

Tentamen i Medicinteknik, en introduktion för E3
EEN070 2023-05-29 kl. 14.00-18.00

Tillåtna hjälpmedel: Inga
Förfrågningar: Hana Dobsicek Trefna ankn 5052, alt. 073-3232386.
Lösningar: anslås på Canvas
Resultatet: anslås i Ladok
Granskning: av tentarättning: 14/6 kl. 12:00 i rum E2 Mötesrum 7322, EDIT-huset

Har du några förfrågningar över uppgifterna, ring telefonnummer ovan.

För varje uppgift skall du med dina egna ord visa att du förstår frågan och dess sammanhang och att du med dina egna ord presenterar ett svar som får plats på 1-2 handskrivna A4-sidor.

Max 75 poäng. Poängintervallet 33-45 kan ge betyget 3 på tentan (godkänt), 46-59 kan ge betyget 4 på tentan och 60-75 kan ge betyget 5 på tenta.

Fråga 1. Etik, moral / Anatomi och fysiologi (15p)

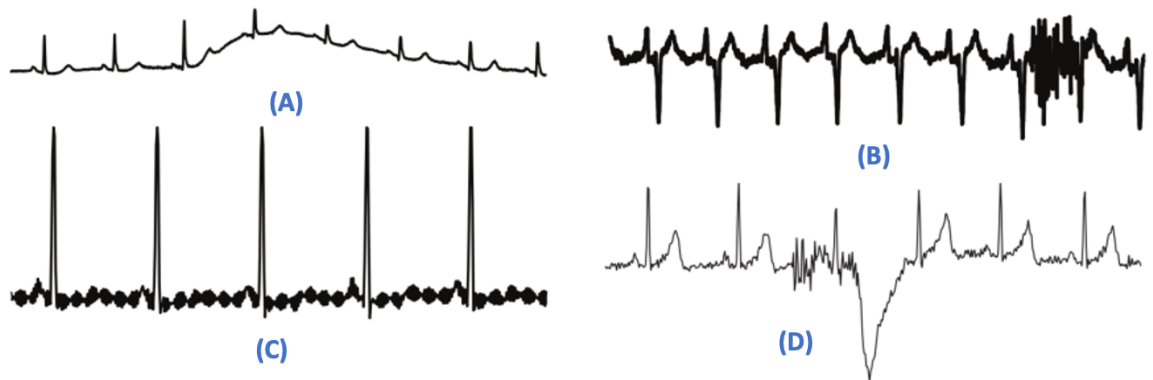
- a) Beskriv skillnaden mellan moral och etik. (2p)
- b) Vad är Helsingforsdeklarationen? Vilka är dess centrala principer? Vilken etisk modell beskriver Helsingforsdeklarationen bäst? (3p)
- c) Hur skulle du definiera motorisk kontroll? (1p) Vilka individuella system (på övergripande nivå) skapar motorisk kontroll? (1p) Du vill sträcka ut din hand och hämta en penna, beskriv hur denna rörelse utförs. (3p)
- d) Vad är aktionspotential samt dess funktion. Beskriv hur aktionspotential uppstår samt alla dess faser. (5p)

Fråga 2. Grunder om bioinstrumentering och sensorer (15p)

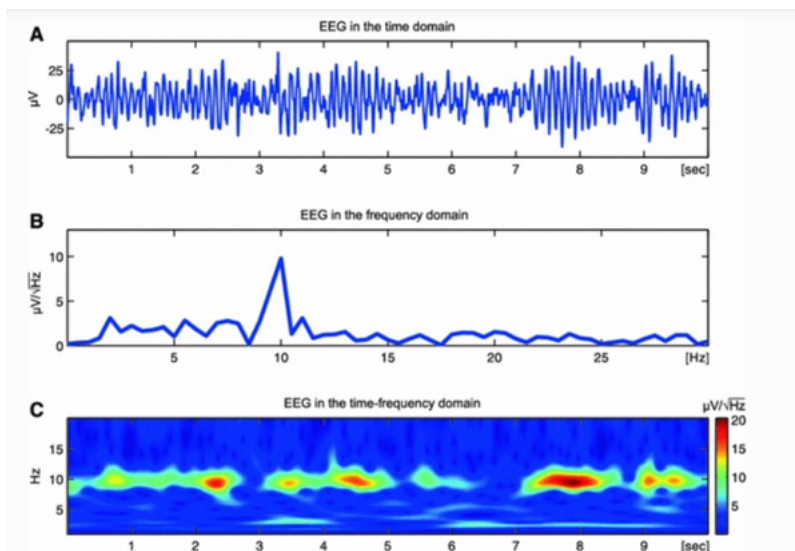
- a) Förklara hur EKG är uppbyggt genom att inkludera orden hjärtvektor, avledning och plan. Hur många avledningar kan man skapa och hur bildas de utökade avledningarna? (5p)
- b) Vad kan man göra för att minimera rörelseartefakter vid biopotentialmätning med elektroder? Tre saker att tänka på. (3p)
- c) Beskriv i stora drag en invasiv metod för att mäta blodtryck med extern sensor. Vad är viktigt att göra vid en sådan mätning?
I en förenklad kretsmodell av mätsystemet, vilket av följande är mest kompliant = minst styvt? Katetern, sensorn eller membranet?
Om det bildas en luftbubbla i katetern, hur påverkas bandbredden på mätsystemet och vilken konsekvens får det på den uppmätta blodtryckskurvan? (7p)

Fråga 3. Medicinsk Signalbehandling (15p)

- a) Normal pulsfrekvens för en vuxen (= normokardi) är 50-100 slag/min. Däremot är normal hjärtfrekvens hos foster (FHR = Fetal Heart Rate) betydligt högre: som normalt värde anses värden i intervallet 120-160 slag/min.
- Är det möjligt att filtrera bort moderns EKG, så att man får fram relevant data för fostrets EKG? För poäng ska svaret motiveras. (2p)
 - Om svaret ovan är ja, föreslå en typ av filter samt exempel på dess brytfrekvens som skulle kunna användas. Om svaret är nej, föreslå en typ av signalbehandling som skulle möjliggöra detta. (2p)
- b) Bilden nedan visar fyra olika typer av artefakter som ofta förekommer i en EKG signal. Vilka artefakter handlar det om? Beskriv deras ursprung, karakteristiska egenskaper samt signalbehandlingsmetoder som reducerar dem. (6p)

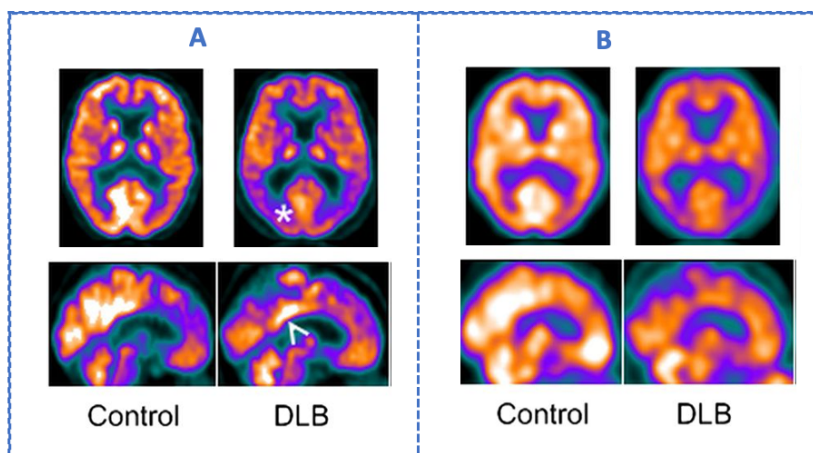


- c) EEG:
- Vid en EEG undersökning används (typisk två) referenselektroder. Varför? (1p)
 - Bilden nedan visar en 10-sekunders EEG signal som var inspelad med en elektrod från en frisk avslappnad försöksperson med slutna ögon. Figur B visar motsvarande amplitudspektrum baserat på ett helt femminutersintervall och avslöjar dominerande aktivitet. Vilken typ av våg är dominerande och till vilken hjärnaktivitetsstatus är den kopplad (2p).
 - Figur C visar tidsfrekvens-domän av samma signal. Vad visar den egentligen? Hur kopplas den till figur B? (2p)



Fråga 4. Medicinska bildgivningsmetoder (15p)

- Beskriv skillnad mellan joniserande och icke-joniserande strålning. Vilka hälsoeffekter är kopplade med både strålningar? Ge exempel på bildgivningsmetoder som utnyttjar både typer. (3p)
- Joniserande strålning används även som en cancerbehandlingsmetod. Beskriv processen för strålbehandling samt vilka skillnaderna är mellan maskiner som används för diagnostik och bestrålningen. (3p)
- MRI:
 - Förklara i detalj hur en MR-bild skapas. (4p)
 - En patient med hörselimplantat skulle examineras med hjärt-MRI. Resonera om detta är möjligt. (1p)
- Två bildgivningstekniker (A och B) har använts att studera hjärnan hos en patient med Lewy body demens (DLB) i jämförelse med hjärna hos en frisk människa (Control). Beskriv principen för båda bildgivningsmetoderna, samt skillnader mellan dem. (4p)



Fråga 5. Bildbehandling (15p)

- Ett filter beskrivs av matrisen till vänster och en liten bild beskrivs av matrisen till höger här nedan.

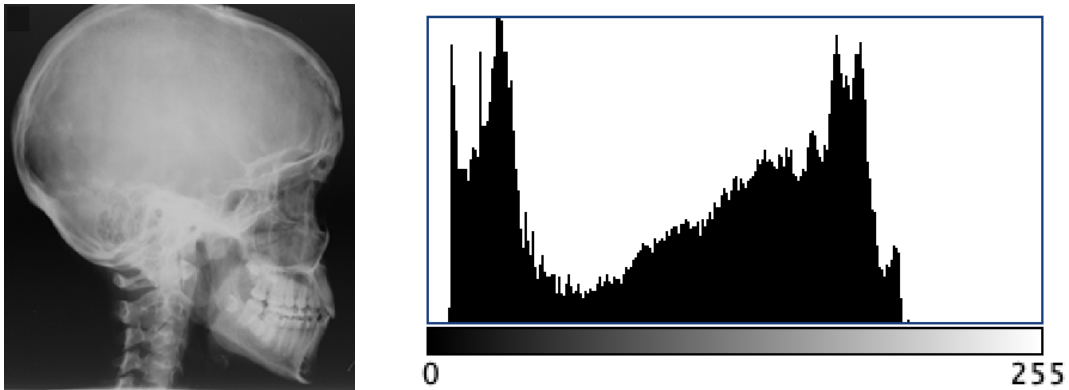
0	1	0
1	-4	1
0	1	0

0	0	0	0	0
0	1	1	1	0
0	1	5	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0

Använd filtret och beräkna värdena i de med "x" markerade positionerna i nedanstående resultatbild. (4 poäng)

	x	x	x	
	x	x	x	
	x	x	x	

- b) Här nedan ser ni en röntgenbild av en skalle med tillhörande histogram. Gråskalan är sådan att 0, (till vänster i histogrammet) motsvarar svart, och 255, (till höger i histogrammet) motsvarar vitt.



Denna bild förändras med olika histogramtransformationer. I bilden nedan ser ni överföringsfunktionen för sex olika möjliga histogramtransformationer, (numrerade 1-6) samt fyra resultatbilder, (numrerade A-D). Uppgiften är att para ihop resultatbild med den histogramtransformation som gett upphov till bilden då transformationen utförts på originalbilden. (Det finns alltså två extra transformationer som inte har använts.) För poäng ska svaret motiveras. (6p)

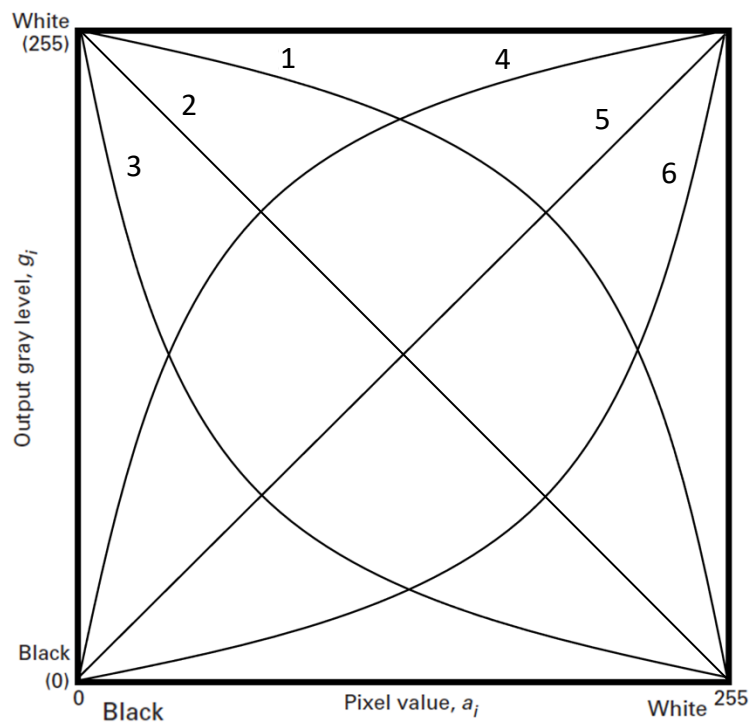




Bild A



Bild B

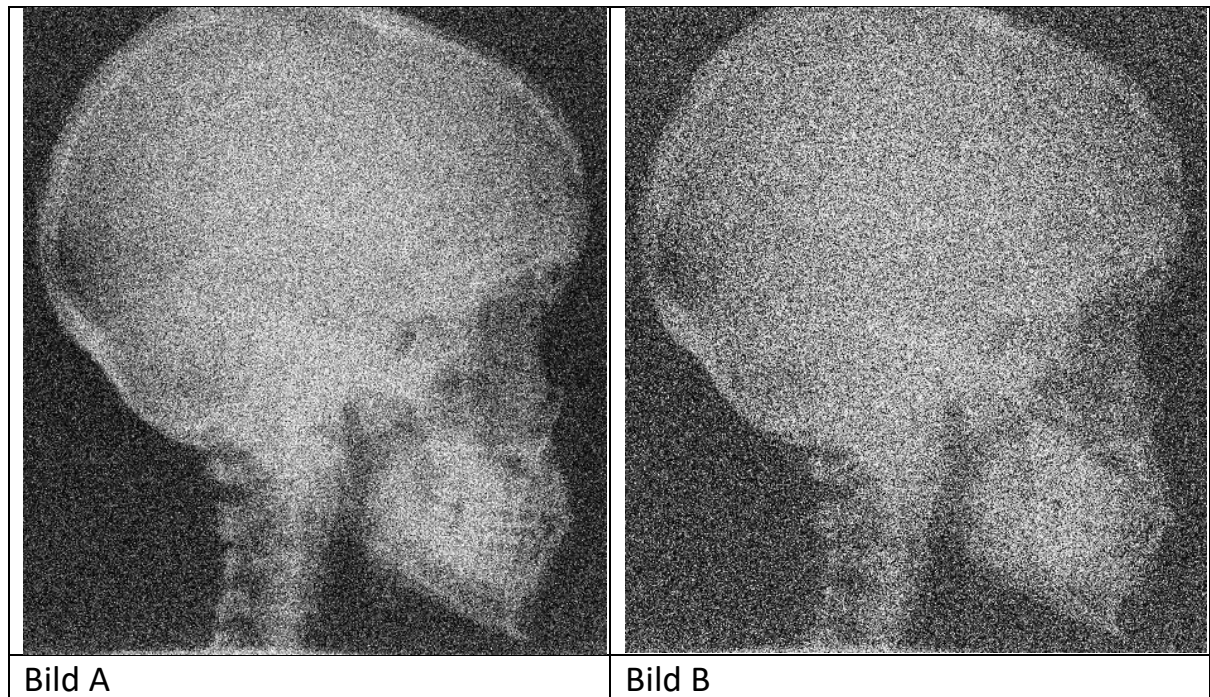


Bild C



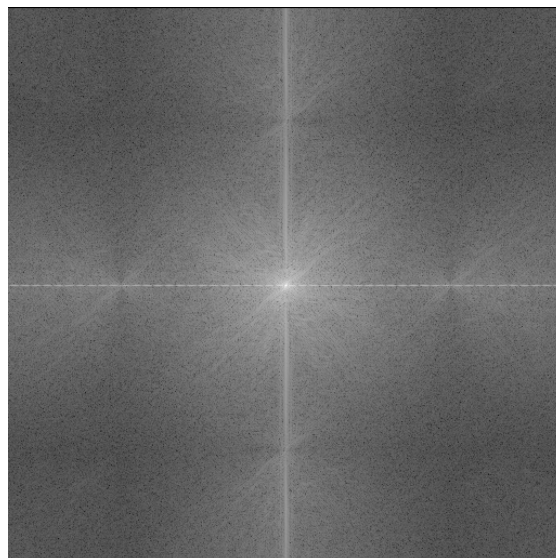
Bild D

- c) Till den brusfria originalbilden i uppgift a) läggs nu till brus. Bilderna nedan visar två fall (A och B). Ange vilken typ av brus respektive bild innehåller? För poäng ska svaren motiveras (1p)



- d) Originalbilden i uppgift a har blivit 2D-Fouriertransformerad. I bilden nedan visas det resulterande amplitudspektrumet, Uppgiften är att med egna ord förklara vilken information som finns i bilden och var i bilden den finns. Förklara speciellt

- vilken information som finns på axlarna
- vilken information som finns i origo (den ljusaste punkten i mitten av bilden)
- vilken information som finns närmast ytterkanterna i spektrumet.
- vilken information som finns i området mellan origo och ytterkanterna av spektrumet
- vilken information som finns i intensiteten i gråskalan (4p)



Lösningsförslag

Fråga 1. Etik, moral / Anatomi och fysiologi (15p)

- a) Etik är en normativ vetenskap; står för den systematiska reflektionen över mänskliga värderingar och handlingar och motiven för dessa
Moral handlar om hur vi människor beter oss i vissa situationer och vad vi själva anser är rätt och fel, utifrån vissa etiska regler.
- b) Helsingforsdeklarationen: föreskriver etiska regler för forskning på människor. Principer: i) omsorgen om individen ska vara i centrum; ii) informerat samtycke från en försöksperson; iii) frivilligt; iv) information man erhåller måste vara konfidentiell.
- c) Förmågan att styra och reglera de mekanismer som är nödvändiga för rörelsen. (1p) Centrala nervsystemet (CSN), leder, muskler, sensorik, omgivning, uppgift samt självuppfattning (1p); Aktivera rörelse: 1) Planera rörelse; 2) Över motorneuronet skickar signal från hjärnan till ryggmärgen; 3) Nedre motorneuroner skickar signal till muskeln 4) Varje nedre motorneuron aktiverar en grupp av muskelfiber -> vilket får dem att dra sig
- d) Aktionspotential kan definieras som en tillfällig förändring av membranpotentialen för olika joner; Aktionspotentialerna bygger på flöden över cellmembranet med olika katjoner: K⁺, Na⁺, (samt Cl⁻ och Ca⁺⁺)
Process: Na⁺-kanaler i axonmembranet öppnas; Na⁺-joner strömmar in
Neuronen depolariseras: Insidan av membranet blir positivt laddat; Skillnaden i laddning mellan in- och utsida = aktionspotential, c:a +40 mV
Hyperpolarisation och repolarisation:
Na⁺-kanalerna stängs efter ungefär 1 ms. K⁺-kanaler öppnas istället K⁺-joner strömmar ut; Membranpotentialen blir lägre än vilopotentialen; c:a -80 mV; Hyperpolarisation K⁺-kanaler stängs igen, Genom andra kanaler diffunderar både Na⁺- och K⁺-joner över till andra sidan Natrium-kaliumpump hjälper till att återställa konc. Na⁺ och K⁺ på ut- och insida av axonmembranet till vilopotentialen; Neuronen repolariseras
Medan neuronerna repolariseras, kan ingen ny signal skickas Kallas refraktärperiod

Fråga 2. Grunder om bioinstrumentering och sensorer (15p)

- a) Förklara hur EKG är uppbyggt genom att inkludera orden hjärtvektor, avledning och plan. Hur många avledningar kan man skapa och hur bildas de utökade avledningarna? (5p)
 - (1) Avledning = vektor i en bestämd riktning, skapas av ett par elektroder eller ett ekvivalent par av elektroder.
 - (1) Hjärtvektorn visualiseras med hjälp av flera avledningar, eftersom en vektor kan beskrivas med hjälp av andra vektorer.
 - (1) Man skapar avledningar i frontalplanet och transversalplanet, och får automatiskt avledningar i sagittalplanet.
 - (1) Man kan använda upp till 12 avledningar: 6 i frontalplanet och 6 i transversalplanet.
 - (1) De utökade avledningarna är i frontalplanet. Det bildas först tre avledningar direkt mellan tre elektroder (RA, LA, LL), I, II och III, medan de utökade bildas mellan medelpotentialen mellan två elektroder och den tredje elektroden.
- b) Vad kan man göra för att minimera rörelseartefakter vid biopotentialmätning med elektroder? Tre saker att tänka på. (3p)
 - (1) Elektrodtyp (perfekt icke-polariserade elektroder)
 - (1) Ta bort döda hudceller (sandpapper/peeling)

(1) Mekaniskt säkra elektroder och kablar.

c) Beskriv i stora drag en invasiv metod för att mäta blodtryck med extern sensor. Vad är viktigt att göra vid en sådan mätning?

I en förenklad kretsmodell av mätsystemet, vilket av följande är mest kompliant = minst styvt? Katetern, sensorn eller membranet?

Om det bildas en luftbubbla i katetern, hur påverkas bandbredden på mätsystemet och vilken konsekvens får det på den uppmätta blodtryckskurvan? (7p)

(1) Kateter i blodkärl

(1) Vätskekoppling mellan blodkärl och sensor

(1) Trycket vid sensorn motsvaras av trycket i blodkärl

(1) Viktigt att droppa in heparinlösning i blodet för att undvika koagulering och bildning av blodproppar.

(1) Membranet är mest kompliant.

(1) Vid luftbubbla minskar bandbredden.

(1) Konsekvens: överdämpat => lägre amplitud och försenad signal.

Fråga 3. Medicinsk Signalbehandling (15p)

a) Figuren nedan v

i. ja

ii. lågpasfilter med brytfrekvens $f_c = 1.8 \text{ Hz}$ (exemplvis)

b) A) Baslinjevandring B) Muskelaktivitet C) 50 Hz kraftledningstörning D) Rörelseartefakter

c) EEG

i. En EEG-signal mäts genom att mäta den elektriska potentialskillnaden mellan olika punkter på huvudet. Praktiskt mäter man då den elektriska spänningen mellan den aktiva elektroden (positionen) och referenselektroder.

ii. 10Hz, alfa-våg; vaken tillstånd med slutna ögon

iii. Frekvens-analys: visar medelvärde av aktivitet över 10sec interval. Tidfrekvens analys: visar frekvensspektrum över tiden. Dvs, man kan hitta minima och maxima av aktiviteten över inspelat tidsintervallet.

Fråga 4. Medicinska bildgivningsmetoder (15p)

a) Icke-joniserande strålning kommer från den del av det elektromagnetiska spektrumet där frekvensen och energin är för låg för att ge upphov till jonisering och skiljer sig därför radikalt från joniserande strålning. Strålning som innehåller tillräckligt mycket energi för att bryta kemiska bindningar och skapa joner kallas för joniserande strålning. Den kan skada en cells DNA och därmed orsaka mutationer som, om de överförs till nya generationer av celler, slutligen kan leda till cancer eller andra skadliga hälsoeffekter. Exempel: icke-joniserande: ultraljud; joniserande: röntgen-strålning/CT.

b) Strålbehandling: man använder joniserande strålning för att förstöra maligna tumörer medan minimera skador på normal vävnad. Tumörcellerna kan inte reparera DNA-brytningar på ett bra sätt och därför dör dem. Dosplanering: man tar CT-/MR-bilder av patienter, segmenterar tumör och andra viktiga vävnader. Sedan beräknar man vilka olika riktningar ska LINACs huvud bestråla patienten från att maximera dosen till tumören samt minimera dos till friska vävnader. När patienten kommer för behandlingen, måste positionering säkerställas, så att det stämmer med patient position i behandlingsplan.

- c) i) 1) B0-fält; 2) B1-fält från RF-spolar på. 2) B1-fält stängs av och man mäter T1- och T2-relaxation i en vis tid. Skillnad mellan T1- och T2 tider för olika vävnader ger kontrast i bilden.
 ii) Teoretisk är det möjligt, om hörselsimplantat är MR-kompatibel: dvs innehåller ingen magnetisk material, samt att det inte induceras ström i avledningar/aparatet som skulle skapa höra EM fält och därmed brännskador. Då implantatet ligger långt ifrån hjärtat, kommer inga artefakter uppstå i field-of-view: dvs i den bilden man vill analysera.
- d) A) PET B) SPECT; både metoder används radioaktiva läkemedel som söker sig till ett visst organ eller viss vävnad. Gamma-kameran kan då registrera strålningen från läkemedlet och därigenom kan funktionen i organet undersökas. PET-scanning bygger på kallas betaplus-sönderfall, vilket innebär att den radioaktiva isotopen när den faller sönder skickar ut en positron. När en positron utsöndras stöter den på en elektron och dessa två partiklarna kommer att annihilera, vilket innebär att de båda partiklarna omvandlas till två motsatt riktade fotoner (gammastrålar) som skickas iväg i 180 graders riktning i förhållande till varandra. Genom att spåra dessa fotoners ursprung genom att särskilja dem i tid går det att rekonstruera de rätta linjer som fotonerna bildar och få en gemensam skärningspunkt för samtliga linjer, nämligen den punkt i kroppen där den radioaktiva markören sitter. Det gör en skarpare bild än SPECT i vilken gamma-kameror fångar alla fotoner oavsett riktning & tid.

Fråga 5. Bildbehandling (15p)

- a) A-2 Inverterad skala, Gråskalan hyfsat jämt spridd mellan svart och vit
 B-3 Inverterad skala. Hela bilden går mot det mörkare
 C-6 Mörkare bild än originalet
 D-5 Ljusare bild än originalet
- b) Båda har Gaussiskt brus. Ses enklast i den svarta bakgrunden där brus i olika gråa nyanser syns.
- c)
- vilken information som finns på axlarna*
 spatiell frekvens i x- och y-led,
 - vilken information som finns i origo (den ljusaste punkten i mitten av bilden)*
 medelvärde av bildens gråskalenivå, (jfr med DC-komponent i 1D spektrum)
 - vilken information som finns närmast ytterkanterna i spektrumet.*
 höga frekvenser
 - vilken information som finns i området mellan origo och ytterkanterna av spektrumet*
 radiellt ut från origo finns info om högre frekvenser, ju längre avståndet är från origo desto högre frekvenser.
 - vilken information som finns i intensiteten i gråskalan*
 gråskalan representerar ett numeriskt värde, ju ljusare desto högre numeriskt värde.
 Ljust område i spektrumet betyder alltså att dessa spatiella frekvenser förekommer mer än för ett mörkt område

d)

	-2	3	-2	
	3	-16	3	
	-2	3	-2	