

1.E Ett kubiskt aluminiumblock med sidan 2,0 cm har ett hål med diametern 1 mm. Bestäm (den maximala) objektkontrasten om fotoner med energin 40 keV används i ett transmissionsexperiment.

Table of Contents

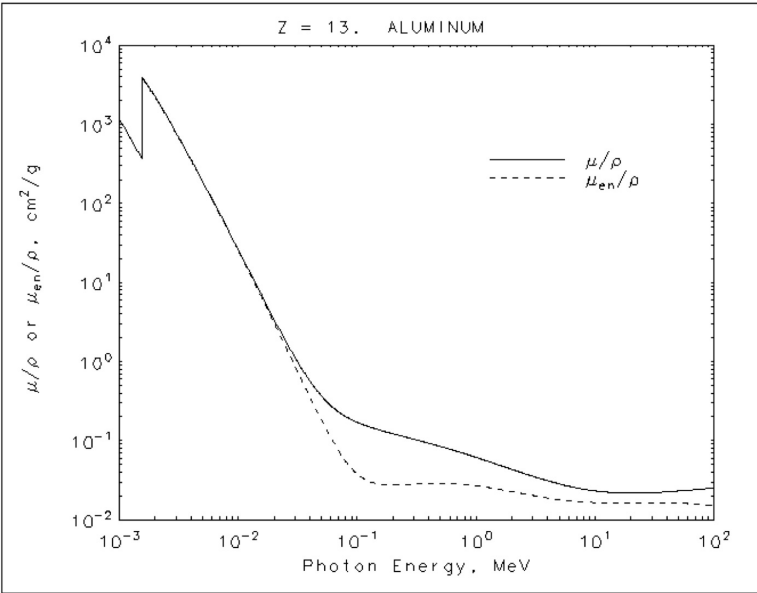
X-Ray Mass Attenuation Coefficients

Table 1. Material constants assumed in the present evaluations for elemental media. Values are given for the ratio of atomic number-to-mass Z/A, the mean excitation energy I, and the density ρ. Some density values are only nominal; those for Z = 85 and 87 were arbitrarily set to 10 in order to complete the calculations.

Z	Element	Z/A	I (eV)	Density (g/cm ³)
1	H	0.99212	19.2	8.375E-05
2	He	0.49968	41.8	1.663E-04
3	Li	0.43221	40.0	5.340E-01
4	Be	0.44384	63.7	1.848E+00
5	B	0.46245	76.0	2.370E+00
6	C	0.49954	78.0	1.700E+00
7	N	0.49976	82.0	1.165E-03
8	O	0.50002	95.0	1.332E-03
9	F	0.47372	115.0	1.580E-03
10	Ne	0.49555	137.0	8.385E-04
11	Na	0.47847	149.0	9.710E-01
12	Mg	0.49373	156.0	1.740E+00
13	Al	0.48181	166.0	2.699E+00
14	Si	0.49848	173.0	2.330E+00
15	P	0.48428	173.0	2.200E+00
16	S	0.49897	180.0	2.000E+00
17	Cl	0.47951	174.0	2.995E-03
18	Ar	0.45059	188.0	1.662E-03
19	K	0.48595	190.0	8.620E-01
20	Ca	0.49903	191.0	1.550E+00
21	Sc	0.46712	216.0	2.989E+00
22	Ti	0.45948	233.0	4.540E+00
23	V	0.45150	245.0	6.110E+00
24	Cr	0.46157	257.0	7.180E+00
25	Mn	0.45506	272.0	7.440E+00
26	Fe	0.46556	286.0	7.874E+00
27	Co	0.45815	297.0	8.900E+00
28	Ni	0.47708	311.0	8.902E+00

Table of Contents

Back to table 3



Aluminum
Z = 13

HTML table format

Energy (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	μ _{en} /ρ (cm ² /g)
1.00000E-03	1.185E+03	1.183E+03
1.50000E-03	4.022E+02	4.001E+02
1.55960E-03	3.621E+02	3.600E+02
1.55960E-03	3.957E+03	3.829E+03
2.00000E-03	2.263E+03	2.204E+03
3.00000E-03	7.880E+02	7.732E+02
4.00000E-03	3.605E+02	3.545E+02
5.00000E-03	1.934E+02	1.902E+02
6.00000E-03	1.153E+02	1.133E+02
8.00000E-03	5.033E+01	4.918E+01

Aluminum
Z = 13

ASCII format

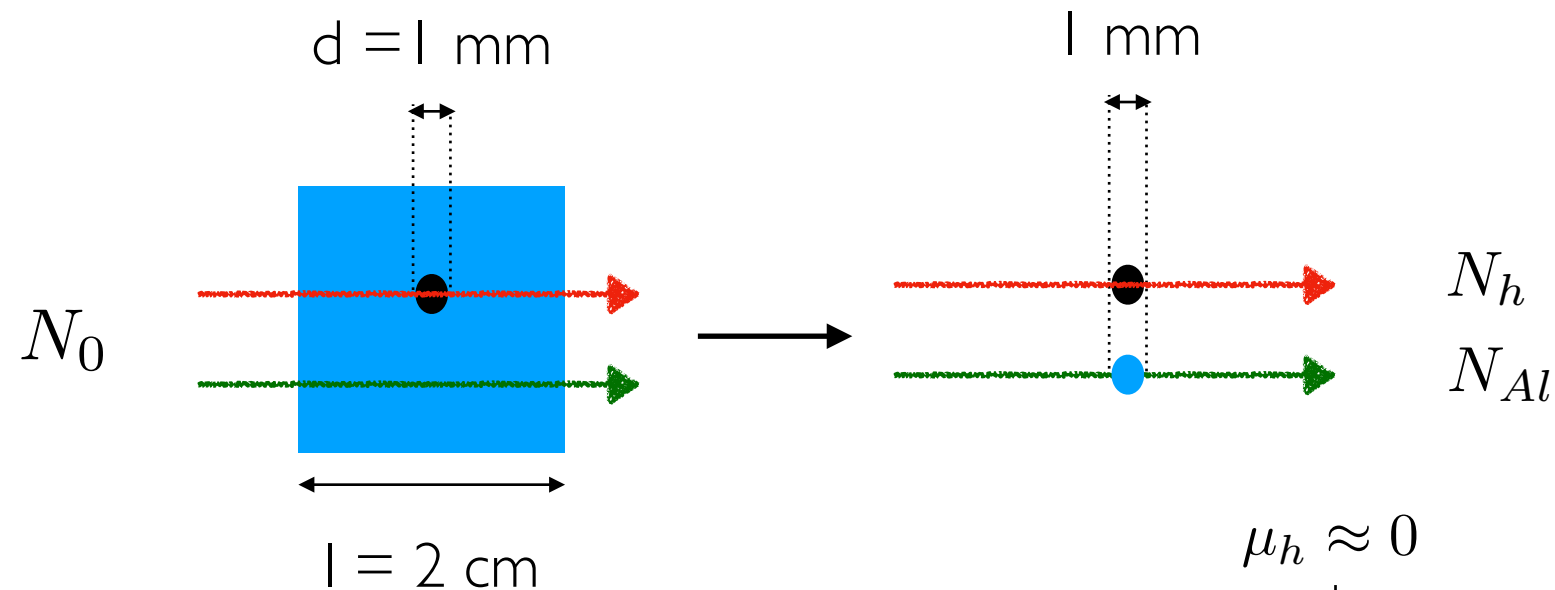
Energy (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	μ _{en} /ρ (cm ² /g)
1.00000E-03	1.185E+03	1.183E+03
1.50000E-03	4.022E+02	4.001E+02
1.55960E-03	3.621E+02	3.600E+02
1.55960E-03	3.957E+03	3.829E+03
2.00000E-03	2.263E+03	2.204E+03
3.00000E-03	7.880E+02	7.732E+02
4.00000E-03	3.605E+02	3.545E+02
5.00000E-03	1.934E+02	1.902E+02
6.00000E-03	1.153E+02	1.133E+02
8.00000E-03	5.033E+01	4.918E+01
1.00000E-02	2.623E+01	2.543E+01
1.50000E-02	7.955E+00	7.487E+00
2.00000E-02	3.441E+00	3.094E+00

1.00000E-02	2.623E+01	2.543E+01	3.00000E-02	1.128E+00	8.778E-01
1.50000E-02	7.955E+00	7.487E+00	4.00000E-02	5.685E-01	3.601E-01
2.00000E-02	3.441E+00	3.094E+00	5.00000E-02	3.681E-01	1.840E-01
3.00000E-02	1.128E+00	8.778E-01	6.00000E-02	2.778E-01	1.099E-01
4.00000E-02	5.685E-01	3.601E-01	8.00000E-02	2.018E-01	5.511E-02
5.00000E-02	3.681E-01	1.840E-01	1.00000E-01	1.704E-01	3.794E-02
6.00000E-02	2.778E-01	1.099E-01	1.50000E-01	1.378E-01	2.827E-02
8.00000E-02	2.018E-01	5.511E-02	2.00000E-01	1.223E-01	2.745E-02
1.00000E-01	1.704E-01	3.794E-02	3.00000E-01	1.042E-01	2.816E-02
1.50000E-01	1.378E-01	2.827E-02	4.00000E-01	9.276E-02	2.862E-02
2.00000E-01	1.223E-01	2.745E-02	5.00000E-01	8.445E-02	2.868E-02
3.00000E-01	1.042E-01	2.816E-02	6.00000E-01	7.802E-02	2.851E-02
4.00000E-01	9.276E-02	2.862E-02	8.00000E-01	6.841E-02	2.778E-02
5.00000E-01	8.445E-02	2.868E-02	1.00000E+00	6.146E-02	2.686E-02
6.00000E-01	7.802E-02	2.851E-02	1.25000E+00	5.496E-02	2.565E-02
8.00000E-01	6.841E-02	2.778E-02	1.50000E+00	5.006E-02	2.451E-02
1.00000E+00	6.146E-02	2.686E-02	2.00000E+00	4.324E-02	2.266E-02
1.25000E+00	5.496E-02	2.565E-02	3.00000E+00	3.541E-02	2.024E-02
1.50000E+00	5.006E-02	2.451E-02	4.00000E+00	3.106E-02	1.882E-02
2.00000E+00	4.324E-02	2.266E-02	5.00000E+00	2.836E-02	1.795E-02
3.00000E+00	3.541E-02	2.024E-02	6.00000E+00	2.655E-02	1.739E-02
4.00000E+00	3.106E-02	1.882E-02	8.00000E+00	2.437E-02	1.678E-02
5.00000E+00	2.836E-02	1.795E-02	1.00000E+01	2.318E-02	1.650E-02
6.00000E+00	2.655E-02	1.739E-02	1.50000E+01	2.195E-02	1.631E-02
8.00000E+00	2.437E-02	1.678E-02	2.00000E+01	2.168E-02	1.633E-02

Back to table 3

Table of Contents

Max contrast, C, fås för strålarna genom diameter:



$$C(E) = \frac{N_h - N_{Al}}{N_h} = 1 - e^{-[\mu_{Al}(E) - \mu_h(E)]d} \approx 1 - e^{-\mu_{Al}(E)d}$$

$\mu_h \approx 0$

Från NIST tabeller:

$$\rho_{Al} = 2,699 \text{ g/cm}^3$$

$$\mu_{Al}(40\text{keV}) = 0,5685 \text{ cm}^2/\text{g}$$

$$C(40 \text{ keV}) \approx 1 - e^{-0,5685 \text{ cm}^2/\text{g} \cdot 2,699 \text{ g/cm}^3 \cdot 0,1 \text{ cm}} \approx 0,14$$

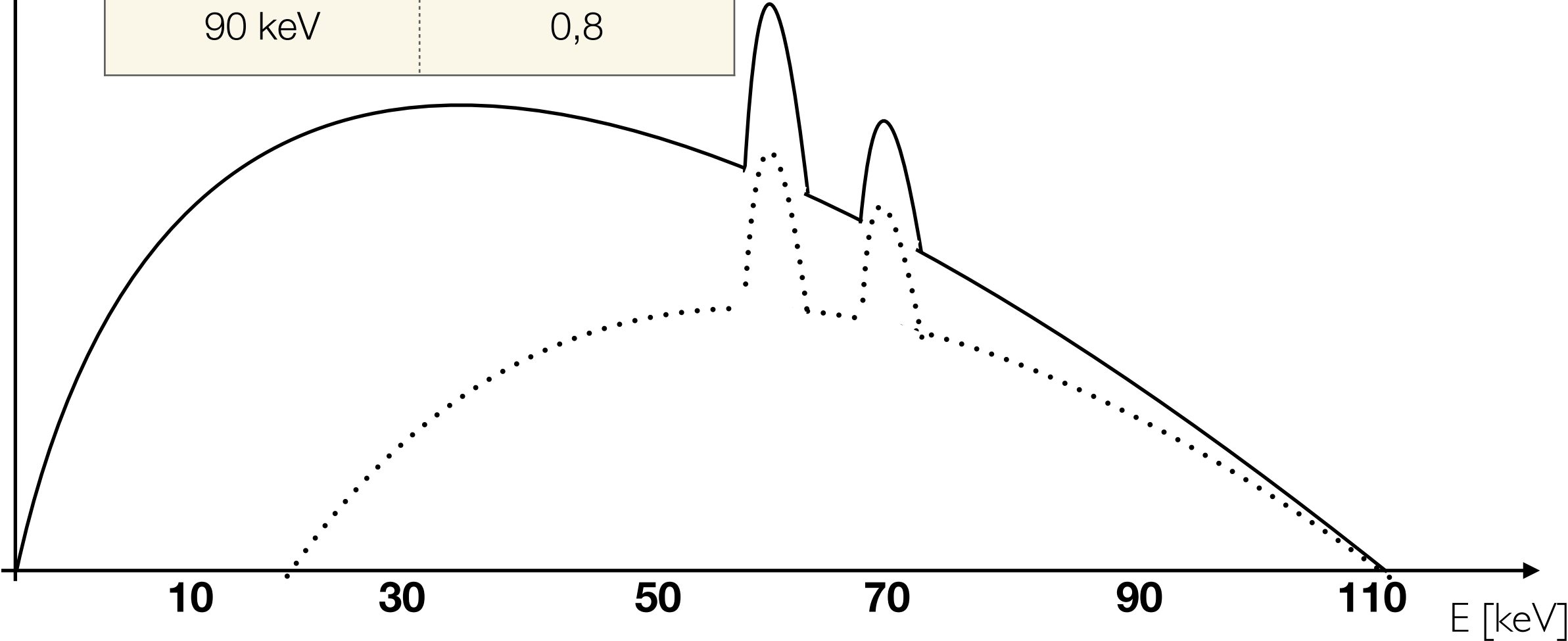
Max C vid 40 keV är cirka 14%

2.E Rita röntgenspektrumet från ett röntgenrör som opereras med spänningen 110 kV. Rita även spektrumet efter ett 5 mm Al-filter (använd dig gärna av tabellerna ovan för att uppskatta effekten av filtret).

dN/dE

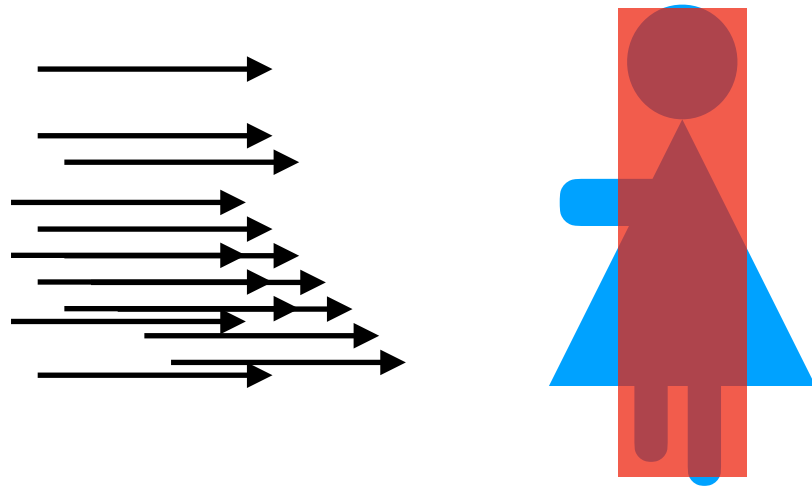
E	attenueringsfaktor 5 mm Al
10 keV	10 ⁻¹⁶
20 keV	10 ⁻²
30 keV	0,2
50 keV	0,6
70 keV	0,7
90 keV	0,8

— före filtret
..... efter filtret



3.E Antag att du bestrålas med 10^8 fotoner med energi 100 keV och uppskatta deponerad dos. Diskutera också vad som skulle hända om fotonernas energi var 80 keV respektive 120 keV.

10^8 fotoner, $E = 100$ keV



$$\text{dos} = \frac{E_{\text{dep}}}{m} \Rightarrow \text{dos} \approx \frac{8 \cdot 10^{-7} \text{ J}}{80 \text{ kg}} = 10 \text{ nGy}$$

~ 20 cm

Det som måste uppskattas:

Andel attenuerade fotoner $\longrightarrow$ Beers lag: μ ? tjocklek?

Andel av fotonernas E som deponeras i snitt för varje attenuerad foton

vid 100 keV mest Compton $\Rightarrow$ antag 0,4-0,6 av E

$$E_{\text{dep}} \approx 10^8 \cdot (1 - e^{-0,1707 \cdot 20}) \cdot \overbrace{0,5 \cdot 100 \text{ keV}}^{\text{dep. } E / \text{ attenuerade foton}} \approx 8 \cdot 10^{-7} \text{ J}$$

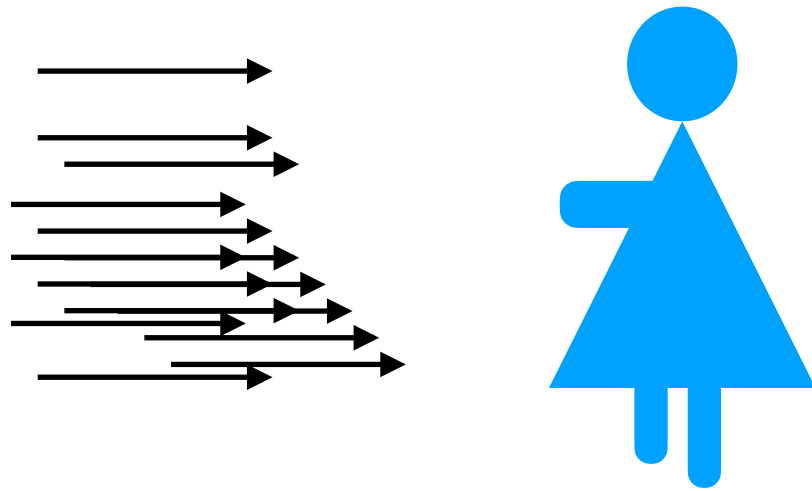
andel som attenueras

antal inkommande fotoner



antal attenuerade fotoner

10^8 fotoner, $E = 100$ keV



$$\text{dos} = \frac{E_{\text{dep}}}{m} \Rightarrow$$

$$\text{dos} \approx \frac{8 \cdot 10^{-7} \text{ J}}{80 \text{ kg}} = 10 \text{ nGy}$$

Vad händer om $E = 80$ keV resp. 120 keV?

invers prop. mot E , mer än linjärt!

$$E_{\text{dep}} \approx 10^8 \cdot (1 - e^{-0,1707 \cdot 20}) \cdot 0,5 \cdot 100 \text{ keV} \approx 8 \cdot 10^{-7} \text{ J}$$

antal inkommande fotoner

antal attenuerade fotoner

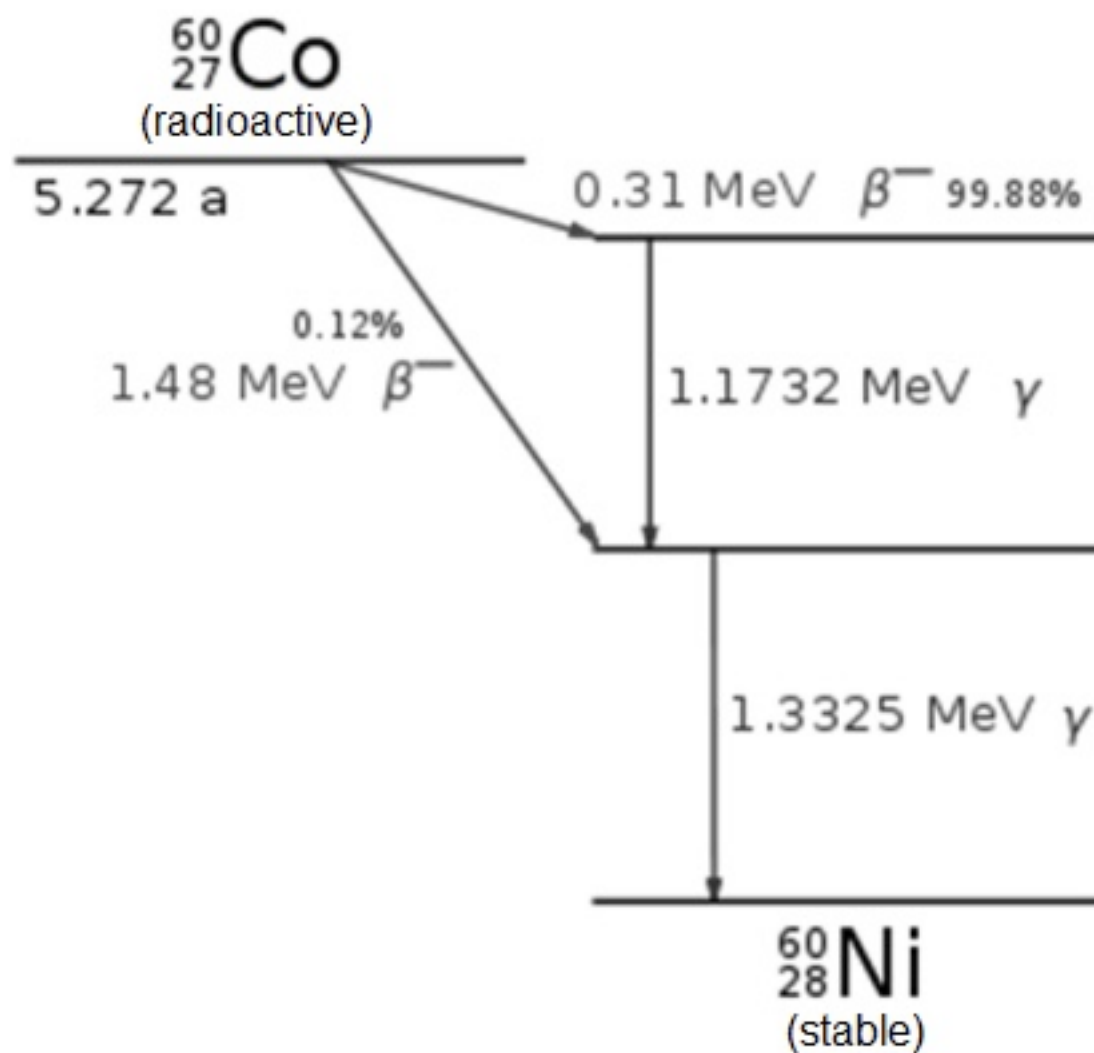
andel som attenueras

dep. E / attenuerade foton

nästan linjärt med E

Dosen blir högre vid 80 keV än vid 100 keV, dosen vid 120 keV blir lägre än vid 100 keV

4.E En $^{60}_{27}\text{Co}$ -källa ställs i närheten av en detektor med 10% effektivitet i energiområde 1,0 MeV - 1,5 MeV. Detektorns räknehastighet är då 123 cps. Antag att bakgrundsstrålningens inverkan på räknehastighet kan negligeras och uppskatta källans aktivitet.



Aktivitet hos ^{60}Co källa då:

123 cps i $1 \text{ MeV} < E < 1,5 \text{ MeV}$, 10% effektivitet, försumbart antal counts från bakgrund

Från sönderfallsschemat:

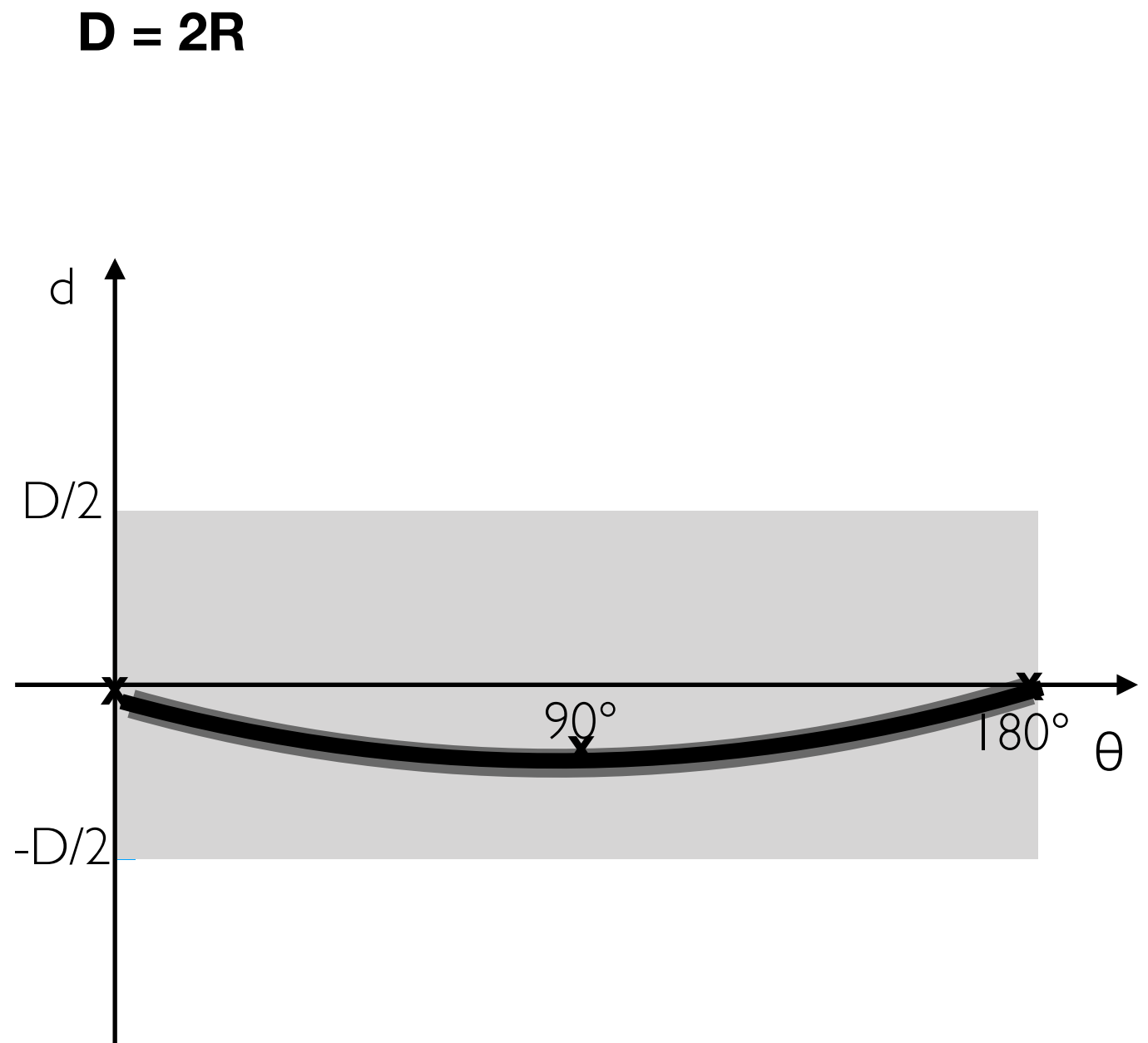
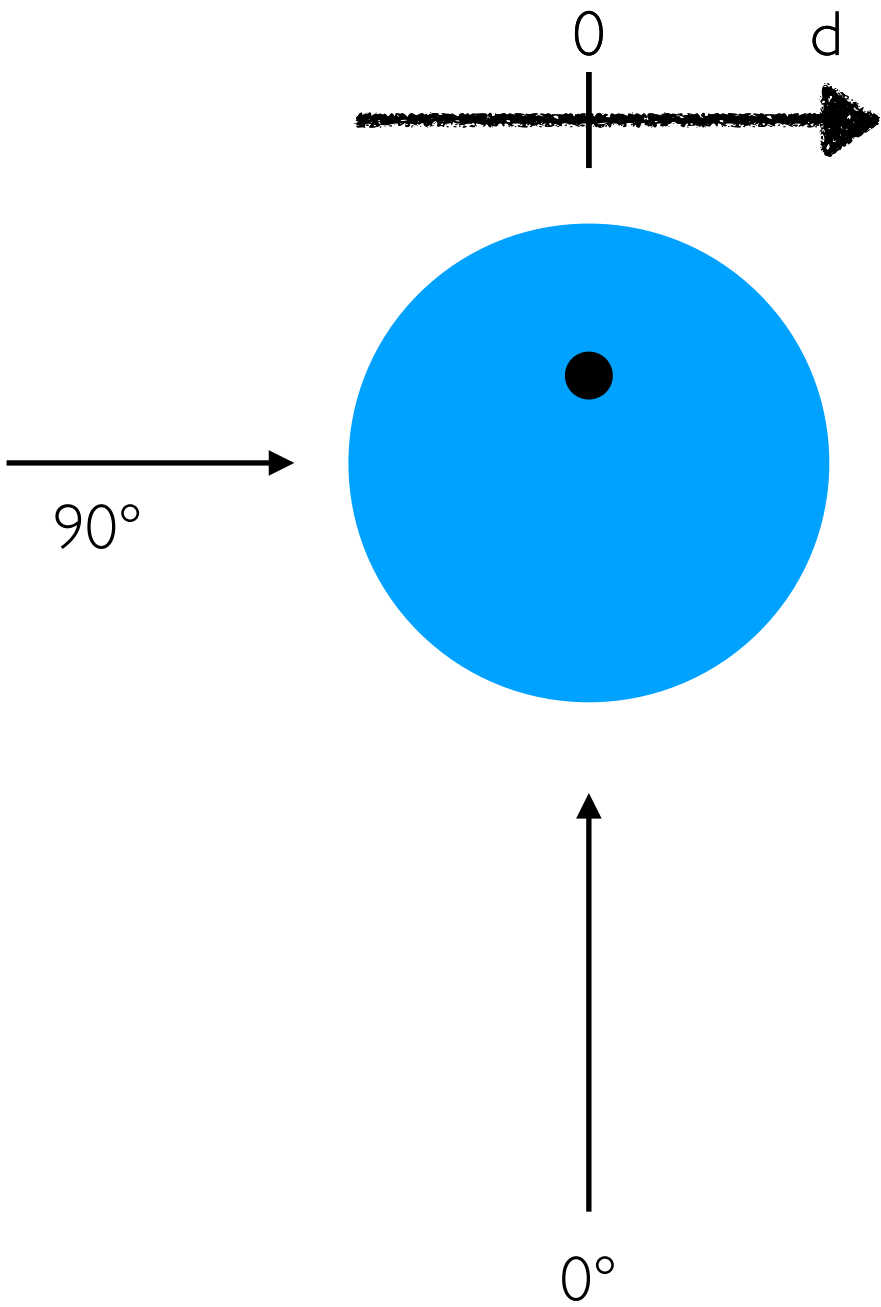
1. Båda ^{60}Co -emissionspeakar ligger i detektors energidiskriminerings intervall
2. I snitt utstrålas 1,9988 fotoner/sönderfall

effektivitet 10% $\Rightarrow$ 123 cps motsvarar 1230 utstrålade fotoner/s

1,9988 fotoner/sönderfall $\Rightarrow$ 1230 utstrålade fotoner /s motsvarar $1230 / 1,9988 \approx 615 \text{ Bq}$

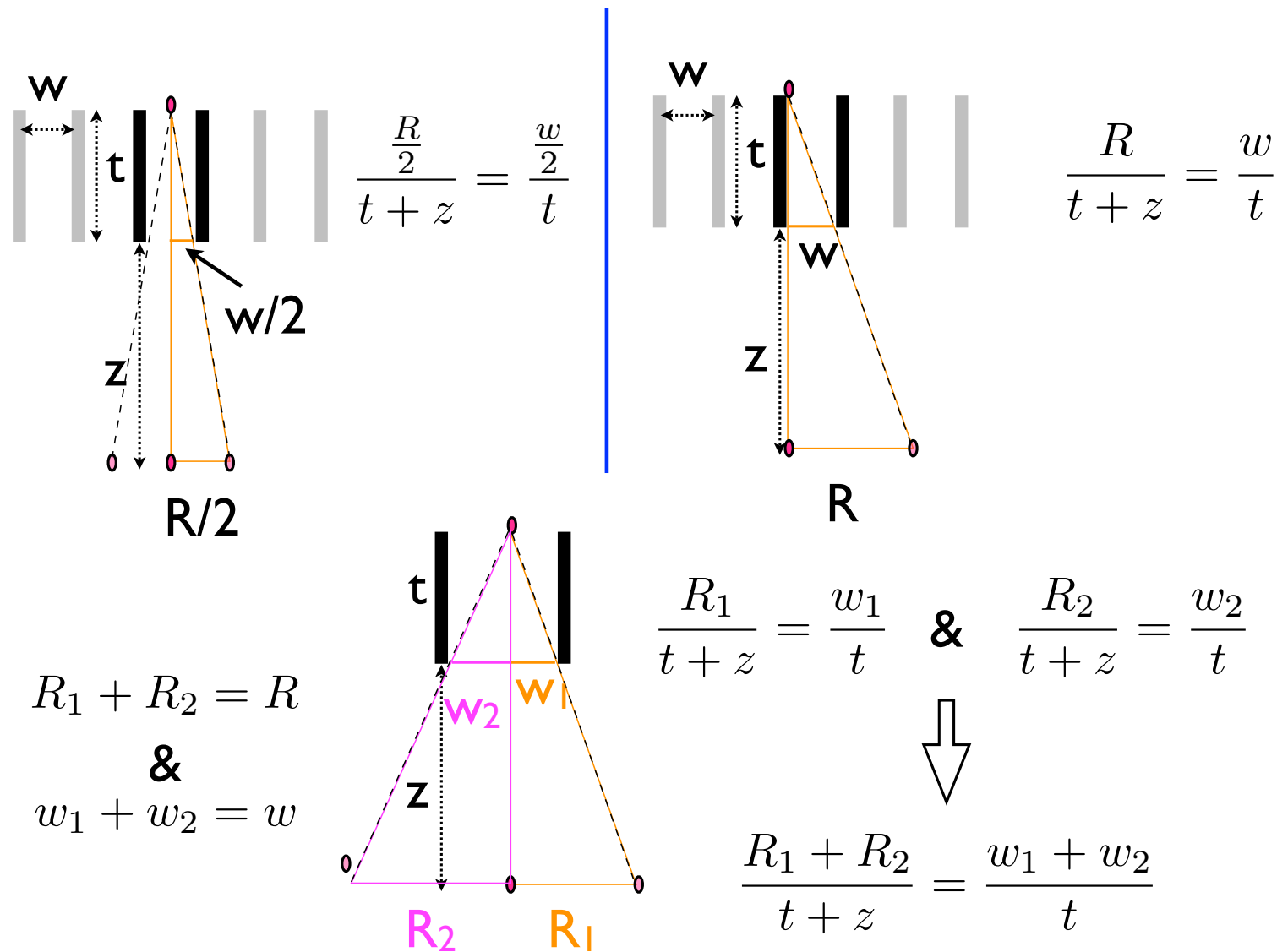
$$A \approx 0,6 \text{ kBq}$$

5.E En sfär, med radie R , som innehåller en FDG-lösning med aktivitet A MBq/l har en sfärisk *cold spot* med radie $1/10$ av sfärens radie, placerad $1/3R$ från sfärens mittpunkt. Objektet placeras i en PET-skanner som består av en enda ring. Rita sinogrammet som fås. (En *cold spot* innehåller ingen aktivitet alls).

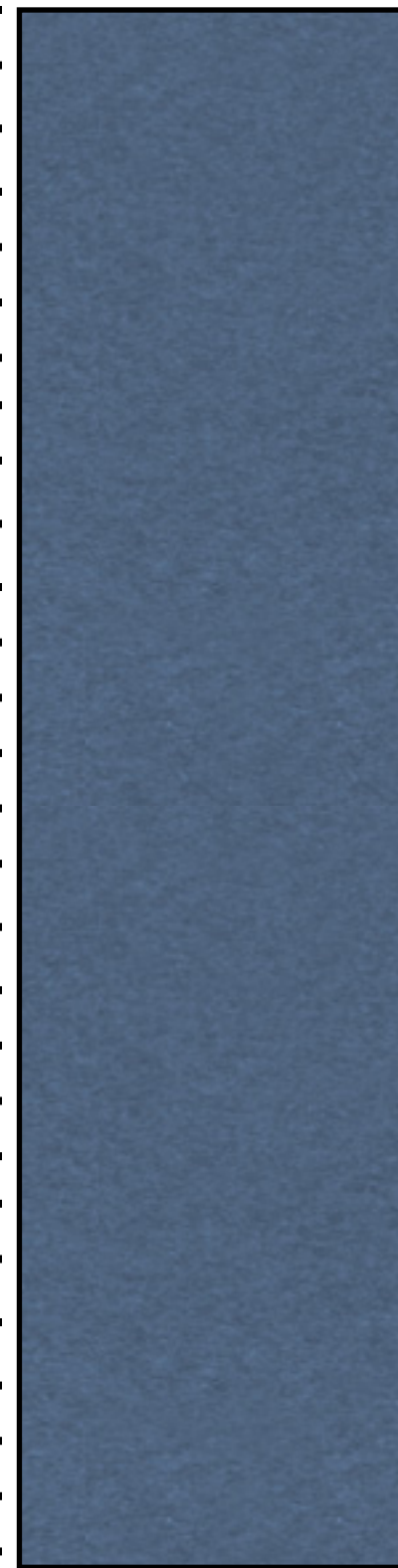
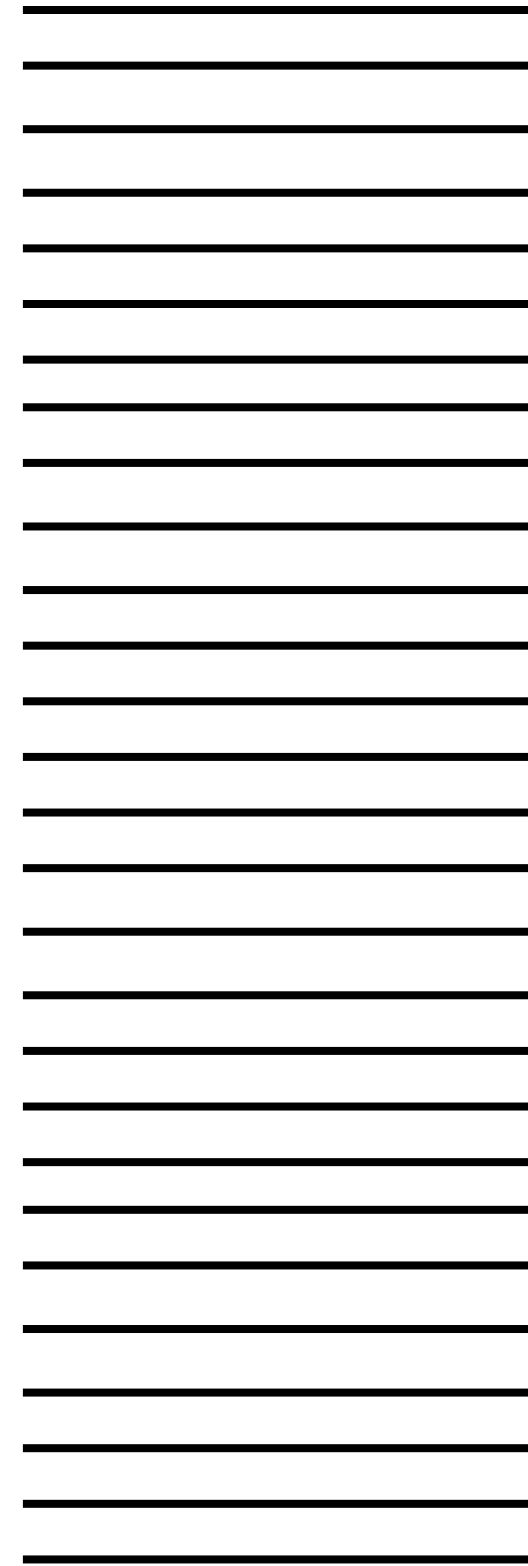


6.E. Bestäm spatiell upplösning och effektivitet av en gammakamera. (Rita en figur, döp nödvändiga storheter och skriv svaren i form av två uttryck).

Uppskatta spatiell upplösning samt effektivitet hos en gammakamera



$$R \approx \frac{w}{t} (t + z)$$



Efficiency Gamma Camera (with parallel-hole collimator)

$$\text{Efficiency} \propto \frac{\pi(\text{Resolution}/2)^2}{4\pi R^2}$$

