



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Výukové texty

pro předmět

Měřicí technika

(KKS/MT)

na téma

Podklady k principu měření ionizujícího záření a bezpečnostní náležitosti

Autor: Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podklady k principu měření ionizujícího záření a bezpečnostní náležitosti

Záření a ozáření

Během celého svého života je člověk neustále ozařován viditelným i neviditelným zářením, jak z přírodních, tak i umělých zdrojů záření. Proto veškeré aktivity člověka jsou vždy spojeny s kumulací těchto dávek o proměnlivém příkonu (např. vdechováním radioaktivních látek ze vzduchu, jejich příjmem v potravinách, ozařováním z radioaktivních látek ve vlastním organismu, pobytem a pohybem při příkonu zevního ozáření různém dle lokality i nadmořské výšky, kontaktem s umělými zdroji ozáření atd.).

Pro ochranu před tímto „neustálým“ ozařováním jsou principy radiační ochrany obecné, je stupeň regulovatelnosti různých druhů ozáření a zásahů rozdílný a může ovlivnit vhodnost použití různých prostředků regulace.

Účelně lze obecně rozlišit tři druhy ozáření [16]:

- **ozáření při práci**, které zahrnuje zásadně všechna ozáření, k nimž došlo při práci a zásadně jako důsledek práce,
- **ozáření lékařské**, jež je především ozářením osob jako součásti vyšetřovacích a léčebných postupů na nich prováděných; je sem zařazováno i ozáření dobrovolníků – neprofesionálů při pomoci při vyšetřeních, ozáření návštěvníků pacientů a ozáření při lékařských výzkumech,
- **ozáření obyvatel (obecné)**, kam spadají veškerá ostatní ozáření, tedy ozáření z radioaktivních látek, uváděných záměrně do prostředí z jaderných a jiných zařízení u nás i v zahraničí, ze zdrojů zevního ozáření při pobytu v jejich blízkosti (v čekárně nemocnice, na ulici), při užití zdrojů ionizujícího záření v rámci obecné výuky ve škole, a i z radioaktivních látek v prostředí z pokusů jaderných zbraní (jejich provozovatelé uvádějí, že jde o testy výrobku v rámci výroby zbraní, zajišťované podle principů radiační ochrany).

Základním zákonem, který upravuje všechny činnosti spojené s využíváním ionizujícího záření je tzv. Atomový zákon¹ z roku 1997 (Sbírka zákonů č. 18/1997, ve znění z roku 2002). Zákon definuje základní pojmy a vymezuje vztahy mezi jednotlivými subjekty. Veškerou činností související s povolováním práce se zdroji ionizujícího záření (ZIZ), kontrolou dodržování zásad pro práci a ověřováním kvalifikace pracovníků je pověřen Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB). [17]



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Limity dávek ionizujícího záření

Stanovení této výše dávkových limitů ionizujícího záření se v průběhu času a nových poznatků o radiační ochraně, značně změnilo. Při vniku hodnot bylo považováno za dostatečnou ochranu nepřekročení dávkového hodnotového prahu.

Limity ionizujícího záření jsou považovány za hranici mezi oblastí dávek zcela nepřijatelných a oblastí, kde je nutno určit skutečnou přijatelnost ozáření optimalizací ochrany před zářením. Vyhláška č. 307/2002 Sb. rozlišuje několik druhů základních limitů, jako závazných kvantitativních ukazatelů, jejichž překročení není podle zákona č. 13/2002 Sb. přípustné, a dále odvozené limity, omezující stejné případy ozáření jako základní limity pro radiační pracovníky, ale vyjádřené ve snáze měřitelných veličinách.

Rozlišují se [3]:

- **limity pro radiační pracovníky**, vztahující se na ozáření, kterému jsou vystaveni v přímém vztahu k vykonávané práci pracovníci kategorie A nebo B (100 mSv za pět po sobě jdoucích kalendářních roků a 50 mSv za kalendářní rok, pro ekvivalentní dávku H_T v oční čočce 150 mSv za kalendářní rok, pro průměrnou ekvivalentní dávku H_T v 1 cm^2 kůže 500 mSv za kalendářní rok, pro ekvivalentní dávku H_T na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky 500 mSv za kalendářní rok);
- **limity pro učně a studenty**, vztahující se na ozáření, kterému jsou vědomě, dobrovolně a po poučení o rizicích s tím spojených vystaveny osoby po dobu jejich specializované přípravy na výkon povolání se zdroji ionizujícího záření (6 mSv za kalendářní rok, pro ekvivalentní dávku H_T v oční čočce 50 mSv za kalendářní rok, pro průměrnou ekvivalentní dávku H_T v 1 cm^2 kůže 150 mSv za kalendářní rok, pro ekvivalentní dávku H_T na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky 150 mSv za kalendářní rok);
- **obecné limity**, vztahující se na ozáření ze všech radiačních činností, kromě ozáření výše uvedených, lékařského ozáření, ozáření osob podílejících se na zásazích v případě radiační nehody a případů ozáření, na které se vztahují limity zvláštní (1 mSv za kalendářní rok, výjimečně 5 mSv za pět po sobě jdoucích kalendářních roků, pro ekvivalentní dávku H_T v oční čočce 15 mSv za kalendářní rok, pro průměrnou ekvivalentní dávku H_T v 1 cm^2 kůže 50 mSv za kalendářní rok);
- **omezování ozáření ve zvláštních případech**, pro ozáření dobrovolníků při péči o pacienty, návštěvníků či spolužijících (1 mSv u osob do 18 let, 5 mSv u ostatních za dobu vyšetřování nebo léčení pacienta; pro ozáření plodu 1 mSv po zbývajícím dobu těhotenství)
- **odvozené limity pro zevní ozáření**, (pro osobní dávkový ekvivalent v hloubce 0,07 mm hodnota 500 mSv za kalendářní rok, pro osobní dávkový ekvivalent v hloubce 10 mm hodnota 20 mSv za kalendářní rok);
- **odvozené limity pro vnitřní ozáření**, (pro příjem radionuklidů použitím podílu 20 mSv a konverzního faktoru pro příjem radionuklidů požitím pracovníkem se zdroji, viz. příloha č. 3 vyhl. č. 307/2002 Sb.) pro příjem radionuklidů vdechnutím hodnoty podílu 20 mSv a konverzního faktoru pro příjem radionuklidů vdechnutím pracovníkem se zdroji podle téže přílohy).



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Ionizující záření

Ionizující záření, má na člověka a ostatní živé organismy negativní účinky a to jak ve formě dlouhodobého slabého působení, tak i krátkodobého intenzivního ozáření. Působí-li jakékoli ionizující záření na biologický materiál, dochází u něho k absorpci ionizujících částic a následnému poškozování „degradaci“.

Druhy ionizujícího záření se rozdělují na:

Záření alfa – tvořeno proudem jader helia, je vysoce ionizující, ale má malou pronikavost (je pohlceno listem papíru nebo 40 cm vzduchu)

Záření beta - je tvořeno tokem elektronů nebo pozitronů s velkou rychlostí (je pohlceno tenkým Al plechem nebo 2,5 m vzduchu)

Záření gama - je elektromagnetické záření s vlnovými délkami kratšími než 300 pm - jedná se o záření s nejvyšší frekvencí. Jeho ionizační účinky jsou poměrně nízké, ale má velmi vysokou pronikavost (nelze zcela pohltit, jen oslabit silnou vrstvou materiálu s těžkými prvky – Pb, ...)

Neutronové záření - je tok částic bez náboje, které sice ionizaci nezpůsobují, ale porušují stabilitu atomu, čímž mohou vyvolat radioaktivitu u látek neradioaktivních. Má 5x až 10x větší účinek než záření gama.

Rentgenové záření - má podobnou povahu jako záření gama, má však větší vlnovou délku (10 nm - 1 pm).

Kosmické záření - má částicovou i elektromagnetickou složku.

Veličiny spojené ionizujícím zářením:

Aktivita – charakterizuje množství radioaktivní látky. Aktivita je počet radioaktivních přeměn v látce vztahený na jednotku času. Jednotka je Becquerel [s⁻¹].

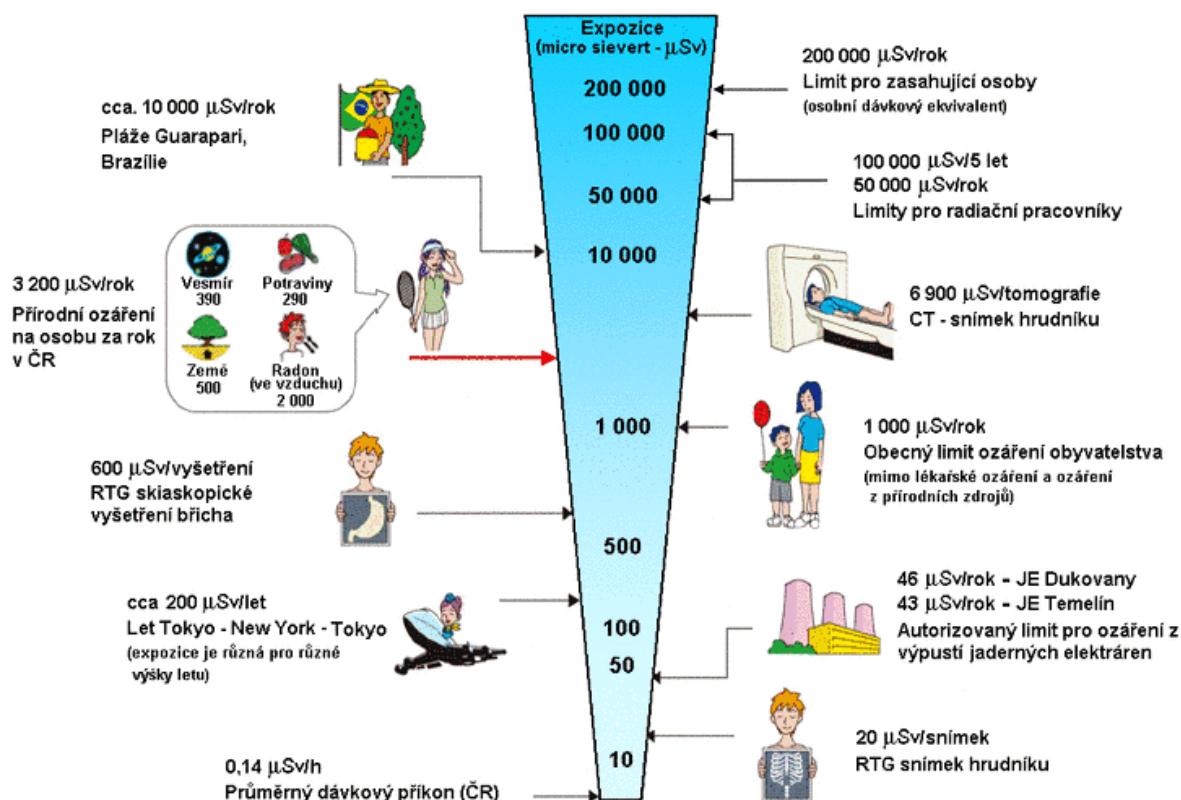
Dávka - absorbovaná dávka je energie absorbovaná v jednotce hmotnosti ozařované látky v učitým místě. Jednotkou absorbované dávky je gray [J.kg⁻¹] (dříve se používala jednotka rad)

Ekvivalentní dávka – stanovuje se ze vztahu $H = D \cdot Q \cdot N$, kde D je absorbovaná dávka, Q je jakostní faktor záření (alfa-20, beta a gama-1 apod.) a N je součin ostatních modifikujících parametrů. Součastnou jednotkou je sievert. Dřívější jednotkou (dávkový ekvivalent) byl 1 rem. Platí vztah 1 Sv = 100 rem. Ekvivalentní dávky lze použít pro vyjádření radiační zátěže jen v oblasti radiačních limitů a nižších dávek. Nelze je použít pro stanovení účinků při velkých dávkách radiace.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Příklady některých expozic ionizujícímu záření včetně limitů platných v ČR

Jednotky : μSv



Obr. 1 Grafické zobrazení dávek ionizujícího záření při činnostech [4]

Pronikavost ionizujícího záření a možnosti ochrany

Ionizující záření tj. radioaktivita je vyzařována ze zdrojů a je možné ji rozdělit na záření alfa, beta, gama a neutronový tok. Ionizující záření typu gama a neutronového toku se označuje jako pronikavá radiace.

Dosah ionizujícího záření je závislý na „síle“ výkonu zdroje tzv. zářiče. Od velikosti radiace cca přesahující 1Sv, již představuje velmi vážné následky pro lidský organismus.

Ochrana před pronikavou radiací lze uskutečnit různými materiály, které brání proniknutí (prozáření) za tuto materiálovou překážku. Schopnost tohoto „stínění“ se udává pomocí tzv. „polotloušťky“, která udává tloušťku materiálu, který při průchodu záření „pohltní“ (sníží) jeho hodnotu na polovinu,



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

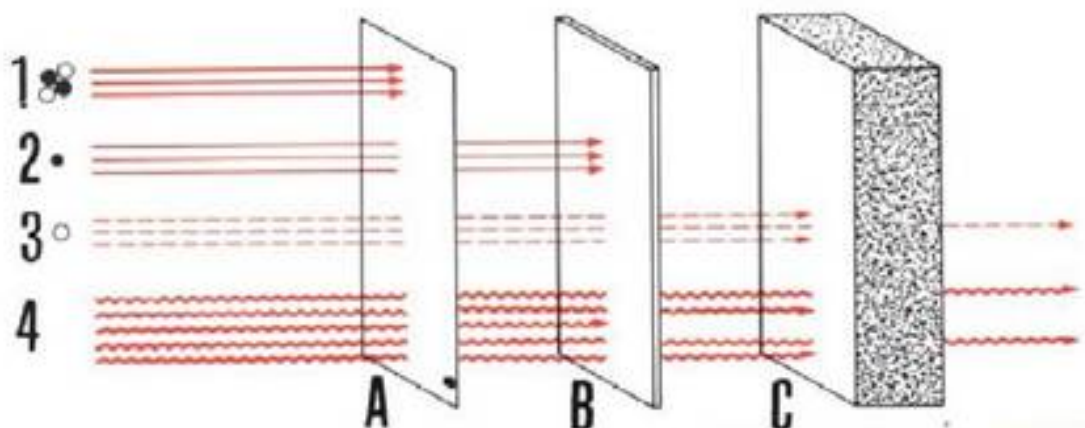


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

případně odstíní na „bezpečnou“ hodnotu. Stínící efekt „nepronikavost“ záření u různých materiálů je uveden na obr. 1.1.

Zeslabení působení neutronového toku, je ve srovnání s gama zářením, je obtížnější, neboť toto záření prochází „hustšími“ materiály (např. ocelový). Účinky tohoto záření účinně zeslabují materiály s nižším tzv. atomovým číslem (jako je např.: zemina, písek, beton). Jako poměrně účinné se jeví využití různých kombinací pro zeslabení ionizujícího záření, jako např.: vody, zeminy, cihel, písku, ocele, olověných plátů, betonu atd.



Stínící efekt různých základních materiálů pro jednotlivé typy záření

1 - záření alfa, 2 - záření beta, 3 - tok neutronů, 4 - záření gama;

A - list papíru, B - ocelový plech, C - betonová stěna

Obr. 1.1 Grafické zobrazení pronikavosti různých záření materiály [18]

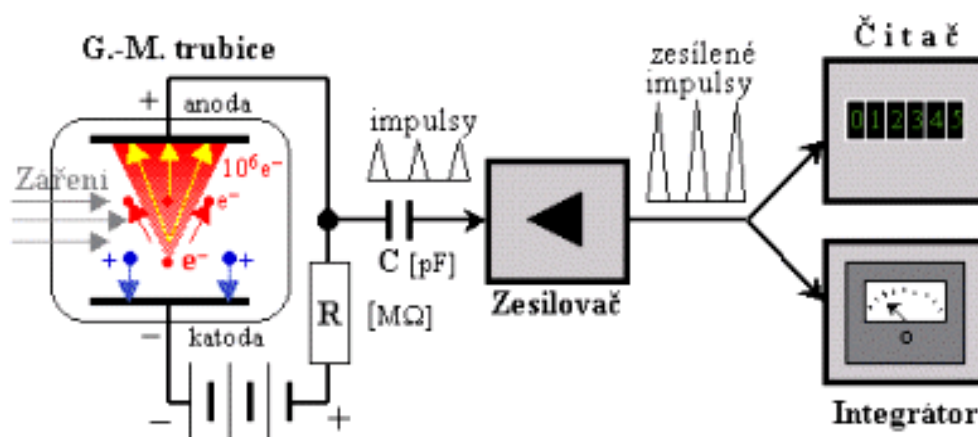
Detektory ionizujícího záření

Detektor ionizujícího záření je takové technické zařízení, které je schopno měřit vlastnosti ionizujícího záření. Měření ionizujícího záření (které je lidským okem neviditelné) probíhá za pomoci příslušných fyzikálních metod a vhodné přístrojové techniky. Přístroje pro měření pak umožňují zkoumat vlastnosti tohoto a poskytují kvantitativní informace o intenzitě, energii, prostorové distribuci a příp. dalších vlastnostech záření.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Geiger – Müllerův čítač

Nejznámějším přístrojem je tzv. Geiger-Müllerův čítač (viz. obr. 1.3), jehož základem je tzv. G-M trubice. Celkové uspořádání principu přístroj pro měření ionizujícího záření na principu G-M čítače je uveden na obr. 1.6.



Obr. 1.2 Základní schématické znázornění G-M čítače [9]



Obr. 1.3 – Digitální přístroj pro měření radioaktivity (ionizujícího záření)

Dozimetr

Dozimetry jsou přístroje sloužící k měření hodnoty ozáření.

Druhy:

- Filmový
- Prstový (termoluminiscenční)
- Kapesní dozimetr (s křemenným vláknem)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Základní využití zdrojů ionizujícího záření

Lékařská oblast:

Rentgeny a CT přístroje pro diagnostikování onemocnění a úrazů u pacientů.



Obr. 1.4 – Moderní rentgenový přístroj pro snímkování pacientů [13]



Obr. 1.5 – Moderní CT přístroj pro snímkování pacientů (počítačová tomografie)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Konstrukční a materiálová oblast:

V oblasti konstrukce technického zařízení a materiálového inženýrství je využito rentgenových přístrojů pro tzv. defektoskopii (hledání vad v materiálu, svaru konstrukce nebo ve výrobku apod.)



Obr. 1.6 – Příklad stacionární rentgenové kabiny pro defektoskopii [15]

Energetická oblast:

Jaderné reaktory jsou technické zařízení (obsahující jaderné palivo, chladivo, moderátor, konstrukční materiály a řídicí systémy), které slouží k udržování řízené štěpné řetězové reakce a umožňuje plynule odvádět tepelnou energii uvolňovanou při štěpení do turbinového tělesa, které pohání generátory pro výrobu elektrické energie.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

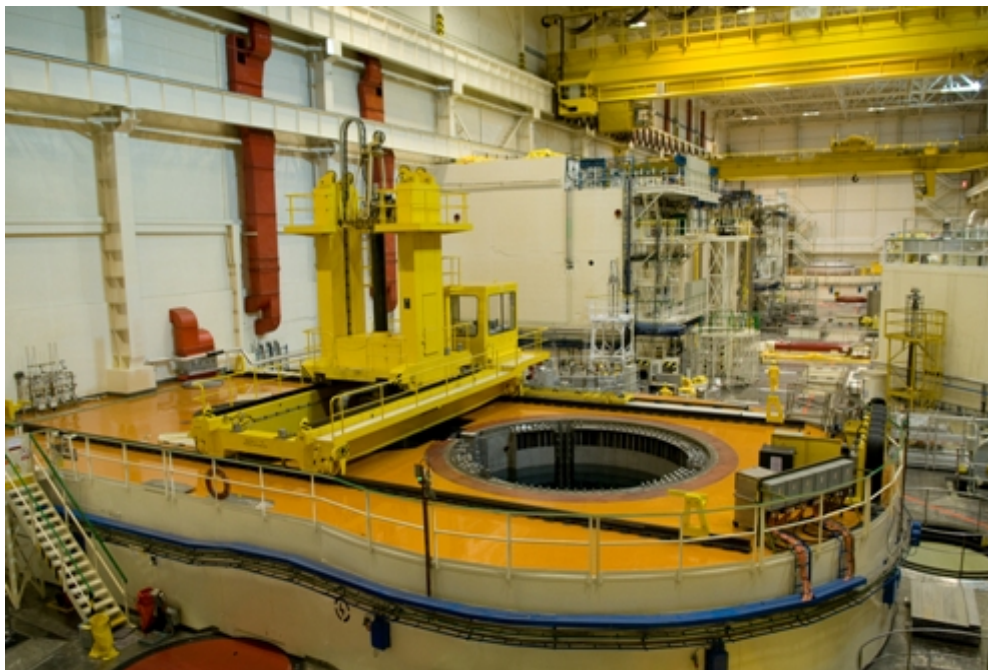


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 1.7 – Jaderný reaktor v reaktorovém sále [14]

Bezpečnostní oblast:



Obr. 1.8 – Moderní mobilní rentgenový přístroj pro skenování nákladu vozidel [12]



evropský
sociální
fond v ČR



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Poděkování

Investice do rozvoje vzdělávání.

Tento výukový text je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky v rámci projektu č. CZ.1.07/2.2.00/28.0206 „Inovace výuky podpořená praxí“.

Literatura

- [1] Kreidl, M., Šmíd, R.: *Technická diagnostika - senzory, metody, analýza signálu*, BEN, Praha, 2006, ISBN 80-7300-158-6
- [2] Martinek: *Senzory v průmyslové praxi*, BEN, Praha, 2004, ISBN 80-7300-114-4
- [3] Popis limitu IZ, http://eamos.pf.jcu.cz/amos/kra/externi/kra_7169/ch11.htm
- [4] Radiace a dávky IZ, <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/zajimavosti-z-praxe-radiacni-ochrany/pouzivani-rentgenu-lekarske-ozareni/>
- [5] Häberle, H.: *Průmyslová elektronika a informační technologie*, Europa-Sobotáles, Praha, 2003, ISBN 80-86706-04-4
- [6] JENČÍK, J., Volf, J. a kol.: *Technická měření*. ČVUT v Praze, Praha 2000, ISBN 80-01-02138-6
- [7] Kreidl, M., Šmíd, R.: *Technická diagnostika - senzory, metody, analýza signálu*, BEN, Praha, 2006, ISBN 80-7300-158-6
- [8] Martinek: *Senzory v průmyslové praxi*, BEN, Praha, 2004, ISBN 80-7300-114-4
- [9] Vlnění, <http://fyzweb.cz/>
- [10] Záření, <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/16/161.html>
- [11] Detekce záření, http://cs.wikipedia.org/wiki/Detektor_ionizuj
- [12] Mobilní RTG, <http://www.novinky.cz/ekonomika/68021-celnici-nasadili-do-boje-s-paseraky-obri-rentgen.html>
- [13] RTG přístroje, <http://www.fjfi.cvut.cz/DesktopDefault.aspx?ModuleId=1543>
- [14] ČEZ – jaderný reaktor, <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/jadernerne-elektrarny-cez/edu/technologie-a-zabezpeceni.html>
- [15] Defektoskopie-RTG, <http://www.defektoskopie.cz/produkty/rtg-kontrola/>
- [16] Ochrana před IZ, <http://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/principy-radiacni-ochrany>
- [17] Atomový zákon, www.uochb.cz/web/document/cms_library/758.pdf
- [18] Pronikavost, <http://trilobit.fai.utb.cz/ochrana-pred-ucinky-jadernych-zbrani-ochranne-vlastnosti-vybranych-materialu>

Tento výukový text je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.