

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

<b>Eksamen i:</b>	<b>FYS4760 Fysikk i medisinsk røntgendiagnostikk</b>
<b>Eksamensdag:</b>	<b>UKE 41 Onsdag 7.10 2009</b>
<b>Tid for eksamen:</b>	<b>15 – 18</b>
<b>Oppgavesettet er på:</b>	<b>4 sider</b>
<b>samt # vedlegg er:</b>	<b>4 vedlegg</b>
<b>Tillatte hjelpemidler:</b>	<b>Godkjent kalkulator</b>

*Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.*

*Hver av de fire oppgavene teller like mye (10 poeng). Antall poeng på hver del spørsmål er angitt i parentes. Du har bare tre timer, svart kort og konsist!*

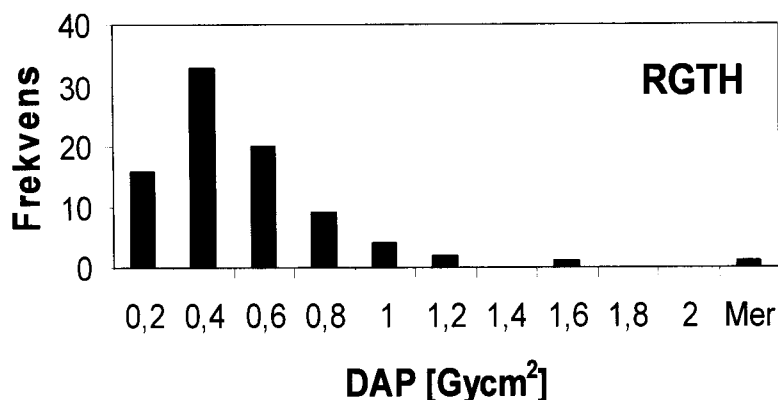
### **Oppgave 1: Monte Carlo simuleringer av røntgen vekselvirkning i vev**

- Hva er "kerma" og hvilke vekselvirkningsprosesser mellom fotoner og vev gir opphav til kerma i energiområdet relevant for diagnostisk radiologi (3 poeng).
- Beskriv med tekst og flyteskjema hovedelementene i et program for Monte Carlo simulering av fotontransport i vann for energier  $< 300$  keV (3 poeng).
- Beskriv to metoder for utplukk av verdier  $x_1$  fra en gitt frekvensfunksjon  $f(x)$ , og si noe om effektiviteten ved bruk av disse metodene (sampling efficiency). Hvordan vil du for eksempel trekke verdi for fotonets rekkevidde før vekselvirkning? (2 poeng).
- Skisser hvordan frekvensfunksjon for hhv incoherent scatter og coherent scatter vil se ut for et 30 keV foton i vann. Gitt at du skal trekke en verdi for vinkelen av det spredte fotonet i de to tilfellene. Diskuter hvilke metode som vil være best egnet i de to tilfellene (2 poeng)

*Ligninger for differensielle tverrsnitt er gitt i Vedlegg 1)*

## Oppgave 2: Dosimetri teori og anvendt i diagnostikk

a) Figuren under viser oversikt over representative doser for lungefotografering (Røntgen Thorax) ved Norske sykehus. Hva er "DAP", hvordan er den mer presist definert, og hvordan kan den måles? `Hvordan forklarer du variasjonen i dose mellom Norske sykehus? (2 p)



b) Utled og forklar ligningen under ved å betrakte fraksjon av innkommende strålingsenergi avsatt i pasient, såkalt "imparted fraction" (IF). Tegn en figur for illustrasjon. (3 p).

$$\frac{\varepsilon}{\int_A K_{c,air} \cdot dA} = \frac{IF \cdot \overline{\cos \theta}}{\overline{(\mu_{en} / \rho)_{air}}}$$

c) Gitt en røntgenundersøkelse av lunger på digital røntgenlab ved rørspenning 120 kV. Pasienten er ei ung jente som veier 50 kg, og vi leser av DAP=0,2 Gycm<sup>2</sup>. Estimere avsatt energi i pasienten. Hva blir gjennomsnittelig absorbert dose til jenta? (2 p)

d) Røntgenundersøkelsen ble gjort med brystet vendt mot bildeplata (PA projeksjon). Avstand fra fokus til detektor er 150 cm, inngangsfeltet er 30x30cm<sup>2</sup>. Lag en skisse av oppsettet, regn at jenta er 20cm tykk. Beregn dose på hud i inngangsfeltet (ESD). Gjør et estimat av hvilket mAs produkt (rørstrøm x eksponeringstid) som ble benyttet. Drøft hvilke eksponeringsparametere som benyttes i forhold til at det er lunger som skal avbildes (3p).

Typiske data for røntgenstrålefelt er gitt i Vedlegg 2)

**Oppgave 3: Digitale detektorer**

- a) Hvilke fire typer digitale detektorer finnes? Forklar i hovedtrekk hvordan de ulike detektorene virker, oppbygging og funksjon. (3p)
- b) Forklar begrepene SNR, DQE, MTF samt lp/mm, og hvordan disse begrepene henger sammen. (1p)
- c) Hva betyr FOV? Hva er sammenhengen mellom FOV, Matrisestørrelse og pixel størrelse? Beregn FOV når pixel størrelsen er 0,38mm og matrisen er 512x512. (1p)
- d) Skisser MTF-kurvene for "soft" filter og "kant forsterknings" filtrering, og forklar forskjellen på oppløsning i begge tilfeller. Hvilken av disse typene filtrering ville brukes for å se på kontrastoppfylling i små kar, og hvilken ville du bruke for å se bløtvevsobjekter i lever? (2p)
- e) Ved innkjøp av ny skjelett lab er bildekvalitet og stråledoser svært viktig å vurdere. Sammenlign vedlagte datablad for tre ulike typer utstyr, og anbefal hvilket som er best egnet til skjellett avbildning. Begrunn svaret. (3p)

*Teknisk datablad for tre digitale systemer er gitt i Vedlegg 3)*

**Oppgave 4: Kvalitetskontroll av røntgenutstyr**

- a) Nevn tre tester som bør gjøres på gjennomlysnings-/fluoroskopi-/intervensjonsutstyr, og forklar kort hvordan testene utføres (3 poeng)
- b) Hva er stråleutbyttet, hvordan og hvorfor måles dette? Hva er grenseverdiene for denne testen? (2 poeng)
- c) Hva betyr forkortelsen HVL, og hva forteller HVL oss?

Forklar størrelsene og utled sammenhengen

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

Gitt et røntgenstrålespekter karakterisert ved  $HVL=3\text{mm Al}$ . Anslå den effektive energien i spekteret mht HVL ( $\rho_{\text{Al}}=2,7\text{g/cm}^3$ ) (3 poeng)

- d) På en gitt skjelettlab viser kvalitetskontrollen at stråleutbyttet ved 80 kV er  $35\mu\text{Gy/mAs}$  og HVL er 3.5 mm. Forklar hva dette resultatet kan tyde på, og hva som kan gjøres for å bedre resultatet for denne laben (2 poeng).

$\mu/\rho$  og  $\mu_{\text{en}}/\rho$  som funksjon av fotonenergi er gitt i Vedlegg 4)

**The Klein-Nishina differential cross-section per electron is given by:**

$$\frac{d\sigma_{KN}(h\nu, \theta)}{d\theta} = \frac{r_0^2}{2} \left( \frac{h\nu'}{h\nu} \right)^2 \left( \frac{h\nu}{h\nu'} + \frac{h\nu'}{h\nu} - \sin^2 \theta \right) \times 2\pi \sin \theta$$

where  $\theta$  is the polar scattering angle in the photon coordinate system

The differential cross-section for incoherent scatter is given by:

$$\frac{d\sigma_{incoh}(h\nu, \theta, Z)}{d\theta} = \frac{d\sigma_{KN}(h\nu, \theta)}{d\theta} \times S(x, Z)$$

where  $S(x, Z)$  is the incoherent scatter function to correct for electron binding

**The Thompson differential scattering cross section is given by:**

$$\frac{d\sigma_{Th}(\theta)}{d\theta} = \frac{r_0^2}{2} (1 + \cos^2 \theta) 2\pi \sin \theta$$

The differential cross-section for coherent scatter is given by:

$$\frac{d\sigma_{coh}(h\nu, \theta, Z)}{d\theta} = \frac{d\sigma_{Th}(h\nu, \theta)}{d\theta} \times F^2(x, Z)$$

Where  $F(x, Z)$  is the atomic form factor

**Typiske data for røntgenstrålefelt**  
**(Martin&Sutton, Practical Radiation Protection in Health Care, 2002)**

	Typical values for 3 mm total filtration at the following tube potentials					
	60 kVp	70 kVp	80 kVp	90 kVp	100 kVp	120 kVp
Output ( $\mu\text{Gy/mAs}$ at 1m)	46	61	78	96	115	155
Half-value layer (mm Al)	2.3	2.7	3.2	3.6	4.1	5.0
Backscatter factor						
Field sizes:						
10 cm x 10 cm	1.27	1.29	1.30	1.33	1.37	1.42
15 cm x 15 cm	1.30	1.32	1.34	1.37	1.40	1.45
20 cm x 20 cm	1.31	1.33	1.35	1.38	1.41	1.46
30 cm x 30 cm	1.33	1.35	1.37	1.40	1.43	1.48
Imparted fraction	0.77	0.74	0.70	0.67	0.65	0.61
Energy imparted to adult trunk per dose- area product ( $\text{mJ/Gy cm}^2$ )	7.30	8.56	9.59	10.6	11.4	12.8
Percentage depth dose						
Depth (mm)						
0	100	100	100	100	100	100
20	76	77	78	79	81	83
50	37	40	42	43	45	49
100	11	13	14	15	17	20
150	3.2	4	4.5	5.1	5.7	7.5
200	0.96	1.2	1.4	1.8	2.3	3.3

## Teknisk datablad for tre digitale systemer A, B og C

Leverandør	A	B	C
<b>Generator</b>			
Effekt (kW)	50	50	80
min/maks kV	40/150	40/150	40/150
min/maks mA	5/650	5/500	0.5/1000
Organomatikk	Ja	Nei	Ja
<b>Detektor</b>			
Aktiv detektorstr (cmxcm)	42x42	43x43	35x43
Pixler (mill)	3000x3000	3000	2560X3072
Pixelstr (micron)	143um	143	139
romoppløsning (lp/mm)	3	2	4.5
Bit dybde	12	14	14
Fyll faktor (%)	70	75	100
Prosesringetid (s)	3	4	2
<b>Raster</b>			
Ratio	8	15	10:01
Frekvens (linjer/cm)	36	80	40,5
Fokusavstand	140	120	100/180
<b>Røntgenrør og kappe</b>			
kV (maks/min)	135/50	150/50	150/40
Fokusstørrelse (mm) Stort Fokus/Lite Fokus	0,6/1	0.6/1.0	0.6/1.2
Effekt (kW) ved stort Fokus/Lite Fokus	25/50	30/50	30/50
Totalfiltrering (mmAl)	2	2,5	2

$\mu/\rho$  og  $\mu_{en}/\rho$  som funksjon av fotonenergi

