

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

<b>Eksamen i:</b>	<b>FYS4760 Fysikk i medisinsk røntgendiagnostikk</b>
<b>Eksamensdag:</b>	<b>9.10.2007</b>
<b>Tid for eksamen:</b>	<b>13.30 – 16.30</b>
<b>Sted:</b>	<b>Store lesesal, gr. 2    Vilhelm Bjerknes hus</b>
<b>Oppgavesettet er på</b>	<b>3 sider</b>
<b>Vedlegg:</b>	<b>4 (fire) vedlegg</b>
<b>Tillatte hjelpemidler:</b>	<b>Godkjent kalkulator</b>

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

*Oppgave 1 – 4 teller like mye, og kan gi maksimalt 10 poeng hver. Max poengsum på hvert av del spørsmålene er angitt i parentes.*

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

- Beskriv hvilke vekselvirkningsprosesser vi har mellom fotoner og vev generelt, og hvilke som er rådene for energier relevant for diagnostisk radiologi (3 poeng).
- Beskriv med tekst og flyteskjema hovedelementene i et program for Monte Carlo simulering av fotontransport i vann (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 (ligninger for differensielle tverrsnitt er gitt i Vedlegg 1). 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)

**Oppgave 2: Kvalitetskontroll av røntgenutstyr**

- a) Nevn tre tester som bør gjøres på gjennomlysnings-/fluoroskopi-/intervensjonsutstyr, og forklar kort hvordan testene utføres (3 poeng)
- b) Hvordan måles perpendikularitet til røntgenstråleknippet, 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=3mm Al. Anslå den effektive energien i spekteret mht HVL (se figur i Vedlegg 2) ( $\rho_{Al}=2,7\text{g/cm}^3$ ) (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).

**Oppgave 3: Evaluering av bildekvalitet – digitale detektorsystem**

- a) Hva er SNR og DQE, og hvordan henger disse begrepene sammen? (2 poeng)
- b) Hva er MTF, og hva viser en MTF-kurve? Skisser tilhørende MTF-kurve til figuren i Vedlegg 2, og marker A,B,C og D i skissen. (2 poeng)
- c) Skisser hvordan MTF-kurven for low pass og high pass filtrering vil se ut, 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? (1 poeng)
- d) Hvor mange gråtoner er det i et digitalt bilde med bitdybde 4, og hvor mange er det i et bilde med bitdybde 12? Hvilke av disse bildene vil ha størst kontrast mellom ulike objekt? (2 poeng)
- e) Hva er sammenheng mellom FOV, bildematrix og pixelstørrelse? Regn ut pixelstørrelsen for et bilde med FOV=20 cm og matrixestørrelse 512x512. Hvor mange lp/mm vil du kunne se? (1 poeng)
- f) Lag en skisse som viser de ulike hovedelementene en indirekte digital detektor og en direkte digital detektor består av og forklar funksjonen/hva som skjer i de ulike elementene (2 poeng).

#### Oppgave 4: Anvendt dosimetri for pasientundersøkelser

I Vedlegg 3 finner du noen typiske data for røntgenstrålefelt som kan benyttes i doseberegninger, samt en utskrift av en doseregistreringsenhet knyttet til et røntgenapparat på sykehus (Prestige VH, GE) slik den så ut etter en urografiundersøkelse av en kvinne med vekt 110 kg. Undersøkelsen ble foretatt med seks bilder over abdomen/nyre, blære og urinveier før, under og etter oppfylling med intravenøs kontrast. Bildeprojeksjonene (retning på strålefeltene mot pasient) og feltstørrelser på bildeplata er også oppgitt i Vedlegg 3. Regn at bildplata befinner seg i avstand 100cm fra fokus.

- a) Doseverdiene i utskriften fra Prestige apparatet er oppgitt fritt i luft i avstand 70 cm fra fokus. Beregn dosene i denne avstanden basert på typiske data for røntgenstrålefelt i Vedlegg 3. Hvilke egenskaper ved røntgenapparatet kan forklare eventuelle avvik fra de typiske?

Tegn en skisse av utstyr og pasient der avstandsforhold og strålefelt fremgår, og redegjør for hvordan du kan bruke doseverdien i 70 cm avstand fra fokus til et estimat for inngangsdose på hud (ESD, entrance surface dose).

(3 poeng)

- b) Hvordan er størrelsen "effektiv dose" definert (ICRP60)? Angi kort den grunnleggende filosofien bak størrelsen effektiv dose.

Estimer total effektiv dose fra urografiundersøkelsen ved bruk av Monte Carlo baserte overgangsfaktorer mellom ESD og effektiv dose som du finner i Vedlegg 4 (3 poeng)

- c) Hvordan kan størrelsen DAP (dose-areal produkt) måles? Tegn inn måleinstrumentet på skissen av utstyr og pasient fra oppgave a) og redegjør for hvorfor DAP i prinsippet kan måles i flere avstander fra fokus.

Beregn total DAP verdi for urografiundersøkelsen basert på utskriftene fra doseregistrator (2 poeng).

- d) Strålevernet gjorde på 1980 tallet målinger av dosearealprodukt på norske sykehus for de vanligste typene av røntgenundersøkelser (SIS Rapport 1988:6). Landsmiddelverdien for urografiundersøkelser ble beregnet til  $2202 \text{ Rcm}^2$ . Bruk opplysningene under til å beregne landsmiddelverdien av effektiv dose for urografi.

- Omregning fra eksposisjon (gammel Röntgenhet) til absorbert dose (SI enhet) er:  
 **$8,77 \text{ mGy R}^{-1}$**
- Overgangsfaktor mellom DAP og effektiv dose er (NRPB-R262):  
 **$0,18 \text{ mSv Gycm}^{-2}$**

Drøft årsaker til forskjellen mellom effektiv dose til den aktuelle kvinnen i vår undersøkelse og landsmiddelverdien (2 poeng).

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

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

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

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

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

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

The Thompson differential scattering cross section is given by:

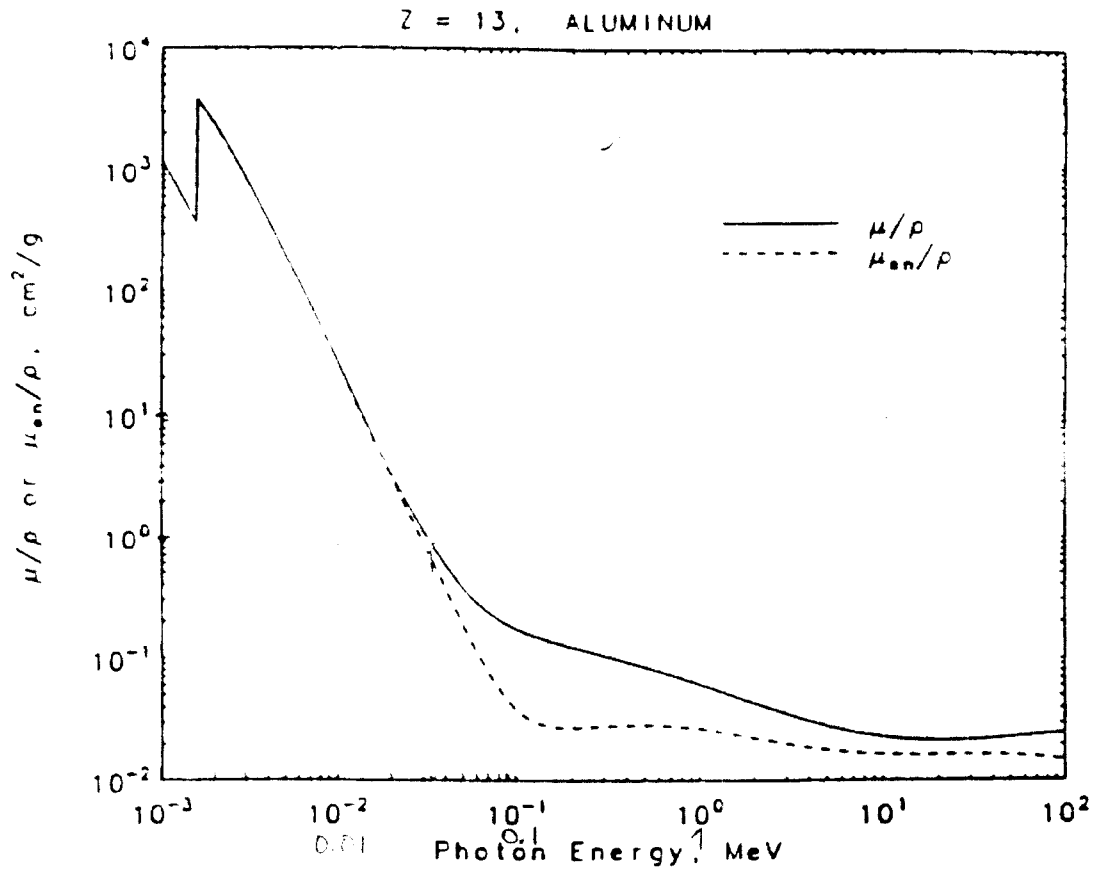
$$\frac{d\sigma_{\text{Th}}(\theta)}{d\theta} = \frac{r_0^2}{2} (1 + \cos^2 \theta) 2\pi \sin \theta$$

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

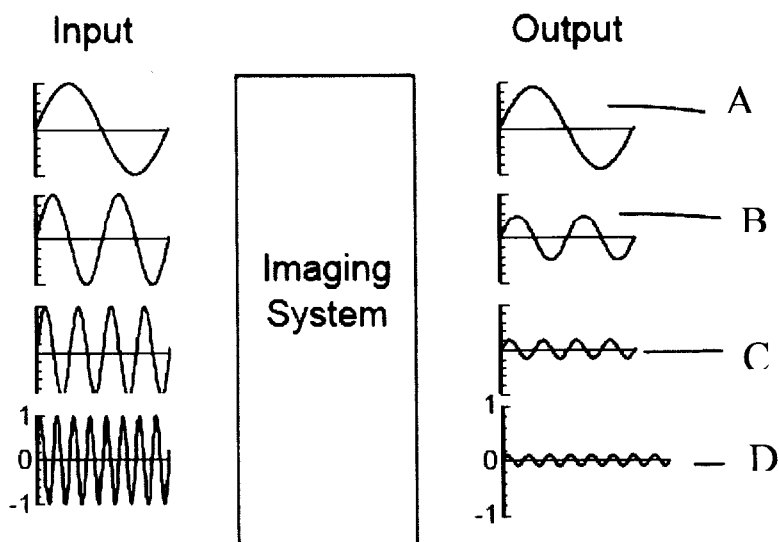
$$\frac{d\sigma_{\text{coh}}(h\nu, \theta, Z)}{d\theta} = \frac{d\sigma_{\text{Th}}(h\nu, \theta)}{d\theta} \times F^2(x, Z)$$

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

Figur til oppgave 2 c)



Figur til oppgave 3 b)



**Typiske data for røntgenstrålefelt**

(Martin&amp;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

**Utskrift fra doseregistrator på røntgenlab (Prestige, GE), med oppgitte bildeprosjeksjoner**

MPH 80 Prestige VH

no1

Patient:

kV	mAs	ms	cGy	Projection	Fiel size at image receptor
75	87.4	97.9	0.975	Abdomen AP	35x47
75	76.0	85.2	0.847	Kidney AP	36x24
75	118	132	1.316	Kidney AP	36x24
75	147	168	1.643	Kidney AP	36x24
75	107	120	1.193	Abdomen AP	35x47
75	98.0	110	1.092	Urinary bladder AP	34x21

## Utdrag fra NRPB-R262

TABLE 15 Conversion coefficients to give effective dose from entrance surface dose: abdomen and pelvis (mSv mGy<sup>-1</sup>)

Applied potential (kV)	Filtration (mm Al)	Kidneys		Abdomen		Pelvis		Urinary bladder		Left hip		Right hip		Small intestine	
		AP	PA	AP	PA	AP	PA	AP	PA	AP	PA	AP	PA	AP	PA
50	2	0.041	0.021	0.068	0.035	0.099	0.100	0.038	0.100	0.044	0.035	0.010	0.006		
	2.5	0.045	0.023	0.075	0.039	0.108	0.107	0.041	0.107	0.047	0.038	0.011	0.007		
	3	0.048	0.025	0.081	0.043	0.113	0.113	0.045	0.113	0.050	0.040	0.012	0.008		
	4	0.054	0.029	0.092	0.050	0.125	0.122	0.050	0.122	0.055	0.044	0.014	0.009		
	5	0.058	0.031	0.100	0.056	0.133	0.130	0.054	0.130	0.059	0.046	0.016	0.011		
60	2	0.050	0.028	0.087	0.049	0.117	0.117	0.047	0.117	0.052	0.041	0.014	0.010		
	2.5	0.055	0.030	0.095	0.054	0.127	0.125	0.051	0.125	0.056	0.044	0.015	0.011		
	3	0.059	0.033	0.102	0.059	0.134	0.132	0.054	0.132	0.060	0.047	0.017	0.012		
	4	0.065	0.037	0.113	0.068	0.146	0.143	0.060	0.143	0.066	0.050	0.019	0.014		
	5	0.070	0.040	0.122	0.075	0.155	0.153	0.065	0.153	0.070	0.053	0.021	0.016		
70	2	0.059	0.034	0.102	0.062	0.134	0.133	0.055	0.133	0.060	0.047	0.017	0.013		
	2.5	0.063	0.037	0.111	0.068	0.143	0.141	0.059	0.141	0.065	0.049	0.019	0.015		
	3	0.067	0.039	0.119	0.074	0.150	0.148	0.063	0.148	0.068	0.052	0.021	0.016		
	4	0.074	0.044	0.132	0.084	0.163	0.160	0.069	0.160	0.075	0.056	0.024	0.018		
	5	0.079	0.048	0.141	0.092	0.173	0.170	0.074	0.170	0.080	0.059	0.026	0.020		
80	2	0.067	0.040	0.118	0.076	0.149	0.147	0.062	0.147	0.068	0.051	0.021	0.017		
	2.5	0.071	0.043	0.128	0.083	0.158	0.156	0.067	0.156	0.073	0.054	0.023	0.018		
	3	0.076	0.046	0.136	0.089	0.165	0.163	0.071	0.163	0.076	0.057	0.025	0.020		
	4	0.083	0.051	0.149	0.100	0.178	0.175	0.077	0.175	0.083	0.061	0.028	0.022		
	5	0.088	0.055	0.159	0.109	0.188	0.185	0.082	0.185	0.088	0.064	0.030	0.025		