

Radiologická fyzika a radiobiologie

1. přednáška



Jak to bude?

- Docházka – jak to bude?
- Více vyučujících dle tématu
- Zápočet bude formou testu ve cvičeních
- Ve cvičeních budou v kontrolních mikrotestech i nějaké otázky z přednášek (bonusové body k zápočtu)
- Zkouška ústní, okruhy budou na webu

Přehled kurzu

(v tomto kurzu jde čistě o teoretické principy)

- Úvod do radiologie
- Fyzikální jednotky
- Struktura hmoty
- Jaderný rozpad
- Základy kvantové teorie
- RTG a gama záření
- Magnetická rezonance
- Výpočetní tomografie
- Ultrazvuk

Radiologie

- „Radiologie je obor lékařství zabývající se medicínskými zobrazovacími metodami. Asi nejvýstižnější by bylo obor nazývat medicínské zobrazovací metody (angl. medical imaging), jednoslovný název radiologie je však kratší a snáze vyslovitelný.“ (nemocnice Na Homolce)
- Nutno ovšem dodat, že se nebudeme zabývat radiologií, ale jen jejím teoretickým základem – radiologickou fyzikou

Radiologie



? Proč ji studovat ?

(protože Vás má živit!)

Radiologie – radiologická fyzika

- Hrubé dělení podle principů:

- Rentgenové záření

- Jaderné záření

- Magnetické pole

- Ultrazvukové vlnění

Radiologie – radiologická fyzika

- Hrubé dělení podle principů:

- Rentgenové záření

- Jaderné záření

- Magnetické pole

- Ultrazvukové vlnění

Radiologie – radiologická fyzika

- Wilhelm Conrad Röntgen
 - 1895 – Náhodou objevuje paprsky X
 - 1901 – První Nobelova cena
 - Na počest Fy jednotka



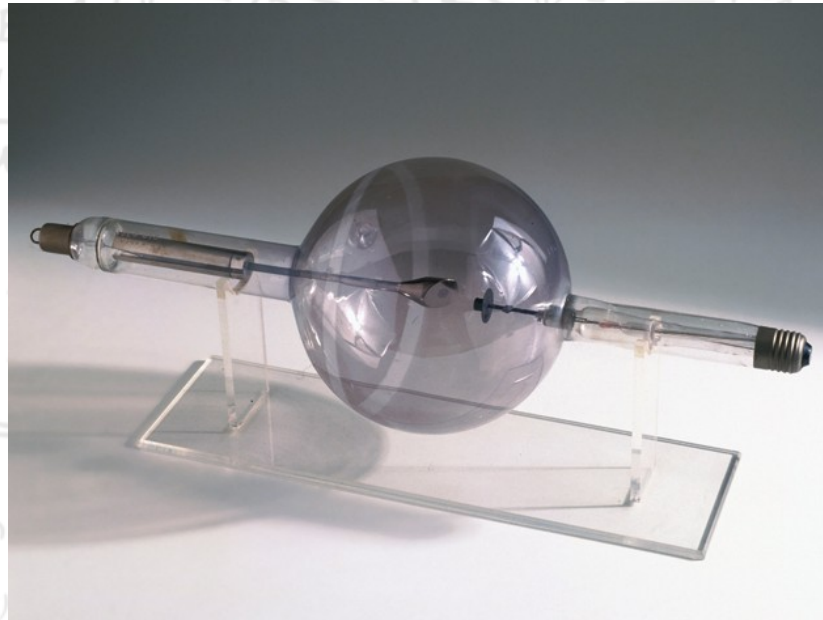
Radiologická fyzika

- William Coolidge

- 1913 Coolidgeova (lampa) trubice

- Žhavená spirálová katoda

- Lepší kontrast



Radiologická fyzika

- George Eastman

- 1889 Patent na fotografický celuloidový svitkový film (nezbytné pro další rozvoj fotografie a filmového průmyslu)
- Zakladatel firmy Kodak
- Uplatnění v radiologii
- Předtím záznam na skleněné desky

Radiologická fyzika

- 60. a 70. léta 20. století
 - Rozvoj výpočetní techniky
 - Digitalizace signálu
 - Zesilovače, polovodiče atp.

Radiologická fyzika

- Godfrey N. Hounsfield
 - 1971 – První počítačový tomograf
 - 1979 – Nobelova cena (spolu s Allanem Cormackem)

Radiologická fyzika



$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$
$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi}{dx^2} + V \psi = E \psi$$
$$U_{ef} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$
$$\vec{B} = \mu_0 \frac{NI \sqrt{2}}{2\pi r}$$
$$k = \frac{p^2}{2m} = \frac{M_r \cdot 10^{-3}}{N_A}$$
$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2eUm_e}}$$
$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{J} \cdot d\vec{S}$$
$$v_k = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3kTN_A}{M_r \cdot 10^{-3}}}$$
$$\lambda = \frac{h \ln 2}{T}$$
$$\left(\frac{E_t}{E_0} \right)_{\parallel} = \frac{2 \cos \vartheta_1 \cos \vartheta_2}{\cos(\vartheta_1 - \vartheta_2) \sin(\vartheta_1 + \vartheta_2)}$$
$$E_y = E_0 \sin(kx - \omega t)$$
$$S = \frac{1}{A} \frac{dW}{dt}$$

$$2 \operatorname{tg} \vartheta_B = \frac{m_2}{m_1} = m_{21}$$
$$pV = nRT$$
$$\Psi = \iint \vec{D} \cdot d\vec{S} = AD$$
$$H_\lambda = \frac{\Delta Me}{\Delta \lambda}$$
$$\Delta \varphi = \Delta x \cdot x_2 = 1 S$$
$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$
$$\Phi = NBS$$
$$U = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{|E_{PA} - E_{PB}|}{q} = \frac{|\varphi_A - \varphi_B|}{T} = \frac{4 n_1 n_2}{(n_2 + n_1)^2}$$
$$I_m = \omega L = 2\pi f L$$
$$F_g = \frac{m_1 m_2}{r^2}$$
$$k = \pm \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} (E - V_0)}$$
$$= 2\pi f$$
$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon + \mu}}$$
$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\nu}$$
$$\vec{dS} = Q^*$$
$$\frac{1}{2} = U_e I t$$
$$v = \int \frac{F_n}{R}$$
$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{CL}}$$
$$S I_m^2 = U_m^2 \left[\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right)^2 \right]$$
$$\lambda^* T = b$$
$$\int \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int \frac{\partial B}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$
$$p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$
$$u = U_m \sin \omega(t - \tau) = U_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

Radiologická fyzika

• Hrubé dělení podle principů:

➤ Rentgenové záření

➤ Jaderné záření

➤ Magnetické pole

➤ Ultrazvukové vlnění

Radiologická fyzika

- Henri Becquerel

- 1896 – Objev přirozené radioaktivity uranových solí

- 1903 – Nobelova cena

- Na počest Fy jednotka aktivity

Radiologická fyzika

- Marie Curie-Skłodowska
 - Objev polonia (dle Polska)
 - Objev radia
 - Teorie radioaktivity
 - 1903 a 1911 Nobelova cena Fy a Ch
 - Pouze 4 lidé mají 2 Nobelovy ceny
 - Na počest Fy jednotka

Radiologická fyzika

- Benedikt Cassen

- 1951 – Pohybový scintigraf

- První přístroj, který zobrazoval scintigraficky distribuci radioaktivity
- Od 80. let se už nepoužívá
- Nízká účinnost
- Neumožňuje dynamickou scintigrafii (nezobrazuje změnu radioaktivity v krátkém čase)

Radiologická fyzika

- Hal Anger

- 1958 Gamakamera

- Snímá γ záření současně z celého zorného pole

- Velmi složité zařízení, které je ovšem používáno dodnes

Radiologická fyzika

- 60. léta 20. století
 - David Kuhl a Roy Edwards
 - První experimentální PET (Pozitronová emisní tomografie)
- 1976 – Užití FDG v PET
 - Syntéza FDG (18-fluorodeoxyglukóza)
 - Dodnes se využívá při PET
 - První syntéza prof. Josef Pacák (1968)

Radiologická fyzika



Jeden z prvních PET prototypů

Radiologická fyzika

• Hrubé dělení podle principů:

➤ Rentgenové záření

➤ Ionizující záření

➤ Magnetické pole

➤ Ultrazvukové vlnění

Radiologická fyzika

- Přelom 19. a 20. století
 - Zrod kvantové fyziky
 - Založena na kvantování energie a pravděpodobnostním modelu
 - Objev jaderného spinu

Radiologická fyzika

- Isidor Isaac Rabi

- 1937 – Objev jevu nukleární magnetické resonance (NMR)
- Využití Stern-Gerlachova experimentu (štěpení svazku atomů v mag. poli)
- 1944 – Nobelova cena za Fy

Radiologická fyzika

- Felix Bloch a Edward Purcell

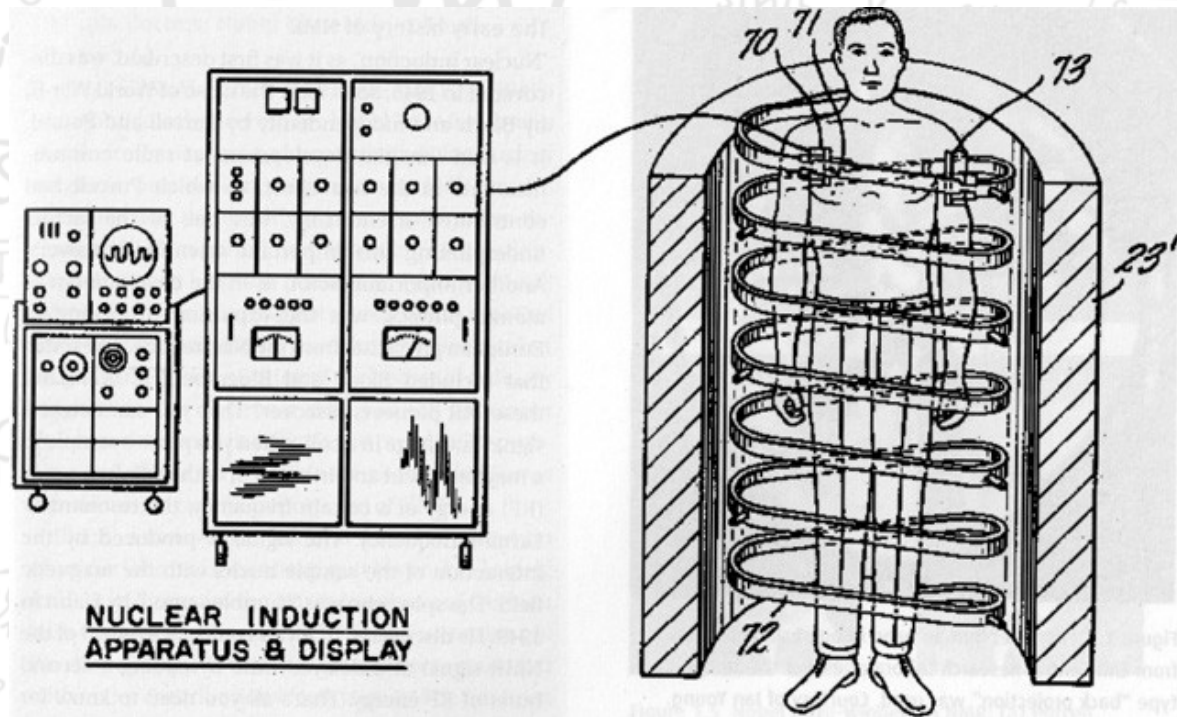
- 1945 Vylepšený Rabiho přístroj → Zrod nukleární magnetické spektroskopie

- 1946 – Blochovy rovnice – matematický popis jevu NMR

- 1952 – Nobelova cena

Radiologická fyzika

- 1971 – Raymond Damadian
 - Objev rozdílných relaxačních časů tkání
- 1977 – Konstrukce MRI skeneru



Radiologická fyzika



Radiologická fyzika

• Hrubé dělení podle principů:

➤ Rentgenové záření

➤ Ionizující záření

➤ Magnetické pole

➤ Ultrazvukové vlnění

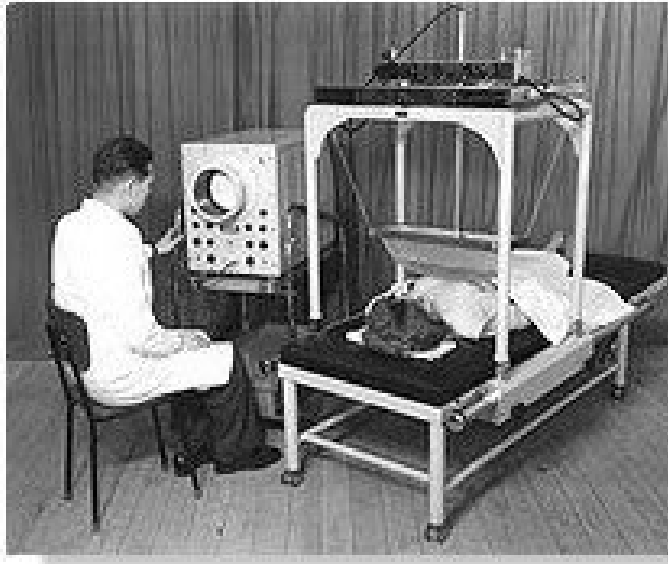
Radiologická fyzika

- 1877 – Lord Rayleigh
 - Fyzikální formulace zvuku
- 1880 – Pierre a Jacques Curieovi
 - Objev piezoelektrického jevu na krystalech použitého později k tvorbě i detekci ultrazvuku
- 1917 – Paul Langevin
 - Využití UZ u námořnictva - sonar

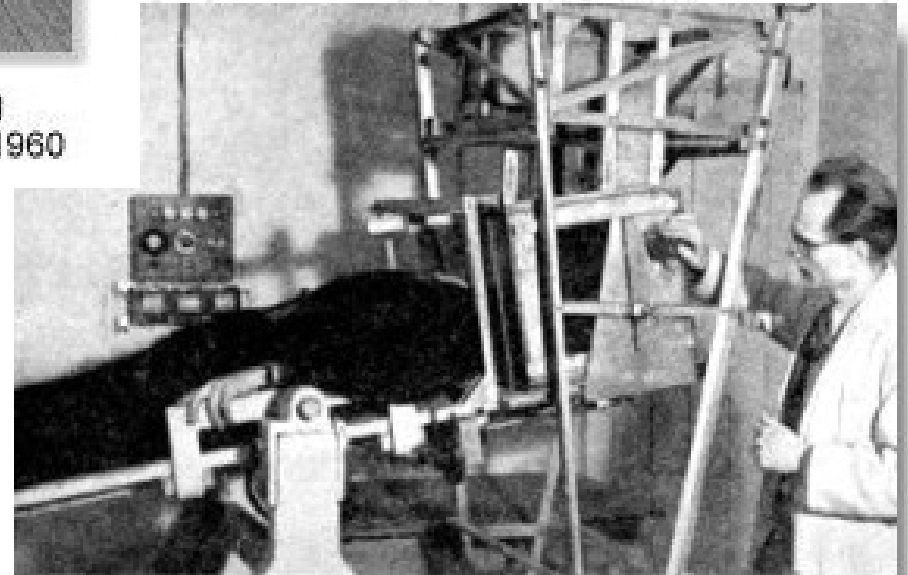
Radiologická fyzika

- Karl Dussik (Rakousko) – 1942 – průchodová metoda
- George Ludwig (USA) 1949 - První aplikace odrazu UZ na lidské tělo A-mód
- 70. léta 20. století
 - Zmenšení sond, aplikace dynamického snímání obrazu
- 1986 – Greg Devor
 - Barevné dopplerovské zobrazování

Radiologická fyzika



The water-bag B-mode scanning system, the SSD-1, from Aloka in 1960



Dussik and his ultrasonic apparatus in 1946

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi}{dx^2} + V \psi = E \psi$$

$$U_{ef} = U_m$$

$$\vec{B} = \mu_0 \frac{NI \sqrt{2}}{r}$$

$$k = \rho^2 / 2m m_0 = \frac{M}{N}$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$\sqrt{2eU}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{e}} \psi(\alpha)$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{J} \cdot d\vec{s}$$

$$C(s)$$

$$v_k = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3kTN}{Mm}}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} F_h = \frac{Shp g}{2m}$$

$$\left(\frac{E_t}{E_0} \right)_{\parallel} = \frac{2 \cos \vartheta_1 \cos \vartheta_2}{\cos(\vartheta_1 - \vartheta_2) \sin(\vartheta_1 + \vartheta_2)}$$

$$E_y = E_0 \sin(kx - \omega t)$$

$$S = \frac{1}{A} \frac{d\omega}{dt}$$

$$2 \operatorname{tg} \vartheta_B = \frac{m_2}{m_1} = m_{21}$$

$$pV = nRT \quad \Psi = \iint \vec{D} d\vec{S} = AD \quad H_\lambda = \frac{\Delta Me}{\Delta \lambda}$$

$$\Delta \varphi = \Delta x \quad x_2 = 1.5 \quad V = C \quad \Phi = NBS$$

$$\omega L = 2\pi f L \quad F_g = \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$= \frac{4 n_1 n_2}{(n_2 + n_1)^2}$$

$$R_m = \frac{C}{T} \quad k = \pm \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} (E - V_0)}$$

$$= \frac{E_c}{q} \int \sin(\omega t + \phi) dy$$

$$2 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1} \quad v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}}$$

$$\omega = 2\pi f$$

Jednotky

- CGS systém (1874 – počátek 20. stol.)

- Centimetr-Gram-Sekunda

- Vhodné pouze pro laboratoř

- El. Proud – biot (10 A)

- Síla – dyne (10^{-5} N)

- Energie – erg (10^{-7} J)

- Zrychlení – galileo ($0,01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)

Jednotky

- MKS systém (1889 – 1960)

- Metr-Kilogram-Sekunda

- Vhodné i mimo laboratoř

- Jednotky z 99 % shodné s SI

- FPS systém

- Foot-Pound-Second

- Dodnes využívána v USA a VB

Jednotky

- SI systém (1960)

- *Système International d'Unités*

- Vznikla na základě mezinárodní standardizace fyzikálních jednotek

- V různých odvětvích se používají různé vedlejší jednotky (eV, AU, u, Da, kWh, mAh...)

Jednotky

- Specifické jednotky předmětu

- Becquerel (Bc)
- Elektronvolt (eV)
- Gray (Gy)
- Sievert (Sv)
- Rentgen (R)
- Atomová hmotnostní jednotka (u)

Veličiny

- Existuje několik typů fyzikálních veličin

- Skalární (E, m, p, T...)

- Je vyjádřena konkrétní hodnotou, která je nezávislá na směru (T=273,15 K)

- Vektorová (\vec{v} , \vec{p} , \vec{F} , \vec{B} ...)

- Je vyjádřena vektorem, který udává jak velikost veličiny, tak směr jejího působení $\vec{v} = (2; 8; 0)$

- Tenzorová ($\vec{\sigma}$, \vec{F}_{elmag} ...)

- Je vyjádřen maticí, která udává velikost v různých směrech

$$\vec{\sigma} = \begin{pmatrix} 4 & 2 & -1 \\ 5 & 3 & 0 \\ 1 & 0 & 2 \end{pmatrix}$$

Shrnutí

- Radiologie je s námi již přes 100 let
- Její historie a pole působnosti je velmi rozmanité a perspektivní
- Vyžaduje rozsáhlé fyzikální i biologické znalosti a analytické myšlení
- Využívá poznatky z mikrosvěta i makrosvěta
- Využívá velké množství fyzikálních jednotek a u každé je potřeba pochopit její význam

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$
$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi}{dx^2} + V \psi = E \psi$$
$$U_{ef} = U_m$$
$$\vec{B} = \mu_0 \frac{NI \sqrt{2}}{2\pi r m_e}$$
$$k = \frac{p^2}{2m} m_0 = \frac{M_r}{N_A}$$
$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2eUm_e}}$$
$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$
$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{J} d\vec{S}$$
$$v_k = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3kTN_A}{M_r}}$$
$$\lambda = \frac{h \nu_2}{T} F_h = \int \rho g$$
$$\left(\frac{E_t}{E_0} \right)_{\parallel} = \frac{2 \cos \vartheta_1 \cos \vartheta_2}{\cos(\vartheta_1 - \vartheta_2) \sin(\vartheta_1 + \vartheta_2)}$$
$$E_y = E_0 \sin(kx - \omega t)$$
$$S = \frac{1}{A} \frac{dW}{dt}$$

Děkuji za pozornost

**Konec
1. přednášky**

**Prezentace vznikla v rámci projektu
fondu rozvoje MU 1515/2014**