

**Vzdělávací program akreditovaného
kvalifikačního kurzu
RADIOLOGICKÁ FYZIKA**

**ČERVEN 2023
Věstník MZ 9/2023**

1	Cíl akreditovaného kvalifikačního kurzu	3
2	Vstupní podmínky a průběh akreditovaného kvalifikačního kurzu.....	3
2.1	Vstupní podmínky	3
2.2	Průběh kvalifikačního vzdělávání	4
3	Učební plán.....	5
3.1	Učební osnova teoretických základních modulů – povinných.....	5
3.1.1	Učební osnova základního teoretického modulu 1	5
3.1.2	Učební osnova základního teoretického modulu 2	7
3.1.3	Učební osnova základního teoretického modulu 3	9
3.1.4	Učební osnova základního teoretického modulu 4	11
3.2	Učební osnovy odborných modulů - povinných	12
3.2.1	Učební osnova odborného modulu 1	12
3.2.2	Učební osnova odborného teoretického modulu 2.....	15
3.2.3	Učební osnova odborného teoretického modulu 3.....	17
3.2.4	Učební osnova odborného teoretického modulu 4.....	19
3.2.5	Učební osnova odborného teoretického modulu 5.....	13
3.2.6	Učební osnova odborného teoretického modulu 6.....	15
3.2.7	Učební osnova odborného modulu 7	19
3.2.8	Učební osnova odborného modulu 8	20
3.2.9	Učební osnova odborného modulu 9	22
3.2.10	Učební osnova odborného modulu 10	24
4	Hodnocení účastníka v průběhu kvalifikačního vzdělávání	25
5	Profil absolventa	25
5.1	Charakteristika profesních kompetencí, pro které absolvent kvalifikačního vzdělávání získal způsobilost	26
6	Charakteristika akreditovaných zařízení a pracovišť	28
6.1	Akreditovaná zařízení a pracoviště	28
7	Seznam doporučených zdrojů.....	30
8	Seznam zkratk.....	32

1 Cíl akreditovaného kvalifikačního kurzu

Cílem akreditovaného kvalifikačního kurzu **RADIOLOGICKÁ FYZIKA** je podle § 25 odst. 1 písm. b) 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 (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních), ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon č. 96/2004 Sb.“), získání odborné způsobilosti k výkonu zdravotnického povolání **radiologický fyzik**, a to osvojením si potřebných teoretických znalostí, praktických dovedností, návyků týmové spolupráce i schopnosti samostatného rozhodování pro činnosti stanovené platnými právními předpisy. Radiologický fyzik bude po získání odborné způsobilosti k výkonu zdravotnického povolání absolvováním AKK odborně způsobilý k provádění činností radiologického fyzika podle § 26 vyhlášky č. 55/2011 Sb., o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „vyhláška č. 55/2011 Sb.“).

Vzdělávací program akreditovaného kvalifikačního kurzu v oboru radiologický fyzik obsahuje požadavky uvedené v evropském doporučení European Commission: Radiation Protection No 174 – European Guidelines on Medical Physics Expert (2014) pro náplň vzdělávacích programů vedoucích k přiznání kvalifikace Medical Physics Expert (MPE) a obsahuje požadavky na teoretické znalosti a praktické dovednosti úměrné vzdělávání radiologických fyziků před zahájením jejich specializačního vzdělávání.

2 Vstupní podmínky a průběh akreditovaného kvalifikačního kurzu

2.1 Vstupní podmínky

Podmínkou pro zařazení do kvalifikačního vzdělávání **Radiologická fyzika** je s odkazem na ustanovení § 51 odst. 3 zákona č. 96/2004 Sb:

- **absolvování magisterského studijního oboru matematicko-fyzikálního zaměření, který obsahuje alespoň 440 vyučovacích hodin matematického základu** (matematická analýza, lineární algebra, matematická statistika, numerické metody včetně metody Monte Carlo, konvoluce, Fourierova transformace, Taylorův rozvoj) a **500 vyučovacích hodin fyzikálního základu** (mechanika, elektřina a magnetismus, vlnění, optika, kvantová fyzika, termika, základy fyzikálních měření)
- úspěšné vykonání písemné přijímací zkoušky, která obsahuje ověření znalostí ze základů jaderné fyziky, základů elektroniky, detekčních systémů ionizujícího záření, veličin a jednotek v dozimetrii, informatiky a algoritmizace, biologie člověka na středoškolské úrovni,
- praxe na pozici jiného odborného pracovníka u poskytovatele zdravotních služeb na pracovišti radioterapie, rentgenové diagnostiky či nukleární medicíny v délce minimálně 6 měsíců v posledních 2 letech v úvazku 1,0

Uchazeč dokládá absolvování matematického a fyzikálního vzdělání diplomem předchozího studia s dodatkem, případně potvrzením o absolvovaných předmětech.

2.2 Průběh kvalifikačního vzdělávání

Vzdělávací program uskutečňuje akreditované zařízení. Akreditovaným zařízením je poskytovatel zdravotních služeb, jiná právnická osoba nebo fyzická osoba, kterým ministerstvo zdravotnictví udělilo akreditaci v souladu s § 45 odst. 1 písmeno a) zákona č. 96/2004 Sb. Udělením akreditace se získává oprávnění k uskutečňování vzdělávacího programu akreditovaného kvalifikačního kurzu.

Vzdělávací program obsahuje celkem 890 hodin, z toho teoretická výuka je v rozsahu 590 hodin a praktické vyučování v zařízení poskytovatele zdravotních služeb v rozsahu 300 hodin.

Vyučovací hodina teoretické výuky trvá 45 minut, vyučovací hodina praktického vyučování trvá 60 minut. Vzdělávání je organizováno denní nebo kombinovanou formou, teoretická část vzdělávání může probíhat formou distanční. Požadavky vzdělávacího programu je možné splnit ve více akreditovaných zařízeních, pokud je nezajistí v celém rozsahu akreditované zařízení, kde účastník vzdělávání zahájil. Maximální doba kvalifikačního vzdělávání je 5 let.

Vzdělávací program se skládá z modulů. Modulem se rozumí ucelená část vzdělávacího programu vymezená počtem hodin stanovených tímto vzdělávacím programem.

Seznam výkonů uvedených v modulech OM 7, OM 8 a OM 9 je stanoven tak, aby účastník kvalifikačního vzdělávání zvládl danou problematiku nejen po teoretické, ale i po stránce praktické.

Podmínkou pro přihlášení k závěrečné zkoušce je:

- a) splnění všech požadavků stanovených tímto vzdělávacím programem,
- b) absolvování modulů, které jsou v tomto vzdělávacím programu označeny jako povinné.

Podmínkou pro získání odborné způsobilosti k výkonu zdravotnického povolání Radiologický fyzik je úspěšné ukončení akreditovaného kvalifikačního kurzu závěrečnou zkouškou s odkazem na ustanovení § 52 odst. 2 zákona č. 96/2004 Sb.

Závěrečná zkouška se skládá z praktické a teoretické části a její náležitosti jsou stanoveny vyhláškou č. 189/2009 Sb., o atestační zkoušce, zkoušce k vydání osvědčení k výkonu zdravotnického povolání bez odborného dohledu, závěrečné zkoušce akreditovaných kvalifikačních kurzů a aprobační zkoušce a o postupu při ověření znalostí českého jazyka (vyhláška o zkouškách podle zákona o nelékařských zdravotnických povoláních).

Dílčí zkoušky (tj. ukončení každého modulu) je možné opakovat maximálně 2x s odstupem 1 měsíce. Jejich úspěšné absolvování je podmínkou pro pokračování do dalšího modulu.

3 Učební plán

Kód	Typ	Název	Rozsah (počet hodin)		
			Teoretická výuka a cvičení		Praktické vyučování
			Teoretická výuka	Cvičení	
ZM1	P	Jaderná a radiační fyzika	30	10	
ZM2	P	Dozimetrie, detektory ionizujícího záření a elektronika	120	30	
ZM3	P	Lékařská informatika a programování	25	5	
ZM4	P	Radiobiologie	36	4	
OM 1	P	Radiologická fyzika v radioterapii	60	20	
OM 2	P	Radiologická fyzika v radiodiagnostice a intervenční radiologii	60	20	
OM 3	P	Radiologická fyzika v nukleární medicíně	60	20	
OM 4	P	Radiační ochrana	30		
OM 5	P	Další zobrazovací metody (magnetická rezonance a ultrazvuk) a zpracování a rozpoznávání obrazu	40		
OM 6	P	Předměty zdravotnického základu (anatomie, fyziologie, patofyziologie v zobrazovacích metodách, systém řízení jakosti ve zdravotnictví, etika ve zdravotnictví, základy první pomoci, klinická propedeutika, legislativa ve zdravotnictví)	18	2	
OM 7	P	Praxe z radiologické fyziky v radioterapii			80
OM 8	P	Praxe z radiologické fyziky v radiodiagnostice a intervenční radiologii			80
OM 9	P	Praxe z radiologické fyziky v nukleární medicíně			80
OM 10	P	Praxe z dozimetrie a fyzikálních měření			60
Celkem			479	111	300
Celkem 890 hodin					

Vysvětlivky: ZM – základní modul, OM – odborný modul, P – povinný, AZ – akreditované zařízení

3.1 Učební osnova teoretických základních modulů – povinných

3.1.1 Učební osnova základního teoretického modulu 1

Základní modul – ZM1	Jaderná a radiační fyzika		
Rozsah modulu	40 hodin: 30 hodin teorie, 10 hodin cvičení		
Anotace modulu	Modul je koncipován jako blok teoretických předmětů, jejichž součástí je cvičení (řešení výpočetních úloh) k osvojení získaných znalostí. Poskytuje v profesní přípravě radiologického fyzika základní znalost o jaderné a radiační fyzice.		
Cíl modulu	Cílem modulu je, aby účastníci kurzu získali takové poznatky, které jim umožní porozumět základním principům chování ionizujícího záření a poznatky aplikovat v dalších odborných předmětech.		
Téma	Rozsah učiva	Počet hodin teorie	Počet hodin cvičení
Vlastnosti ionizujícího záření a struktura atomu	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. Vlastnosti neutronových svazků (včetně zpomalení a zeslabení).	6	2
Radioaktivní přeměna a jaderné reakce	Stabilita jader, druhy radioaktivní přeměny (alfa, beta plus, beta mínus, 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.	1	1
Interakce ionizujícího záření s hmotou	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.	23	7
Výsledky vzdělávání	Absolvent¹ bude po absolvování ZM1 znát: <ul style="list-style-type: none"> základní vlastnosti přímo i nepřímo ionizujícího záření, 		

¹ Pro potřeby tohoto vzdělávacího programu je používáno generické maskulinum.

	<ul style="list-style-type: none"> • radioaktivní přeměnu, • typy jaderných reakcí, • interakce ionizujícího záření s hmotou. <p>Absolvent bude připraven na tyto činnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • rozumět základním principům jaderné a radiační fyziky, které aplikuje v dalších modulech
Způsob ukončení modulu	Hodnocení úrovně dosažených výsledků vzdělávání – ústní zkouška

3.1.2 Učební osnova základního teoretického modulu 2

Základní modul – ZM2	Dozimetrie, detektory ionizujícího záření a elektronika		
Rozsah modulu	150 hodin: 120 hodin teorie, 30 hodin cvičení		
Anotace modulu	Modul je koncipován jako blok teoretických předmětů, jejichž součástí jsou cvičení (výpočetní úlohy) k osvojení získaných znalostí. Poskytuje v profesní přípravě radiologického fyzika základní znalost o dozimetrii a detekci ionizujícího záření. Součástí modulu je elektronika pro problémy v radiologické fyzice.		
Cíl modulu	Cílem modulu je, aby účastníci kurzu získali takové poznatky, které jim umožní porozumět základním principům dozimetrie a detekce ionizujícího záření, včetně typů detektorů a jejich vlastností, a včetně základních poznatků z elektroniky.		
Téma	Rozsah učiva	Počet hodin teorie	Počet hodin cvičení
Dozimetrie	Přímo a nepřímo 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	60	30

	<p>používané v radiační onkologii. Koncepty in-vivo dozimetrie pro nabité 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 na měření aktivity – energetická okna, kolimátory, délka měření, statistika; vliv rozložení měření v čase na výsledky – časové body měření pacientů).</p>		
<p>Detektory záření</p>	<p>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</p>	<p>56</p>	

	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 plató, 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).		
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, analyzátory 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).	4	
Výsledky vzdělávání	<p>Absolvent bude po absolvování ZM2 znát:</p> <ul style="list-style-type: none"> • základní způsoby detekce ionizujícího záření, • základní typy detektorů a princip jejich funkčnosti, • elektroniku důležitou pro oblasti radiologické fyziky, • interakce ionizujícího záření s hmotou. <p>Absolvent bude připraven na tyto činnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • rozumět základním teoretickým principům pro provádění základní klinické dozimetrie 		
Způsob ukončení modulu	Hodnocení úrovně dosažených výsledků vzdělávání – ústní zkouška		

3.1.3 Učební osnova základního teoretického modulu 3

ZM3			
Rozsah modulu		30 hodin: 25 hodin teorie, 5 hodin cvičení	
Anotace modulu	Modul je koncipován jako blok teoretických předmětů, jejichž součástí jsou cvičení (úlohy) k osvojení získaných znalostí. Poskytuje v profesní přípravě radiologického fyzika základní znalost o nemocničních informačních systémech, počítačových sítích a různých formátech dat pro potřeby radiologické fyziky. Dále poskytuje základní znalost programování v běžném programovacím jazyce a základů algoritmizace. Součástí modulu je legislativa týkající se zpracování zdravotnických dat.		
Cíl modulu	Cílem modulu je, aby účastníci kurzu získali takové poznatky, které jim umožní porozumět používaným typům nemocničních systémů, počítačových sítí a různým typům dat používaným v oblasti radiologické fyziky. Účastníci kurzu budou ovládat základní programovací techniky pro řešení problémů v radiologické fyzice.		
Téma	Rozsah učiva	Počet hodin teorie	Počet hodin cvičení
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, 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 dávky, legislativa týkající se zpracování zdravotnických dat.	20	
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.	5	5
Výsledky vzdělávání	<p>Absolvent bude po absolvování ZM3 znát:</p> <ul style="list-style-type: none"> • základní typy nemocničních informačních systémů, • formáty dat pro potřeby radiologické fyziky, • programování pro práci s maticemi a aplikaci numerických metod. <p>Absolvent bude připraven na tyto činnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • skripting v radiologické fyzice • orientace v lékařské informatice 		

Způsob ukončení modulu	Hodnocení úrovně dosažených výsledků vzdělávání – ústní zkouška
-------------------------------	---

3.1.4 Učební osnova základního teoretického modulu 4

Základní modul – ZM4	Radiobiologie		
Rozsah modulu	40 hodin: 36 hodin teorie, 4 hodiny cvičení		
Anotace modulu	Modul je koncipován jako blok teoretických předmětů, jejichž součástí je cvičení (řešení výpočetní úloh) k osvojení získaných znalostí. Poskytuje v profesní přípravě radiologického fyzika základní znalost o radiobiologických účincích ionizujícího záření, a dále znalost uplatnění těchto principů v radiodiagnostice a intervenční radiobiologii a v radioterapii.		
Cíl modulu	Cílem modulu je, aby účastníci kurzu získali takové poznatky, které jim umožní porozumět chování ionizujícího záření ve vztahu k živým tkáním, a naučil je aplikovat použité poznatky na specifické oblasti při lékařském ozáření.		
Téma	Rozsah učiva	Počet hodin teorie	Počet hodin cvičení
Základní principy radiobiologie	Biologické modely pro přínosné a nežádoucí biologické účinky ionizujícího záření. Časné 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, mutageneze, karcinogeneze včetně leukemogeneze), 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.	20	
Aplikovaná radiobiologie	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	16	4

	<p>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.</p> <p>Klinická radiobiologie v radioterapii: Onkogeneze, 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 rentgenova záření, elektronů, protonů a těžkých nabitých iontů na molekulární, buněčné, tkáňové a makroskopické úrovni pro tumory a zdravé tkáně.</p>		
<p>Výsledky vzdělávání</p>	<p>Absolvent bude po absolvování ZM4 znát:</p> <ul style="list-style-type: none"> • biologické účinky ionizujícího záření, • radiobiologické principy relevantní v radiodiagnostice a intervenční radiologii a v radioterapii. <p>Absolvent bude připraven na tyto činnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • provádění radiobiologických výpočtů 		
<p>Způsob ukončení modulu</p>	<p>Hodnocení úrovně dosažených výsledků vzdělávání – ústní zkouška</p>		

3.2 Učební osnovy odborných modulů - povinných

3.2.1 Učební osnova odborného modulu 1

<p>Odborný modul – OM 1</p>	<p>Radiologická fyzika v radioterapii</p>
<p>Rozsah modulu</p>	<p>80 hodin: 60 hodin teorie, 20 hodin cvičení</p>
<p>Anotace modulu</p>	<p>Modul je koncipován jako teoretický předmět s praktickými cvičeními k osvojení získaných znalostí, který poskytuje účastníkům kurzu základní znalosti o radiologické fyzice v radioterapii.</p>

Cíl modulu	Cílem modulu je získání základních poznatků o radiologické fyzice v radioterapii.		
Téma	Rozsah učiva	Počet hodin teorie	Počet hodin cvičení
Přístroje radioterapii v	<p>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 brzdným 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.</p> <p>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. Komponenty hardware a software plánovacích systémů a přidružených standardů (DICOM, DICOM-RT). Radionuklidy a uzavřené zdroje používané v brachyterapii a jejich klinické použití. Permanentní a dočasné aplikace v brachyterapii.</p>	22	
Ozařovací techniky plánování léčby v radioterapii a	<p>Fyzikální principy, možnosti a omezení různých ozařovacích technik externí radioterapie: 3D konformní radioterapie, rotační techniky (konformní rotační techniky, dynamické rotační techniky), nekoplanární ozařování. 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 skiografie, CT, či jiné zobrazovací modalit v brachyterapii). Definice referenčních podmínek pro fixní-SSD a izocentrické přístupy plánování radioterapie. Komponenty hardware a software plánovacích systémů a přidružených standardů (DICOM, DICOM-RT). 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</p>	12	12

	<p>existujících modelů v plánovacích systémech. Použití konvenčních technik k optimalizaci dávkových distribucí. Použití P+, užitek funkce a další vhodné modely používané při optimalizaci výstupů léčby. 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. Různé zobrazovací modalita (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. 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. 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). Záznamové a verifikační systémy v radioterapii.</p>		
Fyzikální principy radioterapie	<p>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). 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. Použití umělé inteligence (Bayesovská statistika, umělé neuronové sítě a jiné metody machine learning) v radiační onkologii. Kvalita svazku v externí radioterapii pro fotonové svazky, parametry kvality svazku a dosahu u elektronových svazků.</p>	12	8
Klinická dozimetrie a kontrola kvality v radioterapii,	<p>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. Zkoušky zdrojů (QC)</p>	10	

Řízení rizik	ozařovačů používaných v externí radioterapii, brachyterapii, příslušných zobrazovacích systémů a plánovacích systémů. Dozimetrické audity. Srovnání národních a mezinárodních ozařovacích protokolů pro různé ozařovací techniky. Teoretické a praktické aspekty referenční dozimetrie vysokoenergetických fotonů, elektronů a brachyterapeutických zdrojů.		
Základy radiační onkologie	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.	4	
Výsledky vzdělávání	<p>Absolvent bude po absolvování OM1 znát:</p> <ul style="list-style-type: none"> základní poznatky o principech radiologické fyziky v radioterapii. <p>Absolvent bude připraven na tyto činnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> rozumět teoretickým základům pro činnosti radiologického fyzika v radioterapii 		
Způsob ukončení modulu	Hodnocení úrovně dosažených výsledků vzdělávání – ústní zkouška		

3.2.2 Učební osnova odborného teoretického modulu 2

Odborný modul – OM 2	Radiologická fyzika v radiodiagnostice a intervenční radiologii		
Rozsah modulu	80 hodin: 60 hodin teorie, 20 hodin cvičení		
Anotace modulu	Modul je koncipován jako teoretický předmět s praktickými cvičeními k osvojení získaných znalostí, který poskytuje účastníkům kurzu základní znalosti o radiologické fyzice v radiodiagnostice a intervenční radiologii.		
Cíl modulu	Cílem modulu je získání základních poznatků o radiologické fyzice v radiodiagnostice a intervenční radiologii.		
Téma	Rozsah učiva	Počet hodin teorie	Počet hodin cvičení
Přístroje a techniky v radiodiagnostice a intervenční radiologii	Konstrukce rentgenového zařízení (rentgenový zdroj, generátor, ovladač), vznik rtg záření, rtg spektrum a jeho parametry, filtrace (základní a přidavná). Interakce rtg záření, součinitel zeslabení, vznik rtg obrazu, způsoby	38	12

	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). 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 perfuze, CT intervenční výkony, intraorální a ortopantomografické zobrazení, cone-beam CT, kostní denzitometrie, dual energy zobrazení.		
Kvalita obrazu	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 modalitty. Neostrost obrazu a její složky. Šum a jeho složky.	10	6
Klinická dozimetrie a kontrola kvality v radiodiagnostice a intervenční radiologii	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, SSDE. Kontrastní látky – pozitivní a negativní.	5	2
Radiační ochrana v radiodiagnostice a intervenční radiologii	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, indikační kritéria, klinické audity. Zkoušky dlouhodobé stability a provozní stálosti. Seznámení s příslušnými dokumenty – IAEA, ICRP, ICRU, AAPM, doporučení SÚJB.	7	
Výsledky vzdělávání	<p>Absolvent bude po absolvování OM 2 znát:</p> <ul style="list-style-type: none"> základní poznatky o principech radiologické fyziky v radiodiagnostice a intervenční radiologii. <p>Absolvent bude připraven na tyto činnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> rozumět teoretickým základům pro činnosti radiologického fyzika v radiodiagnostice 		

Způsob ukončení modulu	Hodnocení úrovně dosažených výsledků vzdělávání – ústní zkouška
-------------------------------	---

3.2.3 Učební osnova odborného teoretického modulu 3

Odborný modul – OM 3	Radiologická fyzika v nukleární medicíně		
Rozsah modulu	80 hodin: 60 hodin teorie, 20 hodin cvičení		
Anotace modulu	Modul je koncipován jako teoretický předmět s praktickými cvičeními, který poskytuje účastníkům kurzu základní znalosti o radiologické fyzice v nukleární medicíně.		
Cíl modulu	Cílem modulu je získání základních poznatků o radiologické fyzice v nukleární medicíně.		
Téma	Rozsah učiva	Počet hodin teorie	Počet hodin cvičení
Přístroje v nukleární medicíně	Výroba radionuklidů s použitím cyklotronů, reaktorů a generátorů. 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.	16	4
Fyzikální principy nukleární medicíny	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. 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).	16	4
Klinická dozimetrie a kontrola kvality v nukleární medicíně	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. 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	13	7

	<p>kvality na výsledky opakovaných vyšetření pacienta (srovnávací studie), role nukleárně medicínských postupů v diagnostice, terapii (včetně radioimunoterapie) a hodnocení léčebné odpovědi. 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 uvažováním 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.</p>		
Radiofarmaka	<p>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.</p>	4	
Zobrazování v nukleární medicíně	<p>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.</p>	6	3
Radiační ochrana v nukleární medicíně	<p>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, dětské pacienty).</p>	5	2

Výsledky vzdělávání	<p>Absolvent Absolvent bude po absolvování OM 3 znát:</p> <ul style="list-style-type: none"> základní poznatky o principech radiologické fyziky v nukleární medicíně. <p>Absolvent bude připraven na tyto činnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> rozumět teoretickým základům pro činnosti radiologického fyzika v nukleární medicíně
Způsob ukončení modulu	Hodnocení úrovně dosažených výsledků vzdělávání – ústní zkouška

3.2.4 Učební osnova odborného teoretického modulu 4

Odborný modul – OM 4	Radiační ochrana		
Rozsah modulu	30 hodin teorie		
Anotace modulu	Modul je koncipován jako teoretický předmět, který poskytuje účastníkům kurzu základní znalosti o radiační ochraně.		
Cíl modulu	Cílem modulu je získání základních poznatků o radiační ochraně.		
Téma	Rozsah učiva	Počet hodin teorie	Počet hodin cvičení
Principy radiační ochrany	<p>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). Radiační ochrana pracoviště a pracovníků v nukleární medicíně, radiodiagnostice a intervenční radiologii a radioterapii. Radiační ochrana těhotných a kojících pracovnic. Radiační ochrana žáků a studentů připravujících se na budoucí povolání zahrnující nakládání se zdroji ionizujícího záření.</p> <p>Radiační ochrana obyvatelstva. Radiační ochrana pacientů (včetně pediatrických pacientů) a osob doprovázejících pacienty k lékařskému ozáření. 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</p>	18	

	ochraně pracovníků a obyvatelstva. Dohled nad dodržováním radiační ochrany. 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.		
Veličiny a jednotky v radiační ochraně	Detektory v osobní dozimetrii. Definice a měření nebo výpočet operačních veličin (včetně jednotek a jejich vztahů) používaných v osobní dozimetrii. Veličiny pro monitorování dávky v radiační ochraně pracovníků a obyvatelstva. Operační veličiny osobního monitorování a monitorování pracoviště. Monitorovací úrovně.	10	
Radiologické události	Prevence radiologických událostí, analýza rizik a havarijní připravenost ve vztahu k oborům radiologické fyziky. Metody analýzy rizik (analýza kořenových příčin, analýza selhání a jejích dopadů). Vyhodnocování a evidence radiologických událostí.	2	
Výsledky vzdělávání	<p>Absolvent Absolvent bude po absolvování OM 4 znát:</p> <ul style="list-style-type: none"> • základní principy radiační ochrany u obyvatelstva i při lékařském ozáření, • výpočet stínění ozařoven, • veličiny a jednotky v radiační ochraně, • způsoby hodnocení radiologických událostí. <p>Absolvent bude připraven na tyto činnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • aplikovat základní principy radiační ochrany • provádění analýzy radiologických událostí 		
Způsob ukončení modulu	Hodnocení úrovně dosažených výsledků vzdělávání – ústní zkouška		

3.2.5 Učební osnova odborného teoretického modulu 5

Odborný modul – OM 5	Další zobrazovací metody (magnetická rezonance a ultrazvuk) a zpracování a rozpoznávání obrazu		
Rozsah modulu	40 hodin teorie		
Anotace modulu	Modul je koncipován jako teoretický předmět, který poskytuje účastníkům kurzu základní znalosti o magnetické rezonanci a ultrazvuku. Součástí modulu je problematika zpracování a rozpoznávání obrazu.		
Cíl modulu	Cílem modulu je získání základních poznatků o využití magnetické rezonance a ultrazvuku v lékařství, zejména z hlediska zpracování a rozpoznání obrazu.		
Téma	Rozsah učiva	Počet hodin teorie	Počet hodin cvičení
Neionizující záření	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, vysoko-frekvenční pole (RF); optická radiace včetně laserů.	5	
Magnetická rezonance	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-	15	

	<p>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.</p> <p>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).</p>		
Ultrazvuk	<p>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).</p> <p>Technické aspekty ultrazvukového zobrazení (piezoelektrický jev; diagnostické sondy; fokusace; elektronické zpracování UZ vlnění – PRP, PRF, TGC, dodatečné zpracování).</p> <p>Zobrazovací módy pro diagnostické zobrazování (A mód; B mód – 2D, 3D, 4D; M mód; elastografie).</p> <p>Kvalita 2D zobrazení (prostorové rozlišení – axiální, laterální, tloušťka řezu; kontrastní rozlišení – dynamický rozsah, SNR); compound imaging, spekle a jejich redukce; artefakty B módu).</p> <p>Dopplerův jev (princip; technické aspekty; typy zobrazení – CW, PW, spektrální záznam, barevný doppler, power doppler; využití, limitace).</p> <p>Harmonické zobrazení (princip, kontrastní harmonické zobrazení, PI, PM, PMPI; využití; výhody).</p> <p>Kontrastní látky v ultrazvuku (definice; farmakokinetika; mechanický index).</p> <p>Fúze UZ s další modalitou (princip detekce polohy UZ obrazu; možnost registrace UZ obrazu s další modalitou – manuální, automatické).</p> <p>Biologické účinky ultrazvuku (mechanické účinky, tepelné účinky; bezpečné limity energetických hodnot při UZ vyšetřeních).</p>	10	
Zpracování a rozpoznávání obrazu	<p>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</p>	10	

	obrazů, registrace obrazů, fúze obrazů, kvantifikace.		
Výsledky vzdělávání	<p>Absolvent Absolvent bude po absolvování OM 5 znát:</p> <ul style="list-style-type: none"> základní aspekty využití neionizujícího záření v lékařství, principy zobrazování magnetickou rezonancí, principy zobrazování ultrazvukem, zpracování a rozpoznávání obrazu. <p>Absolvent bude připraven na tyto činnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> rozumět teoretickým základům pro činnosti radiologického fyzika v oblasti využití neionizujícího záření 		
Způsob ukončení modulu	Hodnocení úrovně dosažených výsledků vzdělávání – ústní zkouška		

3.2.6 Učební osnova odborného teoretického modulu 6

Odborný modul – OM 6	Předměty zdravotnického základu		
Rozsah modulu	20 hodin: 18 hodin teorie, 2 hodin praktického nácviku		
Anotace modulu	Modul je koncipován jako teoretický předmět, který poskytuje účastníkům kurzu základní znalosti o anatomii a fyziologii, patofyziologii v zobrazovacích metodách, systému řízení kvality ve zdravotnictví, organizaci a řízení zdravotních služeb, hodnocení zdravotnických technologií (HTA), etice ve zdravotnictví, základech první pomoci, klinické propedeutice a legislativě ve zdravotnictví. Modul lze v plné šíři absolvovat distančním způsobem.		
Cíl modulu	Cílem modulu je získání základních poznatků o anatomii a fyziologii, patofyziologii v zobrazovacích metodách, systému řízení kvality ve zdravotnictví, organizaci a řízení zdravotních služeb, hodnocení zdravotnických technologií (HTA), etice ve zdravotnictví, základech první pomoci, klinické propedeutice a legislativě ve zdravotnictví.		
Téma	Rozsah učiva	Počet hodin teorie	Počet hodin praktického nácviku
Úvod do anatomie a fyziologie	Oblasti biologických věd (anatomie, fyziologie, patologie, buněčné a biomolekulární vědy). Obecná anatomie, obecná fyziologie, genetika, embryologie.	2	
Patofyziologie v zobrazovacích	Technické výhody a nevýhody různých zobrazovacích modalit (kvalita obrazu, artefakty). Kontrastní látky pro jednotlivé zobrazovací	2	

metodách	modality (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 specificita jednotlivých zobrazovacích metod, ROC analýza, “model observers” studie.		
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).	2	
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.	2	

Etika zdravotnictví ve	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 pacientské 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.	2	
Základy pomoci první	Rozpoznávání stavů ohrožujících bezprostředně život a výkony první pomoci k zastavení zevního krváčení, k obnovení a udržení průchodnosti dýchacích cest a základní neodkladná resuscitace.	4	2
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).	2	
Legislativa zdravotnictví ve	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.	2	
Výsledky vzdělávání	<p>Absolvent Absolvent bude po absolvování OM 6 znát:</p> <ul style="list-style-type: none"> • základy anatomie a fyziologie, • patofyziologii v zobrazovacích metodách, • systém řízení kvality ve zdravotnictví, • organizaci a řízení zdravotnických služeb, • hodnocení zdravotnických technologií, • etické principy ve zdravotnictví, • klinickou propedeutiku, • legislativu ve zdravotnictví. <p>Absolvent bude připraven na tyto činnosti:</p>		

	<ul style="list-style-type: none">• činnosti související se zdravotnickými aspekty oboru radiologického fyzika• poskytování základní první pomoci ve zdrav. zařízení
Způsob ukončení modulu	Hodnocení úrovně dosažených výsledků vzdělávání – ústní zkouška

3.2.7 Učební osnova odborného modulu 7

Odborný modul – OM 7	Praxe z radiologické fyziky v radioterapii	
Rozsah modulu	80 hodin u poskytovatele zdravotních služeb na pracovišti poskytující zdravotní péči v oblasti radioterapie	
Anotace modulu	Odborná praxe je koncipována jako praktický předmět. Umožňuje účastníkům kvalifikačního kurzu aplikovat znalosti získané v teoreticko-praktických disciplínách přímo v podmínkách poskytovatelů zdravotních služeb pod odborným vedením školitele. Výkony se plní v akreditovaném zařízení při poskytování zdravotní péče.	
Cíl modulu	Cílem je získání, prohloubení a upevnění dovedností a návyků potřebných pro kvalitní a bezpečné poskytování zdravotní péče a souvisejících činností v rozsahu kompetencí radiologického fyzika v oblasti radioterapie, které jsou stanoveny vyhláškou č. 55/2011 Sb.	
Náplň odborné praxe		Minimální počet hodin
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.		80
Seznam výkonů		Minimální počet výkonů
Proces průchodu pacienta pracovištěm (CT simulátor příp. rtg simulátor, proces lokalizace, simulace, plánování léčby, verifikace polohy pacienta, ozáření)		1
Stanovení absorbované dávky vysokoenergetických fotonových svazků		1
Stanovení absorbované dávky vysokoenergetických elektronových svazků		1
Stanovení absorbované dávky rentgenových svazků nízkých energií		1
Stanovení absorbované dávky rentgenových svazků středních energií		1
Stanovení kermové vydatnosti pro afterloadingový ozařovač HDR brachyterapie		1

Relativní dozimetrie vysokoenergetických fotonových svazků (laterální profily, homogenita, symetrie, radiační velikost pole, faktory velikosti pole, klínové faktory, procentuální hloubkové dávkové křivky)	1
Relativní dozimetrie vysokoenergetických elektronových svazků (laterální profily, homogenita, symetrie, faktory velikosti pole, procentuální hloubkové dávkové křivky)	1
Relativní dozimetrie rentgenových svazků (radiační velikost pole, faktory velikosti pole, procentuální hloubkové dávkové křivky)	1
Praktické aspekty protonové radioterapie	1
Ověření bezpečnostních funkcí a mechanických parametrů radioterapeutických ozařovačů	1
Tvorba radioterapeutického plánu pro externí radioterapii	1
Předléčebná verifikace v radioterapii	1
In-vivo dozimetrie	1
Ověření rekonstrukčního procesu v brachyterapii	1
Celotělové ozařování	1
Stereotaktická radioterapie a radiochirurgie	1

*

3.2.8 Učební osnova odborného modulu 8

Odborný modul – OM 8	Praxe z radiologické fyziky v radiodiagnostice a intervenční radiologii
Rozsah modulu	80 hodin u poskytovatele zdravotních služeb na pracovišti poskytující zdravotní péči v oblasti radiodiagnostiky a intervenční radiologie
Anotace modulu	Odborná praxe je koncipována jako praktický předmět. Umožňuje účastníkům kvalifikačního kurzu aplikovat znalosti získané v teoreticko-praktických disciplínách přímo v podmínkách poskytovatelů zdravotních služeb na pracovištích poskytujících zdravotní péči v oblasti radiodiagnostiky a intervenční radiologie pod odborným vedením školitele. Výkony se plní v akreditovaném zařízení při poskytování zdravotní péče.
Cíl modulu	Cílem je získání, prohloubení a upevnění dovedností a návyků potřebných pro kvalitní a bezpečné poskytování zdravotní péče a souvisejících činností v rozsahu kompetencí radiologického fyzika v oblasti radiodiagnostiky a intervenční radiologie, které jsou stanoveny vyhláškou č. 55/2011 Sb.

Náplň odborné praxe	Minimální počet hodin
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 modalitty. 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 modalitty, včetně stanovení dávky na plod. Stanovení dávky na kůži měření (např. TLD film) a výpočtem z RDSR. Použití softwarů pro odhad dávek pacientům. Stanovení diagnostické referenční úrovně.	80
Seznam výkonů	Minimální počet výkonů
Práce s expozičními parametry, hodnocení vlivu expozičních parametrů a geometrie na kvalitu obrazu a dávku pro různé modalitty.	1
Ověření základních charakteristik – linearita, reprodukovatelnost, homogenita, soulad radiačního a světelného pole, soulad radiačního pole a pole receptoru obrazu.	1
Quality control ve skiografii, skiaskopii a angiografii.	1
Quality control v mamografii.	1
Quality control ve výpočetní tomografii.	1
Měření dozimetrických veličin – K_i , K_e , CTDI. Faktor zpětného rozptylu.	1
Měření rozptýleného záření.	1
Kalibrace KAP-metru v klinickém svazku.	1
Fungování a testování expozičních automatik – AEC, ADRC, ATCM.	1
Kalibrace a navázání dozimetrických měřidel.	1
Stanovení polotloušťky a efektivní energie rtg svazku.	1

Ověření základních charakteristik – linearita, reprodukovatelnost, homogenita, soulad radiačního a světelného pole, soulad radiačního pole a pole receptoru obrazu.	1
Způsoby odhadu orgánových a efektivních dávek na základě expozičních parametrů, dávkových veličin a geometrie ozáření pro různé modalitty, včetně stanovení dávky na plod.	1
Základy praktické optimalizace vyšetřovacího protokolu.	1
Stanovení dávky na kůži měřením a výpočtem z RDSR.	1
Použití softwarů pro odhad dávek pacientům.	1
Legislativní požadavky, příslušné zákony, vyhlášky, národní a místní radiologické standardy.	1
Seznámení s klinickou praxí – jak probíhají výkony ve skiagrafii, skiaskopii, v mamografii, ve výpočetní tomografii a v intervenční radiologii/kardiologii (včetně ukázky instrumentária).	1
Stanovení diagnostické referenční úrovně pro různá vyšetření a různé modalitty.	1

3.2.9 Učební osnova odborného modulu 9

Odborný modul – OM 9	Praxe z radiologické fyziky v nukleární medicíně	
Rozsah modulu	80 hodin u poskytovatele zdravotních služeb na pracovišti poskytující zdravotní péči v oblasti nukleární medicíny	
Anotace modulu	Odborná praxe je koncipována jako praktický předmět. Umožňuje účastníkům kvalifikačního kurzu aplikovat znalosti získané v teoreticko-praktických disciplínách přímo v podmínkách poskytovatelů zdravotních služeb na pracovištích poskytujících zdravotní péči v oblasti nukleární medicíny pod odborným vedením školitele. Výkony se plní v akreditovaném zařízení při poskytování zdravotní péče.	
Cíl modulu	Cílem je získání, prohloubení a upevnění dovedností a návyků potřebných pro kvalitní a bezpečné poskytování zdravotní péče a souvisejících činností v rozsahu kompetencí radiologického fyzika v oblasti nukleární medicíny, které jsou stanoveny vyhláškou č. 55/2011 Sb., o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků, ve znění pozdějších předpisů.	
Náplň odborné praxe		Minimální počet hodin
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		80

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.	
Seznam výkonů	Minimální počet výkonů
Prohlídka pracoviště nukleární medicíny (cesta pacienta, cesta farmaka, potřebné přístroje apod.)	1
Praktická aplikace legislativy a radiační ochrany v nukleární medicíně (radiační ochrana, interní a externí audit, monitorování pracoviště, kontaminace a dekontaminace, stínění)	1
Příprava radiofarmak (kontrola kvality radiofarmak a používané přístroje, kontrola kvality radiofarmak, legislativa)	1
Příprava radiofarmak (princip radionuklidových generátorů, příprava radiofarmaka a jeho kontrola kvality)	1
Příprava radiofarmak (cyklotron, kontrola kvality pozitronových radiofarmak)	1
Kalibrace homogenity na SPECT	1
Centrum rotace na SPECT	1
Denní test homogenity se zdrojem ⁵⁷ Co na SPECT	1
Zpracování obrazu – rekonstrukce, hodnocení obrazu	1
Ověření registrace obrazu SPECT nebo PET a CT	1
Prostorová rozlišovací schopnost na SPECT	1
Tomografická rozlišovací schopnost na SPECT nebo PET	1
Jaszczak/NEMA body fantom na SPECT nebo PET	1
Praktické rozdíly mezi SPECT a CZT gamakamerou v praxi (cesta pacienta, konstrukce dané kamery, snímání atp.)	1
Kontrola kvality na CZT gamakameře	1
Denní test na PET/CT	1
Křížová kalibrace na PET/CT	1

Energetická rozlišovací schopnost na spektrometru	1
Objemová závislost na spektrometru	1
Citlivost na spektrometru	1
Linearita odezvy na aktivitu na spektrometru	1
Stanovení kalibračních koeficientů na SPECT pro radionuklidovou terapii (^{177}Lu nebo ^{131}I)	1
Stanovení RC koeficientů na SPECT pro radionuklidovou terapii (^{177}Lu nebo ^{131}I)	1
Stanovení mrtvé doby na SPECT pro radionuklidovou terapii (^{177}Lu nebo ^{131}I)	1
Stanovení absorbované dávky v lézi nebo OAR (^{177}Lu nebo ^{131}I) s kompletním zpracováním všech dat	1
Stanovení celotělové absorbované dávky (^{177}Lu nebo ^{131}I)	1

3.2.10 Učební osnova odborného modulu 10

Odborný modul – OM 9	Praxe z dozimetrie a fyzikálních měření	
Rozsah modulu	60 hodin	
Anotace modulu	Praxe z dozimetrie a fyzikálních měření je praktický předmět, ve kterém se získávají praktické dovednosti při práci s detekčními systémy ionizujícího záření.	
Cíl modulu	Cílem je získání, prohloubení a upevnění dovedností a návyků potřebných pro kvalitní provádění dozimetrických měření.	
Náplň odborné praxe		Minimální počet hodin
Práce s detektory (spektrometrické detektory, termoluminiscenční dozimetry, gelové dozimetry, ionizační komory, scintilátory). Vlastnosti detektorů, nastavení detektorů, vyhodnocení a interpretace naměřených dat.		60
Seznam výkonů		Minimální počet výkonů
Nulování dozimetrického řetězce a práce s elektronikou		1
Stanovení mrtvé doby detektoru		1

Kalibrace detektoru, navázání pracovních měřidel a principy metrologie	1
Stanovení nejistoty měřidel	1
Spektrometrie a popis fotonového spektra	1
Stanovení dozimetrické veličiny s ionizační komorou	1
Stanovení dozimetrické veličiny se scintilátorem/polovodičovým detektorem	1
Stanovení dozimetrické veličiny s dozimetrem pevné fáze (TLD, OSL, stopové detektory, alaninové dozimetry apod.).	1
Filmová dozimetrie	1
Specifika různých typů detektorů, porovnávací měření	1

4 Hodnocení účastníka v průběhu kvalifikačního vzdělávání

Každý teoretický modul je zakončen zkouškou, kterou lze opakovat nejvýše dvakrát. Úspěšné zakončení všech modulů je předpokladem k přihlášení k závěrečné zkoušce akreditovaného kvalifikačního kurzu.

Školitel pro teoretickou výuku vypracovává studijní plán a plán plnění praktických výkonů, které má účastník kvalifikačního vzdělávání v průběhu přípravy absolvovat a průběžně prověřuje jeho znalosti, vědomosti a dovednosti.

Lektor teoretické části vzdělávacího programu prověřuje teoretické znalosti účastníka vzdělávání.

Školitel praktické části vzdělávacího programu (praktického vyučování, odborné praxe) dohlíží na výkon odborné praxe, včetně plánu plnění výkonů. Školitel průběžně prověřuje teoretické znalosti a praktické dovednosti účastníka vzdělávání a potvrzuje splnění předepsaných výkonů do formuláře Záznam odborné praxe, který vyhotoví akreditované zařízení realizující vzdělávací program. Seznam výkonů odborné praxe předloží účastník školiteli příslušného pracoviště.

5 Profil absolventa

Za výkon povolání radiologického fyzika se považuje činnost související s radiační ochranou podle zvláštního právního předpisu;⁸⁾ pokud radiologický fyzik vykonává určené činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, musí splňovat zvláštní požadavky stanovené

zvláštním právním předpisem. Dále se radiologický fyzik ve spolupráci s lékařem podílí na léčebné a diagnostické péči

Do doby získání specializované způsobilosti radiologický fyzik pracuje u poskytovatele zdravotních služeb pod odborným dohledem radiologického fyzika způsobilého k výkonu povolání bez odborného dohledu, z toho prvních 6 měsíců pod jeho přímým vedením. Rozsah činností je specifikován v §3 odst. (1) a (3) a §21 a §26 vyhlášky č. 55/2011 Sb.

5.1 Charakteristika profesních kompetencí, pro které absolvent kvalifikačního vzdělávání získal způsobilost

Radiologický fyzik bez odborného dohledu a bez indikace v rozsahu své odborné způsobilosti

- a) poskytuje zdravotní péči v souladu s právními předpisy a standardy,
- b) dbá na dodržování hygienicko-epidemiologického režimu v souladu s právními předpisy upravujícími ochranu veřejného zdraví,
- c) provádí zápisy do zdravotnické dokumentace a další dokumentace vyplývající z jiných právních předpisů, pracuje s informačním systémem poskytovatele zdravotních služeb,
- d) poskytuje pacientovi informace v souladu se svou odbornou způsobilostí, případně pokyny lékaře, zubního lékaře, farmaceuta, klinického psychologa nebo klinického logopeda,
- e) podílí se na praktickém vyučování ve studijních oborech k získání způsobilosti k výkonu zdravotnického povolání uskutečňovaných středními školami a vyššími odbornými školami, v akreditovaných zdravotnických studijních programech k získání způsobilosti k výkonu zdravotnického povolání uskutečňovaných vysokými školami v České republice a ve vzdělávacích programech akreditovaných kvalifikačních kurzů,
- f) podílí se na přípravě standardů,
- g) motivuje a edukuje jednotlivce, rodiny a skupiny osob k přijetí zdravého životního stylu a k péči o sebe,
- h) podílí se na zajištění zapracování nově nastupujících zdravotnických pracovníků,
- i) provádí opatření při řešení následků mimořádné události nebo krizové situace.

Zdravotnický pracovník, který vykonává činnosti pod odborným dohledem zdravotnického pracovníka se specializovanou způsobilostí, může také vykonávat z těchto činností úzce vymezené činnosti pod odborným dohledem zdravotnického pracovníka, který je v rozsahu své zvláštní odborné způsobilosti k výkonu takových úzce vymezených činností způsobilý.

Radiologický fyzik dále může v souladu s postupy lékařského ozáření, na základě indikace a pod odborným dohledem klinického radiologického fyzika s příslušnou zvláštní odbornou způsobilostí

- a) poskytovat konzultace a poradenství a školit další zdravotnické pracovníky a jiné odborné pracovníky v záležitostech týkajících se radiační ochrany při lékařském ozáření a jeho optimalizace,

- b) zajišťovat radiační ochranu při poskytování zdravotní péče poskytovatelem zdravotních služeb, zejména radiační ochranu pracovníků, obyvatel a pacientů podle atomového zákona a
- c) dozimetricky a nezávislým výpočtem ověřovat radioterapeutické plány.

Radiologický fyzik dále může vykonávat činnosti v souladu s postupy lékařského ozáření, na základě indikace a podle pokynů klinického radiologického fyzika s příslušnou zvláštní odbornou způsobilostí při zavádění nových radiologických zařízení a fyzikálních metod do klinické praxe.

Radiologický fyzik může vykonávat činnosti radiologického technika dle § 21 vyhlášky č. 5/2011 Sb.

Radiologický technik bez odborného dohledu a v souladu s postupy lékařského ozáření může.

- a)** bez indikace kontrolovat dodržování požadavků, které jsou stanoveny jinými právními předpisy při používání radiologických zařízení a dalších souvisejících zdravotnických prostředků,
- b)** bez indikace provádět a vyhodnocovat zkoušky provozní stálosti zdroje ionizujícího záření a provozní zkoušky zobrazovacích a detekčních systémů v nukleární medicíně,
- c)** bez indikace provádět základní klinickou dozimetrii při diagnostických a léčebných postupech, včetně zaznamenávání a vyhodnocování dávek dodávaných pacientům za účelem ověření správnosti ozařovacích plánů a aktivit aplikovaných radiofarmak, a
- d)** na základě indikace lékaře, který je aplikujícím odborníkem, provádět praktickou část lékařského ozáření v brachyterapii s vysokým dávkovým příkonem (dále jen „HDR brachyterapie“).

Radiologický technik dále provádí činnosti související s praktickou a fyzikálně-technickou částí lékařského ozáření v souladu s postupy lékařského ozáření, na základě indikace a podle pokynů

- a)** klinického radiologického fyzika při optimalizaci lékařského ozáření,
- b)** klinického radiologického fyzika při fyzikálně-technické části lékařského ozáření,
- c)** klinického radiologického fyzika se zvláštní odbornou způsobilostí pro radioterapii při plánování radioterapie, nebo
- d)** klinického radiologického fyzika se zvláštní odbornou způsobilostí pro nukleární medicínu při plánování terapeutických výkonů v nukleární medicíně.

6 Charakteristika akreditovaných zařízení a pracovišť

Vzdělávací instituce, poskytovatelé zdravotních služeb a pracoviště zajišťující teoretickou výuku účastníků kvalifikačního vzdělávání musí být akreditovány dle ustanovení § 45 zákona č. 96/2004 Sb. Tato zařízení musí účastníkovi zajistit absolvování kvalifikačního vzdělávání dle tohoto vzdělávacího programu.

6.1 Akreditovaná zařízení a pracoviště

<p>Personální zabezpečení</p>	<p>Odborný garant odpovídá za odbornou úroveň vzdělávacího programu, koordinuje obsahovou přípravu vzdělávacího programu, dohlíží na kvalitu jeho uskutečňování, vyhodnocuje a rozvíjí jej.</p> <p>Odborným garantem může být zdravotnický pracovník, který získal odbornou způsobilost radiologického fyzika a specializovanou způsobilost, s výkonem povolání v délce nejméně 5 let.</p> <p>Lektor teoretické části vzdělávacího programu je osoba v pracovněprávním nebo obdobném smluvním vztahu akreditovaného zařízení, který přednáší danou část vzdělávacího programu a prověřuje teoretické znalosti účastníka vzdělávání.</p> <p>Lektor teoretické části vzdělávacího programu může být zdravotnický pracovník, který získal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • odbornou způsobilost radiologického fyzika a specializovanou způsobilost, která odpovídá zaměření tématu ve vzdělávacím programu, nebo • odbornou způsobilost lékaře, nebo lékař se specializací, která odpovídá zaměření tématu ve vzdělávacím programu. <p>Lektorem teoretické části může být i osoba s jinou kvalifikací, jejíž odbornost odpovídá přednášené problematice – např. právník, ekonom, apod.</p> <p>Školitel praktické části vzdělávacího programu (praktického vyučování, odborné praxe) je zaměstnanec akreditovaného zařízení, který dohlíží na výkon odborné praxe, včetně plánu plnění výkonů. Školitel průběžně prověřuje teoretické znalosti a praktické dovednosti účastníka vzdělávání.</p> <p>Školitelem praktické části může být zdravotnický pracovník, který získal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • odbornou způsobilost radiologického fyzika a má specializovanou způsobilost, nebo • odbornou způsobilost radiologického fyzika nebo radiologického technika a splňuje délku praxe v daném oboru minimálně 5 let.
<p>Věcné a technické vybavení</p>	<p>Pro teoretickou část vzdělávacího programu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • standardně vybavená učebna s PC a dataprojektorem a s možností přístupu k internetu, • modely a simulátory potřebné k výuce praktických dovedností – modely

	<p>a simulátory k výuce neodkladné resuscitace u dospělých, které signalizují správnost postupu,</p> <ul style="list-style-type: none"> • pomůcky k procvičování získaných znalostí, např. počítačová učebna vybavená nezbytným software, • přístup k odborné literatuře, včetně el. databází (zajištění vlastními prostředky nebo ve smluvním zařízení), možnosti podpory teoretické výuky pomocí e-learningu. <p>Pro praktickou část vzdělávacího programu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pracoviště pro výuku odborné praxe v akreditovaném zařízení je vybaveno podle platných právních předpisů upravujících věcné a technické vybavení.
<p>Organizační a provozní požadavky</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Požadavky vzdělávacího programu je možné splnit ve více akreditovaných zařízeních, pokud je nezajistí v celém rozsahu akreditované zařízení, kde účastník vzdělávání zahájil. • Akreditované zařízení na realizaci vzdělávacího programu musí splňovat povinnosti akreditovaných zařízení podle § 50 zákona č. 96/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vést dokumentaci o vzdělávání v souladu s § 50 odst. 1 písmeno e) ve znění pozdějších předpisů.

7 Seznam doporučených zdrojů

Doporučené studijní materiály
Aktuálně platná Doporučení SÚJB pro zdroje ionizujícího záření používané v radioterapii, dostupné z: https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/lekarske-ozareni/doporuceni-sujb-tykajici-se-radioterapie/
Doporučení AAPM týkající se zdrojů ionizujícího záření používaných v radioterapii, dostupné z: https://www.aapm.org/pubs/reports/
Doporučení NCS dostupné z: https://radiationdosimetry.org/ncs/reportsk
Aktuálně platná legislativa v oblasti lékařského ozáření, dostupné z: https://www.sujb.cz/legislativa/atomove-pravo/ , http://www.csfm.cz/legislativa/zakony-o-zdravi
Quantitative Analyses of Normal Tissue Effects in the Clinic (QUANTEC), Radiation Oncology, Biology, Physics, Volume 76, Issue 3, Supplement S1-S160, dostupné z: https://www.redjournal.org/issue/S0360-3016(10)X0002-5
Steel, G. Gordon. Basic clinical radiobiology. 3rd ed. London: Arnold, 2002. 262 s. ISBN 0-340-80783-0.
Venselaar J., Baltas D., Meigooni A., Hoskin P. Comprehensive Brachytherapy: Physical and Clinical Aspects., Imaging in Medical Diagnosis and Therapy, William R. Hendee, Series Editor. CRC/Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 2013. ISBN: 9781439844984.
Khan, Faiz M. The physics of radiation therapy. 4th ed. Philadelphia, Pa.: Wolters Kluwer/Lippincott Williams and Wilkins, 2010. 531 s. ISBN 978-0-7817-8856-4.
Mayles P., Nahum A., Rosenwald J. C. Handbook of Radiotherapy Physics: Theory and Practice, Taylor & Francis Group, CRC Press, Boca Raton, FL, 2007. ISBN: 9780750308601.
Attix, F.H. Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, J Wiley and Sons, 1986.
Hamilton D, Diagnostic Nuclear Medicine - a physics perspective, Springer, 2004
Kalender W. A., Computed Tomography: Fundamentals, System Technology, Image Quality, Applications, 3rd Edition, Wiley, 2011

Doporučení SÚJB: Osobní monitorování, část I. - zevní ozáření, SÚJB 2019.
Doporučení SÚJB: Radiační ochrana v nukleární medicíně - systém kontrol detekční a zobrazovací techniky, SÚJB, 2019 Požadavky SÚJB při provádění terapie onemocnění štítné žlázy radiojódem na pracovištích nukleární medicíny. Praha, SÚJB 2000.
Dowsett, D.J., Kenny, P.A., Johnston, R.E. The Physics of Diagnostic Imaging (2nd edition). Hodder Arnold, London, 2006.
Hendee, W. R., Ritenour, E. R. Medical Imaging Physics, Fourth Edition, New York, Wiley-Liss 2002.
Henkin, R.E. et al. (Eds.). Nuclear Medicine. St. Louis - Baltimore, Mosby, 1996.
Kubinyi J, Sabol J, Vondrák A, Principy radiační ochrany v nukleární medicíně, Grada, 2018
Hušák, V., Mysliveček, Koranda, P. a spol. Fyzikální základy planárního a tomografického zobrazování v nukleární medicíně. Čes. Radiol. 55(1), 2001, s. 47-58.
Hušák, V., Ptáček J., Mysliveček M., Kleinbauer, K. Radiační zátěž a radiační ochrana pacienta v diagnostické nukleární medicíně. Zpracováno za finanční podpory SÚJB Praha 2004.
Súkupová L, Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi, Grada 2018
Koranda P a kol., Nukleární medicína, Vydavatelství UPOL, 2017
Martin, C. J., Sutton, D. G. (Eds.). Practical Radiation Protection in Health Care. Oxford, Oxford University Press 2002.
Cherry, S. R., Sorenson, J.A., Phelps, M.E. Physics in Nuclear Medicine. Fourth Edition, Philadelphia, Saunders (An Imprint of Elsevier Science) 2012.
Zákon č. 263/2016 Sb. - atomový zákon.
Vyhláška č. 422/2016 Sb. Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje.
Zaidi, H et al. Quantitative Analysis in Nuclear Medicine Imaging, Springer, 2006.
Bailey, D., Townsend, D.W., Valk, P.E, Maisey, M.N. Positron Emission Tomography,

Basic Sciences, Springer, 2005.

Dance, DR, et al. Diagnostic radiology physics. A handbook for teachers and students. International Atomic Energy Agency 2014; ISBN 978-92-0-131010-1

IAEA. Dosimetry in diagnostic radiology: An international code of practice. Technical report series No. 457. IAEA; 2007

Bourne R. Fundamentals of digital imaging in medicine. Springer; 2010. ISBN 978-1-84882-086-9

Russo, P. Handbook of X-ray imaging. Physics and technology. Series in medical physics and biomedical engineering. CRC Press; 2018. ISBN 978-1-4987-4152-1

8 Seznam zkratek

AKK – akreditovaný kvalifikační kurz

ZM – základní modul

OM – odborný modul

P – povinný

AZ – akreditované zařízení

ICRU – The International Commission on Radiation Units and Measurements

IAEA – International Atomic Energy Agency (Mezinárodní agentura pro atomovou energii)

TLD – termoluminiscenční dozimetrie

PET – pozitronová emisní tomografie

RAKR – referenční kermový příkon ve vzduchu

LDR/HDR/PDR zdroje – zdroje Low Dose Rate (s nízkým dávkovým příkonem), High Dose Rate (s vysokým dávkovým příkonem), Pulsed Dose Rate (pulsním dávkovým příkonem)

SSD – Source-to-Surface Distance (vzdálenost od zdroje k povrchu)

KAP-metr – měřidlo veličiny Kerma-Area Product

RQR, RQA, RQT – označení spekter používaných v radiodiagnostice

MIRD – Medical Internal Radiation Dose

OSL – opticky stimulovaná luminiscence

ICT – informační technologie

PACS – Picture Archiving and Communicating System

HL7, IHE, DICOM, DICOM-RT a DASTA – formáty obrazových dat

HTTP – hypertext transfer protocol

FTP – file transfer protocol

SFTP – secure file transfer protocol

LET – lineární přenos energie

RBE – relativní biologická účinnost

DNA – DeoxyriboNucleic Acid (Deoxyribonukleová kyselina)

QUANTEC – Quantitative Analysis of Normal Tissue Effects in the Clinic

DICOM – Digital Imaging and Communications in Medicine

DICOM-RT – Digital Imaging and Communications in Medicine-Radioterapie

EPID – Electronic Portal Image Device

kV-MV – kilovoltážní - megavoltážní

CBCT – Cone-Beam CT

CT – Computed Tomography (výpočetní tomografie)

TPS – Treatment Planning System (plánovací systém)

BEV – Beam's eye-view (pohled směrem ze svazku)
DRR – Digitally Reconstructed Radiogram (digitálně rekonstruovaný rentgenogram)
DVH – Dose Volume Histogram (dávkově-objemový histogram)
IMRT – Intensity Modulated Radiation Therapy (radioterapie s modulovanou intenzitou svazku)
VMAT – Volumetric Modulated Arc Therapy (rotační radioterapie s modulovanou intenzitou svazku)
TG-43 – Task Group - 43
GTV – Gross Tumor Volume
CTV – Clinical Target Volume
PTV – Planning Target Volume
PRV – Planning Organ at Risk
MRI – Magnetic Resonance Imaging (zobrazování magnetickou rezonancí)
MLC – Multileaf collimator (vícelamelový kolimátor)
GEC ESTRO – the Groupe Européen de Curiethérapie-European Society for Therapeutic Radiology and Oncology
PDD – Percentage Depth Dose (procentuální hloubková dávka)
TMR – Tissue Maximum Ratio
TPR – Tissue Phantom Ratio
OAR – Off-axis ratio
QC – Quality Control (kontrola kvality)
DR – Digital Radiography
CR – Computed Radiography
LUT tabulka – Lookup Table
WW – Window Width
WL – Window Level
DSA – digitální subtrakční angiografie
HU – Hounsfield Unit (Hounsfieldova jednotka)
MTF – Modulation Transfer Function (modulační přenosová funkce)
SNR – Signal-to-Noise Ratio
CNR – Contrast-to-Noise Ratio
DQE – Detective Quantum Efficiency (kvantová detekční účinnost)
 P_{KA} , K_i , K_e , střední dávka v mléčné žláze, $CTDI_{air}$, $CTDI_w$, $CTDI_{VOL}$, P_{KL} - dozimetrické veličiny používané v radiodiagnostice
ICRP – International Commission on Radiological Protection
ICRU – International Commission on Radiation Units and Measurements
AAPM – American Association of Physicists in Medicine
SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SPECT – Single-Photon Emission Computed Tomography
ALARA – As Low as Reasonably Achievable
ICRP – International Commission on Radiological Protection
CNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IAEA – International Atomic Energy Agency
EC – Europe Commission
WHO – World Health Organisation
UNSCEAR – The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
MIRD – Medical Internal Radiation Dose
RF – Radiofrekvenční
SE – spinové echo
SAR – Specific Absorption Rate
UZ – ultrazvuk
PRP – Pulse Repetition Period
PRF – Pulse Repetition Frequency

TGC – Time Gain Compensation
CW – Continuous Wave
PW – Pulsed Wave
PI – Pulse Inversion
PM – Power Modulation
PMPI –Power-Modulated Pulse Inversion
HTA – Health Technology Assessment
ISO – International Organization for Standardization
SID – Source-to-Imager Distance
SOD – Source-to-Object Distance
OID – Object-to-Image Distance
AEC – Automatic Exposure Control
ATCM – Automatic Tube Current Modulation
ADRC – Automatic Dose Rate Control
RDSR – Radiation Dose Structured Report