



KTH Teknik och hälsa

Medicinska bildgivande system HL1202

Tentamen 2017-08-21 kl. 8.00 – 13.00

Personnummer (och inte namn) skall anges på varje inlämnat skrivpapper samt försättsbladet.

Blad- och uppgiftsnummer skall anges på varje inlämnat skrivpapper.

Redovisade svar skall vara tydligt formulerade och bara innehålla för frågan relevant information

Inga hjälpmedel förutom miniräknare och vid tentamenstillfället utdelad formelsamling är tillåtna.

Tentan består av totalt 29 uppgifter och maxpoängen är 100p.

För att bli godkänd gäller följande:

- Minst 10p på Ultraljudsdelen
- Minst 10p på MR-delen
- Minst 10p på Transmissionsdelen
- Minst 10p på Emissionsdelen
- Minst 45p totalt

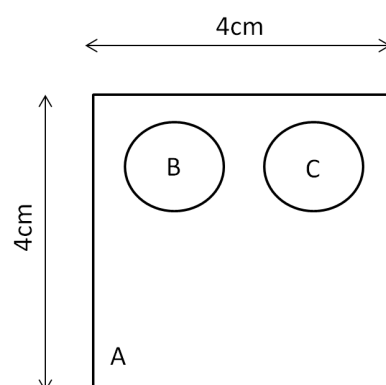
Blir man underkänd på en del rättas inte kvarvarande delar.

Ultraljud

1. Rita och beskriv vad ett speckle är och hur det uppkommer. **(2p)**
2. Beskriv en ultraljudstransducers olika delar samt dess funktioner. **(3p)**
3. En barnmorska undersöker ett foster i vecka 38 med ultraljud. En kurvlinjär transducer med centerfrekvens 2 MHz används för att samla in bilder i B-mode.
 - a) Uppskatta den axiella upplösningen i ultraljudsbilden genom att göra rimliga antaganden om nödvändig information. **(1p)**
 - b) Uppskatta den temporala upplösningen genom att göra rimliga antaganden om nödvändig information. **(2p)**
 - c) I ett försök att förbättra bildkvaliteten aktiverar barnmorskan ultraljudsmaskinens funktion för *Tissue harmonic imaging*. Beskriv dess princip och på vilket sätt detta kan förbättra bildkvaliteten. **(2p)**
4. Objektet i figur 1 avbildas med en linjär ultraljudstransducer rakt uppifrån. Tabell 1 anger de akustiska egenskaperna för objektets olika material A-C. Material B och C är homogena medan A är icke-homogent med många reflektorer som är i storleksordningen en våglängd. Dessa reflektorer har samma akustiska impedans som material B. Rita och förklara hur avbildningen av objektet kommer att se ut samt beskriv hur eventuella artefakter uppkommer samt namnge dessa. Ange även hur du antar att *time-gain-compensation* (TGC) är inställd. **(4p)**

Tabell 1. Akustiska egenskaper för material A-C.

	Akustisk impedans (kg/m ² s)	Attenueringskoefficient (dB/cm)	Ljudhastighet (m/s)
A	$1,38 \times 10^6$	2	1540
B	$1,64 \times 10^6$	8	1538
C	$7,80 \times 10^6$	2	1541

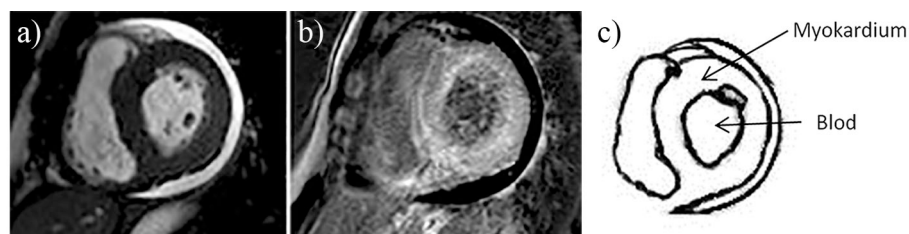


Figur 1. Objekt som avbildas i uppgift 4.

5. a) Ange storleksordningen på ett vanligt förekommande Dopplerskift vid avbildning med ultraljud samt beskriv hur det uppkommer. **(2p)**
b) Vad kan pulsad Doppler mäta som inte kontinuerlig Doppler kan? **(1p)**
c) Vad kan kontinuerlig Doppler mäta som inte pulsad Doppler kan? **(1p)**
Motivera dina svar!
6. Är följande påståenden sanna eller falska? Motivera ditt svar!
- a) Reflektion sker då ultraljudsvågen träffar ett material med hög ljudhastighet. **(1p)**
b) Refraktion sker vid gränsskikt mellan två material med skillnad i densitet. **(1p)**
c) Den axiella upplösningen kan förbättras med fokusering. **(1p)**
d) Den laterala upplösningen påverkas av antal strålar i bilden. **(1p)**

MR

7. Vilka egenskaper har väte som gör det lämpligt att användas för avbildning med MR? **(2p)**
8. En läkare vill att en patient med befarat diskbräck ska undersökas med MR.
 - a) Vad bör läkaren först ta reda på om patienten för att säkerställa att MR är en säker avbildningsmetod för just denna patient? Förklara varför. **(2p)**
 - b) Beskriv en artefakt som kan uppstå vid avbildningen samt hur den kan undvikas. **(2p)**
9. Figur 2 a-b visar två MR-bilder av hjärtat. Bilderna har tagits i ett kortaxelsnitt av hjärtat där vänsterkammarens muskel (myokardium) och hålrum (blod) är synliga enligt markering i den schematiska bilden i figur 2 c.
 - a) Vilken typ av kontrast har bilden i figur 2a? Ange även hur TE och TR har valts för att få denna typ av kontrast samt varför de valda TR och TE ger upphov till den kontrasten. **(2p)**
 - b) Vilken typ av kontrast har bilden i figur 2b? Ange även hur TE och TR har valts för att få denna typ av kontrast samt varför de valda TR och TE ger upphov till den kontrasten. **(2p)**
 - c) Beskriv hur bildernas kontrastupplösning skulle kunna förbättras. **(1p)**



Figur 2. MR-bilder i kortaxel av hjärtat (a-b) samt schematisk bild av det avbildade planet i hjärtat (c).

10. Beskriv kortfattat hur en spineko-sekvens går till och hur nettomagnetiseringen varierar i z- och xy-planet. Beskriv även när RF-pulser skickas ut, när gradienter är påslagna samt när signalen samlas in. **(5p)**
11. En protondensitetsviktad MR-bild tas av ett 2D-snitt av hjärnan med följande inställningar: TR = 3000 ms TE = 20 ms, *field of view* = 10 x 10 cm och matrisstorleken 200 x 200 pixlar.
 - a) Uppskatta den temporala upplösningen samt beskriv två sätt för att förbättra den. **(2p)**
 - b) Uppskatta bildens spatiella upplösning samt beskriv två sätt för att förbättra den. **(2p)**

12. Vilken/vilka faktorer nedan påverkar slice-tjockleken i en MR-bild? Motivera ditt svar! **(2p)**

- Hur länge gradienten är påslagen
- Gradientens lutning
- Magnetfältets styrka (B_0)
- Riktningen på B_0
- Amplituden på RF-signalen
- Bandbredden på RF-signalen
- Frekvensen på RF-signalen

Joniserande strålning:

Multiple-choice frågor i denna tenta är alla av följande typ:

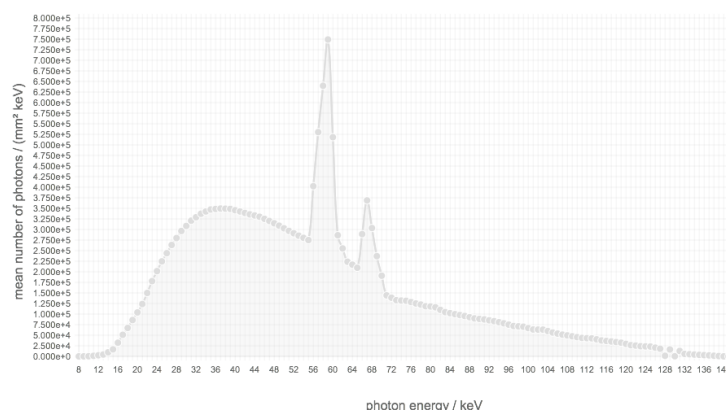
Vilka av följande påståenden om Sverige stämmer? (Markera alla som är riktiga)

1. är ett land
2. flaggans färg är röd och rosa
3. har en kvinnlig statsminister
4. enligt wikipedia har en area på 123,572,756 mi²

Rätt svar i detta fall är markering av bara alternativ 1 och det ger 2 p. Alla andra möjliga svar ger 0 p.

Transmission

13. De vanligt förekommande detektorer som används för CT i klinik mäter: (1p)
 - (a) antal fotoner attenuerade i detektor
 - (b) energin deponerad i detektor
 - (c) antal fotoner som utstrålas från röntgenröret
 - (d) energin som utstrålas från röntgenröret
14. Ponera att man vill minska brusnivån i en slätröntgensbild.
 - (a) Man kan då (markera alla riktiga alternativen): (2p)
 - i. minska pixelstorleken i detektorn
 - ii. öka anodströmmen
 - iii. minska spänningen
 - iv. öka exponeringstiden
 - (b) Motivera ditt svar (2p)
15. Uppskatta objektkontrasten för en Al-cylinder av radien 1 mm i en vattenbehållare. Antag att röntgenstrålarna är vinkelräta mot cylinderns höjd. Spektrumet för röntgenstrålarna visas i fig. 4. (3p)
16. Beskriv *Heel effect* och dess orsak. (3p)
17. Betrakta ett röntgenrör för human CT. Rita ett typiskt spektrum från detta, före och efter patienten. (3p)
18. Definiera absorberad dos, ekvivalent dos och effektiv dos. Diskutera varför de tre olika dosytperna finns. (4p)



Figur 4: Röntgenspektrum för uppgift 15 (skapat med Siemens online tool for the simulation of X-ray Spectra).

19. Antag att du har två Al-plattor som har tjockleken 1 mm respektive 1,3 mm. Du har en monokromatisk källa med energin 50 keV och en detektor med 100% effektivitet vid den energin. Antag att detektorn räknar antal fotoner. Uppskatta det minsta antal fotoner som du måste skicka genom plattorna för att få en *signal-difference-to-noise-ratio* som är högre än 5. Antag även att detektor är fri från allt brus förutom det som beror på kvantistiska effekter. (Tips: Eftersom detektorn räknar fotoner så är *signal difference* skillnaden i antalet registrerade fotoner, i detta fall.) (4p)

Emission

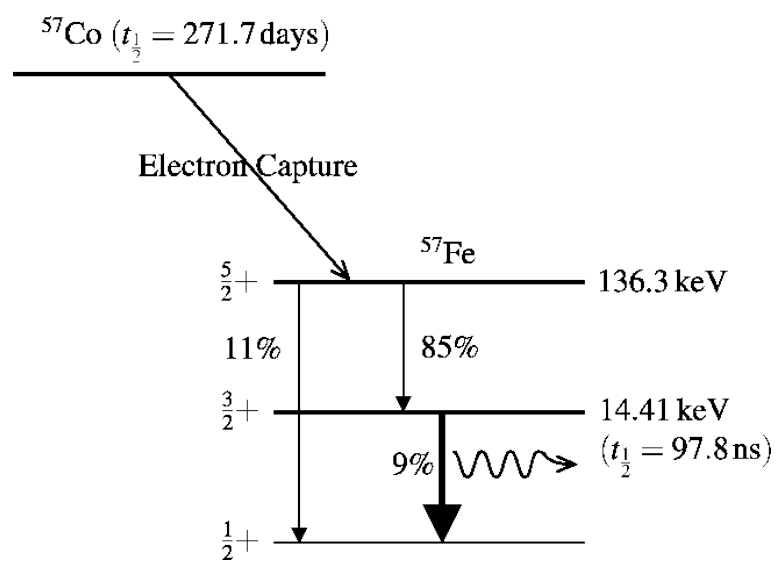
20. Varför är kollimatorer vanligtvis gjorda av bly eller wolfram? (2p)
21. Rita en typisk *parallel-hole* kollimator och uppskatta dess känslighet (*sensitivity*). (3p)
22. Beskriv ett sätt att mäta spatiell upplösning av en PET-kamera. (3p)
23. I en PET-kamera (ring) bestämmer man sig för att öka ringens radie med 20%. Ringen fylls på med några extra detektorer så att inget tomrum uppstår. Ringens bredd förblir oförändrad. (3p)
- (a) Vilka av följande påståenden stämmer? (2p)
- i. kamerans känslighet (*sensitivity, efficiency*) förblir densamma
 - ii. kamerans spatiella upplösning blir sämre
 - iii. kamerans field-of-view blir större
 - iv. antal random koincidenser ökar
- (b) Motivera ditt svar. (2p)
24. I figur 5 visas några egenskaper hos vissa valda scintillatorer. Vilken kristall skulle (3p)

du välja om du vill prioritera energiupplösningen? Ta hänsyn till endast kristallens egenskaper och inte annat som optisk *coupling* eller *spectral response* av ljussensoren som används. Motivera ditt svar för full poäng.

Material	Density (g/cm ³)	Radiation length, X ₀ (cm)	PL output (Photons/MeV)	Decay (ns)
NaI:Tl	3.67	2.59	38000	230
CsF	4.11	2.23	2000	2.8
CsI:Tl ⁺	4.53	1.86	59000	1050
CsI	4.51	1.85	30*	6, 35
Bi ₄ Ge ₃ O ₁₂	7.13	1.12	8200	300
CdWO ₄	7.68	1.06	15000	5000
Gd ₂ SiO ₅ :Ce	6.71	1.38	10000	60
Lu ₂ SiO ₅ :Ce	7.4	1.14	30000	40
PbWO ₄	8.2	0.92	490	10

Figur 5: Några egenskaper hos valda kristaller.

25. Antag att du svalt ett radioaktivt preparat (punktkälla) som innehåller ⁵⁷Co (se fig. 6 (4p) för sönderfallsschemat). Du vill nu veta källans aktivitet för att bedöma hur farligt det du har gjort är. Du ställer dig framför en gammakamera, 5 cm från kollimatoren, och lägger ett energifönster på 30% centrerat runt 125 keV för energidiskriminering. Med ovannämnda inställningar har gammakameran en effektivitet på 0,01%. Du mäter en count rate på 100 counts/s. Uppskatta källans aktivitet.
(Tips: det gäller att uppskatta, så försök att göra rimliga approximationer för att inte drunkna i detaljer.)



Figur 6: Sönderfallsschema för ^{57}Co (från <http://www.cmp.liv.ac.uk/frink/thesis/thesis/node51.html>).

Övrigt

26. Du är ansvarig för inköp av ett nytt avbildningssystem till Karolinskas hjärtavdelning som kan generera funktionella bilder på hjärtat. Föreslå ett lämpligt avbildningssystem och motivera ditt förslag genom att jämföra systemets avbildningsmöjlighet, ekonomi och säkerhet med minst en annan modalitet. **(6p)**

27. Multimodal avbildning används ibland för att avbilda hjärnan. Beskriv två anledningar till att multimodal avbildning används till detta. **(2p)**

28. Är följande påståenden sanna eller falska? Motivera ditt svar!

- a) Spatiell upplösning i en ultraljudsbild av hjärtat är lägre än i en MR-bild av hjärtat. **(1p)**
- b) Rörelseartefakter är ett större problem vid PET-avbildning än vid ultraljudsavbildning. **(1p)**
- c) MR är bättre på att avbilda mjukdelar än vad CT är. **(1p)**
- d) Stråldosen som erhålls vid en CT-undersökning är i princip samma som vid avbildning med konventionell röntgen. **(1p)**