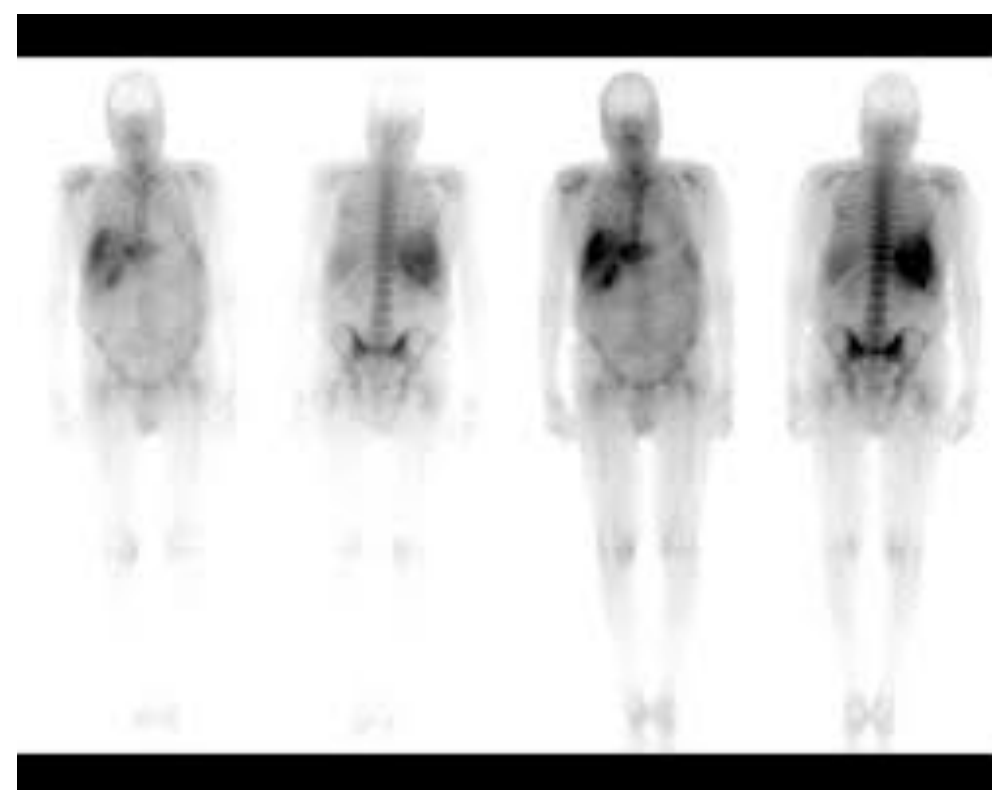
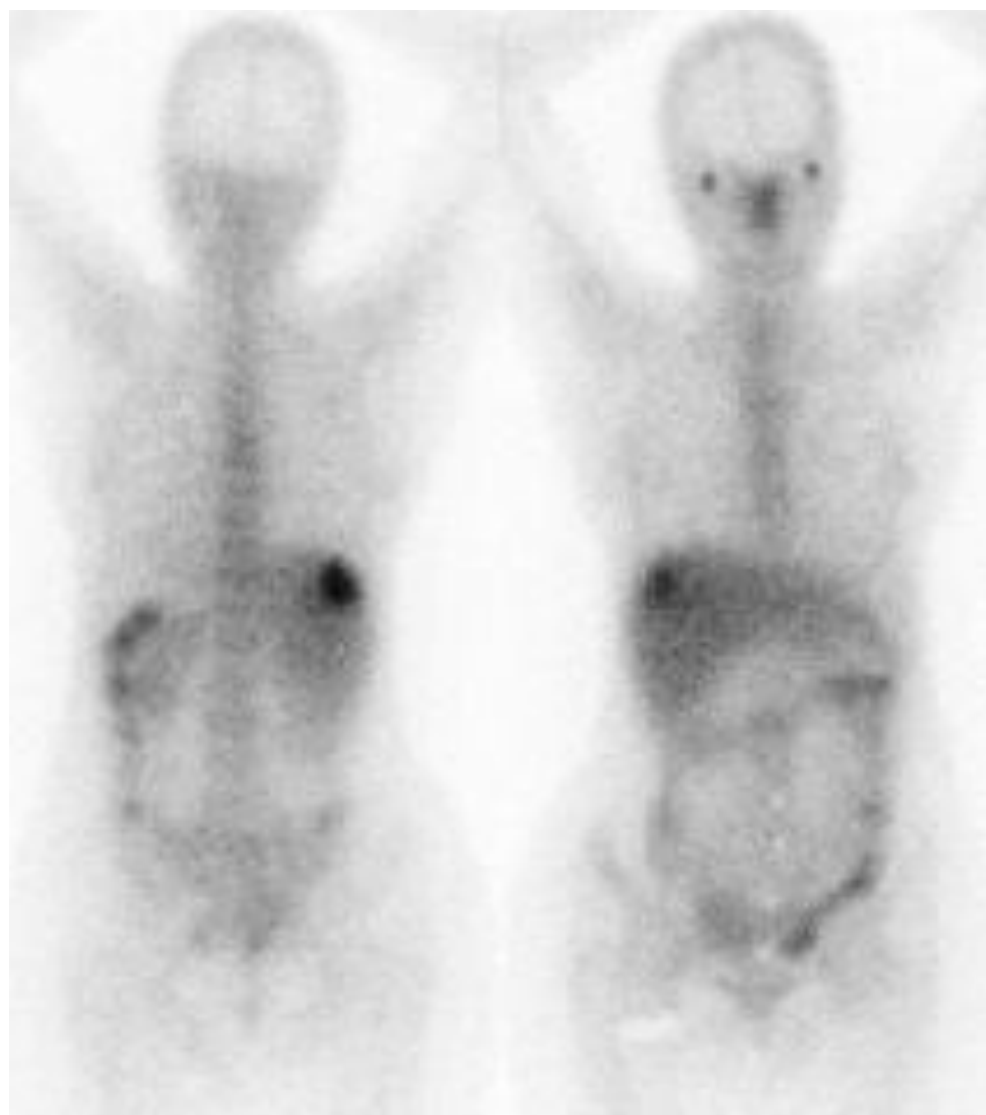
2. 20 μ Sv/hour

3. 2 μ Sv/hour

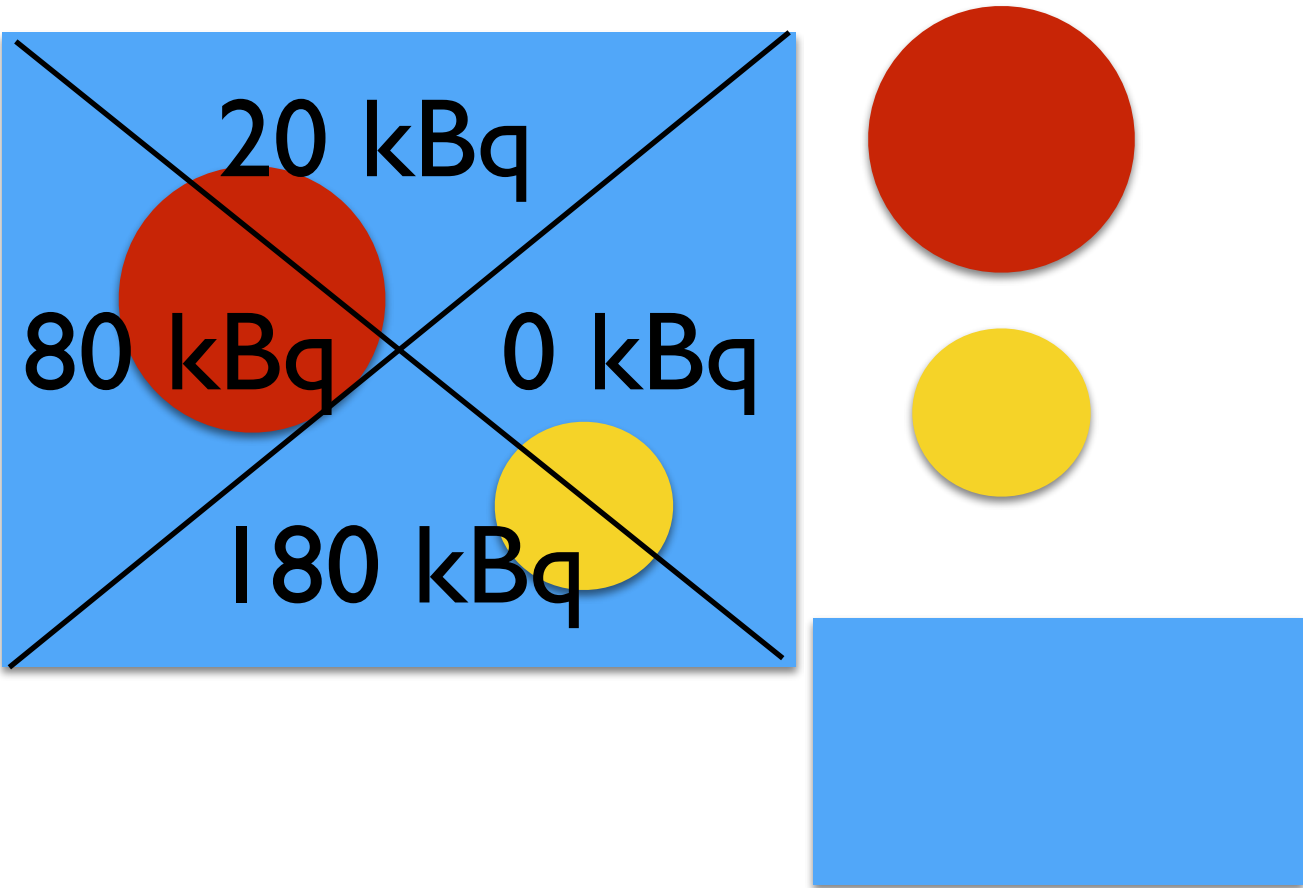
4. 20 nSv/hour

5. 0

emission I



objekt:



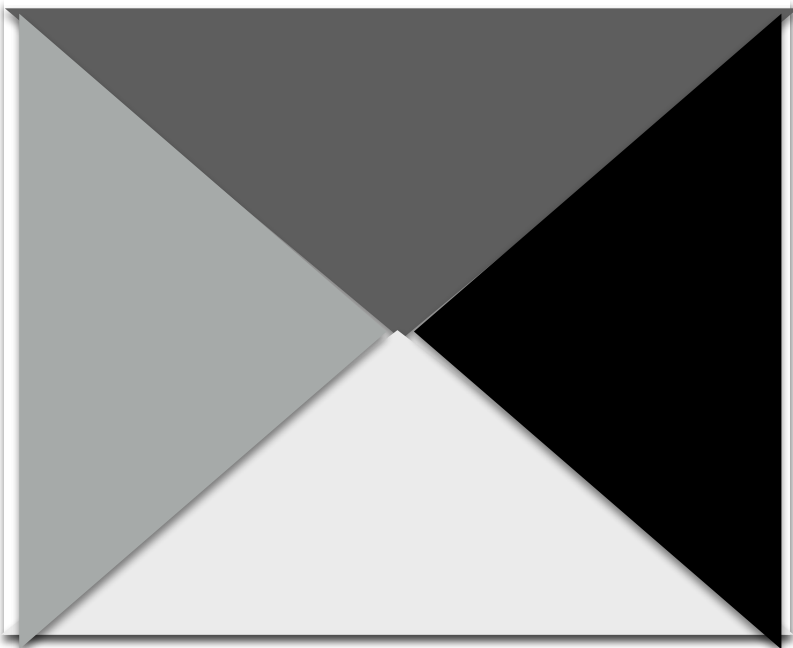
attenuerar mest

attenuerar minst

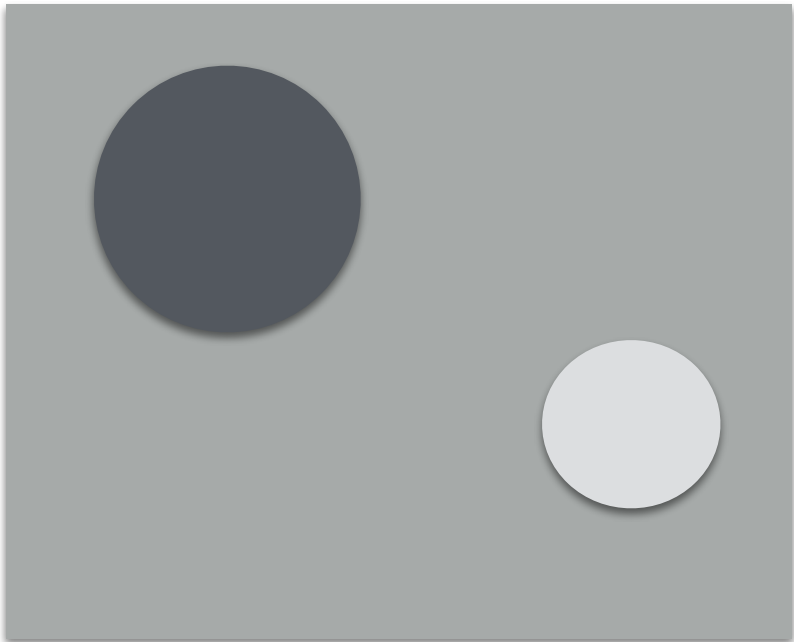
attenuerar lagom

bild?

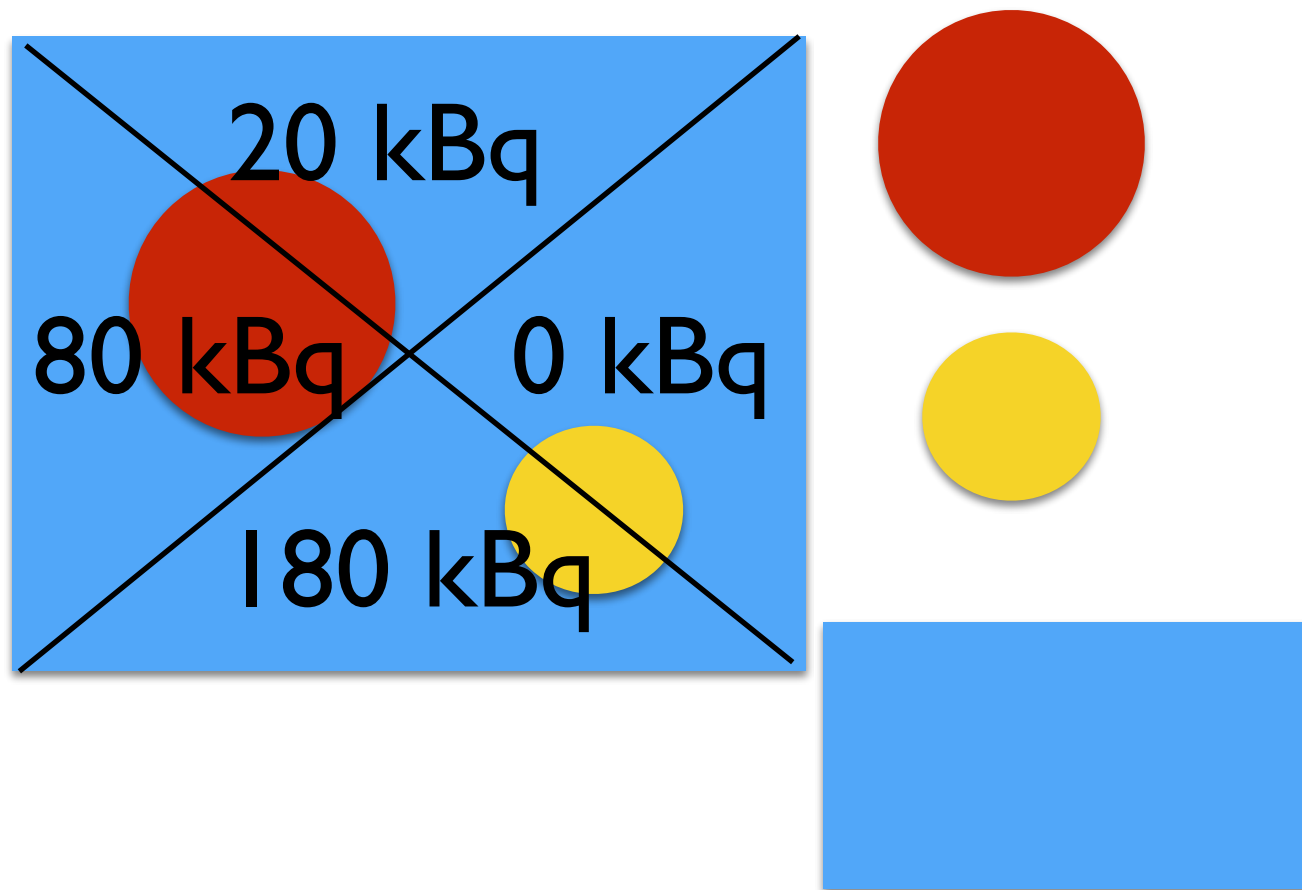
1



2



objekt:

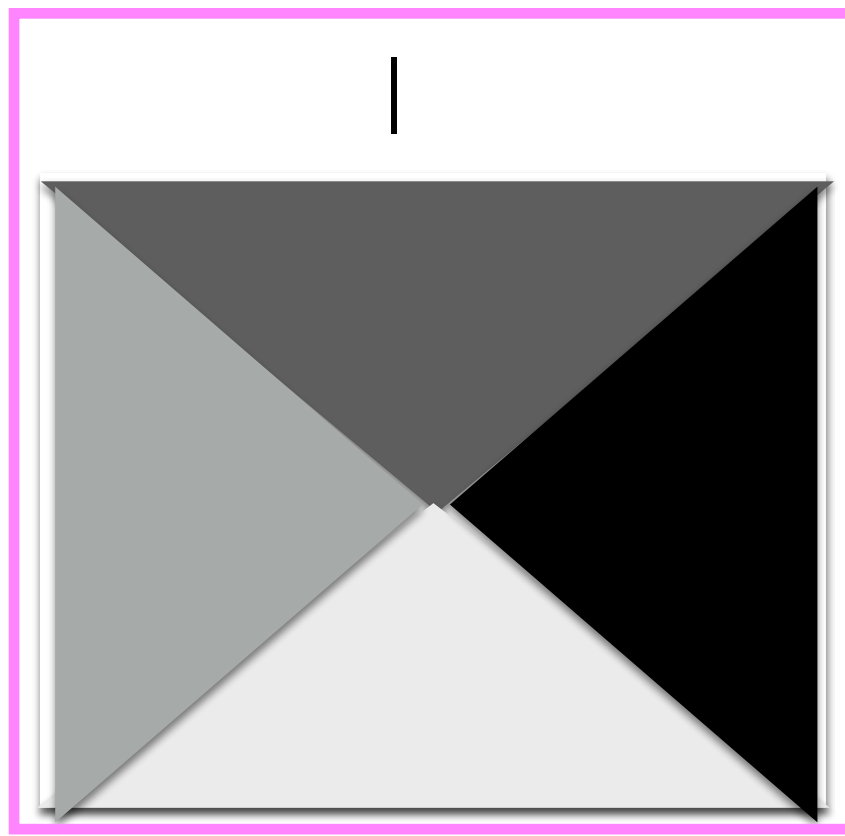


attenuerar mest

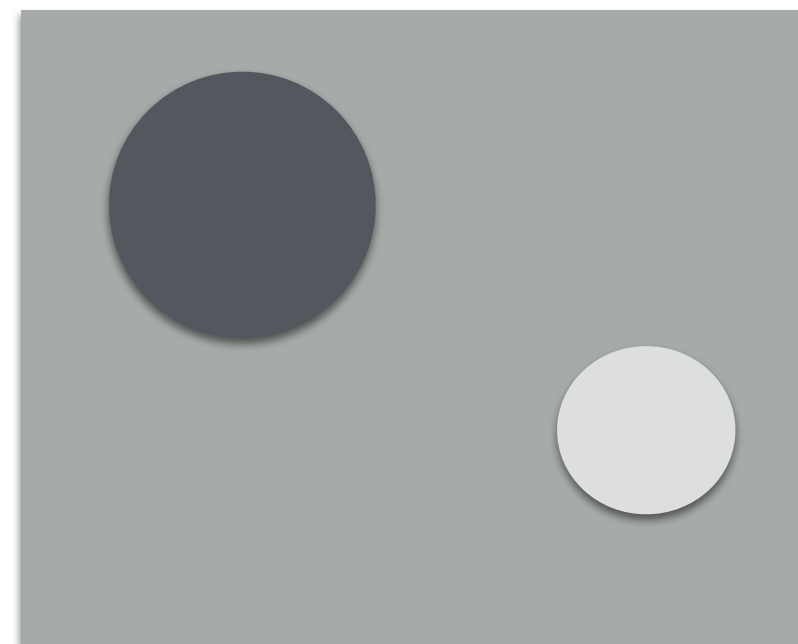
attenuerar minst

attenuerar lagom

bild?

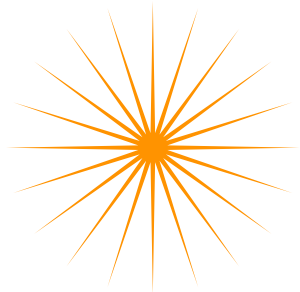


2



Vad är objekt och bild i emission?

vi börjar enkelt:



källa

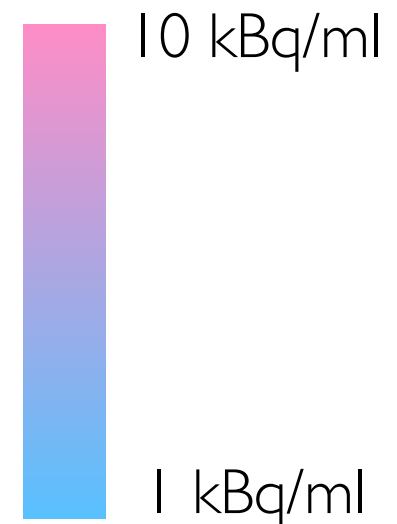
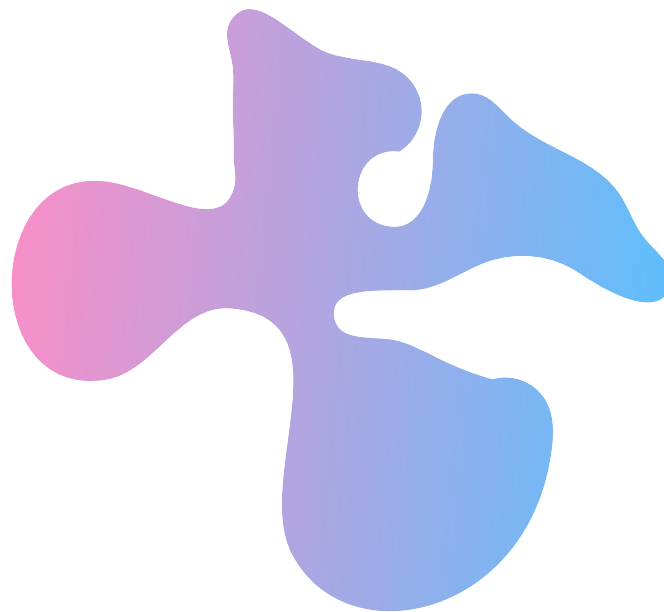


detektor

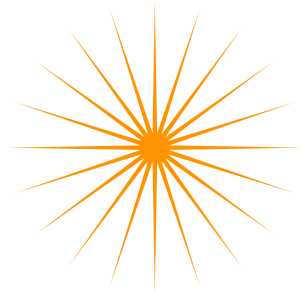
vad betyder att få en bild av källan?

1. Bestämna dess position
2. Bestämna dess aktivitet

för vilken källa som helst, bestämma aktivitetsfördelning i rummet: $a(x,y,z)$



Vi börjar igen med en punktkälla:



källa



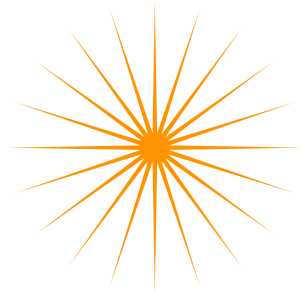
detektor

Om vi vet räknehastighet hos detektor (låt oss säga, till exempel, 100 cps), kan vi då bestämma källans aktivitet?

JA

NEJ

Vi börjar igen med en punktkälla:



källa



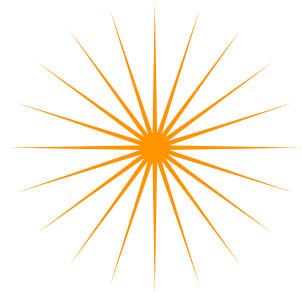
detektor

Om vi vet räknehastighet hos detektor (låt oss säga, till exempel, 100 cps), kan vi då bestämma källans aktivitet?

JA

NEJ

Vi börjar igen med en punktkälla:



källa



detektor

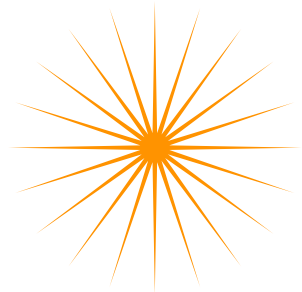
Om vi vet räknehastighet hos detektor (låt oss säga, till exempel, 100 cps), kan vi då bestämma källans aktivitet?

JA

NEJ

Vad mer behövs?

Vi börjar igen med en punktkälla:



källa



detektor

Om vi vet räknehastighet hos detektor (låt oss säga, till exempel, 100 cps), kan vi då bestämma källans aktivitet?

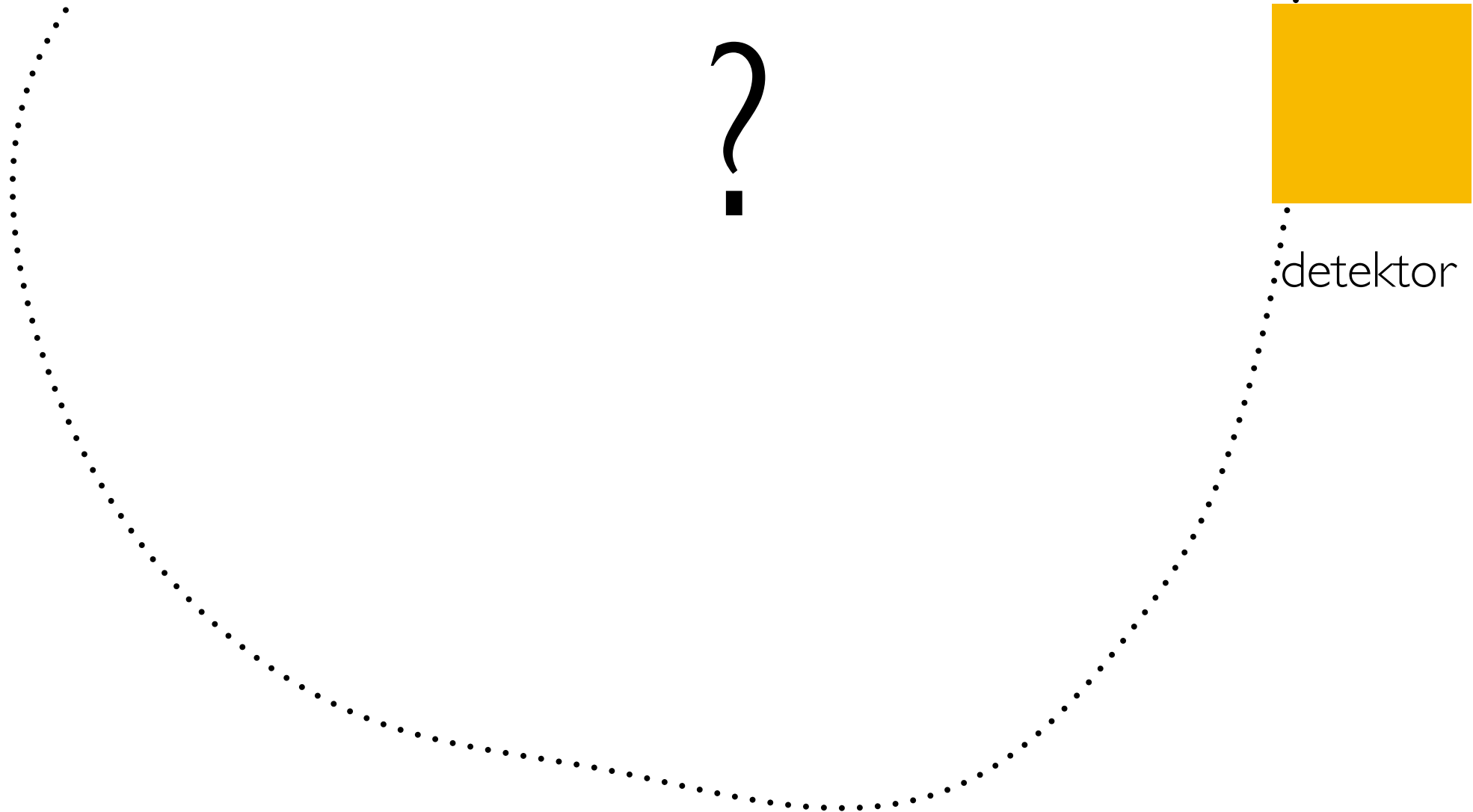
JA

NEJ

Vad mer behövs?

1. effektivitet: för att bestämma antal utstrålade fotoner / s från
antal detekterade fotoner / s
2. sönderfallsschemat: för att bestämma antal sönderfall / s från
antal utstrålade fotoner / s

Vi vill nu bestämma punktkällans position:



vi vet:

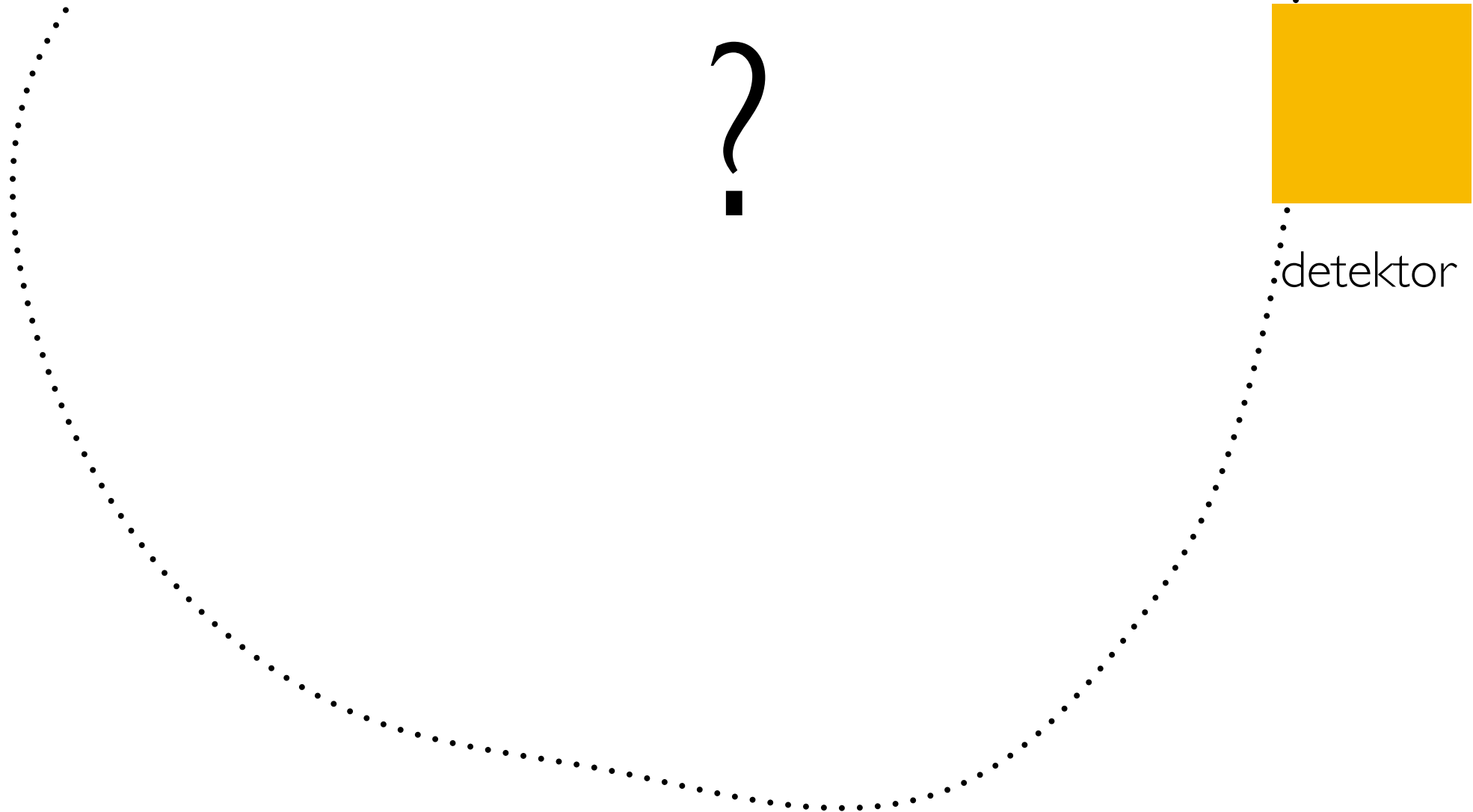
100 cps, effektivitet 0,001% , 0,75 fotoner / sönderfall i snitt

Kan vi bestämma punktkällans position?

JA

NEJ

Vi vill nu bestämma punktkällans position:



vi vet:

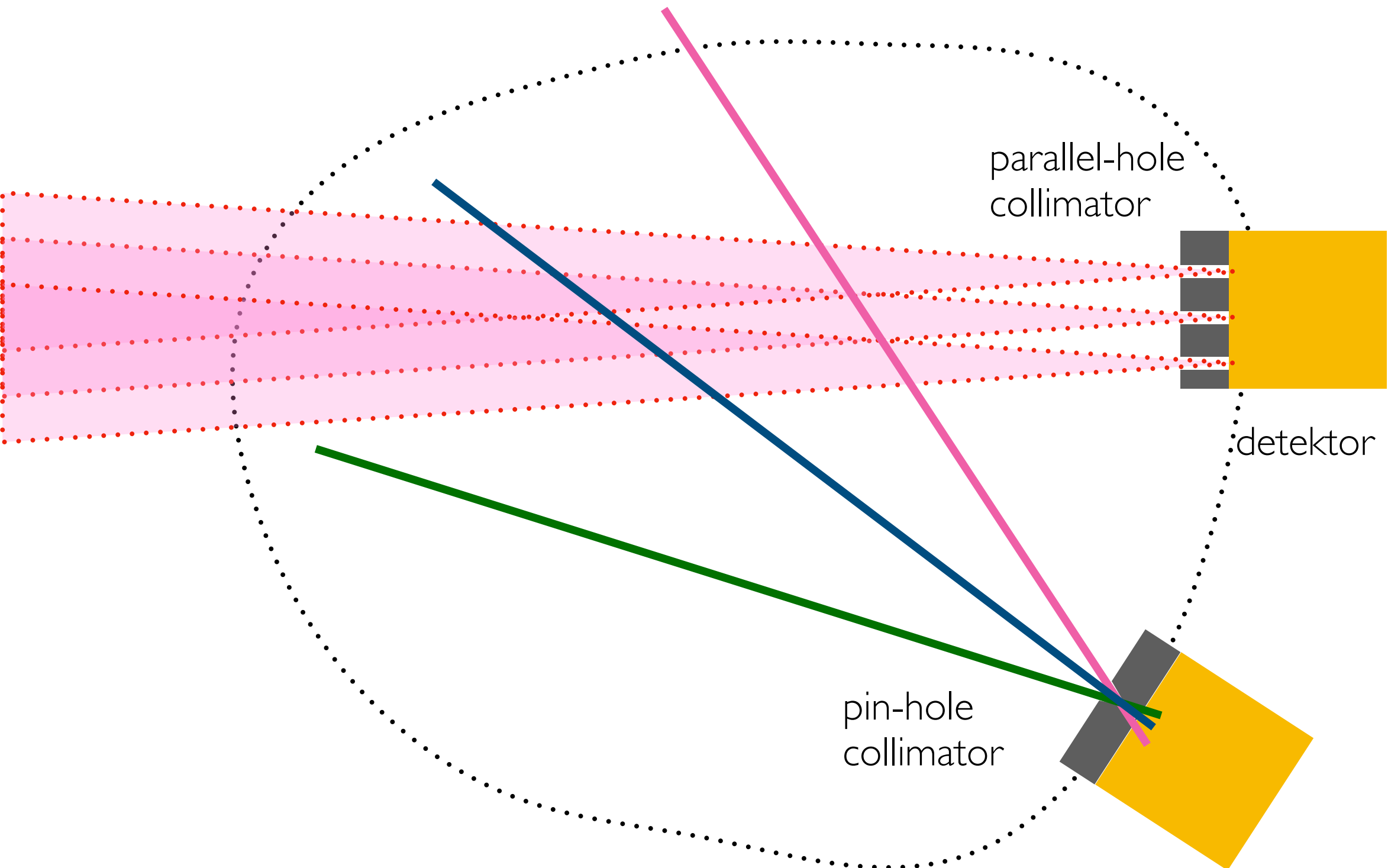
100 cps, effektivitet 0,001% , 0,75 fotoner / sönderfall i snitt

Kan vi bestämma punktkällans position?

JA

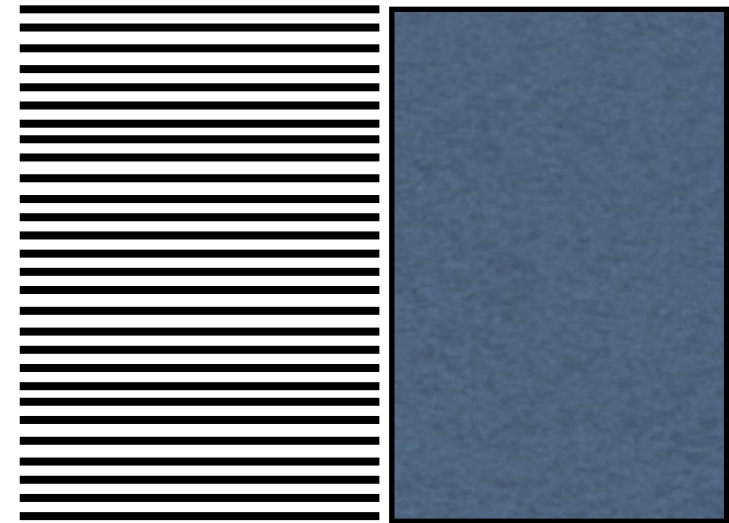
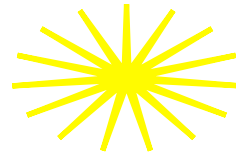
NEJ

Man kan göra olika saker:



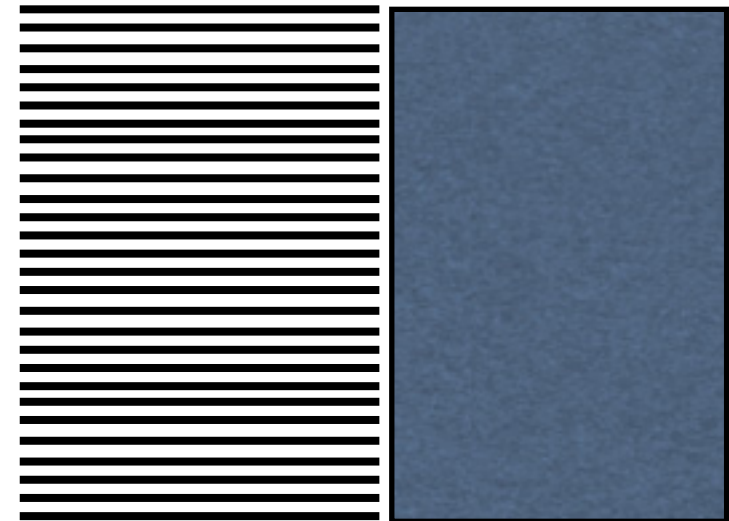
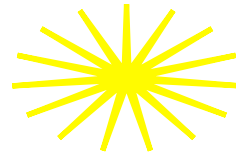
samtliga kostar många fotoner!

Vad gör kollimatoren?



1. tillåter bara strålar från källan
2. tillåter bara strålar av rätt energi
3. tillåter bara strålar inom en viss vinkel
4. tillåter bara strålar längs en riktning
5. förkastar Compton-spridda fotoner

Vad gör kollimatoren?

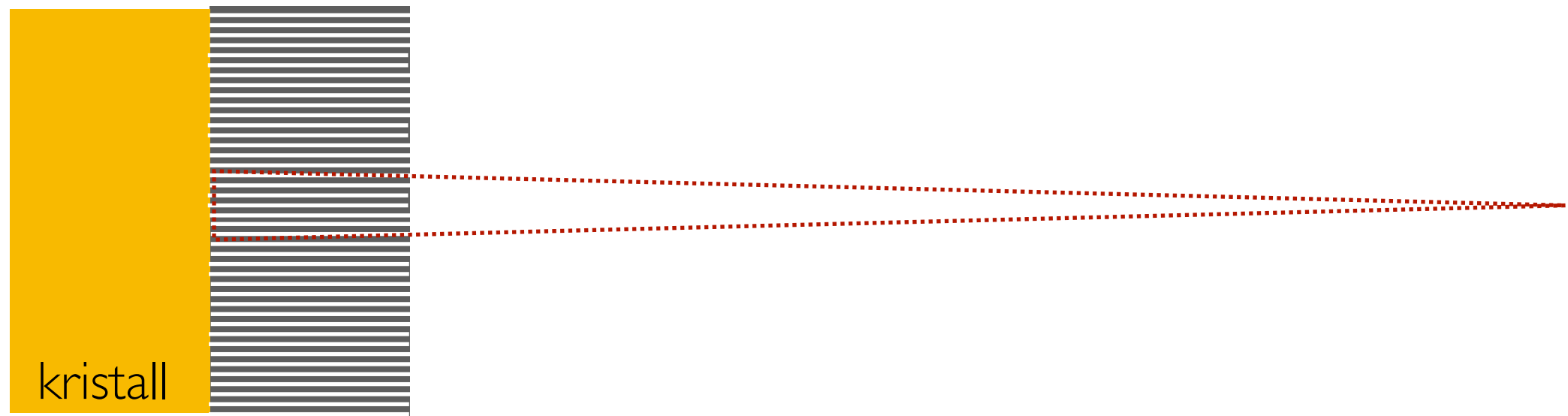


1. tillåter bara strålar från källan
2. tillåter bara strålar av rätt energi
3. tillåter bara strålar inom en viss vinkel
4. tillåter bara strålar längs en riktning
5. förkastar Compton-spridda fotoner

Effektivitet vs spatiell upplösning för parallel-hole collimator

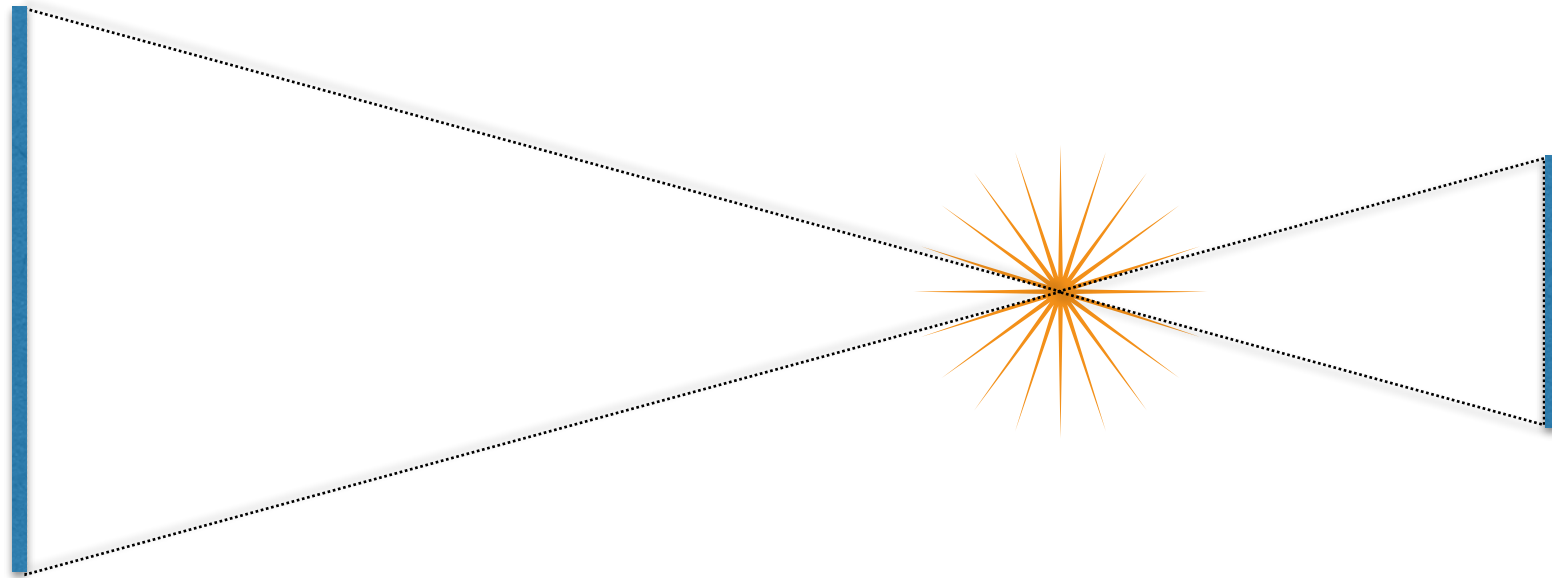


I en parallel-hole kollimator, varje hål tillåter strålar upp till samma vinkel:



effektivitet är oberoende av avståndet för en parallel-hole collimator!

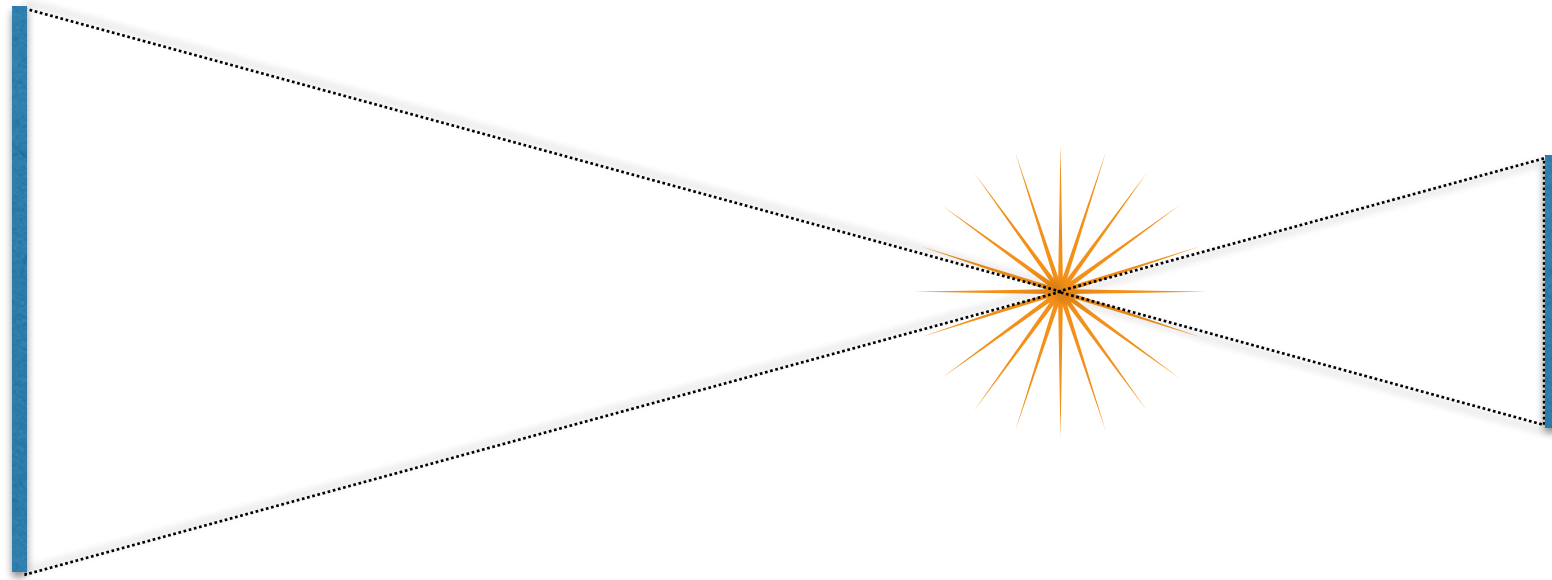
En ljuskälla emitterar fotoner isotropiskt i alla riktningar.
Två detektorer av identiskt material placeras på varsin sida av källan enligt figuren nedan:



Antal fotoner som detekteras i de två detektorer är:

1. Högre i den större detektor
2. Högre i den mindre detektor
3. Samma i båda detektorerna
4. Det behövs mer information för att kunna avgöra saken

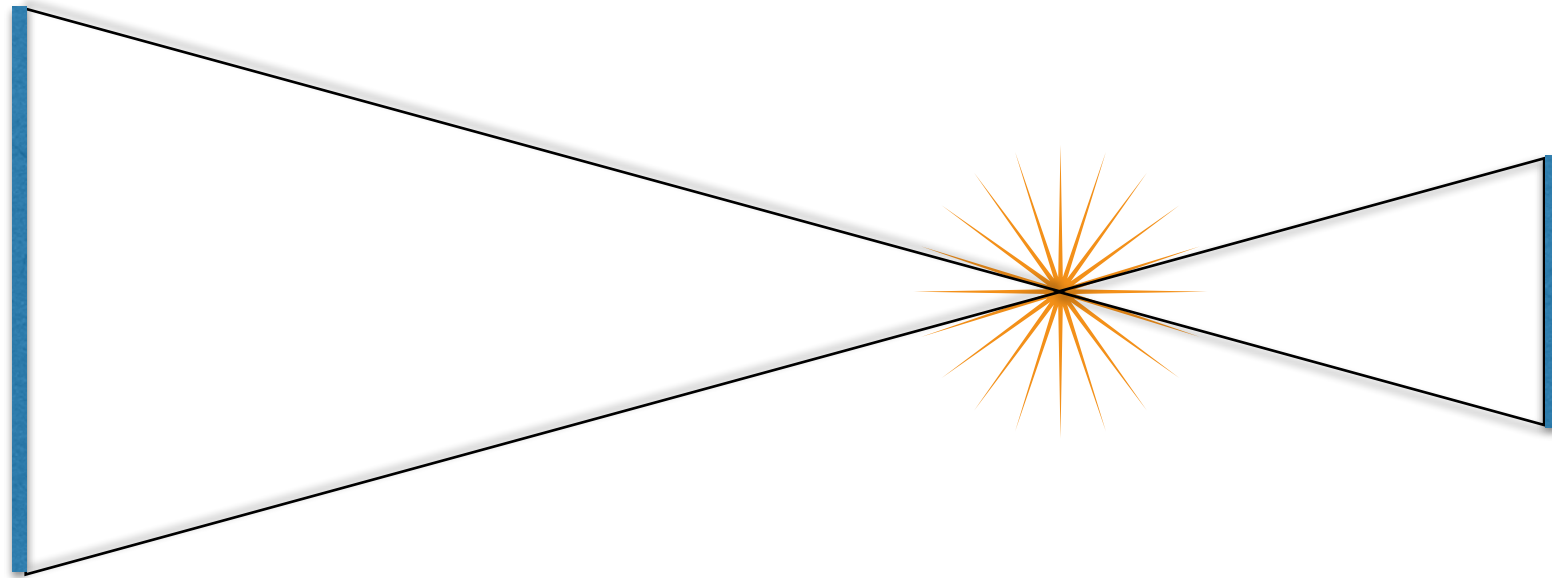
En ljuskälla emitterar fotoner isotropiskt i alla riktningar.
Två detektorer av identiskt material placeras på varsin sida av källan enligt figuren nedan:



Antal fotoner som detekteras i de två detektorer är:

1. Högre i den större detektor
2. Högre i den mindre detektor
3. Samma i båda detektorerna
4. Det behövs mer information för att kunna avgöra saken

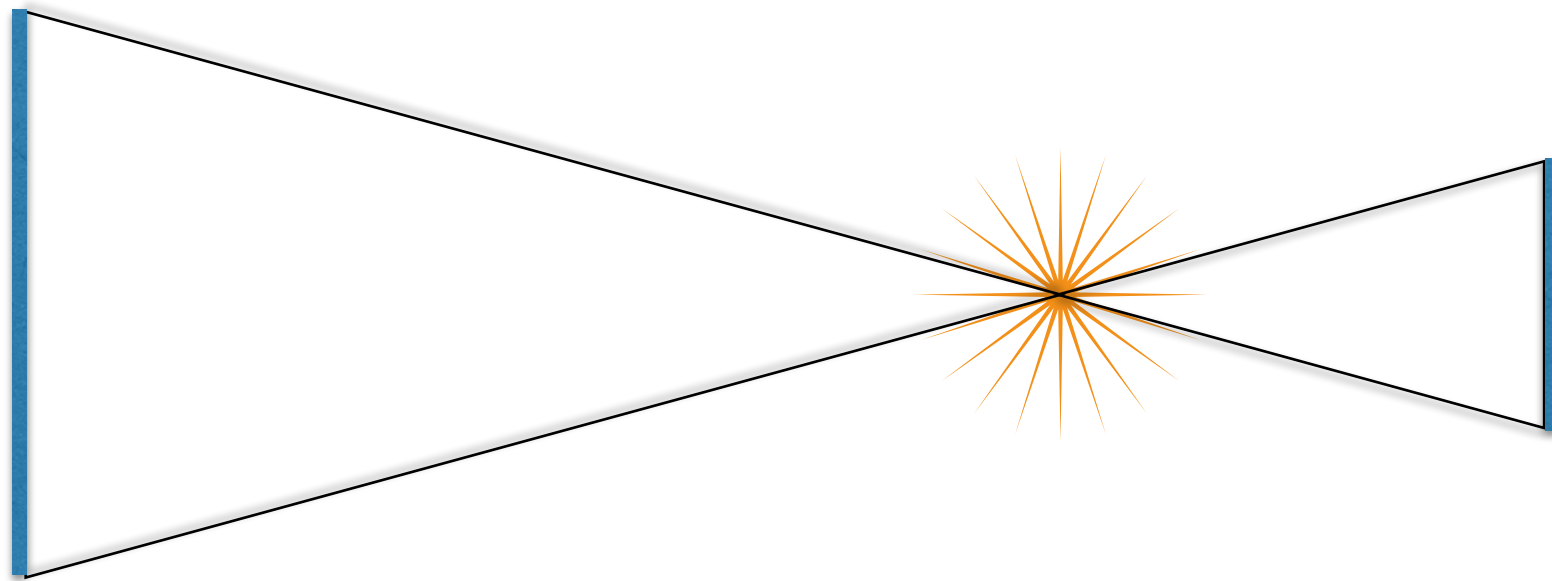
En ljuskälla emitterar fotoner isotropiskt i alla riktningar. Två detektorer av identiskt material placeras på varsin sida av källan enligt figuren nedan:



Antal fotoner som detekteras per detektors areaenhet i de två detektorer är:

1. Högre i den större detektor
2. Högre i den mindre detektor
3. Samma i båda detektorerna
4. Det behövs mer information för att kunna avgöra saken

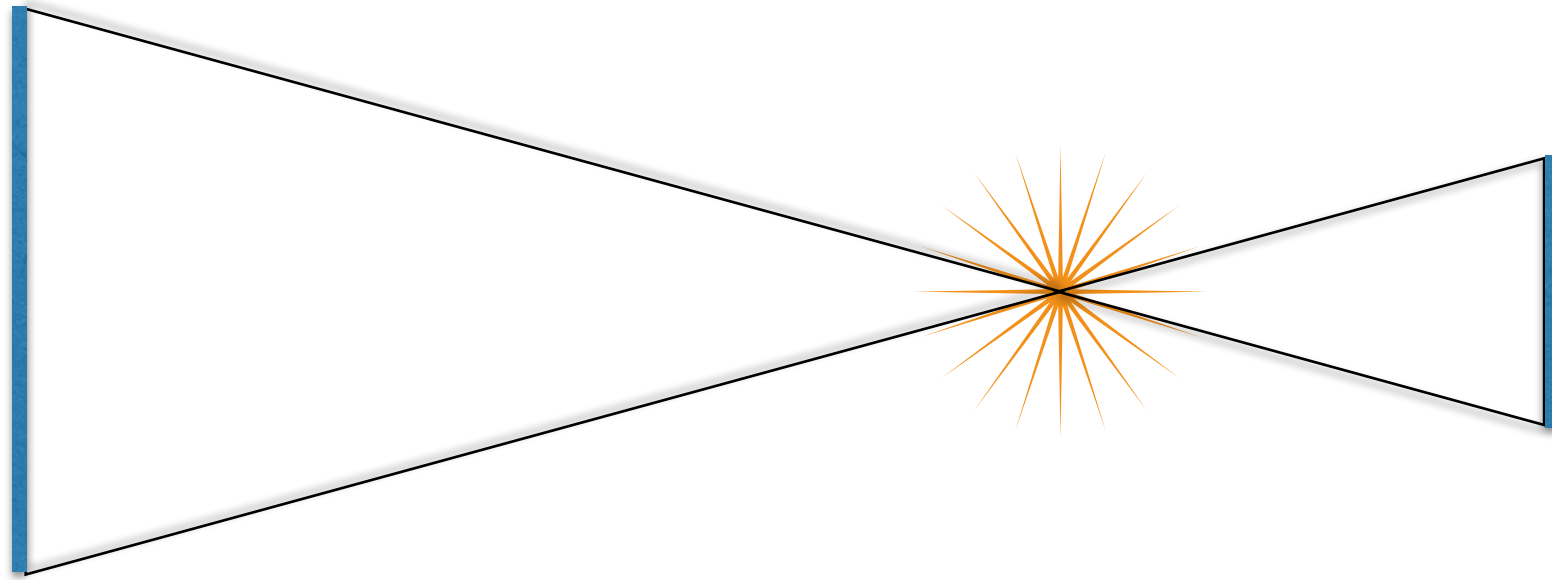
En ljuskälla emitterar fotoner isotropiskt i alla riktningar. Två detektorer av identiskt material placeras på varsin sida av källan enligt figuren nedan:



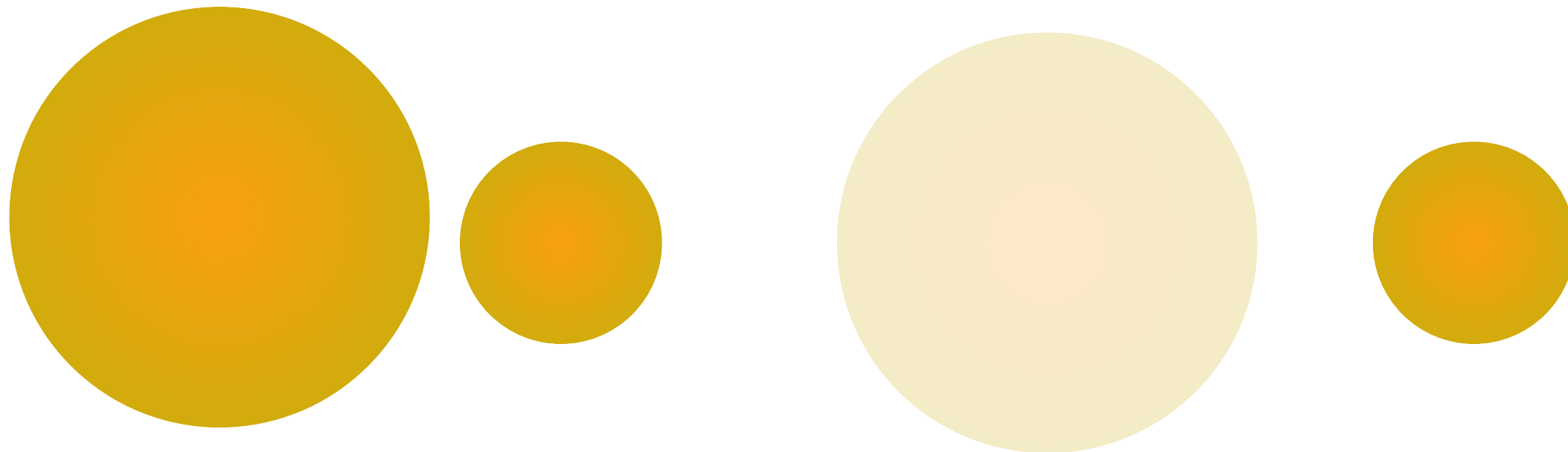
Antal fotoner som detekteras per detektors areaenhet i de två detektorer är:

1. Högre i den större detektor
2. Högre i den mindre detektor
3. Samma i båda detektorerna
4. Det behövs mer information för att kunna avgöra saken

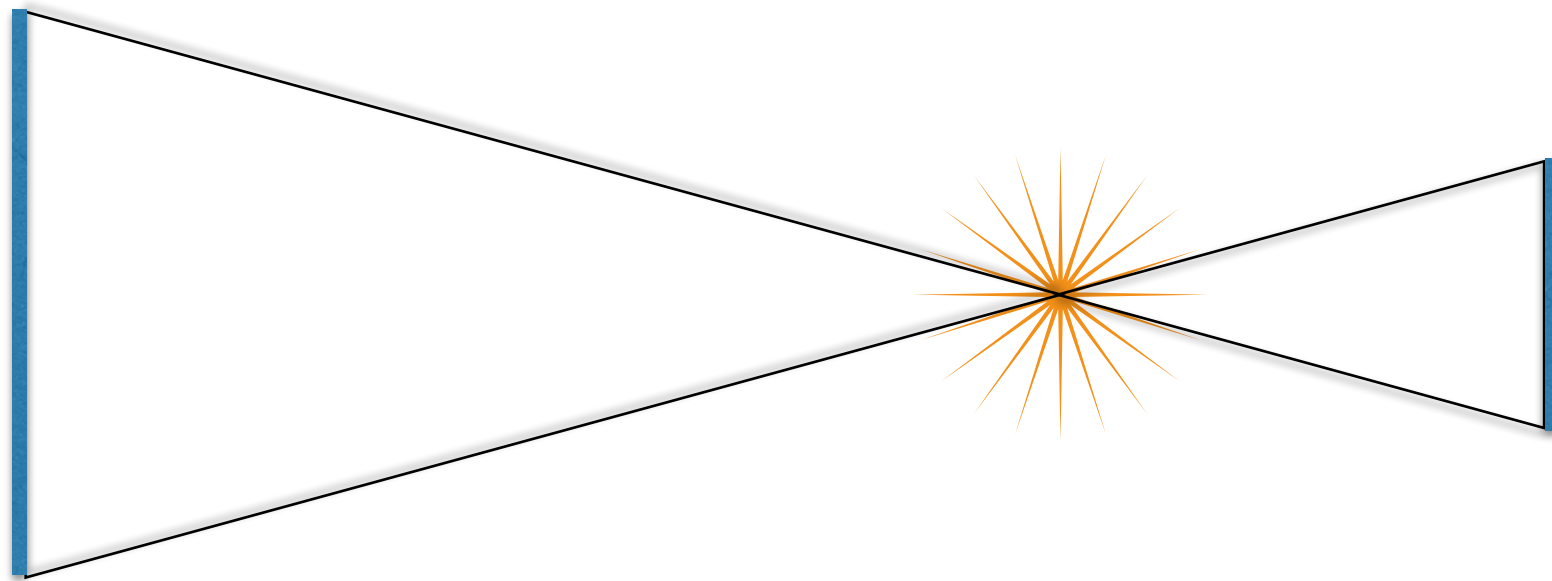
En ljuskälla emitterar fotoner isotropiskt i alla riktningar.
Två detektorer av identiskt material placeras på varsin
sida av källan enligt figuren nedan:



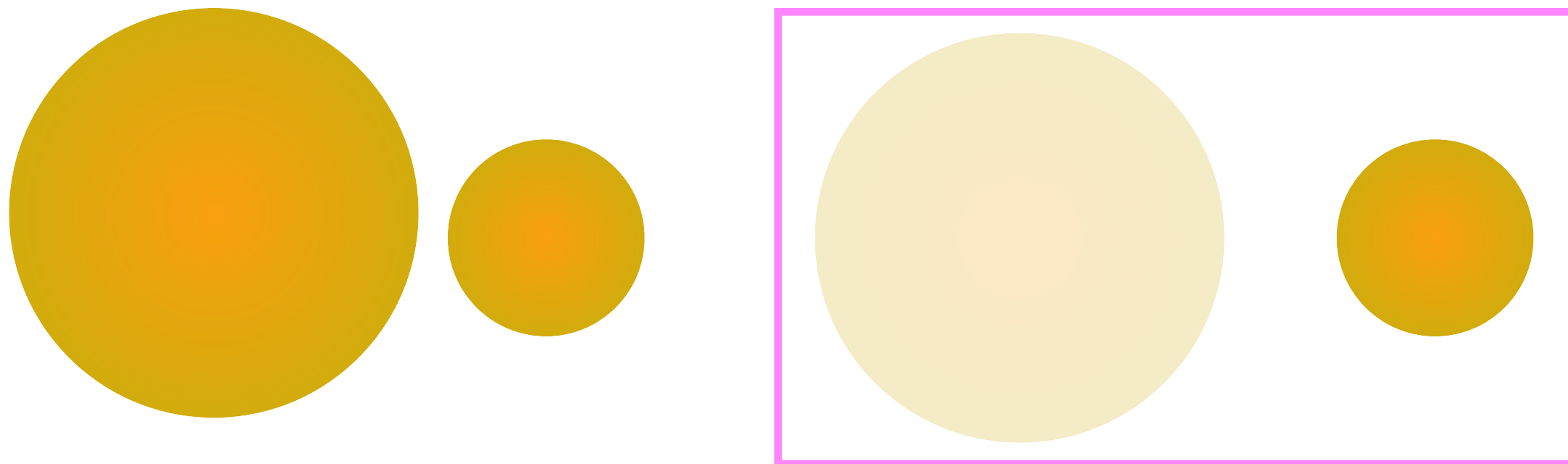
Bilderna i de två detektorerna kommer att vara:



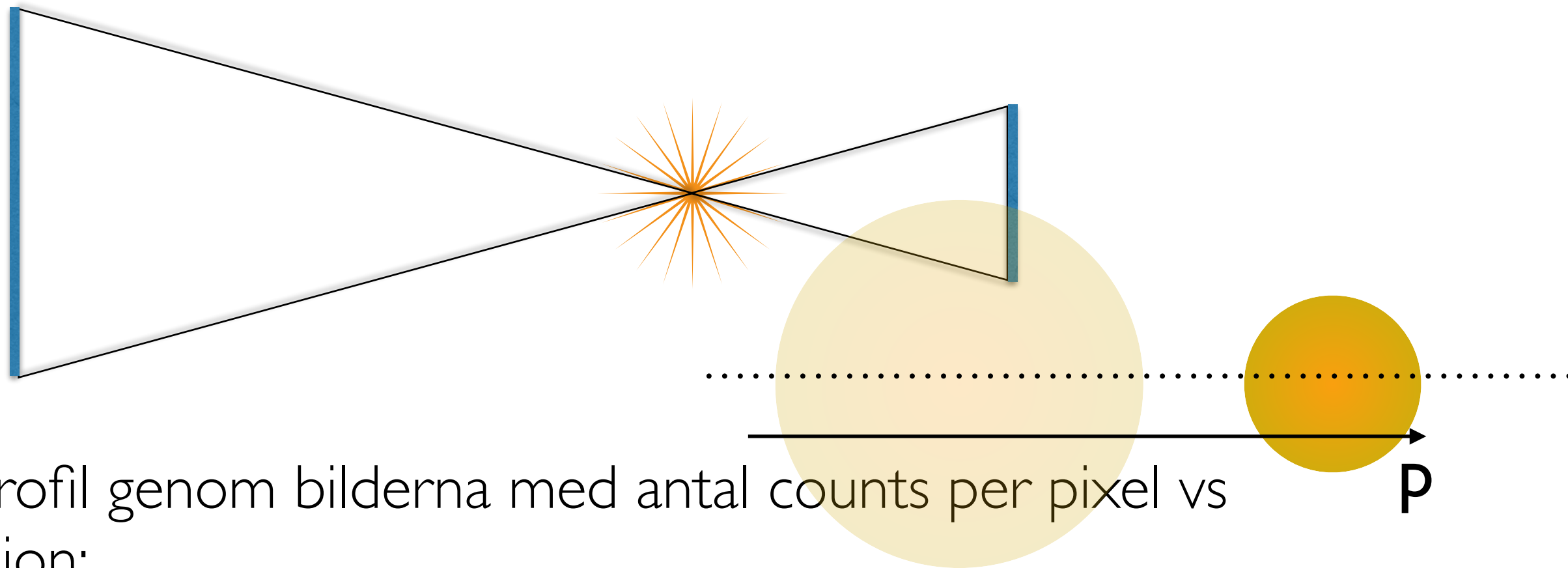
En ljuskälla emitterar fotoner isotropiskt i alla riktningar.
Två detektorer av identiskt material placeras på varsin sida av källan enligt figuren nedan:



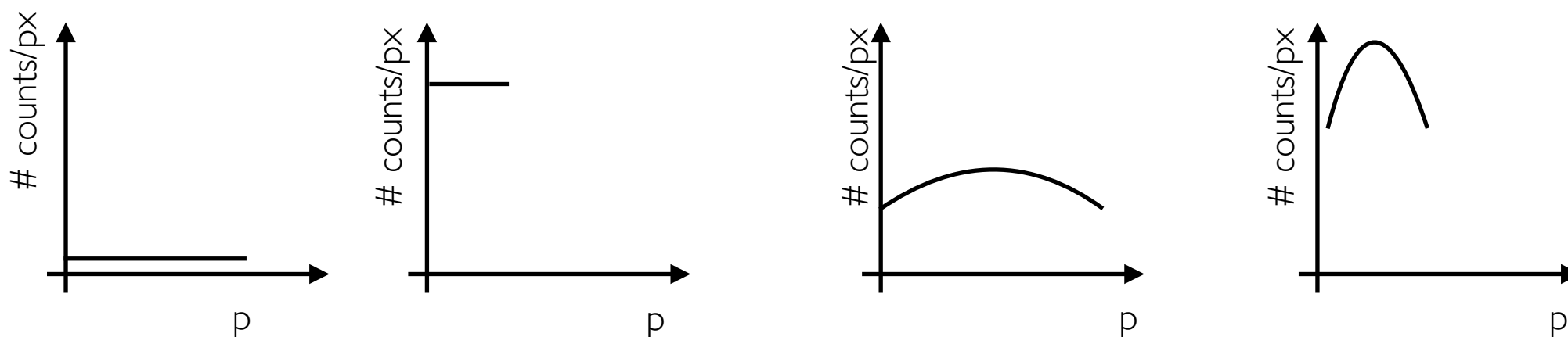
Bilderna i de två detektorerna kommer att vara:



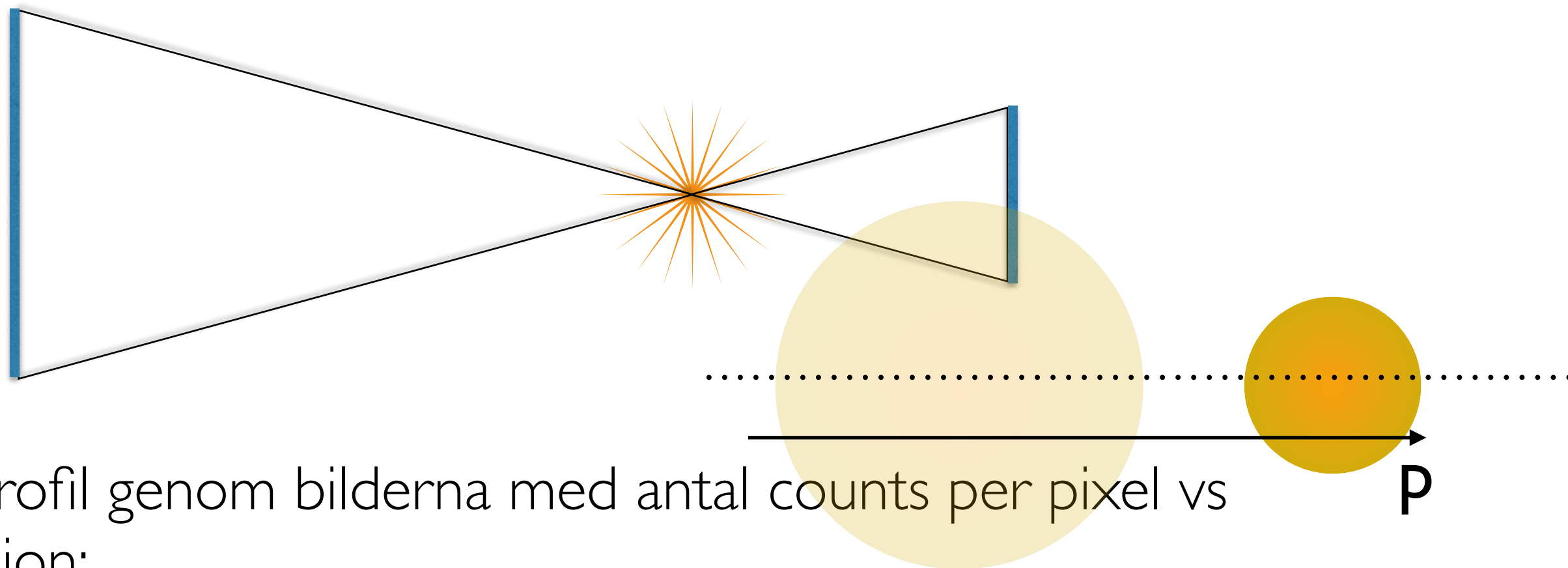
En ljuskälla emitterar fotoner isotropiskt i alla riktningar.
Två detektorer av identiskt material placeras på varsin sida av källan enligt figuren nedan:



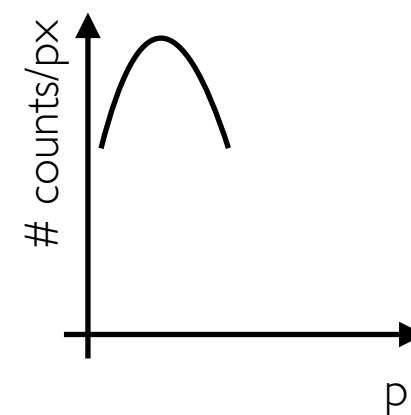
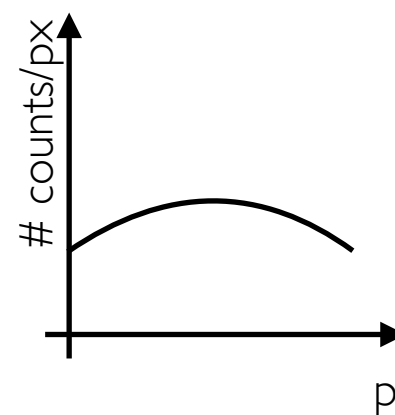
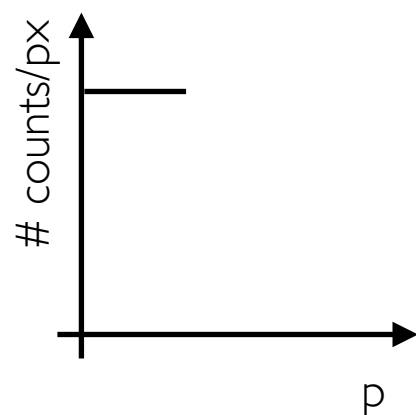
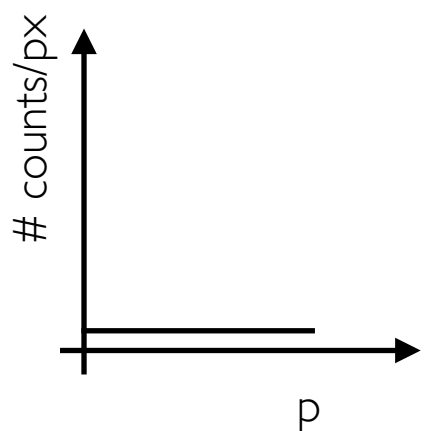
En profil genom bilderna med antal counts per pixel vs position:



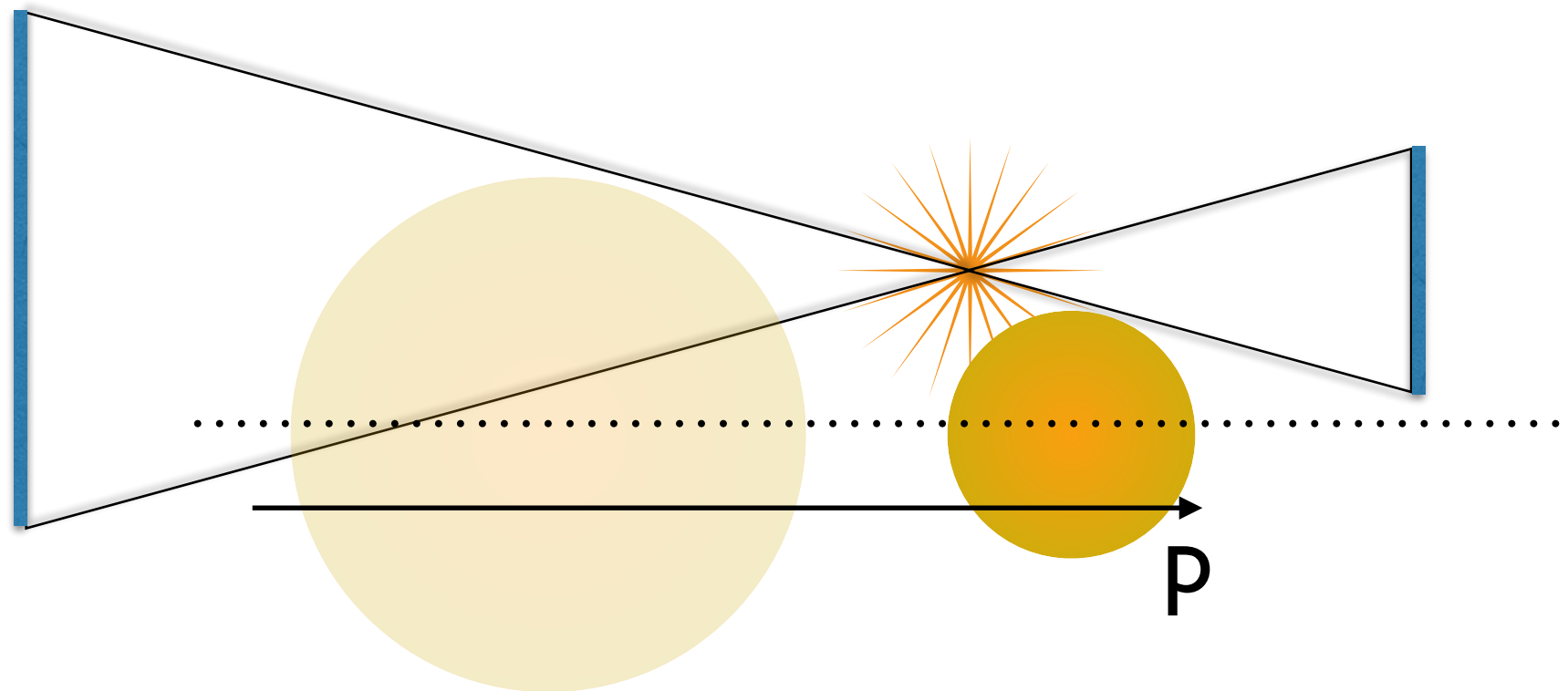
En ljuskälla emitterar fotoner isotropiskt i alla riktningar.
Två detektorer av identiskt material placeras på varsin sida av källan enligt figuren nedan:



En profil genom bilderna med antal counts per pixel vs position:

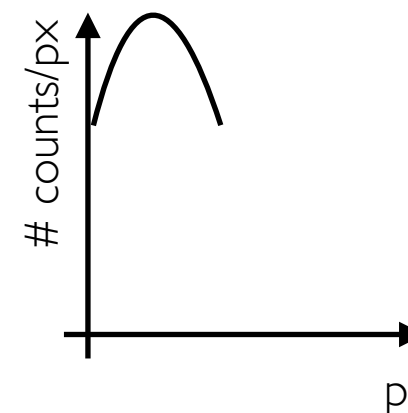
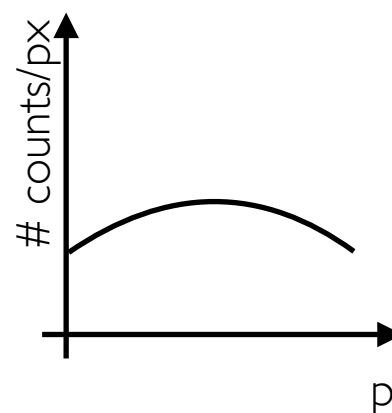


En ljuskälla emitterar fotoner isotropiskt i alla riktningar.
Två detektorer av identiskt material placeras på varsin sida av källan enligt figuren nedan:

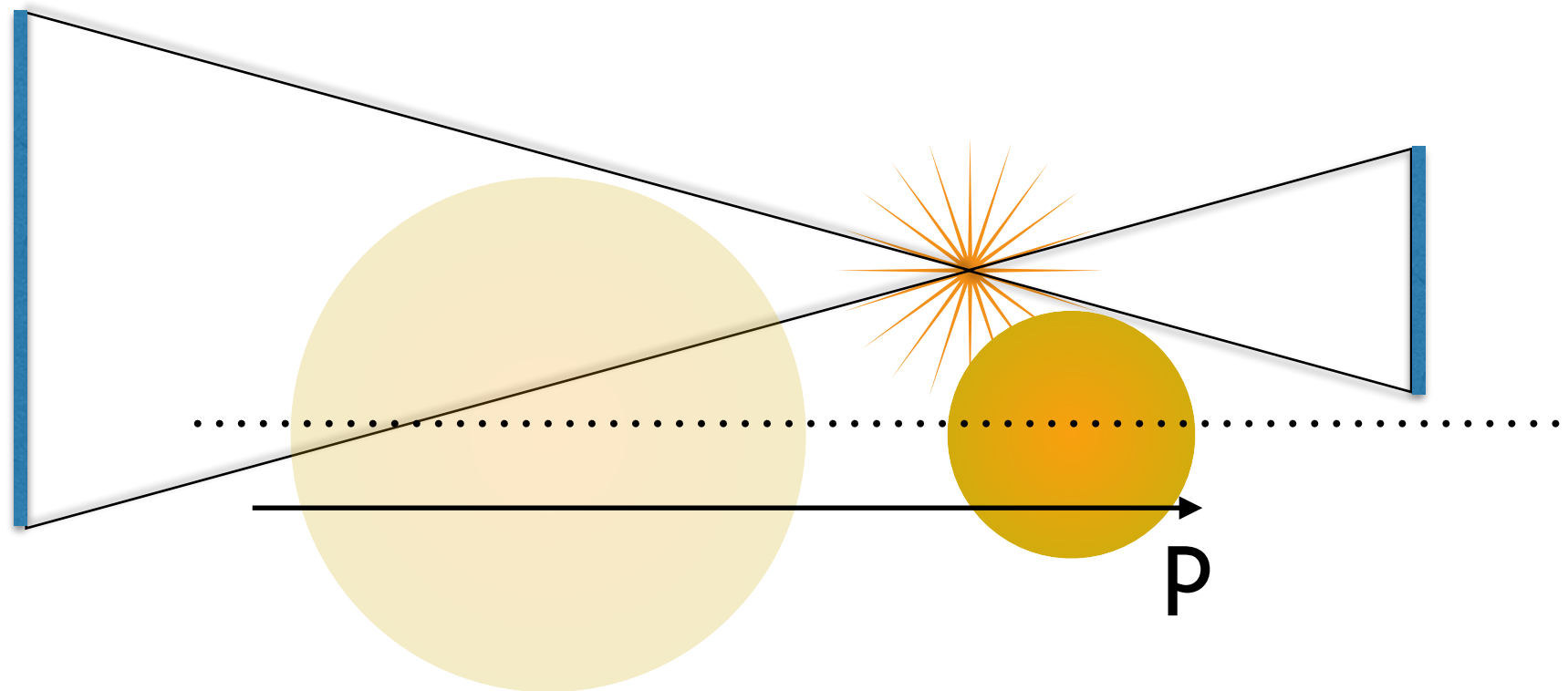


Arean under de två kurvorna (integralen) är:

1. Samma
2. Större för den till höger
3. Det behövs mer information för att kunna avgöra saken



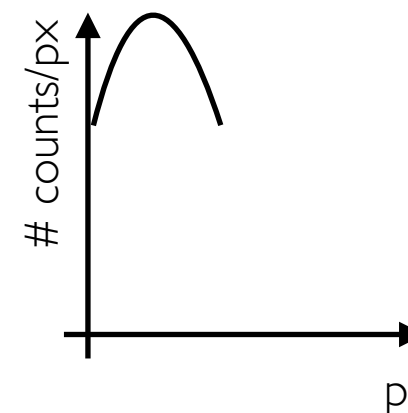
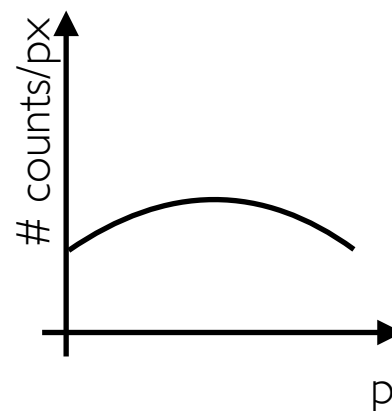
En ljuskälla emitterar fotoner isotropiskt i alla riktningar.
Två detektorer av identiskt material placeras på varsin sida av källan enligt figuren nedan:



Arean under de två kurvorna (integralen) är:

1. Samma

2. Större för den till höger
3. Det behövs mer information för att kunna avgöra saken

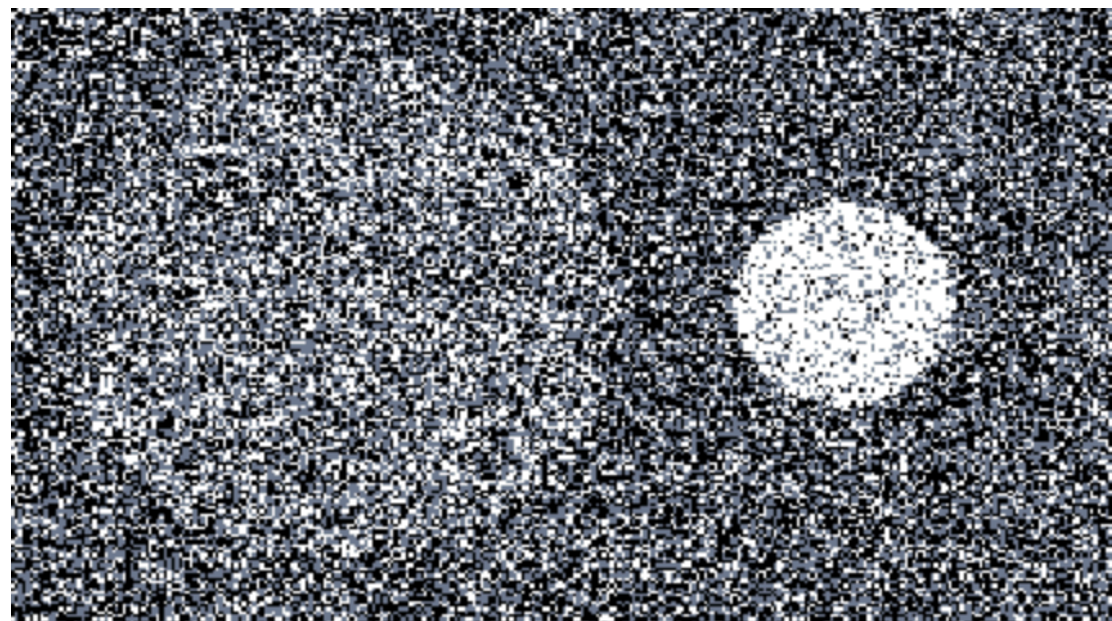


Så, källan från två olika avstånd ser ut så här:

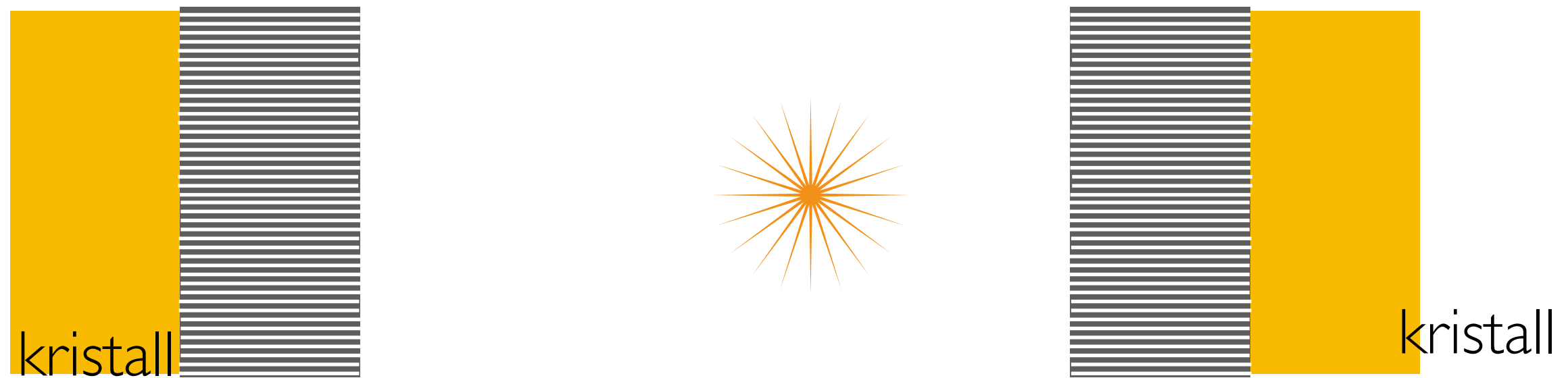


Obs: samma antal fotoner
i de två bilderna!

Om man adderar Poisson brus och en bakgrund:

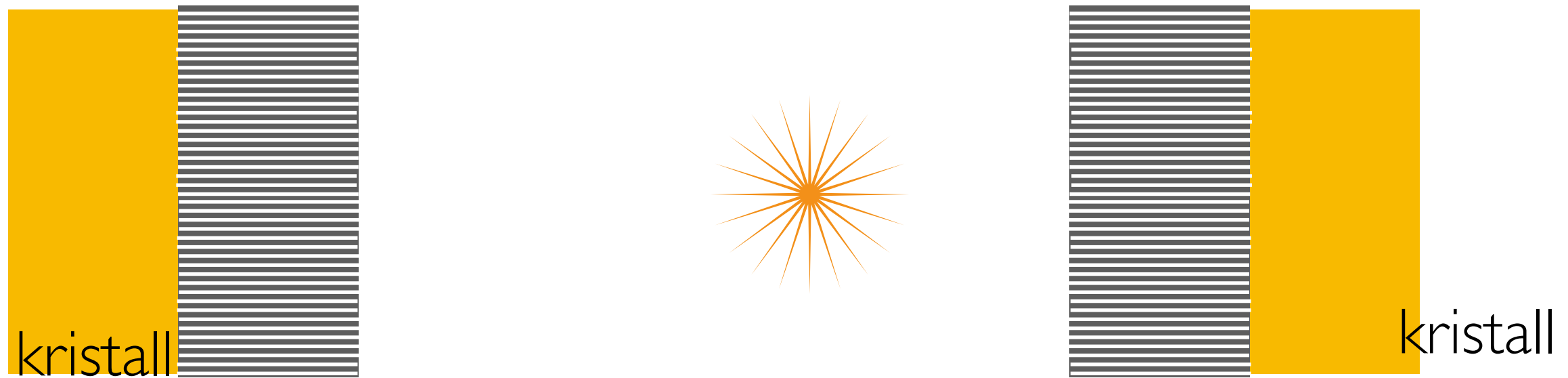


En strålkälla emitterar fotoner isotropiskt i alla riktningar. Två identiska detektorer av identiskt material, med identisk parallel-hole kollimator placeras på varsin sida av källan enligt figuren nedan.



Rita en kvalitativ bild av hur källan avbildas i respektive detektor.

En strålkälla emitterar fotoner isotropiskt i alla riktningar. Två identiska detektorer av identiskt material, med identisk parallel-hole kollimator placeras på varsin sida av källan enligt figuren nedan.



Man vill bestämma om källan finns eller inte. Vilken av de två detektorerna ger svaret snabbast? (Dvs, vilken av detektorerna behöver en kortare insamlingstid innan man kan svara på frågan?)