

Věstník MZd ČR, částka 9/2020

KVALIFIKAČNÍ STANDARD PŘÍPRAVY NA VÝKON ZDRAVOTNICKÉHO POVOLÁNÍ RADIOLOGICKÝ FYZIK

Ministerstvo zdravotnictví ve spolupráci s Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy vydává v souladu s ustanovením §25 ve spojení s §2 písm. d) zákona č. 96/2004 Sb., o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činností souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen zákon č. 96/2004 Sb.) a ustanovením §3 a §24 vyhlášky č. 39/2005 Sb., kterou se stanoví minimální požadavky na studijní programy k získání odborné způsobilosti k výkonu nelékařského zdravotnického povolání, ve znění pozdějších předpisů, kvalifikační standard přípravy na výkon zdravotnického povolání radiologický fyzik v akreditovaném zdravotnickém magisterském studijním programu pro přípravu radiologických fyziků, v němž se specifikují podrobněji minimální požadavky na výše uvedený studijní program. Cílem je, aby absolventi daného programu byli odpovídajícím způsobem připraveni k výkonu zdravotnického povolání **radiologický fyzik**.

Ministerstvo zdravotnictví společně s Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy doporučuje vysokým školám pro získání souhlasu Ministerstva zdravotnictví podle zákona o vysokých školách¹⁾, se tímto kvalifikačním standardem při přípravě studijního programu řídit.

Název studijního programu:

Radiologická fyzika

Forma studia²⁾:

- v akreditovaném magisterském studijním programu: prezenční, kombinovaná

I. Cíle studijního programu

1. Studijní program Radiologická fyzika připravuje studenty na výkon zdravotnického povolání. Teoretická i praktická výuka se zaměřuje na získání teoretických znalostí a praktických dovedností potřebných pro zajištění fyzikálně-technického provozu na pracovištích radiodiagnostiky a intervenční radiologie, nukleární medicíny a radiační onkologie. Součástí vzdělávání jsou i předměty zdravotnického základu³⁾.
2. Studijní program Radiologická fyzika připravuje absolventy na práci ve zdravotnictví jejíž součástí je znalost právních předpisů v oblasti poskytování zdravotních služeb a zdravotní péče v České republice a v oblasti radiační ochrany a nakládání se zdroji ionizujícího záření ve zdravotnictví.
3. Studijní program Radiologická fyzika umožňuje absolventům pokračovat ve specializačním vzdělávání a dalšími formami celoživotního vzdělávání vedoucími k získání profesní kvalifikace klinický radiologický fyzik a Medical Physics Expert (MPE). Studijní program radiologická fyzika reflektuje evropské doporučení⁴⁾ pro náplň vzdělávacích programů vedoucích k přiznání kvalifikace MPE a obsahuje požadavky na teoretické znalosti a praktické dovednosti úměrné pregraduálnímu vzdělávání radiologických fyziků.

II. Cíle studia

1. Cíle týkající se přímého vztahu k radiologické fyzice

- 1.1 Absolvent/ka bude schopen/schopna vykonávat činnosti radiologického fyzika na pracovištích radioterapie, nukleární medicíny a radiodiagnostiky a intervenční radiologie v souladu s činnostmi povolenými platnou českou legislativou⁵).
- 1.2 Absolvent/ka bude schopen/schopna spolupracovat s ostatními lékařskými i nelékařskými zdravotnickými pracovníky pracujícími v oboru radioterapie, nukleární medicína a radiodiagnostika a intervenční radiologie.

2. Cíle týkající se rozvoje profese RADIOLOGICKÝ FYZIK

- 2.1 Absolvent/ka bude schopen/schopna na základě svých vědomostí a dovedností přispívat ke zvyšování prestiže a postavení radiologického fyzika ve společnosti.
- 2.2 Absolvent/ka bude znát aktuální stav radiologické fyziky v České republice, bude seznámen/a s moderními směry radiologické fyziky v zahraničí, a bude schopen/schopna posoudit jednotlivé etapy historického, současného a předpokládaného vývoje oboru radiologická fyzika.
- 2.3 Absolvent/ka bude schopen/schopna v oblasti radiologické fyziky vykonávat výzkumnou činnost samostatně nebo se podílet na výzkumné činnosti ve větším multidisciplinárním týmu, prezentovat její výsledky a aplikovat je do své práce.

3. Cíle týkající se získání znalostí právního řádu v oblasti poskytování zdravotních služeb

- 3.1 Absolvent/ka se bude orientovat v právním řádu České republiky, který upravuje poskytování zdravotních služeb a kompetence státní správy v oblasti organizace zdravotních služeb.
- 3.2 Absolvent/ka bude chápat úlohu mezinárodních organizací zabývajících se ochranou zdraví, a radiační ochranou při lékařském ozáření.

III. Profil absolventa studijního programu

Absolvent/ka studijního oboru Radiologická fyzika bude schopen/schopna vykonávat zdravotnické povolání radiologického fyzika dle §25 zákona č. 96/2004 Sb. a praktické činnosti nezbytné v profesi radiologického fyzika v souladu s §26 vyhlášky č. 55/2011 Sb., o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků, ve znění pozdějších předpisů. Při těchto činnostech bude využívat znalostí z oblasti medicínského základu, širokých teoretických znalostí radiologické fyziky v souvislosti s využitím záření v medicíně.

Díky získané odbornosti bude schopen/schopna do hloubky rozumět fyzikálním principům činnosti zdrojů a detektorů ionizujícího záření, zpracovávat a interpretovat získaná data.

Absolvent/ka bude schopen/schopna odborně komunikovat s lékaři a dalšími zdravotnickými pracovníky při řešení teoretických i praktických problémů v oblastech radioterapie, nukleární medicíny a radiodiagnostiky a intervenční radiologie.

IV. Podmínky odborného vzdělávání

1. Vstupní podmínky

- 1) Ke studiu může být přijat/a uchazeč/ka, který/á úspěšně ukončil/a střední vzdělání s maturitní zkouškou a splnil/a podmínky přijímacího řízení vysoké školy (zákon [č. 111/1998 Sb.](#)). Toto ustanovení se týká pětiletého magisterského programu.
- 2) Ke studiu může být přijat/a uchazeč/ka, který/á úspěšně ukončil/a bakalářské studium a splnil/a podmínky přijímacího řízení vysoké školy (zákon [č. 111/1998 Sb.](#)). Toto se týká dvouletého navazujícího magisterského programu.

2. Průběžné podmínky

Povinnosti, které musí student/ka splnit v průběhu studia, stanovuje studijní program a studijní plán, které jsou v souladu se zkušebním a studijním řádem vysoké školy [1](#)),

3. Výstupní podmínky, ukončování studia [6](#))

Způsob a podmínky kontroly studia a ukončení studia/vzdělávání vymezují studijní program, studijní plán, studijní a zkušební řád vysoké školy [1](#)).

3.1 Podmínkou řádného ukončení studia je dosažení cílů studijního programu, získání předepsaného počtu kreditů v předepsané skladbě (tj. předměty povinné, povinně volitelné a volitelné) a splnění předepsaných studijních povinností do doby dané maximální možnou délkou studia.

3.2 Vysokoškolské vzdělávání se řádně ukončuje státní závěrečnou zkouškou, která se skládá z:

- obhajoby diplomové práce a prezentace písemných posudků vedoucího práce a alespoň jednoho oponenta s návrhy klasifikace práce a
- ústní části zkoušky z předmětů obecného základu a předmětů odborného zaměření.

Předměty obecného základu:

radiologická fyzika v radioterapii
radiologická fyzika v radiodiagnostice a intervenční radiologii
radiologická fyzika v nukleární medicíně

Součástí těchto předmětů je i klinická dozimetrie v každém z oborů (radioterapie, radiodiagnostika a intervenční radiologie, nukleární medicína).

Z předmětů odborného zaměření může vybírat uchazeč jeden, ze kterého skládá ústní zkoušku. Předmět se musí vztahovat k činnostem, které vykonává radiologický fyzik, a spadá do oblasti:

radiobiologie
dozimetrie
radiační ochrana
výpočetní metody v radiologické fyzice

Počty hodin v následujících tabulkách představují minimální celkové počty hodin teoretické (přednášky a cvičení) či praktické (odborné praxe a praktika) výuky v akreditovaných studijních programech pro získání způsobilosti k výkonu zdravotnického povolání radiologického fyzika dle [§24](#) vyhlášky č. 39/2005 Sb.

V případě studia dle [§24](#) odst. 2 písmene b) vyhlášky č. 39/2005 Sb., tj. v alespoň dvouletém

magisterském studijním programu navazujícím na bakalářský studijní program matematicko-fyzikálního zaměření, se znalosti z oblasti matematického a fyzikálního základu, rozsahem odpovídající hodinové dotaci uvedené v tabulce, ověřují v rámci přijímacího řízení.

To platí i pro ty části studijních okruhů, které nejsou součástí navazujícího magisterského studia dle studijního programu.

Povinné okruhy pro základní předměty - kategorie A

Znalosti z oborů a věd tvořících základ pro radiologickou fyziku

Doporučený název předmětu:	Minimální počet hodin
Předměty matematického základu (matematická analýza, lineární algebra, matematická statistika, numerické metody včetně metody Monte Carlo, zobecněné funkce, konvoluce, Fourierova transformace, Taylorův rozvoj)	440
Předměty fyzikálního základu (mechanika, elektřina a magnetismus, vlnění, optika, kvantová fyzika, termika, termodynamika, statistická fyzika, speciální teorie relativity, základy fyzikálních měření)	500
Jaderná a radiační fyzika	90
Dozimetrie, detektory ionizujícího záření a elektronika	300
Lékařská informatika a programování	130
Radiobiologie	50
Radiologická fyzika v radioterapii	78
Radiologická fyzika v radiodiagnostice a intervenční radiologii	78
Radiologická fyzika v nukleární medicíně	78
Radiační ochrana	50
Další zobrazovací metody (magnetická rezonance a ultrazvuk) a zpracování a rozpoznávání obrazu	100
CELKEM	1 894

Povinné oborové předměty - kategorie A

Znalosti z oborů a věd tvořících základ pro poskytování zdravotnických služeb

Doporučený název předmětu:	Minimální počet hodin
Předměty zdravotnického základu (anatomie, fyziologie, patofyziologie v zobrazovacích metodách, systém řízení jakosti ve zdravotnictví, hodnocení zdravotnických technologií, etika ve zdravotnictví, základy první pomoci, klinická propedeutika, legislativa ve zdravotnictví)	250
CELKEM	250

Odborná praxe

Předměty odborné praxe:	Minimální počet hodin ⁷⁾
Praxe z radiologické fyziky v radioterapii	80
Praxe z radiologické fyziky v radiodiagnostice a intervenční radiologii	80
Praxe z radiologické fyziky v nukleární medicíně	80
Praxe z dozimetrie a fyzikálních měření	60
CELKEM	300

Uspořádání praxí v průběhu studia je v kompetenci vzdělavatele.

Délka jedné hodiny odborné praxe v podmínkách poskytovatele zdravotních služeb je 60 minut. Délka cvičení v běžné praktické výuce je min. 45 minut.

Povinně volitelné předměty - kategorie B

Povinně volitelné předměty vhodně rozšiřují soubor povinných předmětů, rozšiřují znalosti a dovednosti studentů v oboru

Lze je stanovit podle nabídky jednotlivých fakult - hodinová dotace se přednostně využije pro disciplíny mající přímou souvislost se studijním zaměřením (fyzika, matematika, programování, modelování).

Volitelné předměty - kategorie C

Volitelné předměty vhodně doplňují nabídku povinných a povinně volitelných předmětů, doplňují znalosti a dovednosti studentů v oboru.

Lze je stanovit podle nabídky jednotlivých fakult - hodinovou dotaci se doporučuje přednostně využít pro disciplíny mající přímou souvislost se studijním zaměřením.

Předměty standardu oboru radiologický fyzik jsou v souladu s požadavky vyhlášky [č. 39/2005 Sb.](#)

Povinné základní předměty - kategorie A

Znalosti z oborů a věd tvořících základ pro radiologickou fyziku

Všechny níže uvedené anotace okruhů jsou závazné pro vytvoření studijního plánu a jednotlivých předmětů. Cíle, obsahová zaměření a seznam literatury zpracuje a předkládá samostatně vysoká škola¹⁾ v rámci akreditačního řízení.

Název studijního okruhu:

PŘEDMĚTY MATEMATICKÉHO ZÁKLADU

Obecné matematické předměty na technických vysokých školách, minimálně však musí být zahrnuty oblasti matematiky: matematická analýza, lineární algebra, numerické metody (včetně metody Monte Carlo), zobecněné funkce, konvoluce, Fourierova transformace, Taylorův rozvoj.

Název studijního okruhu:

MATEMATICKÁ STATISTIKA

Charakteristiky běžných statistických rozdělení (normální, log-normální, Studentovo t, Poissonovo). Způsoby vyjadřování nejistot při měření dat a jejich zpracování (přístup GUM). Použití kvantitativních statistických metod pro interpretaci dat a jejich zpracování, včetně výpočtu konfidenčních intervalů, kombinovaných nejistot, korelace, regrese, testování hypotéz a zhodnocení vlivu velikosti vzorku. Specifické techniky vhodné pro konkrétní oblasti v radiologické fyzice.

Název studijního okruhu:

PŘEDMĚTY FYZIKÁLNÍHO ZÁKLADU

Obecné fyzikální předměty na technických vysokých školách, minimálně však musí být zahrnuty oblasti fyziky: mechanika, elektřina a magnetismus, vlnění, optika, kvantová fyzika, termika, termodynamika, statistická fyzika, speciální teorie relativity.

Název studijního okruhu:

ZÁKLADY FYZIKÁLNÍCH MĚŘENÍ

Spektroskopie/spektrometrie (včetně MRS - magnetic resonance spectroscopy, a EPR - electron paramagnetic resonance), specifikace měřidel včetně správnosti, přesnosti, SNR - signál to noise ratio, rozsahu měření, rozlišení, spolehlivosti (opakovatelnost, reprodukovatelnost, konzistentnost, stabilita, robustnost), senzitivita, specifická, linearita, čas odezvy, systematické chyby měření. Zpracování velkého množství dat. Mechanická měřidla (poloha, rychlost, síla, tlak, zvuk a ultrazvuk), měřidla teploty, elektrických a magnetických polí, napětí.

Název studijního okruhu:

JADERNÁ A RADIČNÍ FYZIKA

Vlastnosti ionizujícího záření (elektromagnetické, elektrony, ionty, neutrony) a dalších fyzikálních činitelů (elektrická energie, statická elektrická/magnetická pole ve zdravotnictví). Vlastnosti základních částic (hmotnost, náboj, spin), anihilace, formy energie a typy sil v přírodě, vlastnosti částic. Struktura atomu a jádra, modely jádra, izotopy, izobary. Jaderné a elektronové energetické hladiny, ionizace, jaderné izomery, Augerův jev. Stabilita jader, druhy radioaktivní přeměny (alfa, beta plus, beta minus, gama, izomery, elektronový záchyt, vnitřní konverze), přeměnová schémata, spektra gama a beta přeměny, přeměna a rovnice sekulární/dočasné rovnováhy. Hlavní typy jaderných reakcí, včetně fotojaderných. Vlastnosti neutronových svazků (včetně zpomalení a zeslabení). Kvantitativní a detailní popis interakcí ionizujícího záření s neživou a živou hmotou (včetně absorpce a depozice energie) včetně interakcí mezi elektrony a orbitálními elektrony, elektrony a jádrem. Brzdná schopnost, hmotnostní brzdná schopnost, zeslabení elektronových svazků. Fotoelektrický jev, Rayleighův a Comptonův rozptyl, produkce párů a změny v účinných průřezích a úhlových distribucích rozptýlených fotonů a sekundárních elektronů v závislosti na fotonové energii, atomovém čísle a hustotě zeslabujícího materiálu, kerma, koeficienty zeslabení. Interakce protonů a těžkých nabitých částic (brzdná schopnost, Betheho formule, Braggův pík, dosah). Interakce neutronů včetně aktivace. Statistika jaderné přeměny. Svazky záření, charakteristiky radiačních polí ve vzduchu a v tkáni.

Název studijního okruhu:

DOZIMETRIE

Přímo a nepřímě ionizující záření, dozimetrické veličiny (včetně jednotek a jejich vzájemných vztahů) používaných pro zhodnocení přínosných nebo nežádoucích biologických účinků ionizujícího záření (ICRU 85, 2011). Vztah mezi různými dozimetrickými veličinami (fluence energie, kerma a absorbovaná dávka pro fotonové svazky včetně konceptu rovnováhy nabitých částic). Operační veličiny (včetně jednotek a vzájemných vztahů) používaných v osobní dozimetrii a pro monitorování prostředí pro zevní fotonové záření. Metody jejich měření/výpočtu. Metrologie (kalibrace v kalibrační laboratoři a in-situ, návaznosti, primární a sekundární etalony, ověření přístrojů). Klinická dozimetrie v radioterapii - národní a mezinárodní (IAEA) protokoly pro stanovení absorbované dávky ve vodě či vodě ekvivalentních fantomech pro fotonové, elektronové, protonové svazky a svazky těžkých nabitých částic s použitím různých typů detektorů (ionizační komory, diody, filmy, TLD). Způsoby in-vivo dozimetrie a vhodné detektory k in-vivo dozimetrii v radioterapii. Kalibrační řetězec pro detektory používané v radiační onkologii. Koncepty in-vivo dozimetrie pro nabitě ionty včetně metod ověření dosahu částic s použitím PET. Doporučené metody pro stanovení referenčního kermového příkonu (RAKR) a kermové vydatnosti pro LDR/HDR/PDR zdroje v brachyterapii. Význam, charakteristiky, výhody a nevýhody detektorů

použitých pro stanovení referenčního kermového příkonu v brachyterapii. Dozimetrie v nereferenčních podmínkách (např. při prodloužené SSD, či mimo osu svazku záření). Koncepty a metody relativní dozimetrie: dávková distribuce na ose svazku záření ve vodě, faktory velikosti pole (efekty rozptylu v hlavici ozařovače a ve fantomu, závislost na ozařovacích parametrech), 3D dávková distribuce, profily svazku (oblast polostínu, homogenita, symetrie), vliv modifikátorů svazku jako jsou pevné (fyzikální) a virtuální (dynamické, motorizované) klíny, kompenzátory a bolusy. Klinická dozimetrie v radiodiagnostice a intervenční radiologii - použití dávkových veličin a indexů pro měření na fantomech a na pacientech, přístroje používané pro dozimetrii - ionizační komory, polovodičové detektory, KAP-metry. Kalibrace přístrojů, navázání přístrojů. Referenční rtg svazky (RQR, RQA, RQT), korekční faktory. Integrální dozimetrie (gafchromické filmy, TLD) pro dozimetrii kůže pacientů, jejich kalibrace, korekční faktory. Klinická dozimetrie v nukleární medicíně (základní principy, MIRD, korekce - zeslabení, vliv pozadí, korekce na rozptyl, geometrii měření, použité stínění, kolimátory, mrtvá doba, efekt částečného objemu, další negativní jevy způsobené elektronikou; omezení metod, základní koncepty kompartmentové analýzy, výpočty absorbovaných dávek, počítačové kódy používané pro výpočet, určení kumulované aktivity z křivky závislosti aktivity na čase, regresní metody, kompartmentová analýza), přístroje používané pro dozimetrická měření (výhody a nevýhody jednotlivých typů, sondy, studnové ionizační komory, studnové scintilační detektory, gama kamery, PET kamery, hybridní systémy), kalibrace (kalibrační faktory, použité fantomy, nastavení a měření pro účely kvantifikace obrazů, vliv nastavení přístrojů naměření aktivity - energetická okna, kolimátory, délka měření, statistika; vliv rozložení měření v čase na výsledky - časové body měření pacientů).

Název studijního okruhu:

DETEKTORY ZÁŘENÍ

Teorie pevných látek s důrazem na polovodiče. Hlavní typy detektorů, módy jejich použití, odezva. Měřidla ionizujícího elektromagnetického záření (včetně vzduchem plněných detektorů, teorie dutiny, Braggův-Grayův princip, konverze náboje na absorbovanou dávku), polovodiče, scintilační - optické systémy (pevnolátkové a kapalinové), integrální dozimetrie - termoluminiscence, opticky stimulovaná luminiscence OSL, filmy včetně radiochromických, chemické a biochemické detektory. Vlastnosti detektorů (spektrum, výška pulzu, rozlišení energie, závislost měřených počtů impulzů na aktivitě vzorku / dávkovém příkonu a plato, detekční účinnost a energetická závislost, mrtvá doba, detekční práh a časové rozlišení. Výhody a nevýhody různých typů osobních a patientských dozimetrů a monitorů prostředí pro různé typy ionizujícího a neionizujícího záření včetně kritérií výběru (přesnost, správnost, nejistoty, linearita, závislost na dávkovém příkonu, energii a směru, prostorové rozlišení, velikost detektoru, efektivita odečtu, snadnost použití), management, kalibrace, návaznost (národní i mezinárodní), uživatelské protokoly (v případě dozimetrie záření včetně teorie dutiny).

Název studijního okruhu:

ELEKTRONIKA

Charakteristiky běžných elektronických komponent a integrovaných obvodů. Elektronické součástky použité v systémech detekce záření. Hlavní elektronické součástky použité pro získávání a zpracování signálu v detektorech ionizujícího záření (zesilovače, prvky tvarování svazku, diskriminátory, analyzátoři výšky pulzu, čítače, koincidenční prvky, hradla). Klasifikace signálů, konverze na digitální formu, převodníky, zpracované signály (jako funkce času, prostorových souřadnic nebo obojího, pro kontinuální a pulsní signály).

Název studijního okruhu:

LÉKAŘSKÁ INFORMATIKA

Znalost pojmů lékařské informatiky jako jsou jednoznačný patientský identifikátor, zdravotní záznam a kódy nemocí, bezpečnostní aspekty a rizika spojená s používáním ICT v praxi radiologického fyzika, řízení klinických procesů a postup pacienta těmito procesy z pohledu radiologického fyzika, práce s nemocničními informačními systémy, radiologickými informačními systémy a systémy PACS, standardy HL7, IHE, DICOM, DICOM-RT a DASTA, nástroje pro práci s daty ve formátu DICOM (čtení hlavičky, zpracování pixeldat), základní znalosti počítačových sítí (použití ping, http, ftp, sftp) a způsobů propojení zdravotnických přístrojů, práce se systémy pro sledování dávků, legislativa týkající se zpracování zdravotnických dat.

Název studijního okruhu:

PROGRAMOVÁNÍ

Základy algoritmizace, operační systémy, základy programování v běžném programovacím jazyce s důrazem na práci s maticemi, aplikace numerických metod a zpracování velkého množství dat. Objekty, funkce, procedury.

Název studijního okruhu:

RADIOBIOLOGIE

Biologické modely pro přínosné a nežádoucí biologické účinky ionizujícího záření. Časně a pozdní reakce na ozáření. Teratogenní a genetické účinky záření. Faktory ovlivňující velikost biologického účinku a jejich změny za účelem zlepšení klinických výstupů (radiobiologické modely, epidemiologie, mutagenese, karcinogenese včetně leukemogenese), genetické efekty na potomstvu po ozáření gamet, teratogenní efekty, účinky na kůži, katarakta oční čočky, křivky přežití, lineárně-kvadratický model, absorbovaná dávka, typy záření (radiobiologická účinnost, radiační váhový faktor), radiosenzitivita tkání (LET, RBE, tkáňový váhový faktor), dávkový příkon, přítomnost látek zvyšujících radiosenzitivitu, kyslík a radioprotektiva, věk, vztah dávky a účinku. Nežádoucí biologické účinky (včetně mechanismu účinku) ionizujícího záření na pracovníky a obyvatelstvo včetně faktorů ovlivňujících velikost biologického efektu. Principy biologického monitorování a biologické dozimetrie.

Radiobiologické vztahy dávky a účinku relevantní v radiodiagnostice a intervenční radiologii s ohledem na bezpečnost pacienta, včetně fyzikálních a biologických základů, odezvy tkání na záření na molekulární, buněčné a makroskopické úrovni, modely zářením indukované rakoviny a dědičná rizika a radiační efekty obecně, pro děti a plod. Interakce ionizujícího a neionizujícího elektromagnetického záření s organickou látkou, včetně ultrazvuku a elektrických a magnetických polí na molekulární, buněčné, tkáňové a makroskopické úrovni ve vztahu k rizikům u pacientů a obyvatelstva.

Klinická radiobiologie v radioterapii: Onkogenese, rozvoj nádorových onemocnění, role onkogenů a supresorových genů, povaha různých druhů nádorových onemocnění a jejich molekulární a buněčné znaky. Modely poškození DNA, přežití buněk, opravy buněk a frakcionační schémata. Radiosenzitivita příslušných tkání a toleranční dávky zdravých tkání (tj. QUANTEC). Radiosenzitivita tumoru a normálních tkání a jejich změny při kombinaci radioterapie a chemoterapie. Radiobiologický princip použití různých strategií léčby (frakcionace, dávkový příkon, zvýšení radiosenzitivity, reoxygenace) v radioterapii. Terapeutický poměr, pravděpodobnost kontroly tumoru (TCP), pravděpodobnost komplikace zdravých tkání (NTCP), toleranční dávky, dávkově-objemové efekty. Odezva na terapeutické dávky ze zdrojů rentgenová záření, elektronů,

protonů a těžkých nabitých iontů na molekulární, buněčné, tkáňové a makroskopické úrovni pro tumory a zdravé tkáně.

Název studijního okruhu:

RADIOLOGICKÁ FYZIKA V RADIOTERAPII

Komponenty zobrazovacích systémů používaných v radioterapii. Význam, komponenty, výhody a nevýhody rentgenových ozařovačů pro radioterapii, kobaltových ozařovačů, lineárních urychlovačů (pro svazky s homogenizačním filtrem i bez něj) a dalších systémů pro megavoltážní terapii brzdým zářením, gama zářením či vysokoenergetickými elektronovými svazky (tomoterapie, lineární urychlovače na robotickém rameni, pojízdné urychlovače, zařízení pro intraoperační radioterapii, gama nůž, CyberKnife), cyklotrony a synchrotrony (protony a těžké nabitě částice) a pro afterloadingové systémy pro brachyterapii.

Fyzikální principy, možnosti a omezení různých ozařovacích technik externí radioterapie: 3D konformní radioterapie, rotační techniky (konformní rotační techniky, dynamické rotační techniky), nekoplanární ozařování. Význam a charakteristiky různých typů zobrazovacích zařízení v radioterapeutické ozařovně (EPID, kV-MV, CBCT, stereoskopické rentgenové zobrazovací systémy, CT v ozařovnách, magnetická rezonance, ultrazvuk). Geometrická přesnost zobrazovacích systémů využívaných v radiační onkologii. Význam a charakteristiky ozařovačů pro radioterapii protony a těžkými nabitými částicemi. Způsoby tvorby ozařovacího svazku protony a těžkými nabitými částicemi (pasivní, aktivní) včetně modulace intenzity a kompenzace pohybů orgánů. Význam plánovacích systémů (TPS), výpočet dávkové distribuce (včetně nástrojů BEV, DRR, DVH). Vlastnosti algoritmů pro korekci na nehomogenity v tkáních s nízkou hustotou a na rozhraní prostředí, kde není plně ustavena elektronová rovnováha. Rekonstrukční algoritmy v plánovacích systémech pro zdroje a referenční body v brachyterapii (při využití skiagrafie, CT, či jiné zobrazovací modality v brachyterapii).

Fyzikální a radiobiologické výhody protonů a těžkých nabitých částic a klinické indikace jejich použití. Metody nádorové léčby s využitím neionizujícího záření (radiofrekvenční ablace), jejich relativní účinnost, výhody a rizika ve srovnání s ionizujícím zářením. Terminologie při dozimetrii fotonových, elektronových a protonových svazků v radiační onkologii (tj. PDD, TMR, TPR, OAR). Definice referenčních podmínek pro fixní-SSD a izocentrické přístupy plánování radioterapie. Vztah dávky a účinku s ohledem na bezpečnost pacienta včetně uvážení fyzikálních a biologických aspektů, odezva tkání na záření na molekulární, buněčné a makroskopické úrovni, modely vzniku nádorů indukovaných ionizujícím zářením (včetně omezení existujících modelů), dědičná rizika a radiační efekty v populaci. Principy a postupy plánování léčby a optimalizace dávky s využitím plánovacích systémů (včetně jejich omezení) pro pacienty podstupující léčbu fotonovými, elektronovými, protonovými svazky a svazky těžkých nabitých částic (včetně speciálních technik jako je stereotaktické ozařování, IMRT, VMAT). Principy a postupy plánování léčby brachyterapií s využitím plánovacích systémů, algoritmy pro výpočet dávky (TG-43, algoritmy založené na modelování) a optimalizační algoritmy pro HDR, LDR a PDR brachyterapii.

Omezení existujících modelů v plánovacích systémech. Použití konvenčních technik k optimalizaci dávkových distribucí. Použití P+, uživatelské funkce a další vhodné modely používané při optimalizaci výstupů léčby. Použití umělé inteligence (Bayesovská statistika, umělé neuronové sítě a jiné metody machine learning) v radiační onkologii. Principy řízení rizik v radiační onkologii s ohledem na použití ozařovačů a ionizujícího záření z hlediska radiační ochrany radiačních pracovníků a veřejnosti pro externí radioterapii a brachyterapii. Komponenty hardware a software plánovacích systémů a přidružených standardů (DICOM, DICOM-RT). Zkoušky zdrojů (QC) ozařovačů používaných v externí radioterapii, brachyterapii, příslušných zobrazovacích systémů a

plánovacích systémů. Dozimetrické audity. Klinické výhody a nevýhody různých diagnostických modalit pro různé formy, fáze a různé lokalizace nádorových onemocnění. Klinické výhody/nevýhody chirurgie, chemoterapie a radioterapie pro léčbu různých forem, fází a různě lokalizovaných nádorových onemocnění. Mechanismy využívané při aplikaci nových léčiv v klinické onkologii v kombinaci se zářením. ICRU terminologie a doporučení pro definici cílových objemů (GTV, CTV, PTV, PRV), kritické orgány a specifikace dávek a objemů, volba bezpečnostních lemů včetně národních doporučení (ICRU 50, 62, 83). Klinická specifikace ozařovacích polí v externí radioterapii. Kvalita svazku v externí radioterapii pro fotonové svazky, parametry kvality svazku a dosahu u elektronových svazků. Různé zobrazovací modalit (včetně PET/CT, PET/MRI a ultrazvuku) v různých fázích procesu radioterapie. Metody sledování pohybu orgánů při radioterapii. Použití CT simulátorů a virtuální simulace pro tvorbu ozařovacího plánu a pro účely optimalizace. Srovnání národních a mezinárodních ozařovacích protokolů pro různé ozařovací techniky. Vliv různého geometrického uspořádání svazků a zařízení pro modifikaci svazku (fyzikální a virtuální klíny, bloky, MLC, bolus) a vliv váhování příspěvků jednotlivých ozařovacích polí při tvorbě dávkové distribuce. Termín normalizace. IMRT techniky pro tvorbu optimalizovaných dávkových distribucí: IMRT při statickém rameni ozařovače (statické či dynamické MLC), rotační techniky IMRT (sériová a helikální tomoterapie, VMAT). 4D plánovací systémy. Adaptivní radioterapie. Složitost plánovacích systémů se zohledněním nejistot jejich výpočtů s ohledem na klinické požadavky. Radionuklidy a uzavřené zdroje používané v brachyterapii a jejich klinické použití. Permanentní a dočasné aplikace v brachyterapii. Matematické algoritmy pro výpočet dávky (correction based, model-based, Monte Carlo) pro fotonové a elektronové svazky. Modely pre-planningu pro intrakavitární a intersticiální brachyterapii (GEC ESTRO, Manchesterský systém, Pařížský systém, dozimetrie s využitím obrazové informace). Teoretické a praktické aspekty referenční dozimetrie vysoko energetických fotonů, elektronů a brachyterapeutických zdrojů. Záznamové a verifikační systémy v radioterapii.

Název studijního okruhu:

RADIOLOGICKÁ FYZIKA V RADIODIAGNOSTICE A V INTERVENČNÍ RADIOLOGII

Konstrukce rentgenového zařízení (rentgenový zdroj, generátor, ovladač), vznik rtg záření, rtg spektrum a jeho parametry, filtrace (základní a přídavná). Interakce rtg záření, součinitel zeslabení, vznik rtg obrazu, způsoby zvýšení kontrastu, redukce rozptýleného záření. Receptory rtg obrazu (DR, CR, film, zesilovač obrazu) a jejich parametry (kvantová detekční účinnost, expoziční index), rekonstrukce obrazu, zpracování obrazu (postprocessing - redukce šumu, zvýraznění hran) a zobrazení (LUT tabulka, WW, WL). Fyzikální kvalita obrazu a její kvantitativní hodnocení (prostorové rozlišení, kontrast, šum, rozptylové funkce, MTF, SNR, CNR, DQE, NPS, subjektivní hodnocení rozlišení při vysokém a nízkém kontrastu, artefakty), tolerance pro jednotlivé zobrazovací modalit. Neostrost obrazu a její složky. Šum a jeho složky. Popis a specifika rtg zobrazovacích modalit (konstrukce systému, geometrie, expoziční parametry a jejich vliv na kvalitu obrazu a dávku pacientovi, používané receptory obrazu, expoziční automatika) - skiografie, mamografie (včetně digitální tomosyntézy a stereotaktických systémů), skiaskopie, a intervenční výkony (angiografie, DSA a další softwarové nástroje), CT (náběr dat - helikální, sekvenční); rekonstrukce obrazu - , sinogram zpětná projekce, filtrovaná zpětná projekce, iterativní rekonstrukce; CT číslo (HU), automatická modulace proudu, automatická volba napětí), CT perfúze, CT intervenční výkony, intraorální a ortopantomografické zobrazení, cone-beam CT, kostní denzimetrie, duál energy zobrazení. Dozimetrické veličiny - P_{KA} , K_i , K_e , střední dávka v mléčné žláze, $CTDI_{air}$, $CTDI_w$, $CTDI_{VOL}$, P_{KL} , orgánová dávka, efektivní dávka. Kontrastní látky - pozitivní a negativní. Radiační ochrana pacientů a personálu na rtg pracovištích. Dozimetrie kůže pacientů. Stochastické účinky a tkáňové reakce v radiodiagnostice. Ozáření v těhotenství. Optimalizace vyšetření. Senzitivita a specifita, ROC analýza.

Národní a místní diagnostické referenční úrovně, národní a místní radiologické standardy,

indikacní kritéria, klinické audity. Zkoušky dlouhodobé stability a provozní stálosti. Seznámení s příslušnými dokumenty - IAEA, ICRP, ICRU, AAPM, doporučení SÚJB.

Název studijního okruhu:

RADIOLOGICKÁ FYZIKA V NUKLEÁRNÍ MEDICÍNĚ

Vznik radionuklidů s použitím cyklotronů, reaktorů a generátorů. Fyzikální základy nukleární medicíny, výhody a nevýhody zobrazování v nukleární medicíně, silné stránky a omezení zobrazovacích přístrojů. Využití různých typů radioaktivních přeměn v nukleární medicíně.

Příprava radiofarmak, kontrola kvality přípravy, základy distribuce radiofarmak v orgánech a tkáních, interakce mezi chemoterapií, externí radioterapií a molekulární radioterapií. Kontrola kvality při produkci radionuklidů a syntéze radiofarmak.

Detektory ionizujícího záření v nukleární medicíně (popis funkce, pozadí, stabilita, reprodukovatelnost, minimální detekovatelné četnosti, energetické rozlišení, časové rozlišení, citlivost, prostorová rozlišovací schopnost, vlastnosti ovlivňující měření). Statistika při měřeních v nukleární medicíně. Vliv nastavení přístrojů na měření aktivity - energetická okna, kolimátory, délka měření.

Popis základních součástí jednotlivých zobrazovacích modalit. Fyzikální a technické základy zobrazovacích metod v nukleární medicíně (planární gama kamery, SPECT, PET, hybridní přístroje, dedikované přístroje). Analytické a iterativní rekonstrukce obrazu v nukleární medicíně. Korekce - zeslabení, vliv pozadí, korekce na rozptyl, geometrii měření, použité stínění, kolimátory, mrtvá doba, efekt částečného objemu, další negativní jevy způsobené elektronikou. Využití hybridních systémů. Kontrola kvality (sondy, studnové scintilační detektory, studnové ionizační komory, gama kamery, SPECT, PET, hybridní systémy, dedikované systémy). Kontrola kvality přístrojové techniky s ohledem na kvantifikaci obrazů. Fyzikální a chemické parametry radionuklidů používaných pro kontroly kvality a jejich důsledky pro radiační ochranu. Metody zajištění reprodukovatelnosti polohování pacientů. Možné vlivy kontrol kvality na výsledky opakovaných vyšetření pacienta (srovnávací studie), role nukleárně medicínských postupů v diagnostice, terapii (včetně radioimunoterapie) a hodnocení léčebné odpovědi.

Kvantifikace obrazů v klinických aplikacích. Vliv rekonstrukční metody a dalšího zpracování obrazu na kvantifikaci (cut-off, počty iterací, subsetů, post rekonstrukční filtr a jeho parametry).

Kvalita obrazu (prostorové rozlišení, kontrast, šum, SNR). Vliv akvizičních a rekonstrukčních parametrů na kvalitu obrazu. Kalibrace (kalibrační faktory, použité fantomy, nastavení a měření pro účely kvantifikace obrazů. Metody zajištění reprodukovatelnosti kvality obrazu.

Koncepty absorbované dávky a efektivní dávky, princip ALARA ve vztahu k bezpečnosti pacientů a optimalizaci dávek v nukleární medicíně. Použití diagnostických referenčních úrovní a optimalizace radiační zátěže pomocí optimalizace aktivity a zobrazovacích protokolů, místní diagnostické referenční úrovně, místní radiologické standardy. Princip zdůvodnění v nukleární medicíně (diagnostika vs terapie a vztah k radiačnímu riziku). Optimalizace radiační ochrany personálu a obyvatelstva při návrhu pracovišť nukleární medicíny. Kontraindikace pro vyšetření v nukleární medicíně. Radiologické standardy a principy/způsoby jejich optimalizace. Modifikace standardních vyšetřovacích postupů ve speciálních případech (těhotné pacientky, kojící pacientky, dětští pacienti). Dozimetrie v nukleární medicíně (základní principy, MIRD). Omezení metod, základní koncepty kompartmentové analýzy, výpočty absorbovaných dávek, počítačové kódy používané pro výpočet, určení kumulované aktivity z křivky závislosti aktivity na čase, regresní

metody, kompartmentová analýza. Přístroje používané pro dozimetrická měření (výhody a nevýhody jednotlivých typů, sondy, studnové ionizační komory, studnové scintilační detektory, gama kamery, PET kamery, hybridní systémy). Statistika; vliv rozložení měření v čase na výsledky - časové body měření pacientů. Metody měření velikosti a hmotnosti orgánů či lézí, jejich chyby, rozdíl mezi morfologickým a funkčním obrazem orgánu či léze. Základní principy dozimetrie lézí, limity dozimetrických metod v nukleární medicíně na orgánové úrovni (např. dozimetrie lézí s uvážením nehomogenity akumulace a hustoty lézí), techniky dozimetrie na voxelové a buněčné úrovni v kontextu radionuklidové terapie (včetně radioimunoterapie) a jejich použití. Metodologie pro určení odezvy léze na terapii.

Základy molekulární terapie (včetně radioimunoterapie). Použití PET pro radioterapii externími svazky. Provádění dozimetrických výpočtů v diagnostice a terapii (podmínky provedení výpočtu, požadavky na přesnost výpočtu).

Název studijního okruhu:

RADIAČNÍ OCHRANA

Tkáňové reakce a stochastické účinky. Zdroje vnitřního a vnějšího ozáření. Národní, evropské a mezinárodní organizace zabývající se radiační ochranou pacientů (ICRP, CNIRP, IAEA, EC, WHO, UNSCEAR), národní, evropská a mezinárodní doporučení o radiační ochraně při lékařském ozáření. Role ICRP v rozvoji dozimetrických formalismů, použití ICRP referenčního fantomu. Základní principy radiační ochrany (zdůvodnění, optimalizace, ALARA, limity, zabezpečení zdroje). Detektory v osobní dozimetrii. Radiační ochrana pracoviště a pracovníků v nukleární medicíně, radiodiagnostice a intervenční radiologii a radioterapii. Radiační ochrana těhotných a kojících pracovníků. Radiační ochrana žáků a studentů připravujících se na budoucí povolání zahrnující nakládání se zdroji ionizujícího záření. Definice a měření nebo výpočet operačních veličin (včetně jednotek a jejich vztahů) používaných v osobní dozimetrii. Radiační ochrana obyvatelstva. Radiační ochrana pacientů (včetně pediatrických pacientů) a osob doprovázejících pacienty k lékařskému ozáření. Prevence radiologických událostí, analýza rizik a havarijní připravenost ve vztahu k oborům radiologické fyziky. Metody analýzy rizik (analýza kořenových příčin, analýza selhání a jejich dopadů). Vyhodnocování a evidence radiologických událostí. Výpočet stínění ozařoven, příslušenství a osobní ochranné pomůcky. Kontaminace a dekontaminace osob a prostředí v nukleární medicíně. ICRP/MIRD při stanovování dávek z interního ozáření. Snižování vnitřního ozáření pracovníků a obyvatelstva v nukleární medicíně. Metody snižování dávek ze zevního ozáření (vydatnost zdroje, expoziční časy, vzdálenost a stínění), praktická aplikace těchto principů v radiační ochraně pracovníků a obyvatelstva. Dohled nad dodržováním radiační ochrany. Veličiny pro monitorování dávky v radiační ochraně pracovníků a obyvatelstva. Operační veličiny osobního monitorování a monitorování pracoviště. Monitorovací úrovně. Management použití uzavřených a otevřených radionuklidových zdrojů, včetně požadavků na jejich skladování, stínění, dokumentování a kontrolu. Požadavky na management a likvidaci radioaktivního odpadu a přepravu radioaktivních látek.

Název studijního okruhu:

MAGNETICKÁ REZONANCE A ULTRAZVUK

Detailní vysvětlení interakce neionizujícího elektromagnetického vlnění, statického elektrického a magnetického pole s neživou a živou tkání (absorpce a depozice energie): ultrazvuk (absorpce, odraz, rozptyl, akustická impedance, nelineární propagace), statické elektrické a magnetické pole, vysokofrekvenční pole (RF); optická radiace včetně laserů.

Vysvětlení základních principů MR (chování jader ve statickém magnetickém poli), vektor magnetizace a Larmorova frekvence, působení radiofrekvenčního pulzu (RF), relaxační mechanismy a časy (T1, T2, T2*), matematický popis vývoje magnetizace - Blochovy rovnice, magnetizace v rotující soustavě souřadné, kontrast v obraze MR, kontrastní látky pro MR, princip jejich funkce a aplikace.

Vysvětlení funkce základních komponent systému MR (magnet a jeho součásti, gradientní systém - maximální amplituda, slew-rate, linearita, vliv vířivých proudů; radiofrekvenční systém - vysílací/přijímací část, RF cívky; počítač a řídicí systém, význam jednotlivých komponent v klinickém zobrazování i výzkumných metodách).

Vysvětlení vzniku obrazu MR (prostorové kódování signálu, formalismus a vlastnosti k-prostoru, možnosti rychlého náběru k-prostoru, akviziční trajektorie k-prostoru, paralelní imaging).

Základní typy zobrazovacích sekvencí (spinové echo (SE), rychlé (turbo) SE; gradientní echo, inversion recovery (FLAIR, STIR), ultra rychlé sekvence (echo-planar imaging EPI, steady-state free precession SSFP); základy metod potlačení signálu tuku; základy metod potlačení vlivu pohybu (artefaktů); základy metod pro zobrazení pohyblivých molekul vody - MR angiografie; výhody a nevýhody různých typů sekvencí v klinickém zobrazování; přehled výhod a limitací klinického využití MR zobrazování.

Bezpečnostní aspekty MR (fyzikální efekty a interakce s živým organismem, možné důsledky; statické magnetické pole - hygienické limity; proměnné magnetické pole, souvislost se stimulací periferních nervů, hygienické limity; RF energie - SAR, hygienické limity; riziko spojené s implantáty a implantovanými přístroji).

Fyzikální princip ultrazvuku (definice mechanického vlnění; veličiny ultrazvukového pole - modul roztažnosti, harmonické vlny, harmonické kmity, intenzita ultrazvuku, radiační tlak; rychlost šíření UZ, akustická impedance; interakce vlnění s prostředím - odraz, lom, rozptyl, absorpce; lineární šíření ultrazvuku; nelineární šíření ultrazvuku).

Technické aspekty ultrazvukového zobrazení (piezoelektrický jev; diagnostické sondy; fokusace; elektronické zpracování UZ vlnění - PRP, PRF, TGC, dodatečné zpracování).

Zobrazovací módy pro diagnostické zobrazování (A mód; B mód - 2D, 3D, 4D; M mód; elastografie). Kvalita 2D zobrazení (prostorové rozlišení - axiální, laterální, tloušťka řezu; kontrastní rozlišení - dynamický rozsah, SNR); compound imaging, spekle a jejich redukce; artefakty B módu).

Dopplerův jev (princip; technické aspekty; typy zobrazení - CW, PW, spektrální záznam, barevný doppler, power doppler; využití, limitace).

Harmonické zobrazení (princip, kontrastní harmonické zobrazení, PI, PM, PMPI; využití; výhody). Kontrastní látky v ultrazvuku (definice; farmakokinetika; mechanický index).

Fúze UZ s další modalitou (princip detekce polohy UZ obrazu; možnost registrace UZ obrazu s další modalitou - manuální, automatické).

Biologické účinky ultrazvuku (mechanické účinky, tepelné účinky; bezpečné limity energetických hodnot při UZ vyšetřeních).

Název studijního okruhu:

ZPRACOVÁNÍ A ROZPOZNÁVÁNÍ OBRAZU

Vlastnosti digitálních obrazů. Druhy šumu. Princip a použití Fourierovy transformace, Nyquistova frekvence. Vzorkování a kvantování obrazu, 2-D konvoluce, 2-D Fourierova transformace, dekonvoluce. Potlačení šumu, detekce hran, zaostření obrazu, prahování obrazů, segmentace obrazů,

registrace obrazů, fúze obrazů, kvantifikace.

Název studijního okruhu:

ZÁKLADY METODOLOGIE VĚDECKÉHO VÝZKUMU

Vědecko-výzkumná činnost pod vedením školitele související s tvorbou diplomové práce. Metodologie výzkumu, zpracování získaných dat, sestavení vlastního odborného textu.

Název studijního okruhu:

ANGLICKÝ JAZYK

Aktivní znalost anglického jazyka na úrovni studia odborných publikací vztahujících se k radiologické fyzice a na dobré úrovni akademického písemného a ústního projevu při prezentaci vlastních výsledků.

Povinné oborové předměty - kategorie A

Předměty zdravotnického základu

Název studijního okruhu:

ANATOMIE A FYZIOLOGIE

Oblasti biologických věd (anatomie, fyziologie, patologie, buněčné a biomolekulární vědy). Obecná anatomie, obecná fyziologie, genetika, embryologie.

Název studijního okruhu:

PATOFYZIOLOGIE V ZOBRAZOVACÍCH METODÁCH

Technické výhody a nevýhody různých zobrazovacích modalit (kvalita obrazu, artefakty). Kontrastní látky pro jednotlivé zobrazovací modalit (pozitivní, negativní; rizika spojená s jejich aplikací). Rozdíly v nastavení zobrazovacích protokolů pro různé oblasti (traumatologie, kardiologie, gynekologie, pediatrie, ortopedie, zobrazení periferních částí, vaskulární systém, muskuloskeletální systém). Screeningové metody. Indikace, kontraindikace, indikační kritéria, princip zdůvodnění, princip optimalizace, hodnocení benefitu a rizika. Využití modalit pro anatomické a funkční zobrazení, kombinace modalit, 2D/3D zobrazení. Dobrá klinická praxe. Patologické nálezy. Radiologická anatomie. Senzitivita a specifita jednotlivých zobrazovacích metod, ROC analýza, "model observers" studie.

Název studijního okruhu:

SYSTÉM ŘÍZENÍ KVALITY VE ZDRAVOTNICTVÍ, ORGANIZACE A ŘÍZENÍ ZDRAVOTNÍCH SLUŽEB

Koncepty kvality, bezpečnosti, rizik a cost-benefit analýzy ve zdravotnictví. Principy managementu ve zdravotnictví. Funkce zdravotnických organizací (národních, mezinárodních). Strategické plánování. Kontinuální zvyšování kvality, klinický audit, řízení kvality ve zdravotnictví,

zodpovědnosti zdravotnických pracovníků v systému činností pro zabezpečování kvality v oblasti radiologické fyziky. ISO 9000, certifikace. Definování cílů. Medicína založená na důkazech a její využití v systému řízení kvality ve zdravotnictví. Zvyšování kvality s využitím zaznamenaných radiologických událostí. Specifikace kritérií přijatelnosti a specifikace zařízení pro účely výběrových řízení. Proces výběrového řízení a uvádění nových zařízení do provozu. Vyřazování starých zařízení z provozu. Klinický výzkum (legislativní základ, design, zajištění a kontrola kvality, statistické zpracování dat zaměřením na data klinická a epidemiologická).

Název studijního okruhu:

HODNOCENÍ ZDRAVOTNICKÝCH TECHNOLOGIÍ (HTA)

Optimalizované klinické použití zdravotnických přístrojů. Principy hodnocení zdravotnických technologií. Postup provedení HTA. Definování rolí a odpovědností všech profesionálů zahrnutých v projektu HTA. Reportování výsledků HTA analýzy (kontrola nákladů ve vztahu k přínosům uvažované technologie ve vztahu k radiologické fyzice). Důležitost a metodika sledování nových a vyvíjejících se technologií. Etické aspekty HTA v oblastech zahrnujících záření, zejména ionizující záření. Modely klinických studií. Metody analýzy efektivity nákladů. Aplikace metodik a statistických technik na rozhraní mezi fyzikálními a biomedicínskými vědami v klinických studiích při použití zdravotnických přístrojů a/nebo ionizujícího záření. Principy vybavenosti zdravotnického zařízení s ohledem na klinickou efektivitu a bezpečnost.

Název studijního okruhu:

ETIKA VE ZDRAVOTNICTVÍ

Etické a právní aspekty zdravotní péče, ochrana dat a soukromí pacienta, nakládání s elektronickými daty. Epidemiologie. Kvantitativní a kvalitativní výzkum v humánní medicíně. Etické aspekty klinických studií s použitím ionizujícího záření. Etické komise, ochrana pacientů a dobrovolníků v biomedicínských výzkumech. Etika při vzdělávání zdravotnických pracovníků v oblastech zahrnujících kolektivní patientské dávky. Nakládání s expozicemi v rámci výzkumu s využitím tolerančních dávek. Požadavky na zdravotnickou dokumentaci. Principy komunikace s pacienty a rodinnými příslušníky ve stresových situacích.

Název studijního okruhu:

ZÁKLADY PRVNÍ POMOCI

Rozpoznávání stavů ohrožujících bezprostředně život a výkony první pomoci k zastavení zevního krvácení, k obnovení a udržení průchodnosti dýchacích cest a základní neodkladná resuscitace. První pomoc v ostatních krizových situacích.

Název studijního okruhu:

KLINICKÁ PROPEDEUTIKA

Použití správné lékařské terminologie při komunikaci s ostatními zdravotnickými pracovníky. Znalost technologické infrastruktury pracoviště radioterapie, nukleární medicíny a radiodiagnostiky a intervenční radiologie a znalost vztahů v infrastruktuře s jinými zdravotnickými obory v rámci nemocnice při lékařském ozáření (kardiologie, chirurgie).

Název studijního okruhu:

LEGISLATIVA VE ZDRAVOTNICTVÍ

Evropská a národní legislativa, normy a doporučení, ve kterých je řešena profese radiologického fyzika. Funkce zdravotnických organizací (na národní i mezinárodní úrovni). Legislativa týkající se používání ionizujícího záření v medicíně. Legislativa týkající se ochrany dat. Národní radiologické standardy, místní radiologické standardy. Národní a mezinárodní bezpečnostní normy. Národní, mezinárodní, evropská legislativa vztahující se k používání ozařovačů, uzavřených a otevřených radionuklidových zdrojů.

ODBORNÁ PRAXE

Anotace:

Praxe z dozimetrie a fyzikálních měření

Práce s detektory (spektrometrické detektory, termoluminiscenční dozimetry, gelové dozimetry, ionizační komory, scintilátory). Vlastnosti detektorů, nastavení detektorů, vyhodnocení naměřených dat.

Praxe z radiologické fyziky v radioterapii

Seznámení se s přístrojovým vybavením a s rozvržením prostor pracovišť radiační onkologie. Praktická cvičení z kontroly kvality ozařovačů v radioterapii (radioterapeutické rentgeny, lineární urychlovače, HDR brachyterapeutické ozařovače, protonový ozařovač, stereotaktické ozařovače). Verifikace patientských plánů pro IMRT/VMAT. Stanovení absorbované dávky za referenčních podmínek, relativní dozimetrie (dávkové profily, procentuální hloubkové dávkové křivky, nereferenční podmínky na ose svazku záření) u nízkoenergetických rentgenových ozařovačů a rentgenových ozařovačů se středními energiemi, vysokoenergetických fotonových a elektronových svazků, protonového svazku. Stanovení kermové vydatnosti HDR zdroje pro brachyterapii. In-vivo dozimetrie. Plánování radioterapie.

Praxe z radiologické fyziky v radiodiagnostice a intervenční radiologii

Seznámení s přístrojovým vybavením radiodiagnostického pracoviště, s jeho uspořádáním a se specifiky modalit (skiografie, mamografie, skiaskopie, intervenční radiologie, CT). Práce s expozičními parametry, expoziční automatikou, automatickou modulací proudu, s automatickým řízením dávky/dávkového příkonu a geometrií vyšetření (velikost ohniska, velikost pole, SID, SOD, OID). Praktická cvičení na hodnocení kvality zobrazení ve vztahu k dávce pro různé zobrazovací modalit. Měření dozimetrických veličin - K_i , K_e , CTDI. Faktor zpětného rozptylu. Kalibrace KAP-metru v klinickém svazku. Měření rozptýleného záření. Testování funkce expoziční automatiky (AEC, ATCM, ADRC). Kalibrace a navázání dozimetrických měřidel. Stanovení polotloušťky a efektivní energie rtg svazku. Další testy prováděné v rámci zkoušek provozní stálosti a dlouhodobé stability - linearita, reprodukovatelnost, homogenita, soulad radiačního a světelného pole, soulad radiačního pole a pole receptoru obrazu. Praktická optimalizace vyšetřovacího protokolu. Způsoby odhadu orgánových a efektivních dávek na základě expozičních parametrů, dávkových veličin a geometrie ozáření pro různé modalit, včetně stanovení dávky na plod. Stanovení dávky na kůži měřením (např. TLD film) a výpočtem z RDSR. Použití softwarů pro odhad dávek pacientům. Stanovení diagnostické referenční úrovně.

Praxe z radiologické fyziky v nukleární medicíně

Seznámení se s přístrojovým vybavením a s rozvržením prostor pracovišť nukleární medicíny. Praktická cvičení z kontroly kvality zobrazovací (polovodičové gamakamery, SPECT, PET) i

nezobrazovací (měřiče aplikované aktivity, přístroje pro zajištění radiační ochrany) techniky. Praktická cvičení ze zpracování obrazu (planární zobrazování, SPECT/CT, PET/CT, PET/MRI). Postupy zajištění radiační ochrany a havarijní postupy při práci s otevřenými zářiči. Praktická aplikace legislativních požadavků na radiační ochranu v provozu pracoviště nukleární medicíny. Postupy přípravy a kontroly radiofarmak pro SPECT a PET metody. Způsoby stanovení celotělové dávky při radionuklidové terapii. Způsoby stanovení kalibračních koeficientů pro hodnocení aktivity v lézi při radionuklidové terapii. Postupy plánování konkrétních radionuklidových terapií, ukázka zpracování patientských dat.

Odborná praxe je povinnou součástí studijního plánu studijního programu Radiologická fyzika a to na základě vyhlášky č. 39/2005 Sb., tj. odborná praxe je praktickým vyučováním u poskytovatele zdravotních služeb.

Tato odborná praxe je zařazena do studijního plánu dle možností vysoké školy, a to formou povinné součásti, či jako povinného předmětu. Je však požadováno, aby daná vysoká škola měla zaveden systém, na základě kterého může prokázat či doložit, že daný student požadovanou praxi splnil. Není vyžadován tzv. logbook. Subjekt zajišťující výuku společně s poskytovatelem zdravotních služeb mají praktickou výuku smluvně zajištěnou.

Příloha č. 1

Převodní tabulka pro radiologické fyziky

Studijní okruhy kvalifikačního standardu oboru radiologická fyzika a požadavky vyhlášky č. 39/2005 Sb.

Požadavky vyhlášky č. 39/2005 Sb.	Obsah kvalifikačního standardu
§3 odst. 2	
Etika zdravotnického povolání v oboru	Etika ve zdravotnictví
Administrativní činnosti ve zdravotnictví (vedení dokumentace včetně elektronické podoby této dokumentace)	Lékařská informatika Programování všechny předměty tvořící základ pro radiologickou fyziku
Organizace a řízení zdravotní péče	Systém řízení kvality ve zdravotnictví
Základy podpory a ochrany veřejného zdraví včetně prevence nozokomiálních nákaz	Klinická propedeutika Odborná praxe
První pomoc a zajišťování zdravotní péče v mimořádných krizových situacích	Základy první pomoci
Právní souvislosti poskytování zdravotní péče v oboru	Legislativa ve zdravotnictví
Základy řízení kvality poskytovaných zdravotních služeb a v zajištění bezpečí pacientů	Systém řízení kvality ve zdravotnictví
§24 odst. 2	
5 let studia	Z toho bakalářské studium - min. 3 roky
300 hod praktického vyučování	Min. 300 hodin
§24 odst. 3 - a) teoretická výuka	
Obory tvořících matematicko-fyzikální základ	
Matematika	Předměty matematického základu Matematická statistika
Fyzika	Předměty fyzikálního základu Základy fyzikálních měření

Fyzika ionizujícího záření	Jaderná a radiační fyzika Dozimetrie Detektory záření Elektronika Radiologická fyzika v radioterapii Radiologická fyzika v radiodiagnostice a intervenční radiologii Radiologická fyzika v nukleární medicíně Radiační ochrana Magnetická rezonance a ultrazvuk Zpracování a rozpoznání obrazu Odborná praxe
Informatika	Lékařská informatika Programování
Základy biologie a fyziologie	Radiobiologie Anatomie a fyziologie Patofyziologie v zobrazovacích metodách
Základy anatomie, rentgenové anatomie a anatomie příčných řezů	Anatomie a fyziologie Klinická propedeutika Patofyziologie v zobrazovacích metodách Odborná praxe
Radiologické obory	
Detekce, dozimetrie a metrologie ionizujícího záření	Dozimetrie Detektory záření Elektronika
Radiologická zařízení a další zdravotnické přístroje	Radiologická fyzika v radioterapii Radiologická fyzika v radiodiagnostice a v intervenční radiologii Radiologická fyzika v nukleární medicíně Magnetická rezonance a ultrazvuk Odborná praxe
Fyzikální, technické klinické aspekty ionizujícího záření v radioterapii, nukleární medicíně, radiodiagnostice a v intervenční radiologii	Radiologická fyzika v radioterapii Radiologická fyzika v radiodiagnostice a v intervenční radiologii Radiologická fyzika v nukleární medicíně Zpracování a rozpoznávání obrazu Odborná praxe
Základy fyzikálních, technických a klinických aspektů neionizujícího záření v diagnostice a v terapii	Magnetická rezonance a ultrazvuk Odborná praxe

System zajišťování jakosti v radiodiagnostice a v intervenční radiologii, nukleární medicíně a radioterapii	System řízení kvality ve zdravotnictví Legislativa ve zdravotnictví Etika ve zdravotnictví Radiologická fyzika v radioterapii Radiologická fyzika v radiodiagnostice a intervenční radiologii Radiologická fyzika v nukleární medicíně
Radiobiologie a biologické účinky ionizujícího záření	Radiobiologie
Radiační ochrana, včetně radiační ochrany pacientů s ohledem na specifika v radiodiagnostice a v intervenční radiologii, nukleární medicíně a radioterapii	Radiační ochrana
Používání, údržba, servis a evidence radiologických zařízení včetně problematiky jejich klinického hodnocení a zkoušek jejich nežádoucích účinků a analýzy rizik	Hodnocení zdravotnických technologií
Související obory	
Technické a právní předpisy, normy platné ve zdravotnictví	System řízení kvality ve zdravotnictví Legislativa ve zdravotnictví
Právní předpisy týkající se ionizujícího záření	System řízení kvality ve zdravotnictví Legislativa ve zdravotnictví
Základy metodologie vědeckého výzkumu	Základy metodologie vědeckého výzkumu
§24 odst. 3 - c) praktická výuka	
Praktické vyučování ve školních laboratořích	Odborná praxe
Praktické vyučování u poskytovatelů zdravotních služeb	Odborná praxe

- 1) Zákon [č. 111/1998 Sb.](#), o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.
- 2) [§44](#), odst. 4 zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.
- 3) [§3](#), [24](#) vyhlášky č. 39/2005 Sb., kterou se stanoví minimální požadavky na studijní programy k získání odborné způsobilosti k výkonu nelékařského zdravotnického povolání, ve znění pozdějších předpisů.
- 4) European Commission: Radiation Protection No 174 - European Guidelines on Medical Physics Expert (2014).

- 5) [§26](#) vyhlášky č. 55/2011 Sb. o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků.
- 6) [§55](#) zákona č. 111/1998 Sb., zákon o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů.
- 7) za praktické vyučování poskytující dovednosti a znalosti ve fyzikálním měření a práci s přístrojovou technikou dle [§24](#) odst. 3 písm. c) vyhlášky č. 39/2005 Sb., ve znění pozdějších předpisů, lze považovat i praktické vyučování ve zdravotnických zařízeních zaměřených na oblast radioterapie, nukleární medicíny a radiodiagnostiky a intervenční radiologie, pokud se jeho náplň zabývá fyzikálním měřením a prací s přístrojovou technikou.

EPIS