

# RADIOLOGICKÁ FYZIKA

## PŘÍKLADY A OTÁZKY

2. redukované vydání



Online  
publikace ve  
formátu pdf

FRANTIŠEK PODZIMEK

# RADIOLOGICKÁ FYZIKA

## PŘÍKLADY A OTÁZKY

### 2. REDUKOVANÉ VYDÁNÍ



DOC. ING. FRANTIŠEK PODZIMEK, CSc.



Tuto online publikaci poskytla **Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze** se sídlem na Kladně.

<http://www.fbmi.cvut.cz>

Online publikace je určena pouze pro osobní potřebu uživatele, kterému byla publikace přímo poskytnuta Fakultou biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze se sídlem na Kladně. Online publikace, jako celek ani žádná její část, nesmí být volně šířena na internetu, ani jinak zveřejňována nebo rozšiřována. Veškerý obsah, texty, ilustrace, obrázky, grafy a grafika jsou chráněny autorským zákonem.

V případě dalšího šíření neoprávněně zasáhnete do autorského práva s důsledky platného autorského zákona a trestního zákoníku.

Svým odpovědným nakládáním s dokumentem umožníte rozvoji elektronických publikací.

Doc. Ing. František Podzimek, CSc.

## **Radiologická fyzika. Příklady a otázky**

2. redukované vydání

Online publikace ve formátu pdf

Vydala Data Agentura INFOPHARM, s.r.o.

Počet stran 165

2013

Copyright © František Podzimek, 2012

Cover © SQ Studio, s.r.o.

**ISBN 978-80-87727-08-9**

## **Upozornění pro čtenáře této knihy**

Publikace je chráněna podle autorského zákona č. 121/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů a to v plném rozsahu jako zákonem chráněné autorské dílo. Ochrana se vztahuje na informace jak v grafické, tak textové, či jiné podobě.

Tato publikace a ani žádná jiná její část nesmí být šířena nebo reprodukována v papírové, elektronické nebo jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu autora.

**Neoprávněné užití této publikace bude trestně stíháno.**

Online publikaci může používat pouze osoba, která ji legálně nabyla a jen pro osobní a vnitřní potřebu v rozsahu určeném autorským zákonem. Je zakázáno její kopírování, pronajímání, půjčování a obchodní nebo neobchodní šíření. Především je zakázáno umisťování celé online publikace nebo její části, včetně grafiky, na servery, ze kterých je možno tyto soubory dále stahovat. Uživatel není oprávněn jakkoliv do publikace zasahovat s cílem obejít technického zabezpečení této online publikace.

**Copyright © František Podzimek**

**© Všechna práva vyhrazena**

## Obsah

Předmluva k 2. redukovanému vydání .....	5
1. Úvod.....	6
2. Základní postupy .....	11
3. Fyzikální veličiny a jejich jednotky .....	16
4. Stavba hmoty .....	33
5. Radioaktivita.....	39
6. Radionuklidové zdroje ionizujícího záření.....	45
7. Interakce ionizujícího záření .....	54
8. Dozimetrie ionizujícího záření.....	61
9. Vztahy mezi dozimetrickými veličinami .....	69
10. Ochrana před ionizujícím zářením, dávkové limity.....	76
11. Ionizující záření v praxi .....	85
12. Kontrolní soubor otázek.....	92
13. Správné odpovědi.....	156
14. Některé důležité konstanty .....	160
15. Literatura .....	161

## **Předmluva k 2. redukovanému vydání**

V roce 2012 vyšla skripta **Radiologická fyzika - Příklady a otázky** v tištěné podobě v nakladatelství ČVUT a byla připravena i v podobě online publikace ve všech dostupných formátech (pdf, ePub, MOBI) s „tvrdou“ i „sociální“ ochranou DRM vhodnou pro většinu druhů elektronických čteček knih a tabletů. Všechny verze (tištěná i online) jsou stále dostupné na adrese [www.frpo.eu](http://www.frpo.eu).

Učební text byl rozdělen na osm tematických okruhů. V úvodu každé kapitoly byly uvedeny základní pojmy, vztahy a vzorce potřebné k řešení 25 modelových příkladů v každé kapitole, z nichž byly vždy čtyři příklady vzorově vyřešeny. Celkem sbírka obsahuje 230 příkladů, z toho 33 řešených. Na konci textu je soubor 230 kontrolních otázek s mnohočetným výběrem odpovědí. Soubor otázek vychází z předpokládaného rozsahu teoretických znalostí.

K rozšíření využívání online publikací je nyní k dispozici 2. redukované vydání těchto skript ve všech dostupných online formátech (pdf, ePub, MOBI) s „tvrdou“ i „sociální“ ochranou DRM vhodnou pro většinu druhů elektronických čteček knih a tabletů, které jsou nyní volně šiřitelné. Online publikace je opět dostupná na adrese [www.frpo.eu](http://www.frpo.eu).

Redukovaná verze obsahuje pouze 230 příkladů, z toho 33 řešených a soubor 230 kontrolních otázek s mnohočetným výběrem.

## 1. Úvod

Vědní obor **Radiologická fyzika** se zabývá aplikacemi ionizujícího záření a radionuklidů v lékařských oborech, jako radiodiagnostice, radioterapii a nukleární medicíně, a má také důležité místo v ochraně před ionizujícím zářením. Rostoucí potřeba radiologických asistentů, techniků a fyziků ve zdravotnictví si vyžádala vytvoření a akreditaci nových studijních programů na různých vysokých školách.

Cílem studia těchto studijních oborů je připravit absolventy na výkon zdravotnického povolání radiologický asistent, technik nebo fyzik pro zdravotnicko-fyzikálně-technické zajištění oborů radiodiagnostika, nukleární medicína a radioterapie.

Sbírka úloh je především určena vysokoškolským studentům bakalářského studijního oboru „**Radiologický asistent**“ Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze (se sídlem na Kladně) k prohloubení učiva v základním kurzu radiologické fyziky,

Využití najde také u studentů ostatních vysokých škol se zaměřením na studijní obor „**Radiologický asistent**“ uvedených v tabulce 1.1. Text je také určen i studentům se zaměřením na fyziku ionizujícího záření a jeho aplikací. Cílem učebního textu je seznámit studenty se základními matematickými postupy nutnými pro řešení konkrétních praktických úloh z oblasti radiologické fyziky. Postupně se proberou úlohy ze stavby hmoty, při určování základních vlastností radioaktivní přeměny – výpočet aktivity, poločasu přeměny, přírodní radioaktivity atd. Při řešení praktických příkladů si čtenář prohloubí znalosti obecných charakteristik inter-



akce ionizujícího záření s látkou (zejména záření alfa, beta, gama a neutronů), průchod svazků záření látkou, výpočet stínění, polotloušťky apod. Student tak získá praktické znalosti při výpočtech základních dozimetrických veličin – aktivity, expozice, kermy, dávky, dávkového ekvivalentu a dalších veličin. Například při výpočtech pochopí praktický význam ekvivalentní a efektivní dávky při určování stochastických účinků včetně jejich aplikací pro kvantifikaci ozáření pro potřeby radiační ochrany. Ověří si tím získané znalosti o principech detekce, měření ionizujícího záření, o dozimetrických měřicích metodách i použití dozimetrických veličin a jednotek se zvláštním zřetelem na využití monitorování záření v radiační ochraně.

Po úvodních kapitolách je text rozdělen na osm tematických okruhů, které postupně procházejí hlavní problematiku radiologické fyziky.

- Stavba hmoty
- Radioaktivita
- Zdroje ionizujícího záření
- Interakce ionizujícího záření s látkou
- Dozimetrie ionizujícího záření
- Vztahy mezi dozimetrickými veličinami
- Ochrana před ionizujícím zářením, dávkové limity
- Ionizující záření v praxi

Zařazení příkladů do těchto kapitol je pouze orientační a umožňuje studentům přibližnou orientaci v dané problematice. V úvodu každé kapitoly jsou uvedeny základní pojmy, vztahy a vzorce potřebné k řešení daných příkladů. V případě potřeby, jsou zde uvedeny i tabulky

s hodnotami příslušných fyzikálních veličin, potřebných k řešení. Univerzální fyzikální konstanty pro řešení úloh ve všech kapitolách jsou uvedeny v závěru publikace. Každá kapitola má v úvodu vyřešeno několik typických příkladů k lepšímu pochopení dané látky.

Na konci textu je soubor 230 kontrolních otázek s mnohočetným výběrem odpovědí. V případě jednoduchých příkladů se předpokládá schopnost studenta uvedený příklad řešit z paměti bez použití kalkulaček apod.

Soubor příkladů a otázek představuje základ znalostí potřebných ke zvládnutí předmětu „**Radiologická fyzika**“.

V minulosti byla vydána celé řada učebnic a vysokoškolských skript, která se touto problematikou zabývala (1), (2), (3), (4). Bohužel tyto učebnice již nejsou v dostatečném počtu dostupné a některé částečně zastaralé, neboť nezohledňují poslední vývoj v této oblasti. V současné době lze nalézt řadu zajímavých internetových odkazů s podrobně řešenými a komentovanými úlohami v internetových publikacích (5), (6). Bohužel problematika radiační fyziky a aplikací ionizujícího záření je zastoupena minimálně (7).

Z dostupné domácí a zahraniční literatury lze k procvičování uvedené problematiky doporučit např. publikace (8 – 27).

*Tabulka 1.1 Přehled studijních oborů s výukou radiologické fyziky*

<b>Vysoká škola</b>	<b>Součást VŠ</b>	<b>Název studijního programu</b>	<b>Název studijního oboru</b>
ČVUT v Praze	Fakulta biomedicínského inženýrství	Specializace ve zdravotnictví	Radiologický asistent
ČVUT v Praze	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská	Aplikace přírodních věd	Radiologická technika
ČVUT v Praze	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská	Aplikace přírodních věd	Radiologická fyzika
JU v Českých Budějovicích	Zdravotně sociální fakulta	Specializace ve zdravotnictví	Radiologický asistent
MU v Brně	Lékařská fakulta	Specializace ve zdravotnictví	Radiologický asistent
OU v Ostravě	Lékařská fakulta	Specializace ve zdravotnictví	Radiologický asistent
U Pardubice	Fakulta zdravotnických studií	Specializace ve zdravotnictví	Radiologický asistent
UP v Olomouci	Fakulta zdravotnických věd	Specializace ve zdravotnictví	Radiologický asistent
VŠZ Praha		Specializace ve zdravotnictví	Radiologický asistent
ZU v Plzni	Fakulta zdravotnických studií	Specializace ve zdravotnictví	Radiologický asistent

Při tvorbě a výběru jednotlivých příkladů v uvedených kapitolách byl kladen důraz na reálnost konkrétních numerických hodnot a jejich praktickou aplikovatelnost.

Použité jaderně dozimetrické konstanty pocházejí z dostupných internetových zdrojů, především (18), (19) a (20).

Soubor otázek s mnohočetným výběrem vychází z předpokládaného rozsahu teoretických znalostí požadovaných pro získání zvláštní odborné způsobilosti pro nakládání se zdroji ionizujícího záření a může sloužit i k dílčí přípravě na tuto zkoušku, která je pro určitý okruh pracovníků požadována Státním úřadem pro jadernou bezpečnost (SÚJB).

## 2. Základní postupy

V úvodu si připomeňme zásady, jak postupovat při řešení fyzikálních úloh. Tyto zásady popisují obecnou cestu od předčtení textu úlohy až k jejímu vyřešení. Proces řešení úlohy je především závislý na individuálních schopnostech řešitele a jeho subjektivním přístupu. Znalost strategie řešení fyzikálních úloh může pozitivně ovlivnit proces řešení a mnohdy je důležitější než znalost samotných fyzikálních poznatků.

### 2.1 Analýza textu

V prvním kroku řešení jde především o správné porozumění všem pojmům a pochopení fyzikální situace. Je třeba si uvědomit, které z informací obsažených v zadání jsou skutečně podstatné pro řešení úlohy. Ne vždy jsou všechny údaje v zadání pro řešení potřebné.

### 2.2 Zápis zadaných a počítaných veličin

Zápisem rozumíme fyzikální zápis nejdříve zadaných veličin a následně veličin hledaných. Pokud některé hodnoty nutné pro výpočet úlohy nejsou uvedeny v zadání (např. číselné hodnoty fyzikálních konstant), je možné je vyhledat v příslušných tabulkách. Dále převedeme všechny jednotky, pokud je to možné, na hlavní jednotky soustavy SI. Je třeba v zápisu uvést všechny veličiny a jejich číselné hodnoty, které budeme při výpočtu používat.

Z formálního hlediska lze zadání úlohy zapsat dvěma způsoby:

a) Zadané veličiny píšeme vedle sebe do řádku a oddělujeme středníkem. Hledané veličiny napíšeme na nový řádek.

$$v = 72 \text{ km h}^{-1} = 20 \text{ m s}^{-1}; t = 20 \text{ s};$$

$$s = ?$$

b) Zadané veličiny píšeme pod sebou a hledané veličiny oddělujeme od daných veličin vodorovnou čarou:

$$v = 72 \text{ km h}^{-1} = 20 \text{ m s}^{-1}$$

$$t = 20 \text{ s}$$

---

$$s = ?$$

### 2.3 Náčrt

Pokud to situace vyžaduje, načrtneme obrázek (schéma), který vystihuje a vhodně ilustruje zadanou situaci. Z náčrtku si lze ujasnit i geometrické souvislosti, které mohou výpočet značně usnadnit.

### 2.4 Fyzikální analýza

V dalším kroku výpočtu jde o stanovení logického plánu dalšího postupu. Je třeba si uvědomit fyzikální souvislosti a vybavit si příslušné vzorce a vztahy potřebné k řešení. U komplikovanějších úloh tento krok také zahrnuje určení zjednodušujících podmínek, tzn. zanedbání určité podmínky zadané situace tak, abychom byli schopni úlohu vyřešit bez větší chyby výpočtu.

### 2.5 Obecné řešení

Spočívá v hledání algebraického (matematického) vztahu mezi hledanou veličinou a veličinami uvedenými v zadání. Algebraickými úpravami lze dospět k výslednému vzorci, kde se na jedné straně vysky-

25. **Švec, Jiří; Chmelová, Jana; Korhelík, Karol;** *Radioekologie pro radiologické asistenty*. dotisk 2010. Ostrava : Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2006. ISBN 978-80-7368-219-4.
26. **Klener, Vladimír.** *Principy a praxe radiační ochrany*. Praha : Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000. ISBN 80-238-3703-6.
27. **Ullmann, Vojtěch.** *Jaderná a radiační fyzika*. Ostrava : Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2009. Elektronická forma:  
<http://AstroNuklFyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm> (2004-2006). ISBN 978-80-7368-669-7.

Doc. Ing. František Podzimek, CSc.  
**Radiologická fyzika. Příklady a otázky**  
2. redukované vydání

Online publikace ve formátu pdf

Vydala Data Agentura INFOPHARM, s.r.o.

2013

Počet stran 165

Copyright © František Podzimek, 2013  
Grafika © František Podzimek, SQ Studio, s.r.o.  
Cover © SQ Studio, s.r.o.

**ISBN 978-80-87727-05-8**