

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra fyziky**



**Bakalářská práce**

**Elektromagnetické vlnění a jeho využití ve světě**

**Tereza Roziňáková**

© 2024 ČZU v Praze



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tereza Roziňáková

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Elektromagnetické vlnění a jeho využití ve světě**

Název anglicky

**Electromagnetic waves and their use in the world**

---

## Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je provést literární rešerši na vybrané téma. Výstupem bude popis jednotlivých druhů elektromagnetického vlnění a jejich využití v každodenních běžných činnostech.

## Metodika

Na základě studia dostupných materiálů vypracovat bakalářskou práci dle předložené osnovy v předepsaném rozsahu. Předpokládá se práce rešeršní povahy bez vlastních experimentů.

## Doporučený rozsah práce

25-30

## Klíčová slova

Elektromagnetické vlnění, světlo, podstata světla

---

## Doporučené zdroje informací

1. DERVIĆ, Kemal, Vladimir SINIK a Željko DESPOTOVIĆ. Basics of electromagnetic radiation [online]. IX International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection - Proceedings. Zrenjanin, Republic of Serbia, 2019, 512-520. ISBN 978-86-7672-324-9.
2. HALLIDAY, David; OBDRŽÁLEK, Jan; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl; VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. *Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. Brno: Vutium, 2000. ISBN 80-214-1869-9.
3. LIBRA, Martin a Vladislav POULEK. Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie. 2., dopl. vyd. Praha: Ilsa, 2010. ISBN 978-80-904311-5-7.
4. LIBRA, Martin a Vladislav POULEK. Koncentrace záření v solárních fotovoltaických systémech, Jemná mechanika a optika. 51, 3, (2006), str. 82-85, Praha: Fyzikální ústav Akademie věd ČR. ISSN 0447-6441.
5. LIBRA, Martin a Vladislav POULEK. Zdroje a využití energie. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1647-8.

## Předběžný termín obhajoby

2023/2024 LS – TF

## Vedoucí práce

Ing. Jana Šafránková, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra fyziky

---

**prof. Ing. Martin Libra, CSc.**

Vedoucí katedry

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 22. 06. 2023



### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Elektromagnetické vlnění a jeho využití ve světě" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2024

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Janě Šafránkové, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnovala.

# Elektromagnetické vlnění a jeho využití ve světě

## Abstrakt

Tato literární rešerše se zabývá popisem jednotlivých druhů elektromagnetického vlnění a jejich využití ve světě. Po představení Maxwellových rovnic se zaměřuje na elektromagnetické pole, magnetické pole a také na základní vlastnosti elektromagnetického vlnění, jako jsou frekvence, vlnová délka, průchodnost, absorpce, odraz, lom, energie fotonů a interference vlnění. Dále popisuje jednotlivé druhy elektromagnetického vlnění, od rádiového záření, mikrovlnného záření, infračerveného záření, viditelného záření, ultrafialového záření, rentgenového záření po gama záření, a jejich konkrétní využití v telekomunikacích, medicíně, průmyslu, vědě a dalších oblastech. Práce poskytuje přehled o širokém spektru aplikací elektromagnetického vlnění a jeho klíčové roli ve světě.

**Klíčová slova:** elektromagnetické vlnění, světlo, podstata světla

# **Electromagnetic waves and their use in the world**

## **Abstract**

This literature search deals with the description of different types of electromagnetic waves and their use in the world. After introducing Maxwell's equations, it focuses on the electromagnetic field, the magnetic field, and the basic properties of electromagnetic waves, such as frequency, wavelength, transmission, absorption, reflection, refraction, photon energy, and wave interference. It also describes the various types of electromagnetic waves, from radio radiation, microwave radiation, infrared radiation, visible radiation, ultraviolet radiation, X-rays, and gamma radiation, and their specific applications in telecommunications, medicine, industry, science, and other fields. The work provides an overview of the wide range of applications of electromagnetic waves and their key role in the world.

**Keywords:** electromagnetic waves, light, substance of light

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Cíl práce a metodika .....</b>	<b>2</b>
<b>3 Teoretický základ elektromagnetického vlnění.....</b>	<b>3</b>
3.1  Maxwellovy rovnice.....	3
3.1.1  Gaussova věta pro elektrické pole .....	3
3.1.2  Gaussova věta pro magnetické pole.....	3
3.1.3  Faradayův zákon elektromagnetické indukce.....	3
3.1.4  Ampérův zákon s pojmem elektrické displaceability .....	4
3.2  Elektrické pole .....	4
3.2.1  Veličiny elektrického pole .....	5
3.3  Magnetické pole .....	6
3.3.1  Veličiny magnetického pole .....	6
<b>4 Základní vlastnosti elektromagnetického vlnění.....</b>	<b>8</b>
4.1  Frekvence .....	9
4.2  Vlnová délka .....	9
4.3  Průchodnost elektromagnetického vlnění .....	9
4.4  Absorpce elektromagnetického vlnění .....	10
4.5  Energie fotonů .....	10
4.6  Odraz a lom elektromagnetického vlnění .....	10
4.7  Interference vlnění .....	12
<b>5 Druhy elektromagnetického vlnění .....</b>	<b>13</b>
5.1  Rádiové záření.....	13
5.2  Mikrovlnné záření .....	15
5.3  Infračervené záření.....	16
5.4  Viditelné světlo .....	17
5.5  Ultrafialové záření.....	19
5.6  Rentgenové záření .....	20
5.7  Gama záření .....	21
<b>6 Využití elektromagnetického vlnění.....</b>	<b>23</b>
6.1  Využití radiových vln.....	23
6.2  Využití mikrovln .....	25
6.3  Využití infračerveného záření .....	26
6.4  Využití viditelného světla .....	29
6.5  Využití UV záření .....	30
6.6  Využití rentgenového záření .....	31
6.7  Využití záření gama .....	32
<b>7 Závěr.....</b>	<b>34</b>
<b>8 Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>35</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Elektrické pole.....	4
Obrázek 2 Magnetické pole .....	6
Obrázek 3 Elektromagnetické pole .....	8
Obrázek 4 Vlnová délka .....	9
Obrázek 5 Odraz vlnění .....	11
Obrázek 6 Lom vlnění .....	11
Obrázek 7 Druhy elektromagnetického vlnění .....	13
Obrázek 8 Odraz Krátké vlny .....	15
Obrázek 9 Viditelné spektrum .....	18
Obrázek 10 Průchod UV záření ozonovou vrstvou .....	20
Obrázek 11 Využití spektra rádiových vln podle druhu spotřebičů .....	23
Obrázek 12 Magnetron .....	25
Obrázek 13 Zobrazení termokamerou .....	28
Obrázek 14 Fotovoltaický článek .....	29
Obrázek 15 Rentgenka.....	31
Obrázek 16 Absorpce rentgenového záření v kostech.....	32

## Seznam symbolů a zkratek

$B$ .....	Elektromagnetická indukce [T] = Tesla
$\lambda$ .....	Vlnová délka [m] = metr
$f$ .....	Frekvence [Hz] = Hertz
$E$ .....	Intenzita elektrického pole [ $A \cdot m^{-1}$ ] = Ampér na metr
$D$ .....	Elektrická indukce [ $C \cdot m^{-2}$ ] = Coulomb na metr čtvereční
$B$ .....	Magnetická indukce [T] = Tesla
$H$ .....	Intenzita magnetického pole [ $V \cdot m^{-1}$ ] = Volt na metr
$Q$ .....	Elektrický náboj [C] = Coulomb
$\epsilon_0$ .....	Permitivita vakua [ $F \cdot m^{-1}$ ] = Farad na metr
$\mu$ .....	Permeabilita materiálu [ $H \cdot m^{-1}$ ] = Henry na metr
$V$ .....	Elektrický potenciál [V] = Volt
$E$ .....	Energie fotonu [eV] = elektronvolt
$h$ .....	Planckova konstanta [Js] = Joulova sekunda
$c$ .....	Rychlost světla [ $m \cdot s^{-1}$ ] = metr za sekundu
$n$ .....	Index lomu [-]
$v$ .....	Rychlost [ $m \cdot s^{-1}$ ] = metr za sekundu
NF.....	Nízkofrekvenční
VF.....	Vysokofrekvenční
$\gamma$ .....	Gama záření
EMF.....	Elektromotorická síla
UV záření.....	Ultrafialové záření
IR záření.....	Infračervené záření
Wp.....	Watt peak

## **Seznam použitých vzorců**

Vzorec 1 Intenzita elektrického pole.....	5
Vzorec 2 Elektrická indukce.....	5
Vzorec 3 Elektrický potenciál.....	5
Vzorec 4 Magnetická indukce.....	6
Vzorec 5 Magnetický potenciál.....	7
Vzorec 6 Magnetická permeabilita.....	7
Vzorec 7 Frekvence.....	9
Vzorec 8 Vlnová délka.....	9
Vzorec 9 Energie fotonu.....	10
Vzorec 10 Index lomu.....	10
Vzorec 11 Snellův zákon.....	11

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 Rozdělení rádiových vln.....	14
Tabulka 2 Porovnání fotovoltaických panelů.....	30

# 1 Úvod

S elektromagnetickým vlněním se setkáme všude kolem nás. Dnes již elektromagnetické vlny dokážeme zachytit i vytvořit, používáme je k pozorování vesmíru, ke komunikaci a přenosu informací, zobrazujeme pomocí nich dříve neviditelné a jsou nepostradatelnou součástí našeho každodenního života.

Tato bakalářská práce je zaměřena na popis jednotlivých druhů elektromagnetického vlnění a jejich širokého spektra využití. Od základních principů a charakteristik až po praktické aplikace, které sahají od medicíny po telekomunikaci. Pochopení těchto aspektů nám umožní lépe porozumět tomu, jak elektromagnetické vlnění ovlivňuje náš svět a jak ho můžeme využívat k našim potřebám.

Zároveň si musíme uvědomit, že naše schopnost porozumět a využívat elektromagnetického vlnění je stále rozvíjející se oblastí. Technologický pokrok a neustálý vývoj v tomto směru nám otevírá nové možnosti a výzvy, které budeme muset neustále zkoumat a řešit. V této práci je snahou přispět k lepšímu pochopení tohoto důležitého objevu a jeho využití v našem světě.



## **2 Cíl práce a metodika**

Cílem této bakalářské práce je provést literární rešerši na téma Elektromagnetické vlnění a jeho využití ve světě. Výstupem bude popis jednotlivých druhů elektromagnetického vlnění a jejich využití v každodenních činnostech.

Při psaní této bakalářské práce bylo využito české a zahraniční odborné literatury a českých i zahraničních odborných internetových článků. Veškerá literatura a citace včetně webových stránek, které byly použité je uvedeno v seznamu literatury.

### 3 Teoretický základ elektromagnetického vlnění

Elektromagnetické vlnění představuje formu energie, která je prostorem šířena jako příčné vlnění elektrického a magnetického pole. Toto vlnění se tedy skládají z elektrických polí a magnetických polí, která jsou na sebe kolmá a zároveň se šíří rychlostí světla. Existence těchto vln byla předpovězena v roce 1832 anglickým fyzikem Michaellem Faradayem a následně v roce 1865 teoreticky dokázána skotským fyzikem Jamesem Clerkem Maxwellem pomocí matematicko-fyzikálních rovnic. Původně existovalo 20 rovnic, ale Maxwell je následně zjednodušil na pouhé 4 základní, které jsou nyní známy jako Maxwellovy rovnice. [32]

#### 3.1 Maxwellovy rovnice

Maxwellovy rovnice jsou soubor čtyř diferenciálních rovnic, které podrobně popisují elektromagnetické pole a jeho interakci s náboji a proudy. Jsou podrobněji popsány v následujících podkapitolách. Tyto rovnice sestavené Jamesem Clerkem Maxwellem jsou základním stavebním kamenem elektromagnetismu a poskytují klíčové poznatky o šíření elektromagnetických vln, v čemž i spočívá jejich význam. [32]

Maxwellovy rovnice jsou úzce spjaty s veličinami jako je intenzita elektrického pole, elektrická indukce, magnetická indukce a intenzita magnetického pole, jež jsou dále rozvedeny v následujících kapitolách.

##### 3.1.1 Gaussova věta pro elektrické pole

Gaussova věta pro elektrické pole, také známá jako Gaussův zákon elektrostatiky, popisuje vztah mezi elektrickým polem a náboji, které ho vytvářejí. Tento zákon říká, že celkový tok elektrického pole přes uzavřenou plochu je přímo úměrný celkovému náboji uvnitř této plochy. [40]

##### 3.1.2 Gaussova věta pro magnetické pole

Gaussova věta pro magnetické pole, též známá také jako Gaussův zákon pro magnetostatiku, stanovuje, že neexistují žádné zdroje magnetických nábojů (magnetické monopóly). Dále uvádí, že celkový magnetický tok procházející uzavřenou plochou je vždy nulový. [40]

##### 3.1.3 Faradayův zákon elektromagnetické indukce

Faradayův zákon elektromagnetické indukce objasňuje, jak změny v magnetickém poli v čase vedou k vytvoření elektrického pole a naopak. Podle tohoto zákona se

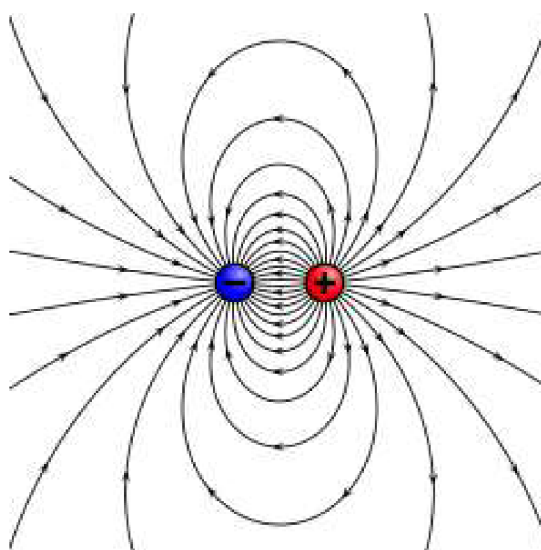
elektromotorická síla (dále jen EMF) generuje v uzavřeném obvodu, pokud dojde ke změně magnetického toku skrz tento obvod v průběhu času. Tento jev naznačuje, že pohybující se magnetické pole může indukovat elektrický proud v blízkých vodičích. [40]

### 3.1.4 Ampérův zákon s pojmem elektrické displaceability

Rovnice Ampérova zákona s pojmem elektrické displaceability se zabývá vztahem mezi proudem a magnetickým polem. Tato rovnice, která je rozšířením původního Ampérova zákona, nejen zohledňuje proudy vodičů, ale také bere v úvahu dynamické změny elektrického pole v čase (též známé jako elektrická indukce). To je důležité především při analýze elektromagnetických jevů v materiálech s elektrickou polarizací, jako jsou izolanty a dielektrika. [40]

## 3.2 Elektrické pole

Elektrické pole je oblast, která se nachází v okolí částic s elektrickým nábojem nebo u elektricky nabitého tělesa, kde dochází k působení elektromagnetických sil. Elektrický náboj je charakterizován přítomností elementárních nábojů, které jsou nesené elektrony (záporný náboj) a protony (kladný náboj). V atomu je počet protonů vyrovnán počtem elektronů, což z něj činí elektricky neutrální entitu. Ztrátou nebo přijetím elektronů může atom získat kladný náboj (kation) nebo záporný náboj (anion). Elektricky nabitě těleso vyvolává elektromagnetickou sílu, která působí na jiná tělesa s nábojem nebo i na tělesa elektricky neutrální. Tělesa s opačným nábojem se přitahují viz Obrázek 1, zatímco tělesa se stejným nábojem se odpuzují. [2]



Obrázek 1 Elektrické pole [26]

Elektrický náboj lze přemísťovat z povrchu tělesa na jiné těleso a lze jej přemísťovat také uvnitř jednoho tělesa. Vodiče jsou materiály, které umožňují snadný pohyb elektrického náboje, zatímco nevodivé, také známé jako dielektrika, mají omezenou schopnost přenášet náboj. [2]

Elektrické pole je rozděleno do dvou hlavních kategorií na elektrostatické a elektrodynamické. Elektrostatické pole vzniká v přítomnosti elektrického náboje, který nevykazuje žádný pohyb. Naopak elektrodynamické pole vzniká v důsledku pohybu elektrického náboje, a to jak přímo, když se náboj samotný pohybuje, tak i nepřímo, když se mění magnetické pole v prostoru, což může vést k indukci elektrického pole. [2]

### 3.2.1 Veličiny elektrického pole

- Intenzita elektrického pole  $E$

Intenzita elektrického pole je fyzikální veličina, která udává velikost a směr elektrického pole v daném bodě. Tato veličina je definována jako elektrická síla, kterou elektrické pole působí na těleso s jednotkovým kladným elektrickým nábojem. [6]

$$\mathbf{E} = \frac{F_e}{Q} \quad (1)$$

Kde  $E$  je intenzita elektrického pole,  $F_e$  je elektrická síla a  $Q$  je elektrický náboj na něž elektrická síla působí.

- Elektrická indukce  $D$

Další důležitou veličinou elektrického pole je elektrická indukce, která udává schopnost elektrického pole indukovat elektrický náboj nebo změnu elektrického pole v okolních objektech nebo prostředí. Elektrická indukce je v podstatě měřítkem, jak rychle se elektrické pole šíří nebo jak silně ovlivňuje okolní prostředí. [6]

$$\mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E} \quad (2)$$

Kde  $D$  je elektrická indukce,  $\varepsilon_0$  je permitivita vakua a  $E$  je intenzita elektrického pole. Permitivita vakua je základní fyzikální konstanta, která popisuje schopnost vakua přenášet elektrostatické pole. Její hodnota je přibližně  $8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$ .

- Elektrický potenciál  $V$

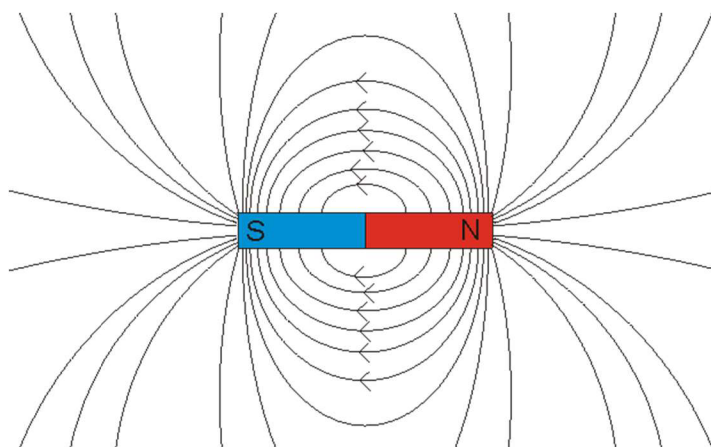
Elektrický potenciál je skalární fyzikální veličina, která vyjadřuje energii potřebnou k přenesení jednotkového náboje z daného bodu v elektrickém poli do referenčního bodu, obvykle do nekonečna. Je to měřítko elektrického pole v daném bodě. Elektrický potenciál se využívá k popisu elektrických polí. [6]

$$V = - \int_c \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} \quad (3)$$

Kde  $d\mathbf{l}$  je integrál dráhy a integrace se provádí podél dráhy  $c$ . Je definován jako integrál z intenzity elektrického pole  $\mathbf{E}$  podél dané dráhy  $c$ .

### 3.3 Magnetické pole

Magnetické pole je fyzikální pole, které se projevuje silovým působením na své okolí. Jeho zdrojem jsou pohybující se elektricky nabitá tělesa, jako je elektrický proud procházející vodičem, nebo permanentní magnety obsahující vázané elektrické proudy. Magnetické pole je jedním ze základních fyzikálních polí a společně s elektrickým polem utváří elektromagnetické pole. Magnetické pole má směr, který je dán směrem pohybu náboje nebo směrem magnetického momentu v magnetu. Směr magnetického pole je obvykle znázorněn pomocí tzv. magnetických siločar viz Obrázek 2, které ukazují směr, kterým by se kladný náboj pohyboval pod vlivem magnetického pole. [2]



Obrázek 2 Magnetické pole [28]

#### 3.3.1 Veličiny magnetického pole

- Magnetická indukce  $\mathbf{B}$

Magnetická indukce je fyzikální veličina, která charakterizuje magnetické pole v daném bodě. Vyjadřuje sílu a směr magnetického pole a je definována jako magnetický tok procházející jednotkovou plochou kolmou na směr pole. [2]

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H} \quad (4)$$

Kde  $\mathbf{H}$  je intenzita magnetického pole a  $\mathbf{B}$  je magnetická indukce a  $\mu$  je permeabilita materiálu.

- Magnetický potenciál  $\Phi_m$

Magnetický potenciál je skalární fyzikální veličina, která se používá k popisu magnetických polí. Podobně jako elektrický potenciál vyjadřuje magnetický potenciál energii, kterou by jednotkový magnetický náboj získal nebo ztratil, kdyby byl přenesen z daného místa do určeného referenčního bodu, obvykle do nekonečna. [2]

$$\Phi_m = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} \quad (5)$$

Kde  $\mathbf{B}$  je magnetická indukce,  $d\mathbf{S}$  je plocha nebo dráha, integrace se provádí podél daného objektu.

- Magnetická permeabilita  $\mu$

Magnetická permeabilita  $\mu$  je fyzikální konstanta, která popisuje, jak dobře materiál vodí magnetické pole. Vyjadřuje poměr mezi magnetickou indukcí  $\mathbf{B}$  a magnetickou intenzitou  $\mathbf{H}$  v materiálu. [2]

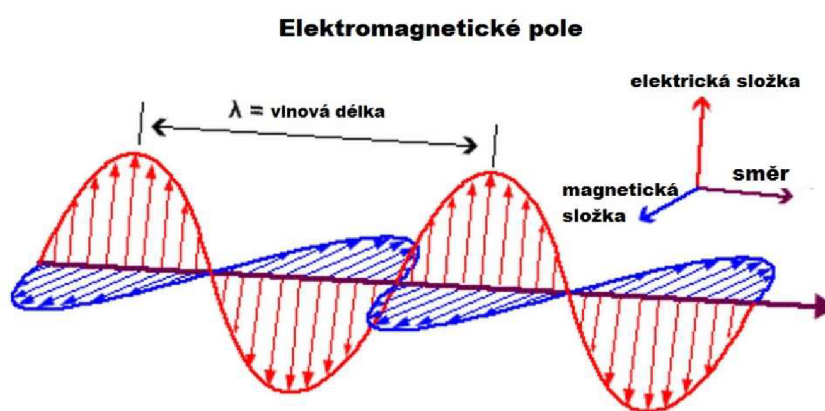
$$\mu = \frac{\mathbf{B}}{\mathbf{H}} \quad (6)$$

Kde  $\mathbf{B}$  je magnetická indukce a  $\mathbf{H}$  je intenzita magnetického pole.

## 4 Základní vlastnosti elektromagnetického vlnění

Časová změna elektrického pole budí magnetické a naopak. Vektory intenzity elektrického pole a magnetické indukce kmitají v navzájem kolmých směrech a navzájem budí jeden druhý. Postupná elektromagnetická vlna se šíří ve směru kolmém k oběma těmto vektorům. Elektromagnetické vlny vykazují dualistický charakter, což znamená, že se chovají současně jako vlny, i jako částice. Elektromagnetické vlny lze pozorovat jako spojitě vlnění, ale také jako kvanty energie nazývané fotony. [1]

Na obrázku Obrázek 3 je znázorněna vlnová délka pole, jeho elektrické a magnetické složky.



Obrázek 3 Elektromagnetické pole [34]

Elektromagnetické záření je šířeno v prostoru, včetně vakua, rychlostí světla. Toto šíření je charakterizováno jako vlnové, což znamená, že se projevuje jevy jako odraz, lom, ohyb, interference a polarizace. Současně se však elektromagnetické záření může chovat kvantově, což je příklad fotoelektrického jevu. Rychlost světla ve vakuu je přesně definována Maxwellovými rovnicemi a má hodnotu 299 792 458 metrů za sekundu. [15]

Frekvence a vlnová délka jsou klíčové charakteristiky elektromagnetického vlnění, které jsou navzájem provázané. Podle vzorců uvedených jako Vzorec 7 a Vzorec 8 platí, že tyto veličiny jsou inverzně proporcionalní. To znamená, že s růstem frekvence elektromagnetického vlnění se vlnová délka zmenšuje a naopak.

## 4.1 Frekvence

Frekvence je parametr kmitání či vlnění, který charakterizuje jeho časovou periodicitu. Konkrétně se vyjadřuje jako počet period za sekundu, což je ekvivalentní jednomu kmitu za sekundu. Jednotka frekvence se nazývá Hertz (Hz) na počest německého fyzika Heinricha Hertze, který v roce 1887 experimentálně potvrdil Maxwellovy teorie elektromagnetických vln. [30]

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (7)$$

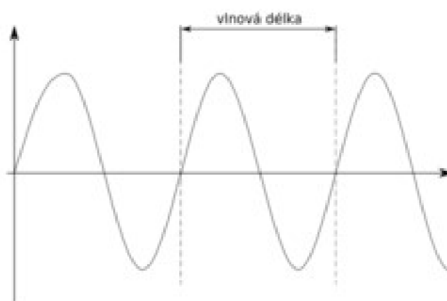
Kde  $f$  je frekvence,  $c$  je vlnová délka a  $\lambda$  je vlnová délka.

## 4.2 Vlnová délka

Vlnová délka je charakteristická vlastnost vlnění, která udává fyzickou vzdálenost mezi dvěma identickými body na sousedních vlnoplochách viz Obrázek 4, jako jsou například vrcholy vln. Alternativně je možné změřit vzdálenost od dna jedné vlny ke dnu následující vlny, čímž získáme stejnou hodnotu vlnové délky. Vlnová délka je udávána v metrech. [31]

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (8)$$

Kde  $\lambda$  je vlnová délka,  $c$  je rychlost světla a  $f$  je frekvence.



Obrázek 4 Vlnová délka [13]

## 4.3 Průchodnost elektromagnetického vlnění

Průchodnost je fyzikální vlastnost, která vyjadřuje schopnost elektromagnetických vln pronikat různými materiály a prostředími. Tato schopnost závisí na energii samotného záření a také na vlastnostech prostředí, jako je jeho čistota a struktura. Například průnik elektromagnetických vln do materiálů jako jsou monokrystalické látky může být hlubší než do látek složených z různých druhů krystalů s rozdílným rozměrem jejich krystalové mřížky. V případě znečištěných materiálů je průnik elektromagnetických vln omezen kvůli častým srážkám s nečistotami a krystalovými stěnami, což může vést k odklonu nebo ztrátě fotonů.



Průchodnost je velmi důležitým faktorem pro různé technologické aplikace, jako jsou radarové systémy a bezdrátová komunikace. [12] [17]

#### 4.4 Absorpce elektromagnetického vlnění

Absorpce záření je proces, při kterém dochází k pohlcení a oslabení průchodu záření určitým materiálem nebo prostředím. Tento fyzikální jev může být způsoben například rozptylem záření. Při absorpci záření je energie fotonu pohlcena látkou, například atomem, což může vést ke změně stavu valenčních elektronů atomu mezi různými energetickými hladinami. Tato absorbovaná energie může být poté znovu emitována ve formě záření nebo přeměněna na kinetickou energii částic, což odpovídá tepelné energii. Pokud se uvolněný elektron zachytí jiným atomem, může docházet k opětovné emisi záření s jinou vlnovou délkou, což se nazývá emise záření. Míru absorpce vyjadřuje absorpční koeficient, který závisí na mnoha faktorech, jako je materiál, jeho chemické složení a struktura, teplota, povrchové vlastnosti a vlnová délka dopadajícího záření. [27]

#### 4.5 Energie fotonů

Energie fotonu je kvantová fyzikální veličina, která vyjadřuje množství energie přenesené jedním fotonem elektromagnetického záření. Energie fotonu se řídí kvantovou mechanikou a je přímo úměrná jeho frekvenci. [41]

$$E = hf \quad (9)$$

Kde  $E$  je energie fotonu,  $h$  je Planckova konstanta a  $f$  je frekvence fotonu. Planckova konstanta má přibližně hodnotu  $6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ . [42]

#### 4.6 Odraz a lom elektromagnetického vlnění

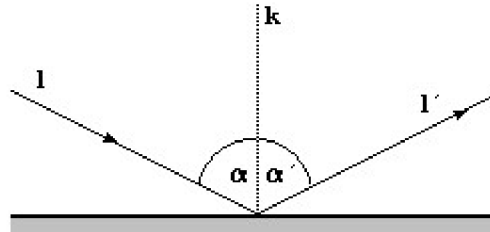
Odraz a lom elektromagnetického vlnění jsou dva důležité jevy, které se vyskytují, když elektromagnetické vlnění přechází z jednoho prostředí do druhého s jinými optickými vlastnostmi, jako je index lomu. Fyzikální veličina index lomu  $n$  popisuje míru, jakou se elektromagnetické vlnění lomí při průchodu z jednoho prostředí do druhého. [41]

$$n = \frac{c}{v} \quad (10)$$

Kde  $c$  je rychlost světla ve vakuu a  $v$  je rychlost světla v daném materiálu.

Každé prostředí má svůj vlastní index lomu, který charakterizuje rychlost světla v daném prostředí ve srovnání se světlem ve vakuu. Vyšší index lomu značí větší míru lomu světla v daném prostředí. [41]

Odraz elektromagnetického vlnění nastává, když se vlny setkají s hranicí dvou prostředí a část z nich se od ní odrazí zpět do původního prostředí. Úhel odrazu se rovná úhlu dopadu viz Obrázek 5, což znamená, že odražený paprsek a dopadající paprsek tvoří stejný úhel s normálou k povrchu. [41]



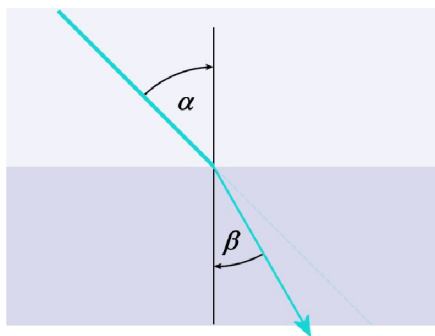
Obrázek 5 Odraz vlnění [46]

Lom elektromagnetického vlnění se odehrává, když vlny vstupují z jednoho prostředí do druhého s odlišným indexem lomu. Při tomto procesu se mění směr šíření vln. Úhel lomu se řídí Snellovým zákonem, který stanoví, že poměr sinusů úhlů dopadu a lomu je konstantní a rovný poměru indexů lomu v obou prostředích. [41]

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2 \quad (11)$$

Kde  $n_1$  a  $n_2$  jsou indexy lomu prvního a druhého prostředí,  $\alpha_1$  je úhel dopadu světla na rozhraní mezi prostředími a  $\alpha_2$  je úhel lomu, který světlo tvoří s normálou na rozhraní.

V praxi obvykle dochází na rozhraní prostředí k odrazu a současně i lomu vlnění. Vlna dopadající na rozhraní dvou různých prostředí se částečně odráží a částečně lomí a po průniku do druhého prostředí pokračuje ve svém šíření. [41]



Obrázek 6 Lom vlnění [47]

Kromě odrazu a lomu může dojít k ohybu vlnění a rozptylu vlnění. Rozptyl elektromagnetického vlnění je jev, při kterém dochází ke změně směru šíření vlnění vlivem interakce s nepravidelnými povrchy nebo částicemi ve svém okolí. Tento jev je pozorovatelný zejména na nerovných rozhraních mezi dvěma prostředími. Při rozptylu dochází k disperzi vlnění, kdy vlna není odražena nebo lámána, ale je rozdělena na mnoho

menších částí, které jsou šířeny do různých směrů. Tím dochází ke ztrátě energie vlny s rostoucí vzdáleností od místa rozptylu. [41] [43]

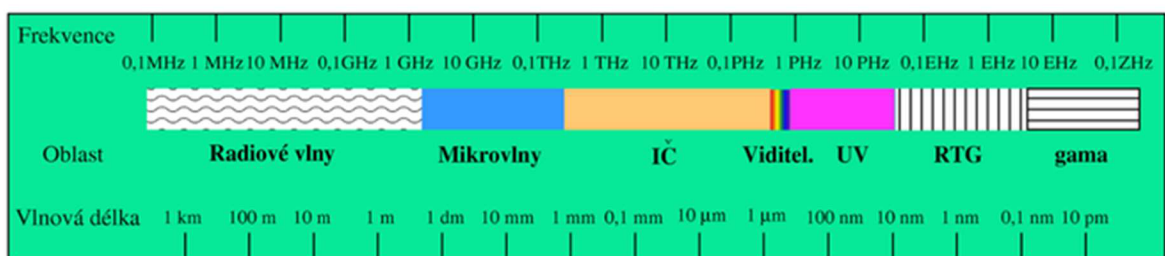
Ohyb je odchylka průběhu vlnění od přímočarého směru, k níž dochází na okrajích úzkých štěrbin nebo okrajích překážek, které jsou v dráze šíření vlnění. Tento jev je označován také jako difrakce. Například vlnění, které je šířeno jedním směrem, se po dosažení překážky s malým otvorem začne šířit všemi směry. Tento jev našel uplatnění v radiokomunikaci, protože umožňuje například vyslat signál do údolí, která jsou za kopci. Rádiové vlnění, které dospěje k vrcholu kopce, se ohýbá a je efektivně šířeno i za kopcem. Díky tomu může mít vlnění mnohem větší dosah než z jeho šíření po přímkách. [41]

#### **4.7 Interference vlnění**

Ke sčítání elektromagnetických vln dochází, když více vlnění dorazí do téhož bodu. Tento jev je spojen s kombinací amplitud jednotlivých vln, což může vést k různým efektům, jako je zesílení nebo oslabení amplitudy výsledné elektromagnetické vlny. Významným jevem je situace, když se sčítají vlny s totožnou frekvencí a amplitudou, avšak s různými fázemi. V této konfiguraci dochází k interferenci mezi vlnami, což může vést buď k jejich vzájemnému zesílení nebo oslabení v závislosti na jejich fázovém rozdílu. [43]

## 5 Druhy elektromagnetického vlnění

Elektromagnetické záření se nejčastěji rozděluje podle vlnové délky, frekvence, zdroje a účinku na neionizující záření, mezi které se řadí radiofrekvenční záření, infračervené záření, viditelné záření, ultrafialové záření a na ionizující záření, mezi které se řadí rentgenové a gama záření. Vyjmenované druhy elektromagnetického vlnění spolu utváří spektrum elektromagnetických vln. Tyto druhy spektra nejsou odděleny ostrými hranicemi, což znamená, že jednotlivé druhy elektromagnetického záření mohou volně přecházet jeden do druhého a mohou se také vzájemně prolínat a překrývat. Tyto typy záření jsou uspořádány podle vzrůstající frekvence a klesající vlnové délky, jak je znázorněno na Obrázku 7. [2] [16]



Obrázek 7 Druhy elektromagnetického vlnění [14]

Ionizující záření je záření schopné při průchodu prostředím způsobit jeho ionizaci. To znamená, že má dostatečnou energii k odstraňování elektronů z atomů nebo molekul, což vede k tvorbě iontů. Ionizující záření může vytvářet kladné i záporné ionty v látkách, kterými prochází, a to díky své vysoké energii. Naopak neionizující záření, které má nižší energii, není schopno vytvářet ionty a nepůsobí na atomy či molekuly takto výrazným způsobem. [7]

### 5.1 Rádiové záření

Rádiové vlny jsou částí spektra elektromagnetického záření s vlnovými délkami od 1 milimetru až po tisíce kilometrů. Rádiové záření je propojeno s mikrovlnným zářením, které leží nad ním v elektromagnetickém spektru. To znamená, že rádiové záření přechází plynule do mikrovlnného záření. Rádiové vlny s nižší frekvencí mají lepší průchodnost látkami než rádiové vlny o vyšší frekvenci. To je způsobeno tím, že rádiové vlny s nižší frekvencí mají delší vlnovou délku, což vede k menší absorpci energie materiálu, kterými procházejí. V důsledku toho mají tyto vlny tendenci pronikat hlouběji do materiálu. [2]

Mezi přírodní zdroje vzniku rádiových vln patří blesk, který je detekovatelný rádiovými přijímači. Dále některé radioaktivní materiály mohou emitovat rádiové vlny jako součást svého rozpadu. Umělý vznik rádiových vln je proces, při kterém se vytváří

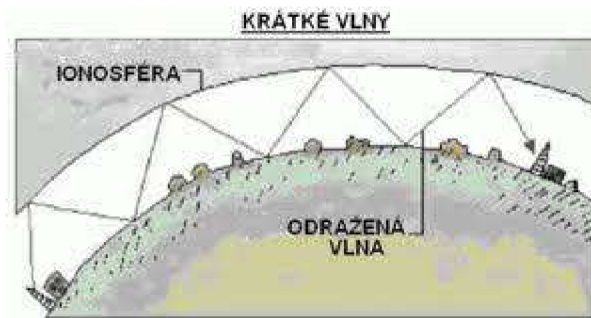
elektromagnetické pole mezi dvěma paralelními kovovými vodiči, které jsou připojeny ke zdroji střídavého proudu naprázdno. To vede k vytvoření elektromagnetického pole mezi těmito vodiči, které se díky principu elektromagnetické indukce šíří do okolí, což vytváří rádiové vlny. Při ukončení spojení či rozepnutí vodičů na konci vedení se toto elektromagnetické pole šíří do okolí, čímž vzniká rádiový signál. Délka vln je přímo závislá na frekvenci rádiových vln, která se mění v závislosti na charakteristikách prostředí, skrz které se vlny šíří. Pro přehlednější klasifikaci se rádiové vlny rozdělují do různých vlnových pásem, z nichž každé má své specifické vlastnosti. Nízkofrekvenční (dále jen NF) a vysokofrekvenční (dále jen VF) pásma se výrazně liší přenosovou kapacitou a dosahem, což má významný dopad na efektivitu komunikačních systémů. [11][30]

Za NF zdroje záření považujeme frekvence od 0 do 100 kHz. Tyto frekvence jsou typicky spojovány s přenosem elektrické energie a nalézají se například v rozvodných dálkových vedeních či v domácích elektrických rozvodech. Elektromagnetické pole, které vytváří tyto zdroje, se rozprostírá do okolí vodičů a jeho intenzita klesá podle kvadrátu vzdálenosti od nich. Na druhé straně, ve VF zdrojích záření, které pokrývají frekvence od 100 kHz do 10 GHz, se rádiové vlny využívají k přenosu informací. V tomto spektru se nachází typy rádiových vln, jako jsou dlouhé, střední, krátké, velmi krátké a ultrakrátké vlny viz Tabulka 1, které mají specifické využití a charakteristiky. [11]

Vlny	Dlouhé	Střední	Krátké	Velmi krátké
<b>Vlnová délka</b>	2000–1050 m	572–187 m	49–11 m	4,55 – 4,11 m
<b>Frekvence</b>	150–285 kHz	525–1605 kHz	6–26 MHz	66–73 MHz

*Tabulka 1 Rozdělení rádiových vln*

VF záření má schopnost proniknout ionosférou do vesmíru, zatímco NF záření se odráží viz Obrázek 8. od ionosféry zpět k Zemi. To znamená, že rádiové vlny, které patří do této kategorie a jsou využívány v komunikačních systémech, mohou být odraženy a vrátit se zpět k povrchu Země. Televizní signály a světlo, s ještě vyššími frekvencemi, jsou schopny přenášet informace pouze na principu "přímé viditelnosti", což znamená, že jejich dosah je omezen na linii přímého spojení mezi vysílačem a přijímačem. [23]



Obrázek 8 Odras Krátké vlny [33]

Dlouhé vlny se přenášejí povrchovými vlnami do vzdálenosti několika set kilometrů, prostorové vlny mají dosah větší, jsou často rušeny atmosférickými výboji. Střední vlny se přenášejí povrchovými vlnami s ještě menším dosahem a v noci se přenášejí i prostorovými vlnami. Krátké vlny se přenášejí jako povrchová vlna jen na krátkou vzdálenost a prostorovou vlnou na jakoukoli vzdálenost. Velmi krátké vlny se přenášejí jako prostorové vlny, které pronikají ionosférou a používají se ke komunikaci s družicemi. Povrchová vlna umožňuje příjem na přímou viditelnost. [23]

## 5.2 Mikrovlnné záření

Mikrovlnné záření (nebo také mikrovlny) je typem elektromagnetického záření s vlnovou délkou mezi 1 mm a 1 m, což odpovídá frekvenci kolem 300 MHz. Nachází se tedy mezi infračerveným a rádiovým zářením ve spektru elektromagnetického záření. Jedná se o neionizační a nedestruktivní záření s nízkou energií (v řádech  $10^{-3}$  eV), což znamená, že při nízkých výkonech není pro organismy nebezpečné. Většina materiálů, jako je vzduch, sklo, umělé hmoty a nepolární látky, umožňuje mikrovlnám pronikat podobně jako světlu skrze sklo. Pokud materiál absorbuje mikrovlny, dochází k přeměně mikrovlnné energie na teplo. Existuje také třetí možnost, v té mikrovlny nemají tendenci pronikat do materiálu ani se jím pohlcovat, ale odrazují se od něj, jako je tomu u kovových materiálů. [24]

Mikrovlny byly objeveny na počátku 40. let 20. století v Anglii na Univerzitě v Birminghamu, kde britští vědci sir John Randall a dr. H. A. H. Boo vyvinuli zdroj mikrovlnného záření nazvaný magnetron. První praktické využití mikrovln nastalo během druhé světové války jako součást britského radarového systému v letecké bitvě o Anglii. Tato technologie měla zásadní vliv na průběh války a umožnila lepší detekci nepřátelských letadel. Od té doby se mikrovlny staly nedílnou součástí radarové techniky a jsou používány dodnes. [9] [24]

V roce 1946, během výzkumu radarové technologie ve firmě Raytheon Corporation, objevil inženýr Dr. Percy Spencer nečekaný jev spojený s novou vakuovou troubou nazývanou magnetron. Během testování této trouby si všiml, že čokoláda v jeho kapse se náhle roztekla. Tato neobvyklá událost ho vedla k dalším experimentům, při kterých zjistil, že mikrovlnné záření způsobuje rychlé zahřátí, a dokonce i prasknutí potravin, jako je kukuřice nebo vejce. Tato pozorování ho inspirovala k myšlence využít mikrovlnné záření k rychlému ohřevu potravin, což následně vedlo k vynálezu mikrovlnné trouby. [24]

### 5.3 Infračervené záření

Na mikrovlnné záření navazuje infračervené záření (dále IR záření) s vlnovými délkami přibližně mezi 1 mm a 770 nm. Jeho existenci objevil v roce 1800 britský astronom Sir William Herschel (1738–1822), který prováděl studie slunečního světla. Optickým hranolem rozložil sluneční světlo na jednotlivé barvy. Roku 1800 při svých experimentech přišel na skutečnost, že teploměr umístěný za červenou oblastí optického spektra ukazuje zvýšenou teplotu. Do rozloženého barevného spektra vložil sadu rtuťových teploměrů. Měřená teplota v místě jednotlivých barev byla vyšší směrem k červené straně spektra. Herschela napadlo posunout teploměr ještě dále, tedy za červený okraj viditelného spektra. Ke svému překvapení zjistil, že zde teplota dosahuje nejvyšších hodnot. To dokazovalo, že zde musí existovat jakési neviditelné záření, které přenáší teplo. Herschel toto záření nazval infračerveným, odvozeným z latinského "infra", což znamená "pod", odkazující na jeho pozici pod viditelným spektrem. [8]

IR záření vyzařují všechna tělesa s teplotou nad absolutní nulou. Princip vyzařování spočívá v tom, že čím vyšší je teplota tělesa, tím kratší jsou vlnové délky infračervených vln, které těleso vydává. Infračervené záření má schopnost přenášet tepelnou energii na různé povrchy bez zahřátí okolního vzduchu, což má zásadní význam pro mnoho procesů a interakcí na Zemi. Tento druh záření je nezbytný pro mnoho biologických procesů, jako je fotosyntéza u rostlin, a má také důležitý vliv na klimatické podmínky planety. Infračervené záření je rozděleno do tří hlavních oblastí, IR-A, IR-B a IR-C, podle jejich vlnových délek a interakcí s různými materiály. V kapitole 6.3. budou popsány tyto tři oblasti IR záření. [15] [16]

Zemský povrch absorbuje viditelné záření ze Slunce a vyzařuje mnoho energie jako infračervené záření přes atmosféru zpět do vesmíru. Určité plyny přítomné v atmosféře, jako je například vodní pára, mají schopnost absorbovat infračervené záření a emitovat ho zpět ve všech směrech, včetně směru zpět k povrchu Země. Tento efekt zvaný skleníkový efekt



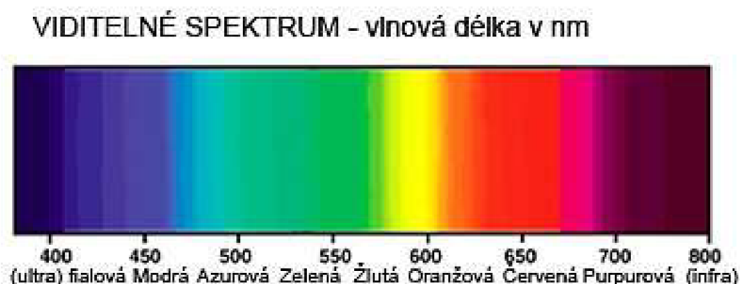
udržuje atmosféru a zemský povrch mnohem teplejší, než kdyby plyny pohlcující infračervené záření nebyly v atmosféře přítomny. Skleníkové plyny v atmosféře nepohlcují krátkovlnné záření přicházející od Slunce, ale pohlcují dlouhovlnné IR záření. Některé plyny jsou téměř propustné pro sluneční radiaci, silně absorbují dlouhovlnnou radiaci vyzařovanou zemským povrchem a vyzařující jí zpět, jak k zemskému povrchu – čímž přispívají k jeho oteplování, tak do kosmického prostoru. [38]

## 5.4 Viditelné světlo

Dnes víme, že světlo jsou příčné elektromagnetické vlny v poměrně úzké oblasti vlnových délek, které se projevují současně jako tok fotonů. Toto vlnění má specifický rozsah vlnových délek mezi 350 nm a 750 nm. Viditelné světlo se nachází mezi IR a UV zářeními a zaujímá relativně úzký pásma spektra. Na jednom konci tohoto spektra je IR záření, které má delší vlnové délky a nižší frekvence, a na druhém konci je UV záření, které má kratší vlnové délky a vyšší frekvence. Při vnímání světla dochází k postupnému přechodu mezi barvami v závislosti na vzrůstající vlnové délce viz Obrázek 9 Tento přechod začíná u fialové barvy a pokračuje přes modrou, zelenou, žlutou až k červené barvě. Sluneční záření, které vnímáme jako bílé světlo, je ve skutečnosti složeno ze spojitého spektra všech těchto barev. [1]

Světlo je definováno jako elektromagnetické vlnění, které je schopno stimulovat lidský zrak, konkrétně sítnici oka. Nejvíce citlivý je lidský zrak na vlnovou délku okolo 550 nm, která odpovídá žlutozelené barvě. Přestože modrá barva není převládající v oblasti viditelného spektra elektromagnetického záření, obloha za jasného dne se nám jeví jako modrá. Tento jev je způsoben tím, že zemská atmosféra nejefektivněji rozptyluje krátkovlnné, modré světlo. V praxi většinou nevnímáme jednoduché světlo charakterizované určitou frekvencí, ale světlo složené z vlnění různých frekvencí. Účinky jednotlivých složek světla na zrak pak určují výsledný barevný vjem, kterému odpovídá charakteristický odstín barvy. Při určitém poměru barevných složek světla dostáváme světlo bílé. [1] [22]





*Obrázek 9 Viditelné spektrum [18]*

Způsob vnímání barev je předmětem fyziologie oka a neurologie. Fotony určité vlnové délky vnímáme jako určitou barvu. Jednotlivé fotony s různými vlnovými délkami jsou interpretovány naší vizuální soustavou jako různé barvy. K vytvoření obrazu na sítnici oka slouží rohovka a čočka, přičemž sítnice obsahuje fotoreceptory známé jako tyčinky a čípky. Nejcitlivější částí sítnice je tzv. žlutá skvrna, která obsahuje výhradně čípky, zatímco hustota tyčinek se zvyšuje směrem od této oblasti. Na okraji zorného pole převažují tyčinky. Tyčinky jsou zodpovědné za vidění za šera, zatímco čípky jsou využity při denním světle. Citlivost vnímání barev je úzce spojena s intenzitou osvětlení, a proto jsou barvy v šeru téměř nevnímání. Barva objektu je určena jeho schopností odrazet fotony určitých vlnových délek. [1]

Velikost rychlosti světla ve vakuu je  $299792458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Jedná se o maximální možnou rychlost, kterou se může fyzikální objekt pohybovat. V látkovém prostředí je velikost rychlosti světla vždy menší než ve vakuu. Tato rychlost je ovlivněna nejenom vlastnostmi prostředí, kterým světlo prochází, ale i frekvencí světelného vlnění. [22]

Šíření světla je ovlivněno vlastnostmi prostředí, kterým světlo prochází a mohou nastat tyto případy, průchod světla, absorpce světla, disperze světla nebo odraz. Průchod světla nastává v průhledných materiálech, kde světlo prochází bez výrazné interakce s molekulami. Takové prostředí je nazýváno jako čirá média. K absorpci dochází v některých materiálech, kdy pouze určité vlnové délky procházejí skrz materiál, zatímco ostatní jsou pohlceny. Dále materiály s nerovnoměrnými optickými vlastnostmi mohou způsobit nepravidelnou změnu směru šíření světla, což je známé jako disperze. K odrazu dochází, když se světlo může odrazit od hladkých povrchů, jako jsou zrcadla, což vede k tomu, že neprochází prostředím, ale odráží se od něj. [22]

## 5.5 Ultrafialové záření

Ultrafialové záření (dále jen UV) je elektromagnetické vlnění s vlnovou délkou od 4 nm do 400 nm, to znamená délkou kratší, než má viditelné světlo, avšak delší, než má rentgenové záření. Zdrojem UV záření je obecně hmota zahřátá na vysokou teplotu, poskytující spojité vlnové spektrum. Tato forma záření je všudypřítomná ve vesmíru, ale pro Zemi je primárním a všudypřítomným zdrojem UV záření Slunce. Část záření o vlnové délce kratší než 200 nm je silně absorbováno kapičkami vodní páry, molekulami kyslíku a hlavně ozonem. Množství ozonu má významný vliv na absorpci UV záření. Proto se množství UV záření odlišuje podle nadmořské výšky – s každými tisíci metrů stoupá jeho intenzita o 15 %. Jeho výskyt ovlivňuje také roční období, denní doba a geografická poloha. Čím výše se Slunce nachází na obloze, tím více UV záření dopadá na povrch Země. [25]

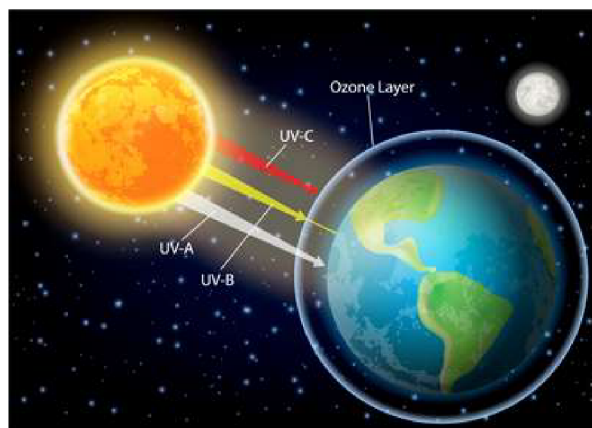
UV záření je citlivé na odrazivost povrchu, na který dopadá, přičemž mraky nejsou překážkou, ale absorbují významnou část záření. Během absorpce UV záření dochází k ionizaci molekul obsažených ve vzduchu, což vede k uvolnění volných elektronů. Pozitivní ionty se shlukují kolem kapek vodních par, což vede ke vzniku těžkých iontů. Kromě absorpce dochází i k výraznému rozptylu UV záření, což způsobuje namodralé zbarvení oblohy. Umělými zdroji tohoto záření jsou elektrický oblouk a výbojky obsahující xenon nebo rtuť. [5] [15] [25]

Charakter UV záření je určen jeho vlnovou délkou, kdy podle ní rozdělujeme UV záření do tří základních skupin viz Obrázek 10 s různými biologickými účinky na UVA, UVB a UVC.

Jednou z hlavních skupin UV záření je UVA, jejíž rozsah vlnových délek se pohybuje od 315 nm do 400 nm. UVA záření proniká hluboko do kůže, ačkoli nezpůsobuje zjevné opálení. Je to typ záření spojovaný s rizikem předčasného stárnutí kůže a výskytem některých typů kožního karcinomu. UVA záření je schopno pronikat skrz sklo a oblaky, což znamená, že je stále přítomno i při zatažené obloze a může mít dlouhodobé dopady na kůži. [25]

UVB záření se pohybuje v rozmezí vlnových délek od 280 nm do 315 nm. Téměř celé spektrum UVB záření je absorbováno ozónem ve stratosféře, což vytváří tzv. ozónovou vrstvu, jež účinně filtruje většinu UVB záření. Hlavními negativními účinky UVB záření jsou jeho schopnost poškozovat DNA buněk kůže a tím zvyšovat riziko kožního karcinomu. Zatímco UVA proniká hlouběji do kůže a přispívá ke stárnutí, UVB záření je zodpovědné za spálení kůže a krátkodobá i dlouhodobá poškození pokožky. [25]

UVC záření, s vlnovou délkou kratší než 280 nm, je sice nejméně pronikavé do atmosféry, ale také je největším rizikem pro životní prostředí a lidské zdraví. Toto záření má nejvyšší energetickou úroveň z celého spektra UV záření a je považováno za nejnebezpečnější. Má schopnost pronikat hluboko do buněčných struktur a narušovat DNA, což může vést k poškození buněk a vzniku mutací. Přestože je přirozeně absorbováno atmosférickým ozónem a nemá tendenci dosahovat povrchu Země, umělé zdroje UVC záření, jako jsou germicidní lampy, jsou využívány k dezinfekci vzduchu a povrchů. Díky své schopnosti narušovat buněčné struktury je UVC záření účinné při hubení bakterií, plísní a jiných mikroorganismů. [15]



Obrázek 10 Průchod UV záření ozonovou vrstvou [45]

## 5.6 Rentgenové záření

Rentgenové záření je elektromagnetické záření, jehož vlnové délky se nachází v intervalu od  $10^{-8}$  m až do  $10^{-12}$  m. Rentgenové záření leží v elektromagnetickém spektru mezi UV zářením a gama zářením. Vzniká při zrychlení a následném brzdění elektronů, které dopadají na povrch kovu, přičemž jejich kinetická energie se přeměňuje na elektromagnetickou energii. Toto záření se řadí mezi ionizující elektromagnetické záření, charakterizované proudem fotonů s energiemi v desítkách až stovkách keV. Přírodními zdroji rentgenového záření jsou především hvězdy. Na Zemi je přirozeným zdrojem rentgenového záření pouze úder blesků. Člověk je schopen uměle produkovat rentgenové záření pomocí rentgenek nebo betatronů. [17]

Rentgenové záření bylo objeveno v roce 1895 německým fyzikem Wilhelmem Conradem Röntgenem (1845–1923) během jeho výzkumu elektrických výbojů v plynech. Během experimentů s elektronovým paprskem, který byl urychlován elektrickým polem směřujícím k anodě, Röntgen objevil, že tento proces vytváří záření, které je schopno pronikat i neprůhlednými materiály. To zpočátku nazval "paprsky X". Röntgen prováděl

další experimenty, aby zkoumal vlastnosti tohoto záření, včetně jeho schopnosti vytvářet snímky. Zjistil, že fotografické desky, umístěné v blízkosti výbojové trubice a obalené černým papírem zčernaly po expozici rentgenového záření, ale tento efekt nebyl pozorován, když byl mezi trubicí a deskou umístěn kovový předmět. Tímto způsobem Röntgen vytvořil první rentgenový snímek lidské ruky. Za tento průlomový objev získal Röntgen v roce 1901 Nobelovu cenu za fyziku. Později, v roce 1912, bylo zjištěno, že rentgenové záření vytváří charakteristické ohybové vzory při průchodu krystaly, což vedlo k poznání, že paprsky X jsou ve skutečnosti elektromagnetické vlnění s velmi krátkou vlnovou délkou. [17] [20]

Spektrum rentgenového záření se skládá ze dvou hlavních složek, brzdného a charakteristického záření. Brzdné záření, také nazývané spojité záření, vzniká v důsledku brzdění pohybu elektronů, kteří jsou urychlováni v elektronové trubicí a dopadají na povrch kovového anodu. Při nárazu elektronů na atomové jádro kovu dochází k jejich zpomalení, čímž dochází k přeměně jejich kinetické energie na elektromagnetické záření. Toto záření má spojité spektrum, protože rychlost elektronů je různá a frekvence emitovaných fotonů se spojitě mění. [17]

Charakteristické záření je spojeno s přechody elektronů v atomech kovů, které získávají energii od dopadajících elektronů. Tato energie je dostatečná k tomu, aby vyražené elektrony z vyšších energetických hladin doplnily obsazené energetické hladiny ve vnitřních obalech atomů. Při tomto procesu je uvolňována energie ve formě rentgenového záření. Charakteristické záření je tedy tvořeno diskrétními čarami ve spektru, které odpovídají energetickým hladinám atomů kovu. [17]

S rostoucím atomovým číslem prvku, jímž rentgenové záření prochází, se zvyšuje jeho schopnost absorbovat toto záření. Průchodnost rentgenového záření materiálem je též závislá na jeho energii. V oblasti radiologie je občas používán termín tvrdost záření k charakterizaci rentgenového záření. Zatímco měkké rentgenové záření má nižší energii a vykazuje menší průchodnost materiály, tvrdé rentgenové záření má vyšší energii a proniká mnohem snadněji. [36]

## 5.7 Gama záření

Gama záření je charakterizováno vlnovou délkou kratší než 0,01 nm, což odpovídá frekvencím vyšším než  $10^{19}$  Hz. Gama záření následuje rentgenové záření v elektromagnetickém spektru a jedná se o typ ionizujícího záření. Záření gama je elektromagnetické záření tvořené fotony o vysoké energii nad 10 keV. Je značeno řeckým písmenem  $\gamma$ . [19]

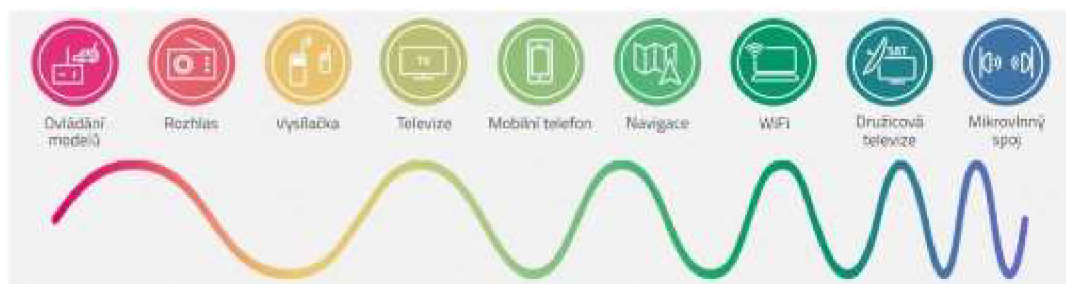
Bylo objeveno Ernestem Rutherfordem roku 1900 při studiu radia. V přírodě neexistují přirozené gama zářiče. Vzniká při přechodech v jádrech radioaktivních atomů, často spolu s alfa ( $\alpha$ ) nebo beta ( $\beta$ ) rozpadem na rozdíl od rentgenového záření, které vzniká v obalu atomu. Označuje se řeckým písmenem  $\gamma$ , a je to vysoce energetické elektromagnetické záření vznikající při radioaktivních a jiných jaderných a sub jaderných dějích. Záření gama je řazeno mezi pronikavé záření tzn. že se do látek absorbuje jen minimálně. [19] [32]

## 6 Využití elektromagnetického vlnění

V následujících podkapitolách je rozebráno, kde se jednotlivé druhy elektromagnetického vlnění využívají. Důraz je kladen na technické aspekty, výhody a omezení každého druhu elektromagnetického vlnění a jeho význam v současných aplikacích.

### 6.1 Využití radiových vln

Vlnová délka vln a výška frekvence kromě charakteru rádiového záření určují i jejich využití a rozdělení do funkčních skupin viz Obrázek 11.



Obrázek 11 Využití spektra rádiových vln podle druhu spotřebičů [29]

Velmi dlouhé vlny jsou využívány jako námořní navigace pro komunikaci s ponorkami pod hladinou, a to díky své vlastnosti proniknout do vody na velké vzdálenosti. Velmi dlouhé vlny také poskytují spolehlivé komunikační kanály pro letadla v dálkové navigaci. Jsou schopny proniknout do atmosféry na velké vzdálenosti, což umožňuje letovému personálu udržovat spojení se zemí i při dálkových letech, například přes oceány. Kromě námořní a letecké navigace nacházejí velmi dlouhé vlny uplatnění i v meteorologických službách. Jsou využívány pro šíření informací o aktuálním počasí, zajištění nouzových výstrah či přenos dat z meteorologických stanic na velké vzdálenosti. [3] [43]

Dlouhé vlny jsou základním stavebním prvkem pro rozhlasové vysílání na frekvencích určených pro dlouhé vzdálenosti. Jejich využití zahrnuje nejenom rozhlasovou komunikaci, ale také radiokomunikaci, zejména nad oceány a moři, kde zajišťují spolehlivé spojení s loděmi a letadly na velké vzdálenosti. [3]

Střední vlny, dříve intenzivně využívané pro přenos rozhlasového vysílání, zaznamenaly postupný ústup zejména kvůli omezené kvalitě zvuku způsobené amplitudovou modulací, která nenabízela dostatečnou kvalitu zvuku. Dále byly náchylné k rušení elektrickými výboji, což zahrnovalo jak bouřky, tak i průmyslové rušení. V důsledku toho se mnoho zemí rozhodlo opustit vysílání na středních vlnách. V současnosti

tento pásmový rozsah využívá jen několik národních rozhlasových stanic větších států, jako jsou Polsko a Rumunsko, nebo států, které potřebují pokrýt přilehlé pobřežní vody či řídko osídlená území, jako je Velká Británie, Rusko, Island, Alžír a Maroko. Přesto se střední vlny stále využívají tam, kde je důležitou vlastností spolehlivost a kde jsou přínosy pozemního vlnění nepostradatelné, jako jsou frekvenční a časové standardy, radiomajáky, dálkopisné předpovědi počasí pro námořní lodě a navigační systém LORAN-C, který je stále využíván v oblastech, kde není dostatečný signál GPS. [31]

Krátké vlny umožňují efektivní radiokomunikaci na střední a velké vzdálenosti, což je důvod, proč jsou široce využívány pro rozhlasové vysílání, amatérské rádiové pásmo a také pro komunikaci v nouzových situacích. Díky schopnosti krátkých vln pronikat atmosférou a odrážet se od ionosféry je jejich dosah mnohem větší než u vyšších frekvencí. To umožňuje globální pokrytí signálem s relativně malým počtem vysílačů. Dále se krátké vlny využívají pro mezinárodní rozhlasové vysílání, poskytující možnost přenosu informací na velké vzdálenosti s minimálními náklady. [3] [31]

Velmi krátké vlny jsou využívány pro komunikační účely, včetně frekvenčně modulovaného rozhlasového vysílání a televizního vysílání. Díky tomu, že tyto vlny mají vysokou frekvenci a krátkou vlnovou délku, je umožněna efektivní komunikaci na střední a velké vzdálenosti. V rozhlasovém vysílání se velmi krátké vlny využívají pro III. pásmo, kde nabízejí lepší kvalitu zvuku a méně náchylnost k rušení než krátké a střední vlny. [32]

Ultra krátké vlny se využívají pro komunikační účely, včetně vysílání dalších televizních kanálů, jako jsou IV. a V. pásmo, a digitální televize. Tato pásmová šířka umožňuje efektivní přenos televizního signálu s vysokou kvalitou obrazu a zvuku. Kromě toho ultrakrátké vlny pracují s dalšími radiokomunikačními službami, jako jsou mobilní telefony a Wi-Fi sítě. Tyto služby využívají vysokofrekvenční spektrum ultrakrátkých vln k bezdrátové komunikaci na krátké a střední vzdálenosti. Tato technologie je důležitá pro moderní komunikační systémy a přispívá k široké dostupnosti mobilní komunikace a bezdrátového internetu. [3] [32]

Radiolokace patří mezi hlavní využití super krátkých vln. Umožňuje určit polohu objektů a sledovat pohyb pomocí odražených signálů od cílů. Dále jsou super krátké vlny využívány pro radioreléové spoje, které zajišťují přenos dat a hlasu mezi stanicemi na dlouhé vzdálenosti. Telekomunikační operátoři využívají super krátké vlny pro přenos dat a hlasu v mobilních sítích, jako jsou například síť 5G. Navíc jsou důležité pro satelitní spojení, které umožňují přenos dat a komunikaci mezi pozemními stanicemi a družicemi ve vesmíru.



Extrémně krátké vlny se někdy již považují za mikrovlnné záření, které je popsáno v následující kapitole. [29]

S nárůstem počtu připojených zařízení a nárůstem poptávky po bezdrátových datových přenosech, je očekáváno rozšíření použití rádiových vln pro komunikaci. Implementace 5G sítě a budoucích generací mobilních sítí vyžaduje využití pokročilých rádiových technologií a infrastruktury, aby byly splněny požadavky na výkon, efektivitu a spolehlivost rádiových technologií. S rostoucím využitím rádiových sítí pro přenos citlivých dat je důležitým faktorem ochrana soukromí a zabezpečení komunikace před neoprávněným přístupem a útoky. [44]

## 6.2 Využití mikrovln

Asi nejznámějším využitím mikrovln je ohřev potravin v mikrovlnné troubě, kde se využívá magnetron viz Obrázek 10. Je to speciální elektronka, sloužící jako generátor mikrovlnného záření, konstruovaná s důrazem na výkon a účinnost. Umožňuje ohřev potravin v mikrovlnné troubě, protože mikrovlny o vlnové délce kolem 12 cm mají schopnost výrazně rozkmitat molekuly vody obsažené v potravinách a tuto energii převést na teplo. [8][10]



Obrázek 12 Magnetron [37]

Mikrovlny nachází široké uplatnění v mnoha oblastech díky své schopnosti pronikat různými materiály. Tato vlastnost mikrovlnného záření je využívána k účinnému, a také energeticky výhodnému sušení materiálů. Mikrovlnné záření je využíváno k sušení dřeva, což je rychlejší a ekonomicky výhodnější ve srovnání s klasickými sušárnami, které využívají k sušení např. palivové materiály. Mikrovlny se také používají k sušení papíru,



knih, keramických a farmaceutických produktů, různých granulovaných materiálů a také v textilním průmyslu k sušení textilních vláken. [9]

Z hlediska využití je velmi zajímavou schopností mikrovlnného záření sterilizační účinek, který s výhodou využívají restaurátoři při renovacích starých dřevěných soch, plastových artefaktů a podobných materiálů. Ultrarychlý ohřev pomocí mikrovln a následné ochlazení se v průmyslu využívají při pasterizování mléka, ovocných a zeleninových šťáv apod. Mikrovlny jsou také úspěšně uplatněny i při sterilizaci půdy nebo osiv a znamenají také spolehlivou metodu při likvidaci plísní, hub a dřevokazného hmyzu z lidských obydlí. I v oblasti ochrany životního prostředí mají mikrovlny své místo – rozklad toxických látek při vysokých teplotách dosažených mikrovlnným ohřevem může být využit pro eliminaci škodlivých látek v půdě či jiných materiálech, a také při likvidaci zdravotnického odpadu. [8]

Telekomunikace a přenos dat jsou další oblastí, kde mikrovlnné záření hraje významnou roli. Záření na rozhraní mikrovln a rádiových vln se využívá k přenosu signálu u mobilních telefonů a k provozu Wi-Fi sítí. Lokální bezdrátové sítě Wi-Fi umožňují vzájemné bezdrátové propojení mobilních zařízení a připojení k internetu. [8] [9]

V současné době se stále častěji setkáváme s použitím mikrovln v organické syntéze. Reakce při ozařování mikrovlnným zářením probíhají extrémně rychle a vyžadují poměrně jednoduché zařízení, tj. modifikované mikrovlnné trouby pro laboratorní účely. Tyto reakce jsou šetrnější k životnímu prostředí než tradiční laboratorní syntézy a z hlediska nákladů jsou ekonomicky výhodné, protože není potřeba použití rozpouštědla. Dále přinášejí zlepšení a zjednodušení syntéz ve srovnání s tradičními metodami, jako jsou vodní nebo olejové lázně, například urychlení reakcí, zvýšené výtěžky a vyšší čistota produktů. Proto lze očekávat, že i v budoucnu se budou nadále využívat. [8]

### **6.3 Využití infračerveného záření**

Pro IR záření jsou platné stejné fyzikální zákony jako pro viditelné světlo. Optické soustavy, mohou být konstruovány s využitím optických prvků, jako jsou čočky, vyrobené z materiálů speciálně vhodných pro IR záření, například NaCl (Chlorid sodný). Můžeme tak sestavit dalekohled, kameru nebo fotoaparát a využít charakteristických vlastností IR záření, například schopnost proniknout zakaleným prostředím, jako je mlha, nebo pracovat v tmavém prostředí. [24]

IR záření, které vyzařují všechna tělesa, má schopnost pronikat určitými médii, jako je mlha, lépe než světlo viditelné lidským okem. Tato vlastnost je využívána v oblasti meteorologie, kde jsou meteorologické družice vybaveny infračervenými senzory pro monitorování povrchu Země. Díky těmto sensorům mohou meteorologové sledovat teplotní rozdíly na povrchu, identifikovat meteorologické jevy a monitorovat klimatické podmínky na celém světě. [38]

Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, IR záření se rozděluje na IR-A, IR-B a IR-C a každé má jiné vlastnosti, které mají jiné oblasti použití.

- IR-A složka záření má nejdelší vlnové délky v rozsahu od 700 nm do 1 mm. Záření v této oblasti má tendenci pronikat hluboko do pokožky a je často využíváno v lékařských aplikacích, jako je tepelná terapie a fototerapie. Tepelná terapie je založena na aplikaci tepla na postiženou oblast těla, což má za cíl zmírnit bolest, uvolnit svalové napětí a zlepšit průtok krve. Fototerapie využívá specifického světelného záření k léčbě různých zdravotních stavů, kde infračervené světlo má potenciál pomoci při léčbě svalových zranění a bolesti. [44]
- IR-B složka záření zahrnuje vlnové délky v rozmezí přibližně od 1,4  $\mu\text{m}$  do 700 nm. Tato část spektra je často spojována s tepelnými efekty a je částečně absorbována atmosférou. Přestože proniká dovnitř pokožky méně než IR-A, je stále schopna zahřát povrch kůže. Je možné jej využít především v terapiích, jako je léčba bolesti, zánětů a svalových zranění. Speciální zařízení s infračervenými lampami nebo laserovými systémy emitují IR-B záření, které proniká dovnitř kůže a zahřívá tkáň. Tento proces může zlepšit průtok krve, uvolnit svalové napětí a urychlit hojení. V průmyslu se IR-B záření využívá například v tepelných procesech, jako je sušení a ohřev. [38]
- IR-C složka záření má nejkratší vlnové délky infračerveného spektra s rozmezím přibližně od 1 mm do 100  $\mu\text{m}$ . Tato část spektra je silně absorbována atmosférou a je typicky spojována s tepelným využitím, jako jsou infračervené topidla a topné systémy, a ohřev v průmyslových procesech. IR topné systémy s vysokým výkonem poskytují efektivní a rychlou metodu ohřevu, což umožňuje zvýšit produktivitu a efektivitu v průmyslových provozech. [38]

K detekci úniků tepla se využívají termokamery, které se skládají ze souboru mikro bolometrů. Bolometr je elektronická součástka, jejíž funkce je založena na vlastnosti některých polovodičů měnit svou rezistivitu s rostoucí teplotou. Právě hodnota rezistivity

a tím i výstupního proudu je přeměněna na displeji na určitou barvu, která odpovídá určité teplotě. Toto umožňuje sledovat emise tepelného záření, a to jak ve stavební praxi, tak při hledání tepelných ztrát budov, strojních a elektrických zařízení a diagnostikování jejich poruchových stavů před tím, než dojde k viditelnému poškození nebo havárii. To znamená, že je tato technologie využívána ke kontrole funkčnosti olejových chladičů transformátorů, vyhledání vadných míst na soustrojí a určení místa závady (ložiska, hřídel, motor atd.), vedení podlahového topení, vodovodního potrubí a elektro kabelů ve zdi apod. [8] [38]



Obrázek 13 Zobrazení termokamerou [39]

IR záření dále našlo uplatnění v elektronice a sdělovací technice. Příkladem mohou být různé senzory a čítače jako je senzor u automaticky otevíraných a zavíraných dveří nebo dálkové ovládání. Dalším příkladem je dálkové ovládání, které využívá IR záření k přenosu signálů mezi ovladačem a ovládaným zařízením. Ovladač generuje specifické impulzy, které nesou instrukce, jako je změna hlasitosti nebo přepínání kanálů, a tyto impulzy jsou pak vysílány pomocí infračerveného světla. Signál je přijímán čidlem zabudovaným v čelní stěně ovládaného zařízení. Dále se IR záření využívá pro přenos informací přes optická vlákna, průmyslové sušení a ohřev, a také pro likvidaci škůdců, plísní a bakterií ve skladech. [8]

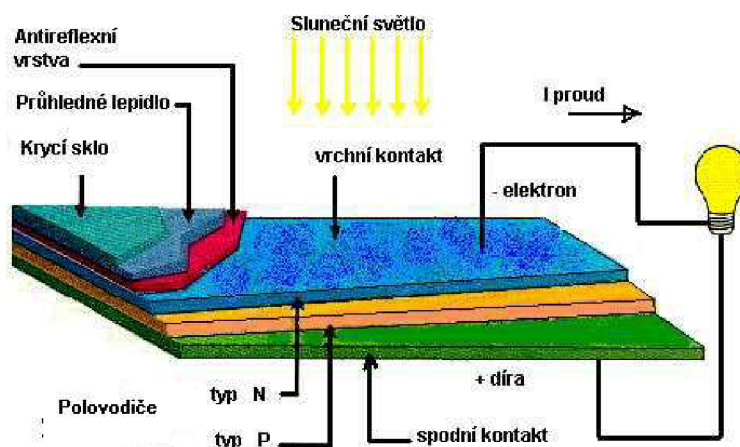
Infrazářič je spotřebič přeměňující elektrickou energii na teplo a IR-C záření. Je určený k ohřevu osob, předmětů či potravin v obytných, výrobních nebo venkovních prostorech. Tento samostatný spotřebič pracuje s uzavřeným okruhem spalování, který zahrnuje dvě protisměrné trubice pro cirkulaci ohřátého vzduchu nebo inertního plynu společně se spaliny. Infrazářič se skládá z tělesa s vysokým odporem, kterým prochází elektrický proud. Těleso vyzařuje infračervené záření, které je následně reflektováno do cílového prostoru pomocí reflexních ploch. Trubice infrazářiče jsou obvykle vyrobeny z křemíku a obsahují spirálovitě stočený NiCr drát nebo wolframové vlákno, které zajišťuje produkci tepla a infračerveného záření. [38]

## 6.4 Využití viditelného světla

Nejrozšířenějším využitím viditelného světla je osvětlování. Světelné zdroje jako žárovky, výbojky a LED diody produkují viditelné světlo, které je využíváno k osvětlení domácností, kanceláří, ulic, automobilů, a dalších prostor. S vývojem technologií se stále více prosazují úsporné a ekologicky šetrné zdroje světla, jako jsou LED diody, které nabízejí vysokou účinnost, dlouhou životnost a možnost regulace intenzity osvětlení. [43]

Viditelné světlo představuje základní stavební kámen pro různé typy displejů, které se používají v moderní technologii. Mezi tyto technologie patří LCD (tekuté krystaly), OLED (organické světelné diody), LED obrazovky, a dříve technologie CRT (katodové trubice). Tyto technologie jsou integrovány do širokého spektra zařízení, včetně televizorů, monitorů, mobilních telefonů, počítačů a dalších elektronických zařízení, která potřebujeme pro zobrazování informací. [43]

Mezi důležitou oblast využití viditelného záření patří fotovoltaické články viz Obrázek 14, které využívají fotoelektrický jev světelného záření ke konverzi slunečního záření přímo na elektrickou energii. Tento proces využívá vlastností určitých materiálů, jako je křemík, které při dopadu fotonů emitují elektrony a vytvářejí tak elektrický proud. S rostoucí popularitou obnovitelných zdrojů energie se očekává, že využití fotovoltaických článků bude nadále narůstat. [1] [43]



Obrázek 14 Fotovoltaický článek [49]

Jako hlavní výhody fotovoltaických článků můžeme uvést jejich nezávislost na elektrické rozvodné síti a nezávislost na vyčerpateľných fosilních zdrojích elektrické energie. Je to zdroj elektřiny v odlehlých místech nepřipojených k elektrické rozvodné síti. Další výhodou je, že je alternativním energetickým zdrojem, jehož důležitost stoupá v souvislosti s rostoucími cenami energií. [50]

Jako nevýhody lze uvést vyšší pořizovací cena, která je ale kompenzována životností a také to, že se účinnost fotovoltaických článků postupem času snižuje. Fotovoltaické články jsou závislé na slunečním záření. To znamená, že večer, v noci při oblačnosti může být výkon fotovoltaického článku omezený. [50]

Fotovoltaické panely se skládají z fotovoltaických článků. Výkon fotovoltaických panelů se udává v jednotkách zvaných Watt peak (dále jen Wp), což je maximální výkon, který panel může vygenerovat za optimálních slunečních podmínek. Tento parametr umožňuje výběr fotovoltaického panelu s optimálním výkonem pro konkrétní solární systémy, což přispívá k efektivnímu využití sluneční energie. Porovnání jednotlivých typů fotovoltaických panelů a jejich nejdůležitějších parametrů je v Tabulce 2. K nákladům na pořízení jednoho panelu je třeba připočítat náklady na instalaci, zapojení k elektrické síti a další náklady. [50] [52]

Typ fotovoltaického panelu	Pořizovací náklady jednoho panelu	Celkové náklady na pořízení	Účinnost	Výkon panelu
Monokrystalický	Od 20 000 Kč	60 000 – 120 000 Kč	17-23 %	250-400 Wp
Polykrystalický	Od 15 000 Kč	50 000 – 100 000 Kč	13-18 %	240-380 Wp
Amorfni (tenkostěnné)	Od 10 000 Kč	30 000 – 80 000 Kč	6-12 %	100-300 Wp

*Tabulka 2 Porovnání fotovoltaických panelů [51] [52]*

## 6.5 Využití UV záření

UV záření se využívá v oblasti osvětlovací techniky, sterilizace, kriminalistiky a chemické analýzy. V kriminalistice se UV záření využívá k detekci stopy tělesných tekutin, krevních skvrn a jiných stop, které nemusí být viditelné pouhým okem. UV záření také způsobuje fluorescenci některých látek. Tohoto jevu se využívá při zabezpečování bankovek. K sterilizaci dochází využitím vysokoenergetických fotonů, jako je UV záření. Sterilizace je zásadní v mnoha odvětvích, zahrnující sterilizaci lékařských nástrojů a dezinfekci vody, kde účinně likviduje bakterie, viry a jiné mikroorganismy. Díky své schopnosti proniknout do buněčné struktury UV záření poskytuje spolehlivou sterilizaci bez použití chemických látek. Dalším důležitým využitím je ve výrobě polovodičů, konkrétně ve fotolitografii. Využití UV záření k vytvrzování materiálů představuje jednu z důležitých aplikací tohoto typu záření v průmyslovém a výrobním prostředí. UV záření se využívá při procesu foto polymerizace, kde dochází k tuhnutí a polymeraci speciálních foto reaktivních

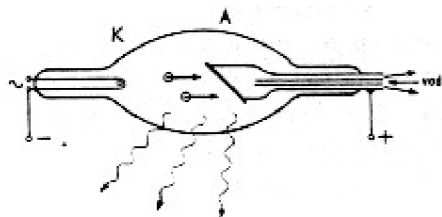
materiálů, například pryskyřic obsahujících fotosenzitivní látky, při expozici UV záření. [25] [43]

Chemická analýza pomocí UV záření je metoda využívaná k identifikaci látek v různých vzorcích na základě jejich absorpčních vlastností v UV oblasti spektra. V praxi se Ultrafialovo – viditelná spektroskopie používá k provádění chemických analýz pomocí UV záření. Tento přístroj měří intenzitu UV záření procházejícího skrz vzorek při různých vlnových délkách. Získané spektrum absorpce je pak porovnáno s referenčními spektry známých látek nebo použito k vytvoření kalibrační křivky pro kvantifikaci cílových látek ve vzorku. Je to důležitý nástroj pro kontrolu kvality, identifikaci nečistot, stanovení koncentrace látek. [48]

Nejvýkonnějším zdrojem UV záření je plazmový hořák, který se využívá především v průmyslu pro procesy jako je řezání kovů, svařování nebo nanášení těžko tavitelných keramických materiálů na povrch kovů. Dalšími zdroji UV záření jsou xenonové a rtuťové výbojky. Ty se využívají v léčebných a kosmetických procedurách, kde se využívá UV záření pro terapeutické účely nebo dezinfekci prostředí. [25]

## 6.6 Využití rentgenového záření

Technicky nejdůležitějšími zdroji rentgenového záření jsou rentgenové trubice, známé také jako rentgenové lampy nebo rentgenky. Rentgenka, viz Obrázek 15, představuje speciální typ elektronky, kde dochází k produkci rentgenového záření. Tento typ elektronky se skládá z anody a katody. Rentgenka je základním prvkem v rentgenové diagnostice, neboť ovlivňuje jakost rentgenových obrazů, které jsou klíčové pro diagnostiku a léčbu různých onemocnění a poranění. [17]



Obrázek 15 Rentgenka [21]

Rentgenové záření se v průmyslu využívá pro nedestruktivní kontrolu materiálů a výrobků. Tato technika umožňuje důkladné zkoumání vnitřních struktur a možných vad bez toho, aby byl zkoumaný materiál narušen. Rentgenová kontrola je důležitá pro identifikaci skrytých vad, trhlin a jiných nedostatků, které by mohly ovlivnit kvalitu a bezpečnost výrobků. Díky nedestruktivní povaze této metody zůstává materiál po zkoušce v původním stavu a je nadále použitelný. Kontrola rentgenem je proto důležitou



defektoskopickou metodou pro zajištění kvality a bezpečnosti v průmyslových procesech. [17]

Absorpce rentgenového záření různými materiály je základním principem rentgenové diagnostiky. Tento proces závisí na protonovém čísle atomů v materiálu, přičemž čím vyšší je protonové číslo, tím více materiál záření pohlcuje. V medicíně je rentgenové záření využíváno zejména k diagnostice kostních struktur, protože kosti, obsahující vápník (protonové číslo 20), mají vysokou schopnost pohlcovat rentgenové záření oproti měkkým tkáním s vysokým obsahem vody. To vede ke vzniku kontrastních obrazů na rentgenových snímcích viz Obrázek 16. [17] [36]



Obrázek 16 Absorpce rentgenového záření v kostech [35]

## 6.7 Využití záření gama

Mezi hlavní využití gama záření ve výrobním průmyslu je zjišťování tloušťky materiálů, které jsou obtížně měřitelné jinými metodami. Například v ocelárnách, kde tato technika umožňuje přesné monitorování tloušťky materiálu i při vysokých teplotách a v nepřístupných částech výrobní linky. Stejně jako v ocelárnách je tohoto principu užito u horkého skla ve sklárnách. [43]

Tím, že je gama záření je vysokoenergetické ionizující záření, má schopnost ničit mikroorganismy, včetně bakterií. Tato vlastnost se využívá v různých odvětvích, včetně zdravotnického a potravinářského průmyslu, při procesech sterilizace a konzervace. Při sterilizaci lékařských nástrojů se gama záření aplikuje k dezinfekci a zničení mikroorganismů na povrchu nástrojů, čímž se minimalizuje riziko přenosu infekcí na pacienty. V potravinářství se gama záření používá k prodloužení trvanlivosti potravin, zejména masa a zeleniny, tím, že eliminuje patogenní mikroorganismy a snižuje riziko rozvoje bakteriálních infekcí a rozkladu potravin. Tento proces umožňuje potravinám zůstat čerstvými déle a zároveň zachovává jejich výživovou hodnotu. [19] [36] [43]

V medicíně se gama záření používá v radioterapii k léčbě nádorových onemocnění. V tomto kontextu se využívají zářiče gama, které emitují vysoce energetická gama záření, jež je zaměřeno na postižené oblasti těla. Cílem je zničit nebo zmenšit nádorové buňky a minimalizovat poškození okolní zdravé tkáně. Dále v diagnostických metodách jako je PET (pozitronová emisní tomografie) snímání. Tato technika umožňuje detailní zobrazování vnitřních struktur a funkčních procesů v těle pomocí radioaktivně označených léčiv, které emitují záření gama a poskytuje lékařům cenné informace pro diagnostiku a monitorování různých onemocnění, včetně nádorových onemocnění a neurologických poruch. [36] [46]



## 7 Závěr

Úkolem této práce bylo systematicky zpracovat informace o působení, vlivu a využití elektromagnetického záření. Elektromagnetické záření má na život velký vliv a lidstvo si našlo možnost, jak toto záření, co nejvíce využít. Z této práce a všech poznatků vyplývá, že elektromagnetické záření je všudypřítomné a využití elektromagnetického záření najdeme například v průmyslu, v armádě, ve zdravotnictví, telekomunikaci a dalších oblastech.

V průběhu této práce bylo zjištěno, že elektromagnetické vlnění má značný ekonomický dopad. Zejména v oblastech jako telekomunikace, energetika, zdravotnictví a výzkum. V energetice především ve využití viditelného světla ve fotovoltaice, kdy se s rostoucí popularitou obnovitelných zdrojů energie očekává, že využití fotovoltaických článků bude nadále narůstat. Technologie elektromagnetického vlnění zvyšují přesnost diagnóz a účinnost léčby ve zdravotnictví, což může snížit náklady na zdravotní péči a zlepšit zdraví obyvatelstva. Dále má elektromagnetické vlnění důležitou roli ve vědeckém výzkumu a technologických inovacích. Investice do vývoje nových technologií a využití elektromagnetického vlnění mohou vést k objevům s potenciálem pro ekonomický růst a konkurenceschopnost.

V závěru lze tedy konstatovat, že další pokrok v oblasti elektromagnetického záření bude záviset na udržitelném a uvážlivém přístupu k jeho využití. Efektivní a bezpečné využití tohoto záření je nezbytné pro další technologický rozvoj a inovace, které přinesou prospěch celé společnosti.

Celkově tedy tato práce poskytuje ucelený pohled na elektromagnetické záření a jeho využití v mnoha oblastech, což může být cenným zdrojem informací pro budoucí výzkumy a technologické inovace.

## 8 Seznam použitých zdrojů

- [1] LIBRA, Martin. Vladislav, POULEK. Zdroje a využití energie. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007, ISBN978-80-213-1647-8.
- [2] LINDA, Tomáš. ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ POZITIVNÍ A NEGATIVNÍ PŮSOBENÍ NA ZDRAVÍ, MOŽNOSTI OCHRANY. Praha 2012. Diplomová práce. Univerzita Karlova, 3. lékařská fakulta. Vedoucí práce RNDr. Petr Jelínek, Ph.D.
- [3] MARTINEK, Radislav. SENZORY V PRŮMYSLOVÉ PRAXI. Praha: BEN – technická literatura, 2004. ISBN 80-7300-114-4.
- [4]. HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER. Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. V Brně: VUTIUM, 2000. ISBN 80-214-1868-0.
- [5] BENCKO, Vladimír, et al. Hygiena: Učební texty k seminářům a praktickým cvičením. 2. přepracované a doplněné vydání. Praha: Karolinum, 2002. 205 s. s. 115–118. ISBN 80-7184-551-5
- [6] SEDLÁK, Bedřich; ŠTOLL, Ivan. Elektřina a magnetismus. [s.l.]: Academia 650 s. ISBN 80-200-1004-1.
- [7] ŠVEC, Jiří. RADIOAKTIVITA A IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ, *Doplňující učební text pro předměty Bakalářská fyzika, Aplikovaná fyzika, Ochrana před zářením*. 1. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. ISBN 80-86634-62-0.
- [8] Hrazdíra I., Maryšková, V.: Termovize-její současný význam pro lékařskou diagnostiku. In: Lékař a technika, Praha: CLS, str.117-120, 1999
- [9] ŠAULINOVÁ, J., ChemMagazín, č. 1, ročník XV, 2005, 8-10.
- [10] Mašín P., Hendrych J., Kroužek J., Kubal M., Kochánková L., Sobek J., Removal of persistent organic pollutants from a solid matrix by thermal desorption technology using conventional and microwave heating, Conference Cemepe & Secetox 2011, Skiathos Greece, ISBN: 978-960-6865-43-5, p. 378-382
- [11] DERVIĆ, Kemal, Vladimir SINIK a Željko DESPOTOVIĆ. Basics of electromagnetic radiation [online]. IX International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection – Proceedings. Zrenjanin, Republic of Serbia, 2019, 512-520. ISBN 978-86-7672-324-9
- [12] KLIMEŠ B., KRACÍK J., ŽENÍŠEK A, Základy fyziky II. Praha 1972
- [13] *Vlnová délka*. Online. In: Wikipedia.org. 2012. Dostupné z: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cb/Vlnova\\_delka.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cb/Vlnova_delka.png). [cit. 2024-02-22].
- [14] *Spektrum elektromagnetického vlnění*. Online. In: Wikisofia.cz. Dostupné z: [https://wikisofia.cz/w/images/thumb/6/6e/Elektromagnetikce\\_zareni.png/698px-Elektromagnetikce\\_zareni.png](https://wikisofia.cz/w/images/thumb/6/6e/Elektromagnetikce_zareni.png/698px-Elektromagnetikce_zareni.png). [cit. 2024-02-22].

- [15] KROUZA, Jan. Vliv elektromagnetického pole na životní prostředí. Online, BAKALÁŘSKÁ PRÁCE, vedoucí Ing. Marcela Ledvinová, Ph.D. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/7262/1/Vliv%20em%20pole%20na%20ziv%20pros%20-%20BP.pdf>. [cit. 2024-02-21].
- [16] HOROVÁ, Zuzana. Demonstrace základních vlastností šíření vln na datech umělých družic. Online, Diplomová práce, vedoucí doc. RNDr. Ondřej Santolík, Dr. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2007. Dostupné z: [https://fyzweb.cz/materialy/hvizdy/hvizdy\\_cele.pdf](https://fyzweb.cz/materialy/hvizdy/hvizdy_cele.pdf). [cit. 2024-02-21].
- [17] MARTYKÁNOVÁ, Eva. *RTG záření, jeho vlastnosti a využití* [online]. Brno, 2007 [cit. 2024-02-22]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/qd8aaq/>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce prof. RNDr. Vladislav Navrátil, CSc.
- [18] *Viditelné spektrum*. Online. In: Fotoradce.cz. 2010. Dostupné z: <https://www.fotoradce.cz/files/magazin/258495/big71539.jpg>. [cit. 2024-02-22].
- [19] JURYŠEK, Jakub. *Detekce a spektrometrie záření gama*. Online, Bakalářská práce. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2011. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/87370>. [cit. 2024-02-23].
- [20] *What Are X-Rays?* Online. In: LIVE SCIENCE. 2024. Dostupné z: <https://www.livescience.com/32344-what-are-x-rays.html>. [cit. 2024-03-05].
- [21] *Rentgentka*. Online. In: Encyklopediefyziky.cz. 2006. Dostupné z: [http://fyzika.jreichl.com/data/optika/4\\_zareni\\_soubory/image095.png](http://fyzika.jreichl.com/data/optika/4_zareni_soubory/image095.png). [cit. 2024-02-23].
- [22] *Electromagnetic (EM) Spectrum*. Online. In: UCAR. 2024. Dostupné z: <https://scied.ucar.edu/learning-zone/earth-system/electromagnetic-spectrum>. [cit. 2024-03-05].
- [23] *Physics in the Modern World*. Online. Elsevier, 1981. ISBN 9780124722804. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-472280-4.X5001-1>. [cit. 2024-03-05].
- [24] HÁJEK, Milan. MIKROVLNY V AKCI. Online. 2006, s. 10. Dostupné z: <http://golem.fjfi.cvut.cz/wiki/Diagnostics/Basic/ElectronDensity/instructions/Mikrovlny%20v%20akci.pdf>. [cit. 2024-02-17].
- [25] TANG, Xiaoyou; YANG, Tingyi; YU, Daojiang; XIONG, Hai a ZHANG, Shuyu. Current insights and future perspectives of ultraviolet radiation (UV) exposure: Friends and foes to the skin and beyond the skin. Online. *Environment International*. 2024, roč. 185. ISSN 01604120. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108535>. [cit. 2024-03-08].

- [26] Elektrické pole. Online. In. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VFpT\\_dipole\\_electric\\_manylines.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VFpT_dipole_electric_manylines.svg). [cit. 2024-02-20].
- [27] FENG, Shixuan; WANG, Haowen; MA, Jian; LIN, Zhongtai; WANG, Chuanjin et al. Fabrication of hollow Ni/NiO/C/MnO<sub>2</sub>@polypyrrole core-shell structures for high-performance electromagnetic wave absorption. Online. *Composites Part B: Engineering*. 2024, roč. 275. ISSN 13598368. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2024.111344>. [cit. 2024-03-07].
- [28] Magnetické pole. Online. In: Elektross.cz. Dostupné z: <https://elektross.gjn.cz/obrazky/magnet1.gif>. [cit. 2024-02-20].
- [29] Radiové vlny a mikrovlny: Radiové vlny, 2010. <http://www.realisticky.cz/zmeny.php:realisticky> [online]. Martin Krynický, 7.11.2019 [cit. 2024-02-28]. Dostupné z: <http://www.realisticky.cz/ucebnice/02%20Fyzika%20SŠ/05%20Optika/04%20Elektromagnetické%20záření/03%20Radiové%20vlny%20a%20mikrovlny.Pd>
- [30] NOVÁK, Ivo. *Účinky elektromagnetického pole na lidský organismus*. Online. Roč. 2015. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/13319-ucinky-elektromagnetickeho-pole-na-lidsky-organismus>. [cit. 2024-02-20].
- [31] *Wavelength*. Online. In: UCAR. 2024. Dostupné z: <https://scied.ucar.edu/learning-zone/atmosphere/wavelength>. [cit. 2024-03-05].
- [32] *What is electromagnetic radiation?* Online. In: LIVE SCIENCE. 2022. Dostupné z: <https://www.livescience.com/38169-electromagnetism.html>. [cit. 2024-03-05].
- [33] *Odraz krátkých vln*. Online. In: Wikiskripta.eu. 2024. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/thumb.php?f=Image003.gif&width=450>. [cit. 2024-03-05].
- [34] *Elektromagnetické pole*. Online. In: Tzbinfo.cz. 2015. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/docu/clanky/0133/013319o5.png>. [cit. 2024-02-22].
- [35] *What Are X-Rays?* Online. In: LIVE SCIENCE. 2024. Dostupné z: <https://cdn.mos.cms.futurecdn.net/VRv8ab66tAfezxvXdXVpfe-970-80.jpg.webp>. [cit. 2024-03-05].
- [36] SLANINA, Josef. *Radiobiologie a technika léčby ionizujícím zářením*. Online. I. díl, Radiobiologie. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, 1965. Dostupné z: <http://krameriusndk.nkp.cz/search/handle/uuid:71b251b0-8932-11e5-a715-005056827e52>. [cit. 2024-03-05].
- [37] *Magnetron*. Online. In: Wikipedia.eu, 2024. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Magnetron#/media/Soubor:Caso\\_SMG20\\_-\\_Witol\\_2M219J-0173.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Magnetron#/media/Soubor:Caso_SMG20_-_Witol_2M219J-0173.jpg). [cit. 2024-03-06].

- [38] STUPŇANKOVÁ, Magda. *IR záření v současnosti* [online]. Brno, 2009 [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/c3j5x/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Věra MARYŠKOVÁ.
- [39] *Termokamera*. Online. In: Engineers. 2024. Dostupné z: <https://engineers.decorexpro.com/wp-content/uploads/2017/12/diagnostika1.jpg>. [cit. 2024-03-06].
- [40] GUILMETTE, Lindsay, *The History Of Maxwell's Equations*, Sacred Heart University, 2012. Dostupné z: [https://digitalcommons.sacredheart.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1002&context=wac\\_prize](https://digitalcommons.sacredheart.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1002&context=wac_prize) [cit. 2024-03-05].
- [41] TAN, C.Z. Interaction of a photon with the surface and the bulk potentials of dielectric medium and a relativistic wave equation describing reflection and refraction phenomena and material dispersion. Online. *Journal of Non-Crystalline Solids*. 2023, roč. 621. ISSN 00223093. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2023.122642>. [cit. 2024-03-07].
- [42] BUNKER, P.R. a YURCHENKO, Sergei N. The Planck constant of action and the Kibble balance. Online. *Journal of Molecular Spectroscopy*. 2023, roč. 395. ISSN 00222852. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jms.2023.111794>. [cit. 2024-03-07].
- [43] ŁUKASZ, Lamża. *Elektromagnetické pole a člověk*. Online. 1. Ústav spojů, veřejná výzkumná instituce, 2019. ISBN ISBN 978-83-916146-5-5. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/2021/3/Elektromagneticke-pole-a-clovek.pdf>. [cit. 2024-03-07].
- [44] SHIRKAVAND, Afshan; HAKIMI, Maryam; GERALY, Ghazale; ATAIE FASHTAMI, Leila; SOHEILIFAR, Mohammad Hasan et al. Near infrared low-level laser effect on electron radiation therapy of non-melanoma human squamous cell cancer: An in-vitro study. Online. *Radiation Physics and Chemistry*. 2024, roč. 218. ISSN 0969806X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2024.111544>. [cit. 2024-03-08].
- [45] *Dopad UV záření na Zemi*. Online. In: Carnomed. 2024. Dostupné z: [https://www.carnomed.cz/files/images-article/47-shutterstock\\_723761056.jpg](https://www.carnomed.cz/files/images-article/47-shutterstock_723761056.jpg). [cit. 2024-03-08].
- [46] PAPALAZAROU, Chrysi; QAMHIYEH, Sima; KAATEE, Robert; DE ROUCK, Joke; DECABOOTER, Esther et al. Survey on fan-beam computed tomography for radiotherapy: Current implementation and future perspectives of motion management and surface guidance devices. Online. *Physics and Imaging in Radiation Oncology*. 2024, roč. 29. ISSN 24056316. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.phro.2023.100523>. [cit. 2024-03-08].

[47] *Lom vlny*. Online. In: Radartutorial.eu. 2024. Dostupné z: [https://www.radartutorial.eu/07.waves/pic/brechung\\_print.png](https://www.radartutorial.eu/07.waves/pic/brechung_print.png). [cit. 2024-03-08].

[48] *SPEKTRÁLNÍ METODY STUDIA CHEMICKÝCH LÁTEK*. Online, Učební text. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. Dostupné z: [https://www.prf.upol.cz/fileadmin/userdata/PrF/katedry/afc/Studijni\\_materialy/Spektralni\\_metody.pdf](https://www.prf.upol.cz/fileadmin/userdata/PrF/katedry/afc/Studijni_materialy/Spektralni_metody.pdf). [cit. 2024-03-09].

[49] *Fotovoltaický článek*. Online. In: Ventepc.COM. 2024. Dostupné z: <https://www.nemakej.cz/fotovoltaicke-systemy/princip-fotovoltaickeho-clanku.jpg>. [cit. 2024-03-09].

[50] CHYTRÁ, Klára. *Fotovoltaika*. Online, Bakalářská práce, vedoucí Prof. Ing. Vojtěch Dirner, CSc. Most: VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA, 2010. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/8985854.pdf>. [cit. 2024-03-13].

[51] *Polykrystalický, monokrystalický, nebo amorfní panel? Jak si vybrat fotovoltaiku*. Online. In: Domy sobě. 2024. Dostupné z: <https://www.domysobe.cz/post/polykrystalicky-monokrystalicky-nebo-amorfni-panel-jak-si-vybrat-fotovoltaiku>. [cit. 2024-03-15].

[52] *Jaká je cena fotovoltaiky pro rodinný dům v roce 2024?* Online. In: Evolty. 2024. Dostupné z: <https://evolty.cz/fve/cena-fotovoltaiky/>. [cit. 2024-03-15].