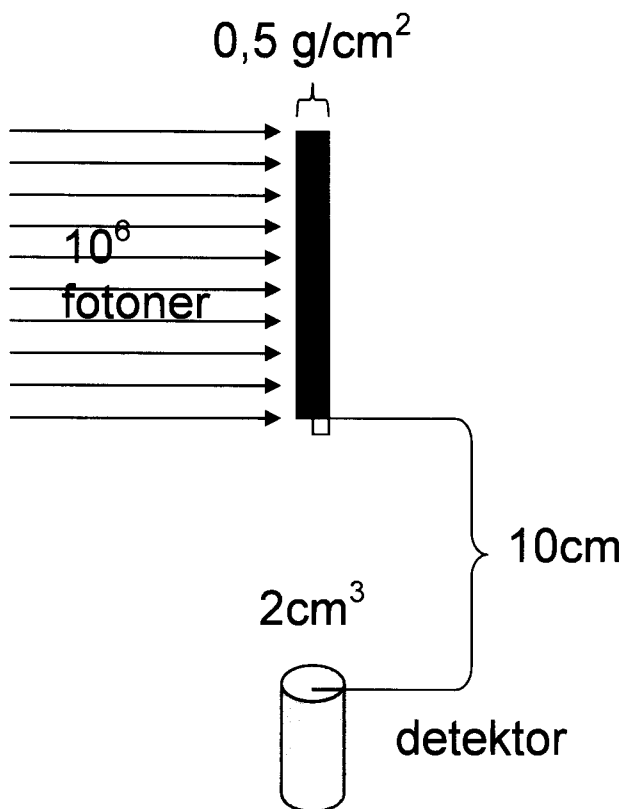


**OPPGAVE 1 Fotonvekselvirkning**

(redigert fra Hallstadius&Hertzman, Radiofysiske institusjonen, Lund Universitet 1984)

- a) En jevn fluence av fotoner strømmer inn mot en skive med Carbon ( $Z=6$ ). Skiva har tykkelse  $0,5 \text{ g/cm}^2$ . En detektor med areal  $2,0 \text{ cm}^2$  er plassert i  $10 \text{ cm}$  avstand fra Carbon skiva i rett vinkel i forhold til innkommende stråling.



Beregn antall spredte fotoner per romvinkelenhet som faller inn mot detektor.

Anta Thomson klassiske teori (coherent scatter) der tverrsnitt per elektron er:

$$\frac{d_c \sigma}{d\Omega} = \frac{r_0^2}{2} (1 + \cos^2 \theta)$$

$r_0 = 2,82 \cdot 10^{-15} \text{ m}$  er den klassiske elektronradien, og  $\theta$  vinkelen til det spredte fotonet

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

- b) Beregn totalt antall spredte fotoner fra Carbon blokka

$$\text{Thompson tverrsnitt: } \sigma_{Th} = \frac{8}{3} \cdot \pi r_0^2$$

- c) Beregn for samme situasjon som i oppgave 1 for et knippe av fotoner med energi  $0,1 \text{ MeV}$  ved å benytte Klein-Nishina tverrsnitt for Compton scatter:

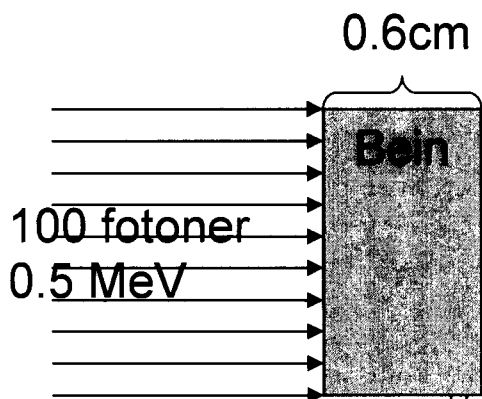
$$\frac{d_c \sigma}{d\Omega_\varphi} = \frac{r_0^2}{2} \left( \frac{h\nu'}{h\nu} \right)^2 \left( \frac{h\nu}{h\nu'} + \frac{h\nu'}{h\nu} - \sin^2 \varphi \right) \quad \frac{h\nu'}{h\nu} = \frac{1}{1 + \frac{h\nu}{m_0 c^2} (1 - \cos^2 \theta)}$$

Tegn en skisse av en enkelt Compton vekselvirkning mellom et innkommende foton med energi  $h\nu$  og et elektron, der  $\theta$  er vinkelen til det spredte fotonet og  $\varphi$  vinkelen til elektronet som settes i bevegelse.

**OPPGAVE 2 Fotonvekselvirkning**

(redigert fra Hallstadius&Hertzman, Radiofysiske institusjonen, Lund Universitet 1984)

En 0,6 cm tykk skive med bein blir bombardert med 100 fotoner som alle har energi 0,5 MeV.



a) Bestem antall Compton vekselvirkninger

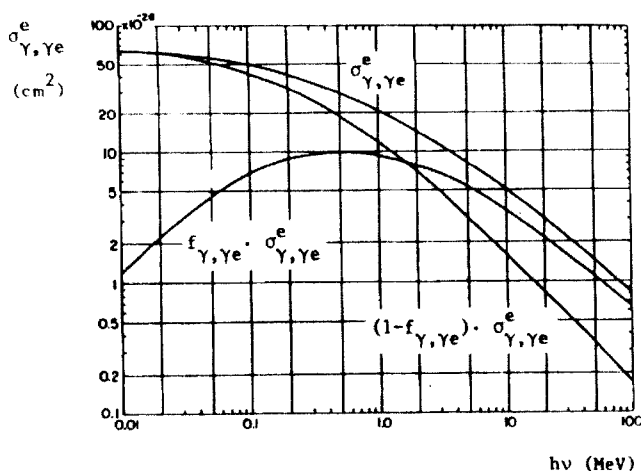
b) Bestem antall elektroner satt i bevegelse med energier mellom 0,15 og 0,25 MeV.

Massetettheten til bein er

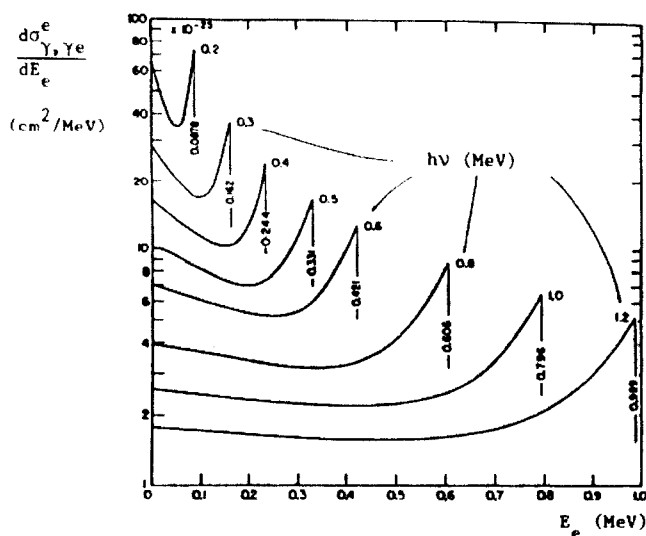
$$\rho = 1,85 \text{ g/cm}^3$$

Elektrontettheten er  $3 \cdot 10^{23}$  elektroner per g

Finn opplysninger over totalt tværsnitt for Comptonspredning fra figur 1, og tværsnitt per target elektron fra figur 2 under.



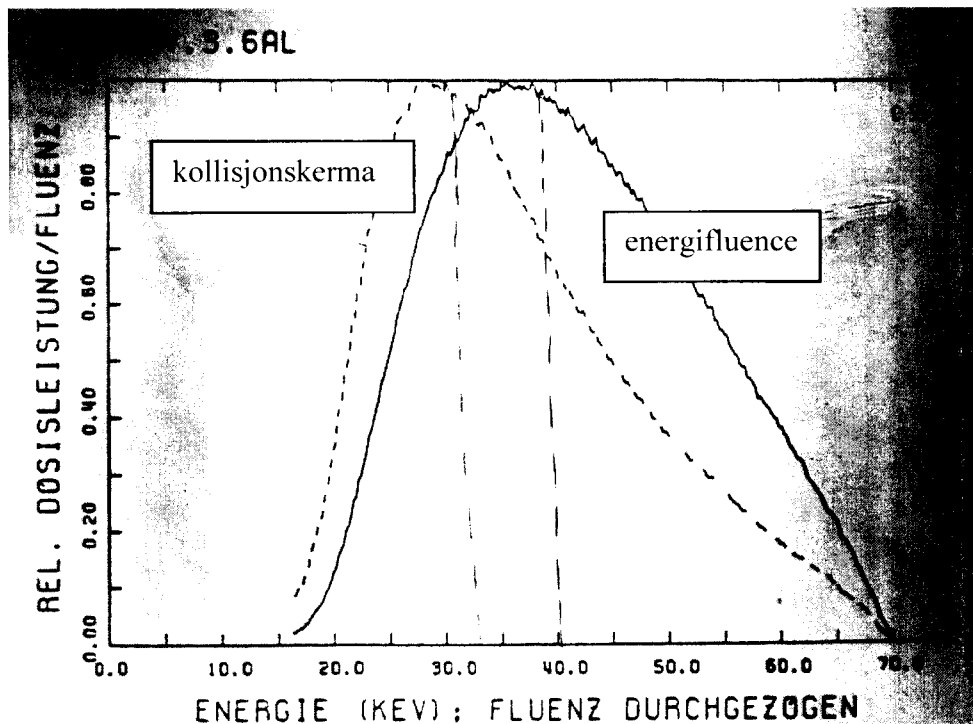
Figur 1 Totalt Compton tværsnitt per elektron, som funksjon av innkommende fotonenergi



Figur 2 Differensielt Compton tværsnitt  $d\sigma^c/dE_e$  som funksjon av Compton elektronenes energi,  $E_e$ , for noen verdier av innkommende foton energier,  $h\nu$ .

**OPPGAVE 3 Beregning av effektiv energi i røntgenspekter**  
(redigert fra Tor Wohni, NTNU/Statens strålevern)

- a) Monoenergetiske fotoner faller inn på en homogen plate av Aluminium. Hvilken sammenheng er det mellom energifluens og kollisjonskerma i luft?
- b) Figur 1 viser energifluensen for et røntgenspekter gitt av rørspenning 70 kV og 3,6mm Al filtrering, sammen med spekter kollisjonskerma til luft i Aluminium. Anslå visuelt fra kurvene hva som er gjennomsnitt av innkommende fotonenergi ( $h\nu_{\text{mean}}$ ), og effektiv energi mht kollisjonsskerma ( $h\nu_{\text{eff.kc}}$ ).

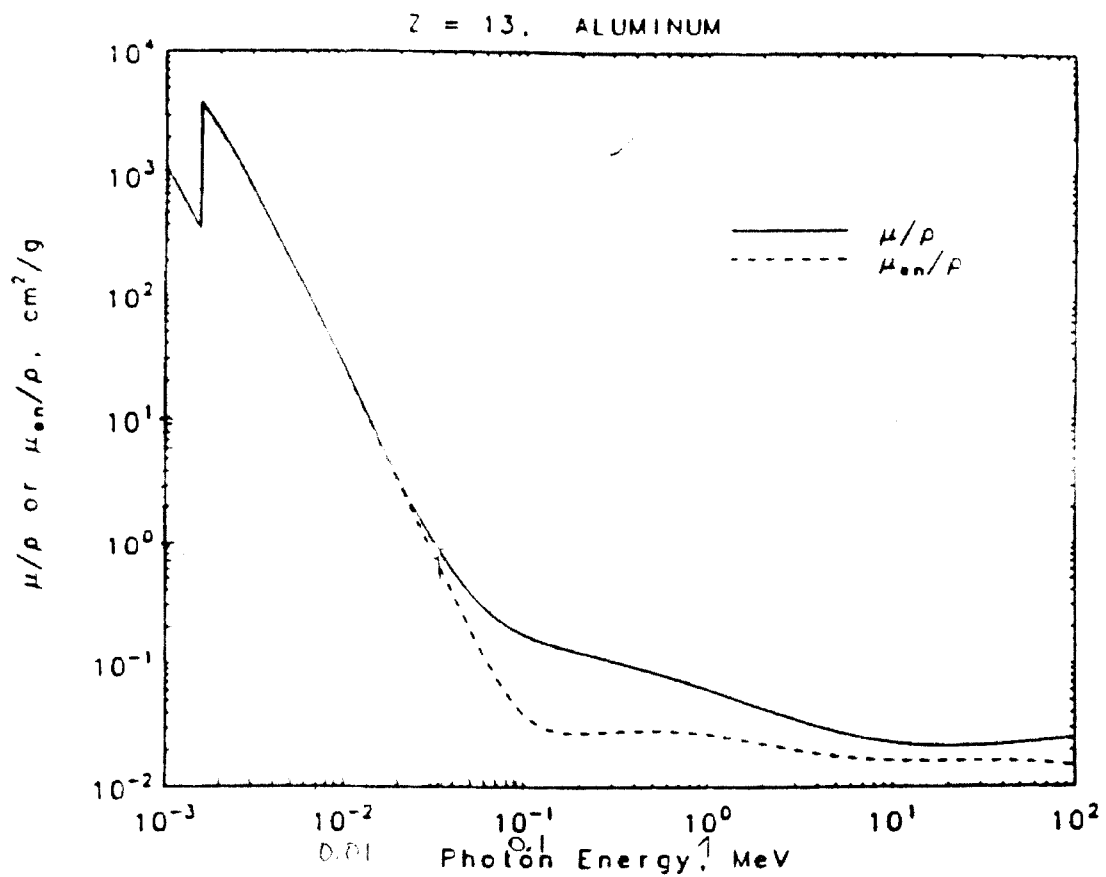


Figur 1

- c) Strålekvaliteten er også karakterisert ved et halvverdilag på  $HVL=2,94\text{mm Al}$ . Vis at svekningskoeffisienten er gitt ved følgende uttrykk:

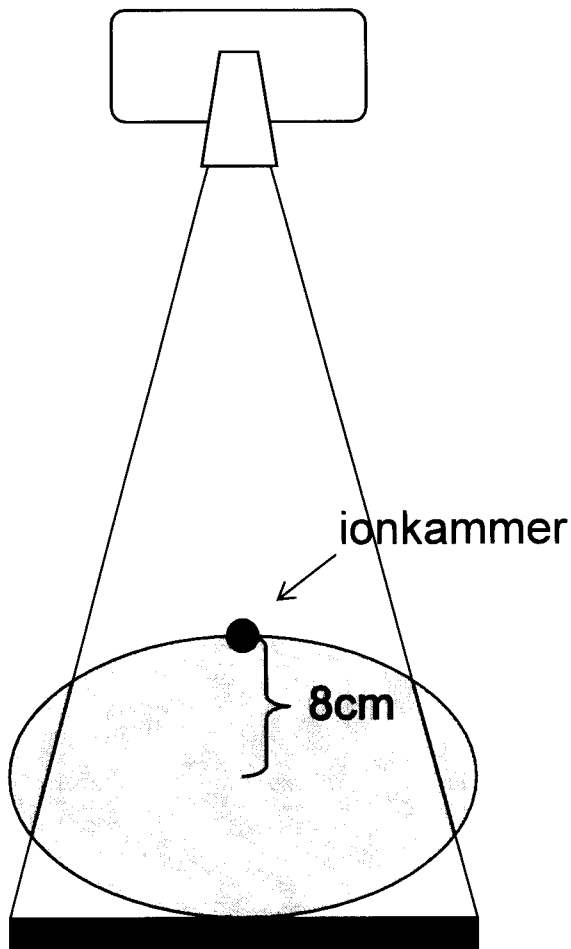
$$\mu = \frac{0,693}{HVL}$$

- d) Figur 2 viser svekningskoeffisienten og masseenergiabsorpsjonskoeffisienten som funksjon av energi i Aluminium. Beregn effektiv energi mhp HVL ( $h\nu_{\text{eff.HVL}}$ ). Tettheten for Aluminium er  $\rho=2,7\text{ g/cm}^3$



Figur 2

#### OPPGAVE 4 Dosimetri ionisasjonskammer



Et ionisasjonskammer med volum  $V=1 \text{ cm}^3$  åpent mot atmosfærisk trykk, plasseres sentralt i inngangfeltet til et vevs ekvivalent fantom. Etter en eksponering for røntgenstråling avleses ladningen på elektrometeret til  $Q=0,191 \text{ nC}$ . Det er normalt trykk og temperatur (NTP,  $20^\circ\text{C}$  og  $101,33 \text{ kPa}$ ) under målingen.

a) Hvilken absorbert dose til luft tilsvare dette?

$$\rho_{\text{luft}} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3$$
$$W/e = 33,96 \text{ J/C}$$

b) Dersom samme måling ble foretatt en varm sommerdag med  $t=25^\circ\text{C}$  (samme trykk), hvordan tror du det ville påvirket måleresultatet? Begrunn svaret.

c) Gitt at røntgenspekteret tilsvare effektiv energi  $60 \text{ keV}$ ,  $(\mu_{\text{en}}/\rho)_{\text{air}} = 3,004 \cdot 10^{-3}$  og  $(\mu_{\text{en}}/\rho)_{\text{tissue}} = 3,061 \cdot 10^{-3}$ .

Hva blir absorbert dose til bløtvev i  $8 \text{ cm}$  dyp i fantomet?

Regn halvverdilaget i bløtvev omkring  $4 \text{ cm}$ .

c) Anta i stedet at effektiv energi er  $60 \text{ keV}$  og bruk tabellerte data i Hubell&Seltzer <http://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/cover.html> til å beregne halvverditykkelsen i bløtvev, og til å beregne absorbert dose i  $8 \text{ cm}$  dyp.

d) Dersom dette var ditt estimat på dose til foster fra abdomen fotografiering, hva ville du gitt for råd til kvinnens gynekolog for videre dialog med tidlig gravid kvinne?  
(Tips Stråleverninfo 15:2005 Graviditet og røntgenstråling på [www.stralevernet.no](http://www.stralevernet.no) klikk publikasjoner/stråleverninfo)

### **OPPGAVE 5 Dosimetri ionisasjonskammer**

Vedlagt finner man Strålevernets rapport etter oppmåling av et lavenergetisk strålebehandlingsapparat (Dermopan 2. Siemens). Slike apparater brukes til strålebehandling av ulike overflate lidelser i huden. Den grunnleggende parameteren for utstedelse av behandlingstabeller for disse apparatene har vært størrelsen eksposisjon (Radiation exposure  $X=Q/m$ , in units of C/kg). Med kjennskap til eksposisjon i en gitt avstand kan man beregne hvor lang tid apparatet må stå på for å gi en viss dose til huden.

For å måle eksposisjon, ble et  $0.6\text{cm}^3$  pennformet ionisasjonskammer sentrert i strålefeltet i 30cm avstand. Ionisasjonskammeret er tilsluttet elektrometer som kan avlese ladningen i ionisasjonskammeret i enheten nC ( $10^{-9}$  Coulomb) eller nC/min. Ionisasjonskammeret er kalibrert ved Strålevernets sekundærstandard laboratorium (SSDL). For et 10 kV røntgenspekter er eksposisjonskalibreringsfaktoren målt til  $N_x=1,88$  mC/kg nC (normalisert til trykk og temperatur, 20°C og 760mm Hg)

Sykehusets behandlingstabell som var i bruk under tilsyn var basert på en verdi for eksposisjon lik 43 mC/kg min. Dersom verdien forandrer seg mer enn 10% må nye behandlingstabeller utstedes. Ta utgangspunkt i målingene i vedlagt rapport og etterregn målt eksposisjon under tilsyn, slik at du kan stadfeste at sykehuset kunne bruke sine gamle behandlingstabeller videre.

Hilde M. Olerud, Dr.ing.  
I. amanuensis fysisk institutt, Universitetet Oslo



Universitetssykehuset Nord-Norge HF  
Hud Poliklinikk  
Postboks 100  
9038 TROMSØ

Norwegian Radiation  
Protection Authority

Deres ref. • Your ref:

Vår ref. • Our ref: 001  
2004/00477/321.3/JFU  
Saks-b. • Inquiries: Jan Frede Unhjem

Vår dato • Our date:  
10.06.2004

## OPPMÅLING AV RØNTGENTERAPIBEHANDLINGSAPPARAT (DERMOPAN 2) PÅ HUD POLIKLINIKK

Det ble foretatt regulær kontrolloppmåling av hudpoliklinikkens Siemens Dermopan 2 apparat den 8. juni d.å.. Apparatet brukes kun ved 10 kV - de andre kV-innstillingene var sperret.

Ved oppmålingen ble det konstatert at doseutbyttet hadde forandret seg mindre enn 10% fra eksisterende tabellverdi. Eksisterende tabell på stedet ble derfor autorisert til fortsatt bruk.

Det ble konstatert mekanisk slitasje på isolasjon rundt høyspenningskabel ved inngang til røntgenrør. Dette må utbedres snarest.

Ved bestråling av pasient skal personalet stå bak blyglass-skjerming på Dermopanen for å unngå bestråling. Dette gir samtidig personalet den nødvendige kontrollen med bestrålingen, og gjør det mulig å raskt oppdage og forhindre eventuelle feilbestrålinger.

Med hilsen

Hilde M. Olerud  
seksjonssjef

Jan Frede Unhjem  
forsker

Kopi: UNN HF, Medisinsk teknisk avdeling, Postboks 15, 9039 Tromsø

Postadresse • Postal address  
Postboks 55 N-1332 Østerås  
Besøksadresse • Office:  
Grni næringspark 13, 1361 Østerås

E-post • E-mail  
postmottak@nra.no  
Internett • Internet:  
www.nra.no

Telefon • Telephone  
+47 67 16 25 00  
Telefaks • Fax:  
+47 67 14 74 07

Bankkonto • Bank account:  
IBAN: NO76 8276 01 00494  
Swift address: UBNONOKK  
Org nr.: 867 668 292

