BAM33ZSL/BEAM33ZSL — Exam / zkouška

29. května / May 29, 2023

Na vypracování písemné části je 60 minut čistého času. Nezapomeňte podepsat všechny odevzdávané papíry. Pište čitelně. Nemáte-li kalkulačku, stačí napsat výsledek jako matematický výraz (po dosazení) a přibližně odhadnout jeho velikost. Celkem je možné získat 30 bodů. Odpovědi mohou být stručné, v průměru je počítáno 2min na jeden bod. Odpovědi pište na zvláštní papír, nezapomeňte na označení otázky. Je zakázáno používat knihy či jiné písemné materiály. Je zakázáno komunikovat s kýmkoliv během zkoušky, kromě učitele. You have 60 minutes for this test. In total, you can get 30 points. Answers can be brief, you have 2 minutes per point on the average. Write answers to a separate sheet(s) of paper. Do not forget to write the question label (e.g. '1a') and to sign all papers. Write legibly. You may use a calculator. If you do not have it, write the mathematical expression (with numerical values) and estimate the results approximately. No source of information (books, papers with notes) and no form of communication are allowed.

1. [9b] Ultrazvuk/Ultrasound:

- a) [3b] Vysvětlete základní fyzikální principy Dopplerovského ultrazvuku. Jakou veličinu měří? Jak tuto informaci získáme ze snímaného signálu? (Popište zpracování signálu. Napište relevantní vzorce.) Explain the basic physical principles of Doppler ultrasound. What quantity does it measure? How do we get this information from the signal? (Describe the signal processing. Write relevant formulas.)
- b) [3b] Měříme proudění krve v cévě Dopplerovským ultrazvukem s nosnou frekvencí $f_0 = 5\,\mathrm{MHz}$. Přijímaný signál má frekvenci $f_0 + 100\,\mathrm{Hz}$. Céva svírá úhel 60° s ultrazvukovým paprskem, rychlost ultrazvuku uvažujte $1500\,\mathrm{m/s}$. Jaká je rychlost a směr toku krve v cévě? We measure the flow in a blood vessel using Doppler ultrasound with a carrier frequency $f_0 = 5\,\mathrm{MHz}$. The received signal has a frequency $f_0 + 100\,\mathrm{Hz}$. The angle between the blood vessel and the ultrasound ray is 60° , the speed of sound can be considered $1500\,\mathrm{m/s}$. What is the speed and direction of flow in the blood vessel?
- c) [3b] Jak se mění intenzita ultrazvuku při průchodu tkání? Jaký je důvod těchto změn? Jak intenzita závisí na délce dráhy a kmitočtu? Pište rovnice. How does the ultrasound intensity change when traversing tissue? What is the reason for this change? How does it depend on propagation length and frequency? Write equations.

2. [9b] MRI:

- a) [3b] Nakreslete MRI časový diagram pro 'gradient-echo' excitační sekvenci. Jak funguje a k čemu se používá? Jaké jsou její výhody a nevýhody oproti spinovému echu? Draw the time diagram of the MRI 'gradient-echo' excitation sequence. How does it work and what is it used for? What are its advantages and disadvantages with respect to the spin-echo sequence?
- b) [3b] Jaké nastavení MRI skeneru použijete pro získání T₂ váženého MRI obrazu a proč? Udejte přibližné numerické hodnoty T₂ v tkáni. Jak lze hodnotu T₂ změřit přesně? Napište vzorec pro závislost intenzity signálu na parametrech tkáně a nastavení skeneru. Předpokládejte spin-echo sekvenci What MRI scanner setting would you use to get a T₂ weighted image and why? Give approximate values of T₂ in tissue. How can T₂ be measured exactly? Write a formula for the dependence of the signal intensity on the tissue parameters and scanner settings.
- c) [3b] Popište metody rychlého MRI snímání, jejich principy, výhody a nevýhody. (Uvažujte různé způsoby excitace a procházení k-prostoru.) Describe fast MRI acquisition methods, their principles, advantages and disadvantages. (Consider different modifications of the excitation and k-space traversal.)

3. [12b] CT, PET, SPECT:

a) [3b] Dávka radiofarmaka s aktivitou 10⁶ Bq byla podána pacientovi. Za 200 min klesla aktivita na 10³ Bq. Jaký je poločas rozpadu radiofarmaka? (Stačí přibližně. Vylučování zanedbejte.) O jaký druh radiofarmaka by se mohlo jednat? Pokud by byl biologický poločas rozpadu 1 h, jaký byl efektivní poločas rozpadu? A dose of a radiopharmaceutical with activity 10⁶ Bq was administered to the patient. In 200 min the activity decreased to 10³ Bq. What is the half-life of this pharmaceutical? (Approximate solution is sufficient. You can neglect excretion.) If the biological half-time were 1 h, what would be the effective half-life?

- b) [3b] Definujte úlohu algebraické rekonstrukce obrazu z projekcí. Popište iterativní metodu řešení této úlohy, pokud možno metodu projekcí (Kaczmarzovu). Formulujte matematicky. Jaké jsou výhody a nevýhody této metody oproti filtrované zpětné projekci? Define the task of algebraic reconstruction of an image from projections. Describe an iterative reconstruction method, if possible the projection (Kaczmarz's) method. Formulate it mathematically. What are the advantages and disadvantages of this method with respect to filtered backprojection?
- c) [3b] Jaký dávkový ekvivalent záření dostal pacient, pokud jeho tkáň o hmotnosti 20 kg s tkáňovým koeficientem 0.1 absorbovala γ záření o energii 10 J? Srovnejte výslednou hodnotu s radiační dávkou obdrženou během typického CT vyšetření. Jak by se dávkový ekvivalent změnil, pokud by se jednalo o záření α? Jaký efekt by mělo elektromagnetické záření o frekvenci 100 MHz o stejné energii? What equivalent radiation dose has a patient received, if 20 kg of his tissue with a tissue type weighting factor 0.1 has absorbed γ radiation with energy 10 J? Compare the resulting dose with a dose received during a typical CT examination. How would the equivalent dose change in case of α radiation? What effect would electromagnetic radiation with frequency 100 MHz and the same energy have?
- d) [3b] Monochromatické rentgenové záření s intenzitou $10\,\mathrm{W/cm^2}$ prochází $10\,\mathrm{cm}$ tkání s polotloušťkou 2 cm. Určete intenzitu záření po průchodu tkání. Jaká je densita tkáně v Hounsfieldových jednotkách? O jakou tkáň se pravděpodobně jedná? (Přibližné řešení je dostatečné. Lineární koeficient útlumu vody je $\mu = 0.19\,\mathrm{cm^{-1}}$.) Kdyby záření nebylo monochromatické, jak by se změnilo jeho spektrum (načrtněte)?
 - Monochromatic X-rays with intensity $10\,\mathrm{W/cm^2}$ pass through $10\mathrm{cm}$ of tissue with half-value layer $2\,\mathrm{cm}$. What is the tissue density in Hounsfield units? What type of tissue is it likely to be? (Approximate solution is sufficient. Linear attenuation coefficient of water is $\mu=0.19\,\mathrm{cm^{-1}}$.) If the X-ray radiation was not monochromatic, how would its spectrum change (sketch)?