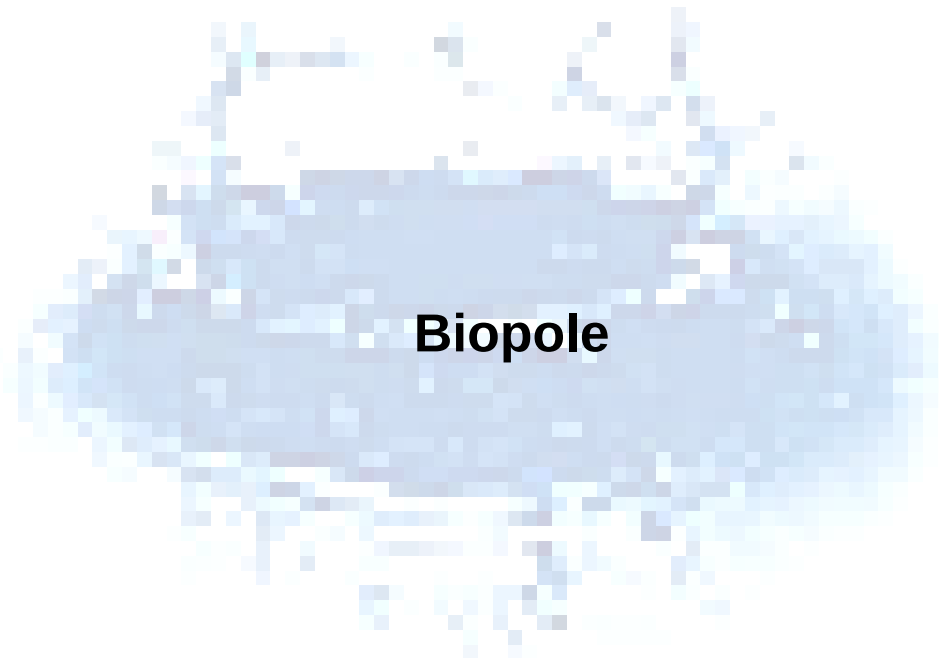




doc. RNDr. Pavel Pospíšil, Ph.D.

Obsah

1. Hmota (látka a pole)
2. Biopole

1. Hmota (látka a pole)

1.1. Hmota

1.2. Látka

1.3. Pole

1.1. Hmota

1.1.1. Typy hmoty

1.1.2. Formy hmoty

1.1.3. Částicový charakter hmoty

1.1.4. Vlnový charakter hmoty

1.1.5. Experimentální důkazy duality částic a vln

1.1.1. Typy hmoty

veškerý vesmír je složený z hmoty

3 typy hmoty

1) Svítící hmota $\Rightarrow$ emituje elektromagnetické záření

$\Rightarrow$ tvoří galaxie

$\Rightarrow$ nese pouze 4% celkové energie vesmíru

2) Temná hmota $\Rightarrow$ neemituje elektromagnetické záření

$\Rightarrow$ vyplňuje pravděpodobně podstatnou část vesmíru "mezi" galaxiemi

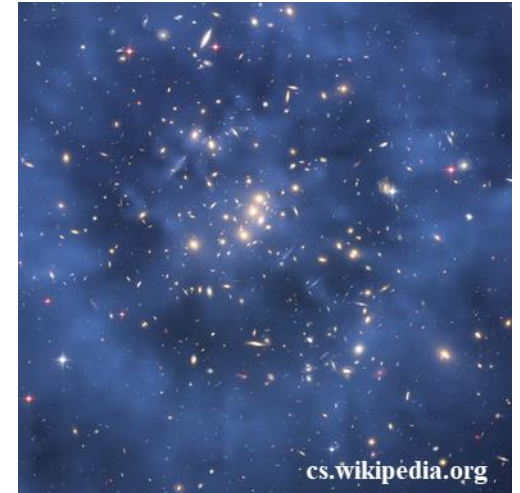
$\Rightarrow$ 3 typy: horká, teplá a chladná

$\Rightarrow$ nese 23% celkové energie vesmíru

3) Neznámá typ hmoty

$\Rightarrow$ zodpovědná za zrychlující se expanzi našeho vesmíru

$\Rightarrow$ nese 73% celkové energie vesmíru (temná energie)



1.1.2. Formy hmoty

2 formy hmoty podle charakteru elementárních částic hmoty $\Rightarrow$ látka + pole

látka $\Rightarrow$ tvořena látkovými částicemi

$\Rightarrow$ mají nenulovou klidovou hmotnost a energii

pole $\Rightarrow$ tvořené polními částicemi

$\Rightarrow$ nemají klidovou hmotnost, mají energii

$\Rightarrow$ zprostředkovávají interakci mezi látkovými částicemi

$E = E_0 + E_k + E_p$ celková energie částice v silovém poli

$E_0 = mc^2$ Einsteinův vztah pro ekvivalenci hmotnosti a energie

$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{\mathbf{p}^2}{2m}$ kinetická energie

$E_p = mgh$ potenciální energie

m_0 ... klidová hmotnost,
 c ... rychlost světla
 $p = mv$... hybnost
 g ... gravitační zrychlení
 h ... nadmořská výška

Kvantová fyzika $\Rightarrow$ látka a pole jsou chápány jako dvě navzájem spjaté formy hmoty $\Rightarrow$ látka a pole mají současně částicové i vlnové vlastnosti, které se projevují v různé míře v závislosti na situaci, ve které se pozorovaný objekt vyskytuje $\Rightarrow$ **vlnově-částicový dualismus**

Klasická fyzika $\Rightarrow$ látka a pole jsou chápány jako dvě oddělené formy hmoty

látka $\Rightarrow$ tvořená částicemi

pole $\Rightarrow$ chová se jako vlnění

možno popsat hmotu makrosvěta, k popisu mikrosvěta je nutno použít kvantovou fyziku

1.1.3. Částicový charakter hmoty

Částicový charakter hmoty $\Rightarrow$ látka a pole má vlastnosti částice

Částicový charakter látky $\Rightarrow$ složena z látkových částic
 $\Rightarrow$ fermiony (částice s polovičním spinem)

1) kvarky $\Rightarrow$ 2 vlastnosti $\Rightarrow$ vůně a barva

vůně (flavor) $\Rightarrow$ 3 generace $\Rightarrow$ každá obsahuje 2 kvarky

1) d (down) u (up)

2) s (strange) c (charm)

3) b (bottom) t (top)

barva $\Rightarrow$ červená, zelená, modrá

2) leptony $\Rightarrow$ 3 generace

1) elektron, elektronové neutrino

2) mion, mionové neutrino

3) tauon, tauonové neutrino

Ke každé z částic existuje její antičástice o stejné hmotnosti a stejné velikosti spinu, ale opačné točivosti (levotočivé nebo pravotočivé), elektrickém náboji a dalších vlastnostech (barva, vůně – předpona –anti)

Částicový charakter pole $\Rightarrow$ složena z polních částic

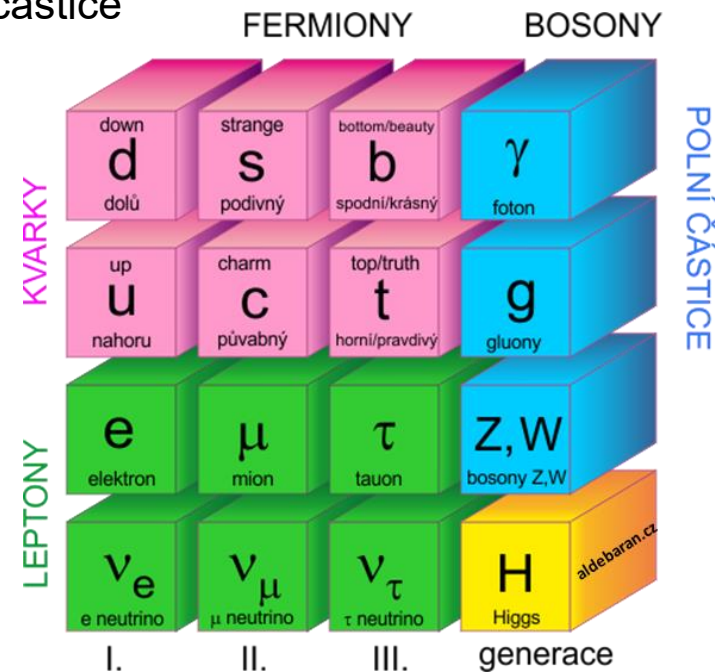
$\Rightarrow$ bosony (částice s celočíselným spinem)

1) graviton $\Rightarrow$ gravitační pole

2) foton $\Rightarrow$ elektromagnetické pole

3) gluon $\Rightarrow$ silné jaderné pole

4) boson $\Rightarrow$ slabé jaderné pole



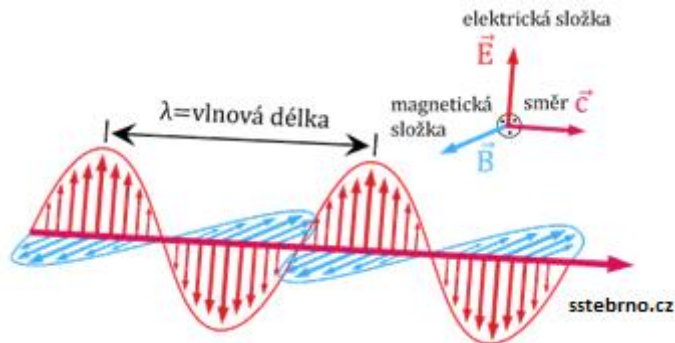
1.1.4. Vlnový charakter hmoty

Vlnový charakter hmoty $\Rightarrow$ látka a pole má vlastnosti vlny

Vlnový charakter látky $\Rightarrow$ látka se chová jako vlna $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ částicí je možno popsat vlnovou funkcí $\Rightarrow$ čtverec absolutní hodnoty vlnové funkce $\Rightarrow$ pravděpodobnost, že se částice nachází v daném okamžiku na daném místě v prostoru

Vlnový charakter pole $\Rightarrow$ pole se chová jako vlna



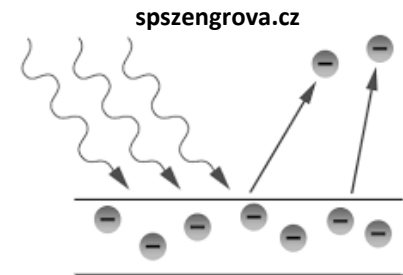
1.1.5. Experimentální důkazy duality vln a částic

1) Čátcový charakter elektromagnetické záření $\Rightarrow$ fotoelektrický jev

$\Rightarrow$ proces, při kterém jsou elektrony (fotoelektrony) emitovány z atomového obalu látky (kovu) v důsledku absorpce elektromagnetického záření látkou

poprvé Heinrich Hertz (1887)

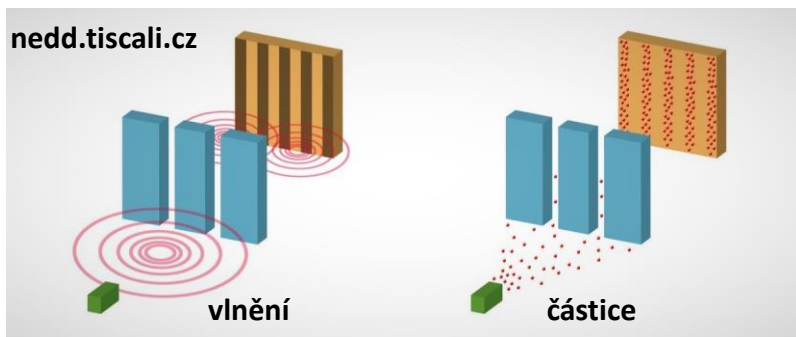
kvantové vysvětlení Albert Einstein (1921 Nobelova cena)



2) Vlnový charakter látky $\Rightarrow$ dvoušterbinový experiment

$\Rightarrow$ částice látky (elektron) dopadá na úzkou dvojici štěrbin

$\Rightarrow$ na stěnu se přitom promítá obraz světla, který se chová jako vlnění



1.2. Látka

1.2.1. Složené částice

1.2.2. Atom, molekula, makromolekula

1.2.3. Biomakromolekula

1.2.1. Složené částice

Hadrony (složené částice) $\Rightarrow$ složené z elementárních částic (kvarků)

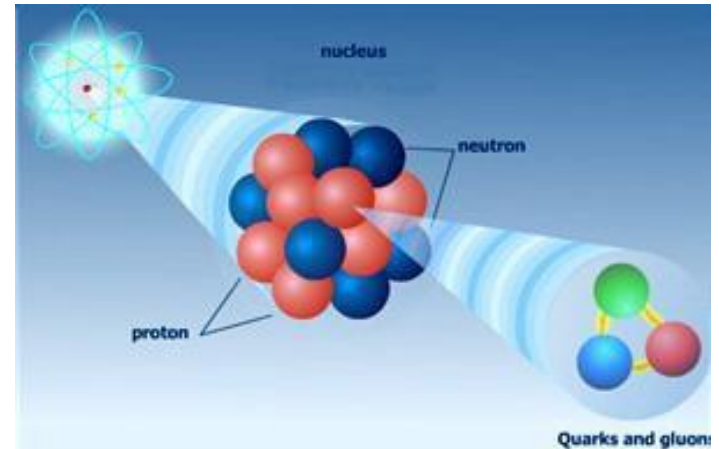
2 skupiny

- 1) mezony $\Rightarrow$ celočíselný spin
 $\Rightarrow$ 1 kvark a 1 antikvark $\Rightarrow$ pion
- 2) baryony $\Rightarrow$ poločíselný spin
 $\Rightarrow$ 3 kvarky $\Rightarrow$ proton, neutron

leptony $\Rightarrow$ malá střední klidová hmotnost (lehké částice)

mezony $\Rightarrow$ střední klidová hmotnost

baryony $\Rightarrow$ velká klidová hmotnost (těžké částice)



1.2.2. Atom, molekula a makromolekula

atom $\Rightarrow$ atomové jádro + elektronový obal

atomové jádro $\Rightarrow$ protony a neutrony

$\Rightarrow$ velká hmotnost, malý objem (10^{-15} m)

elektronový obal $\Rightarrow$ elektrony

$\Rightarrow$ malá hmotnost, velký objem (10^{-10} m)

molekula $\Rightarrow$ tvořena více atomy vázanými chemickými vazbami

$\Rightarrow$ obsahuje více atomových jader

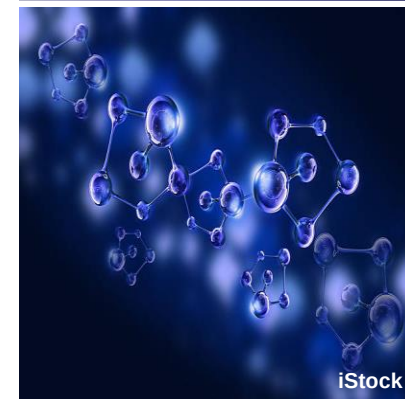
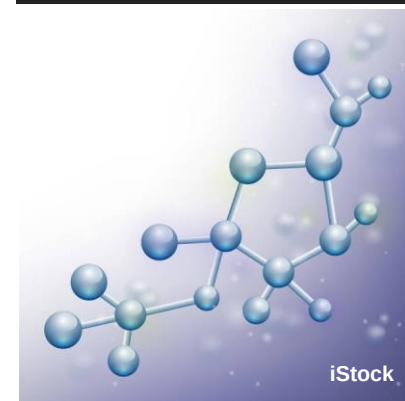
$\Rightarrow$ obsahuje sdílený atomový obal

$\Rightarrow$ sdílený atomový obal zprostředkovává vazba atomů

makromolekula $\Rightarrow$ molekula s velkou molární hmotností

$\Rightarrow$ atomy v makromolekule jsou vázány kovalentními vazbami

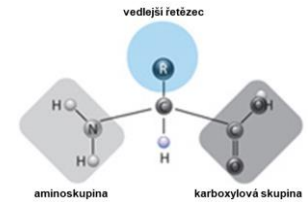
$\Rightarrow$ molekuly van der Waalsovými silami



1.2.3. Biomakromolekula

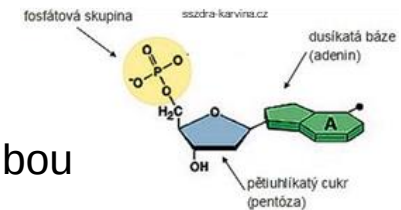
biomakromolekula (biologická makromolekula) $\Rightarrow$ molekula s velkou molární hmotností tvořená v biologických systémech (mikroorganismy, rostliny a živočichové)

1) proteiny $\Rightarrow$ složené z aminokyselin spojených peptidovou vazbou tvořenou mezi karboxylovou a aminovou skupinou

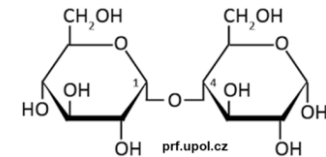


2) lipidy $\Rightarrow$ sloučeniny mastných kyselin s více než třemi atomy uhlíku

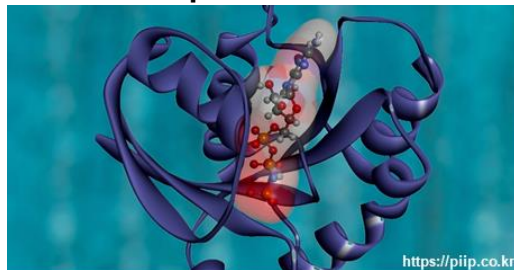
3) nukleové kyseliny $\Rightarrow$ složené z nukleotidů spojené fosfodiesterovou vazbou
nukleotid $\Rightarrow$ dusíkatá báze + cukr + fosfátová skupina



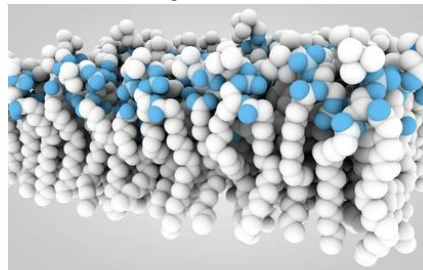
4) polysacharidy $\Rightarrow$ monosacharidové jednotky spojené glykosidovou vazbou



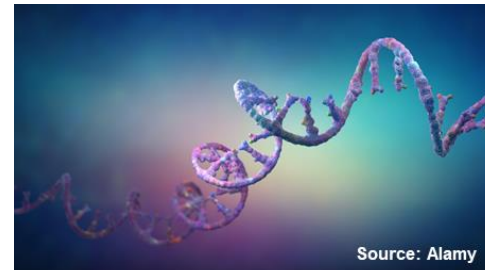
protein



lipid



nukleová kyselina



polysacharid



1.3. Pole

- 1.3.1. Typy fyzikálních polí
- 1.3.2. Elektromagnetické pole
- 1.3.3. Teorie fyzikálních polí
- 1.3.4. Přehled

1.3.1. Typy fyzikálních polí

fyzikální pole $\Rightarrow$ zprostředkovává interakci mezi látkovými částicemi

4 typy fyzikálních polí $\Rightarrow$

1) gravitační $\Rightarrow$

kvantum $\Rightarrow$ graviton (hypotetická částice, nebyla dosud experimentálně prokázána)

zdroj $\Rightarrow$ hmotnost $\Rightarrow$ vzniká kolem částic s nenulovou hmotností

dosah $\Rightarrow$ nekonečný

2) elektromagnetické $\Rightarrow$ elektrické pole a magnetické pole

kvantum $\Rightarrow$ foton

zdroj $\Rightarrow$ elektrický náboj $\Rightarrow$ vzniká kolem částic s nábojem

dosah $\Rightarrow$ nekonečný

3) silné jaderné pole $\Rightarrow$

kvantum $\Rightarrow$ gluon

zdroj $\Rightarrow$ barva

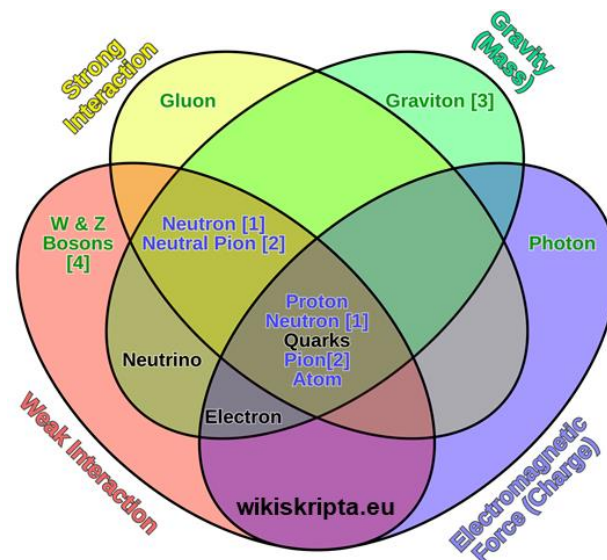
dosah $\Rightarrow$ malý dosah (10^{-15} m)

4) slabé jaderné pole $\Rightarrow$ způsobuje rozpad beta

kvantum $\Rightarrow$ intermediární boson

zdroj $\Rightarrow$ vůně

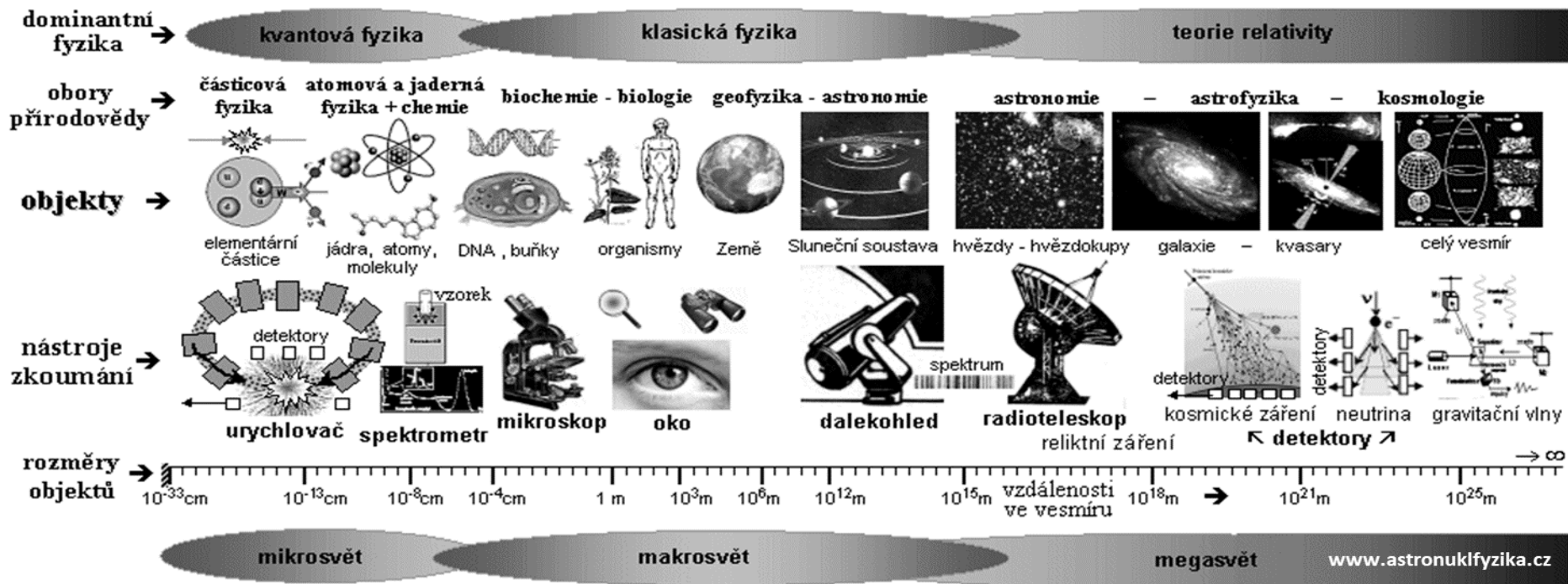
dosah $\Rightarrow$ velmi malý (10^{-18} m)



silné jaderné (1) > elektromagnetické (10^{-2}) > slabé jaderné (10^{-5}) > gravitační (10^{-40})

normované na silné jaderné pole o hodnotě 1

1.3.2. Elektromagnetické pole



1) Klasická fyzika $\Rightarrow$ makrosvět

2) Moderní fyzika $\Rightarrow$ kvantová fyzika + teorie relativity

Kvantová fyzika $\Rightarrow$ mikrosvět

Teorie relativity $\Rightarrow$ megasvět

1.3.3. Teorie fyzikálních polí

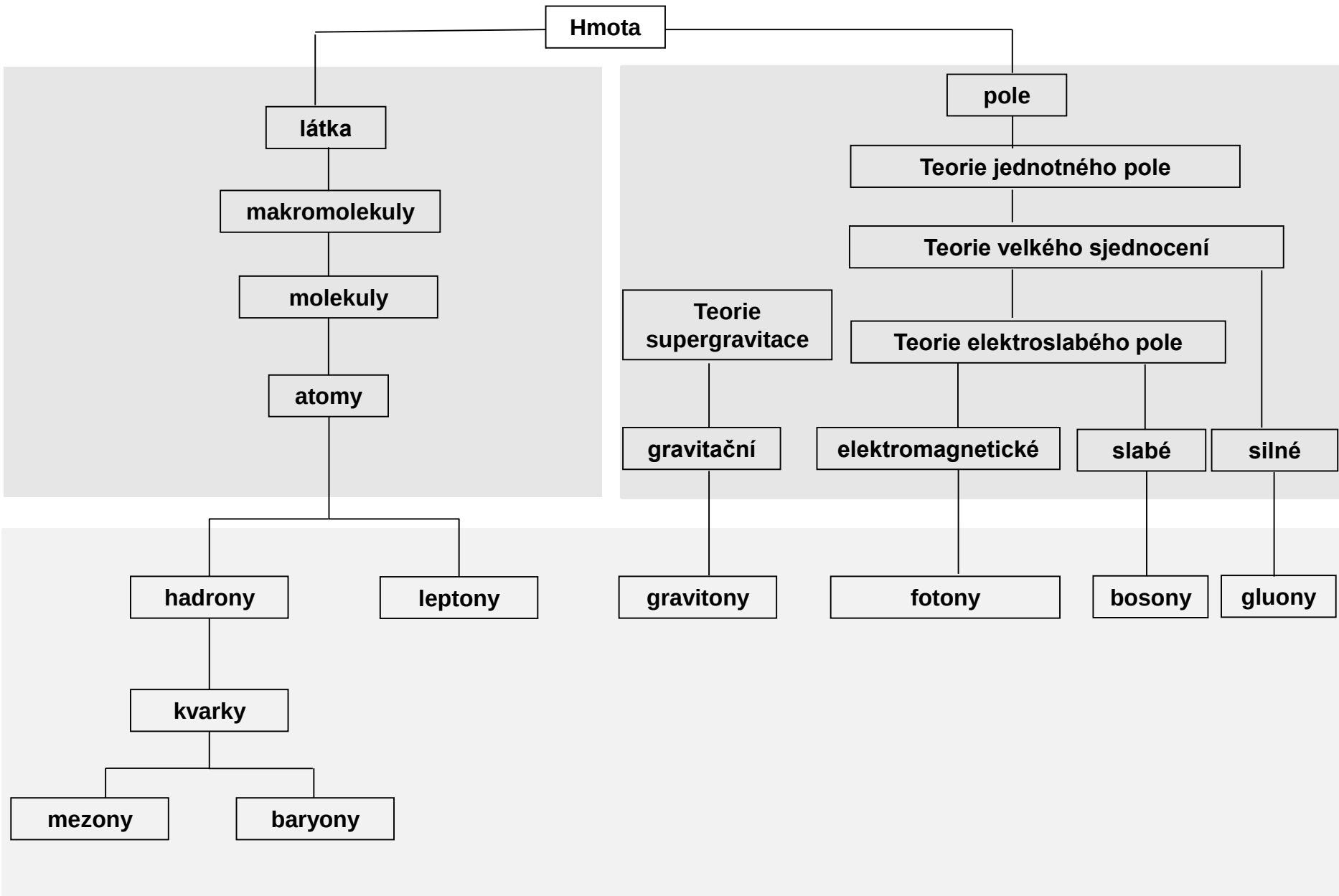
⇒ snaha sjednocovat teorie jednotlivých polí

teorie elektroslabé pole ⇒ teoretickým sjednocením elektromagnetického a slabého pole

teorie velkého sjednocení ⇒ teorie sjednocující silné a elektroslabé pole

teorie jednotného pole ⇒ teorie sjednocující chování všech polí

1.3.4. Přehled



2. Biopole

- 2.1. Biopole
- 2.2. Elektrické pole
- 2.3. Magnetické pole
- 2.4. Elektromagnetické pole

2.1.Biopole

Biopole $\Rightarrow$ elektrické, magnetické a elektromagnetické pole biologických systémů (mikroorganismů, rostlin, živočichů včetně člověka)

2.2. Elektrické pole

elektrické pole $\Rightarrow$ je tvořeno membránovým potenciálem buňky

klidový membránový potenciál $\Rightarrow$ rozložení iontů na vnější a vnitřní straně membrány

akční membránový potenciál $\Rightarrow$ změna rozložení iontů na vnější a vnitřní straně membrány

$\Rightarrow$ způsobená změnou propustností buňky

2 typy buněk

1) nervové

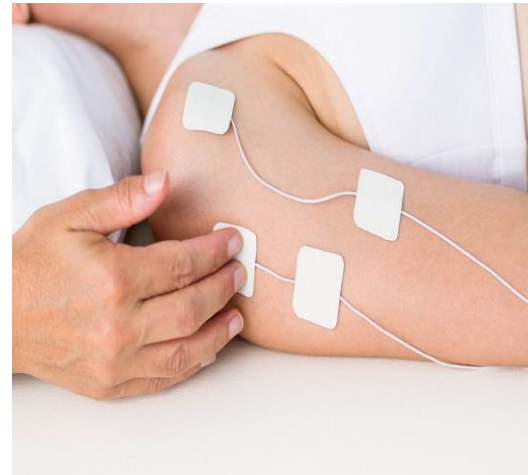
2) svalové

měření akčních potenciálů v tkáních

1) **elektrokardiografie (EKG)** $\Rightarrow$ měření elektrického pole srdce

2) **elektroencefalografie (EEG)** $\Rightarrow$ měření elektrického pole mozku

3) **elektromyografie (EMG)** $\Rightarrow$ měření elektrického pole kosterního svalstva



2.3. Magnetické pole

magnetické pole $\Rightarrow$ vzniká pohybem elektrických nábojů

měření magnetických polí v tkání

1) magnetokardiografie (MCG) $\Rightarrow$ měření magnetických polí produkovaných elektrickými proudy vyskytujícími se přirozeně v srdci

2) magnetoencefalografie (MEG) $\Rightarrow$ měření magnetických polí produkovaných elektrickými proudy vyskytujícími se přirozeně v mozku

3) magnetogastrografie (MGC) $\Rightarrow$ měření magnetických polí produkovaných elektrickými proudy vyskytujícími se přirozeně v žaludku

4) magnetomyografie (MMG) $\Rightarrow$ měření magnetických polí produkovaných elektrickými proudy vyskytujícími se přirozeně ve svalech

2.4. Elektromagnetické pole

2.4.1. Definice biofotonů

2.4.2. Vznik biofotonů

2.4.3. Intenzitní vlastnosti biofotonů

2.4.4. Spektrální vlastnosti biofotonů

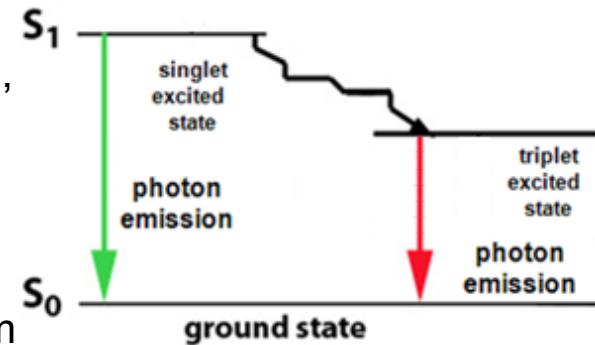
2.4.5. Měření biofotonů

2.4.6. Biofotony jako diagnostický nástroj

2.4.1. Definice biofotonů

Biofotony

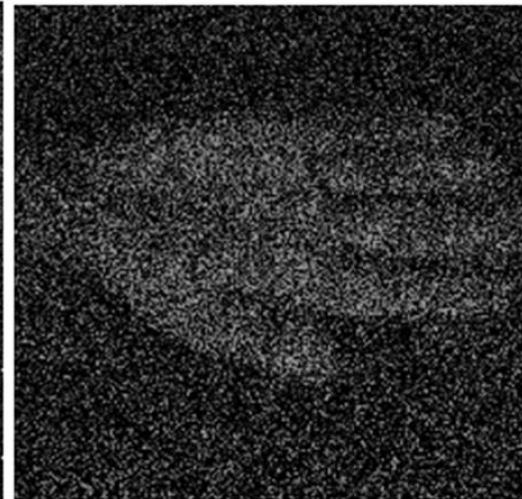
- ⇒ fotonová emitované z biologických systémů (mikroorganismů, rostlin, živočichů včetně člověka)
- ⇒ elektronický přechod elektronicky excitované molekuly
 - 1) z vybuzeného singletního stavu do základního stavu
 - 2) z tripletního excitovaného stavu do základního stavu
- ⇒ elektronicky excitovaná molekula vzniklá oxidačním procesem



biofotonová emise lidského těla



biofotonová emise hlavy



biofotonová emise ruky

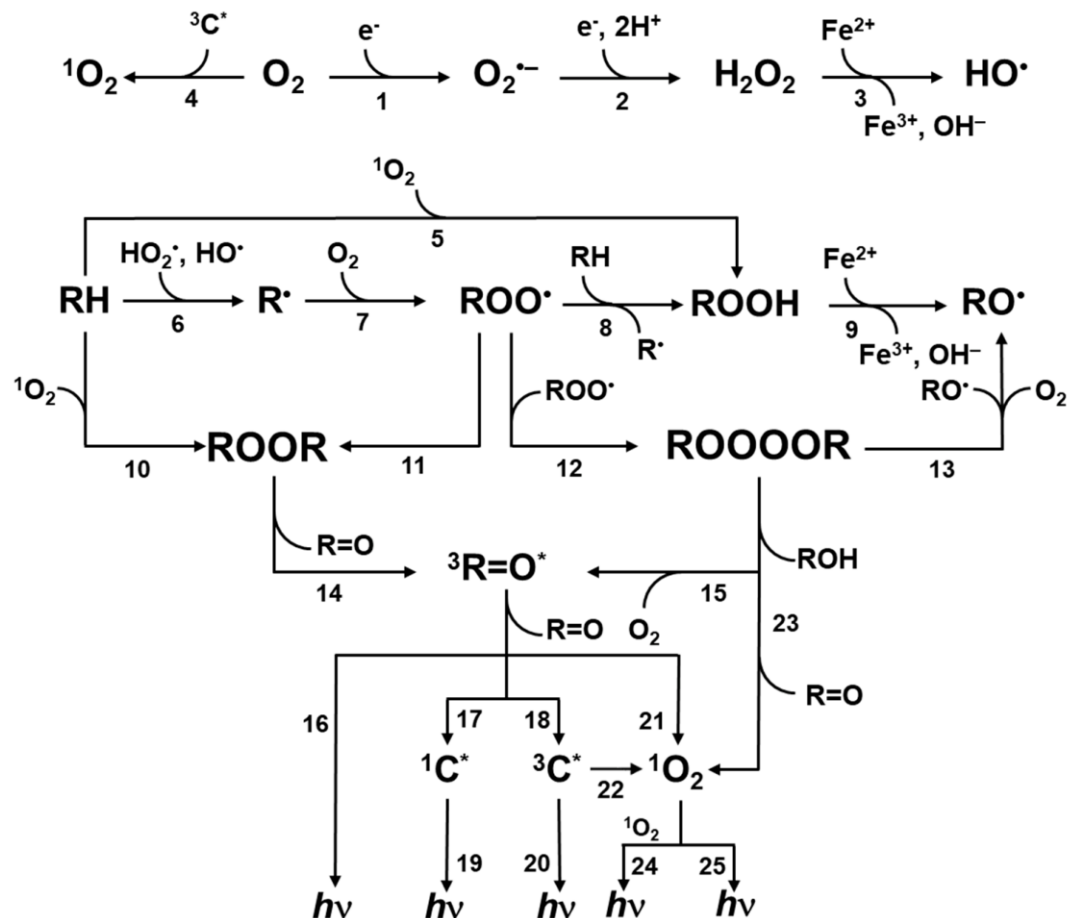
2.4.2. Vznik biofotonů

oxidační proces

⇒ biomolekuly (lipid, protein, nukleová kyselina) jsou oxidovány **reaktivními formami kyslíku**

1) metabolické oxidační procesy ⇒ spontánní emise biofotonů

2) stresem indukované oxidační procesy ⇒ stresem indukovaná emise biofotonů



2.4.3. Intenzitní vlastnosti biofotonů

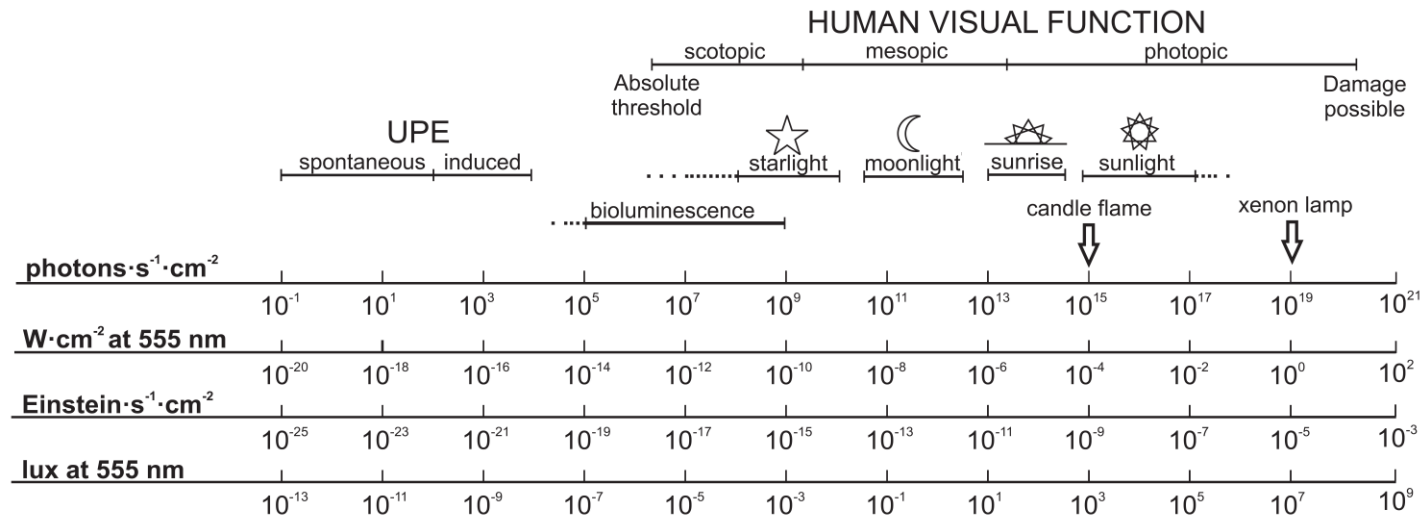
biofotony $\Rightarrow$ ultraslabá emise fotonů

spontánní emise $\Rightarrow$ jednotky - desítky fotonů $\text{s}^{-1} \text{cm}^{-2}$

stresem indukovaná emise $\Rightarrow$ desítky - stovky fotonů $\text{s}^{-1} \text{cm}^{-2}$

práh normální citlivosti lidského oka $\Rightarrow 10^6$ fotonů $\text{s}^{-1} \text{cm}^{-2}$

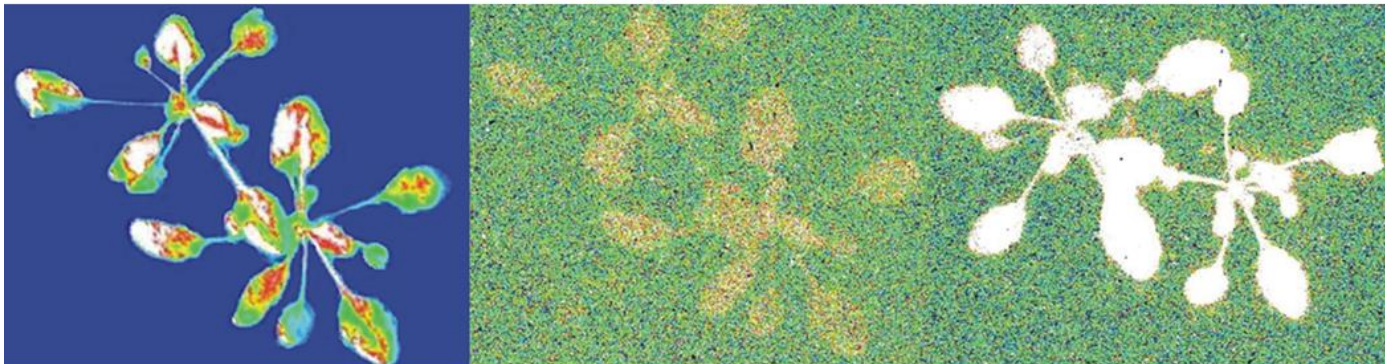
slunční svit $\Rightarrow 10^{16}$ fotonů $\text{s}^{-1} \text{cm}^{-2}$



roslina Huseníček rolní

spontánní

UVA



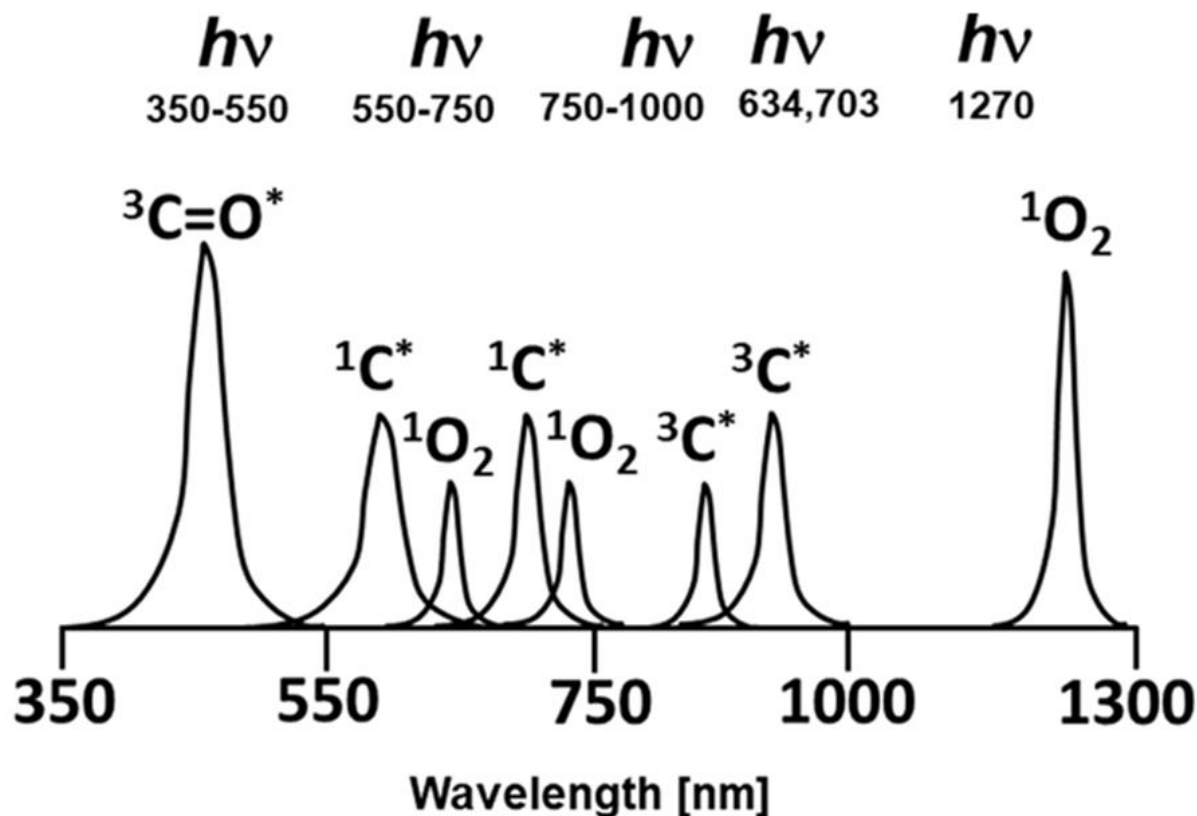
fotografie

biofoton

2.4.4. Spektrální vlastnosti biofotonů

spektrum biofotonů $\Rightarrow$ 350 do 1300 nm

- 1) blízká UVA a modrozelená oblast (350–550 nm) $\Rightarrow$ tripletní excitovaný karbonyl
- 2) zeleno-červené oblast (550–750 nm) $\Rightarrow$ singletní excitované pigmenty
- 3) červená-blízká IR oblast (750–1000 nm) $\Rightarrow$ tripletní excitované pigmenty
- 4) červená oblast (634 a 703 nm) $\Rightarrow$ singletní kyslík
- 5) blízká oblast IR (1270 nm) $\Rightarrow$ singletní kyslík



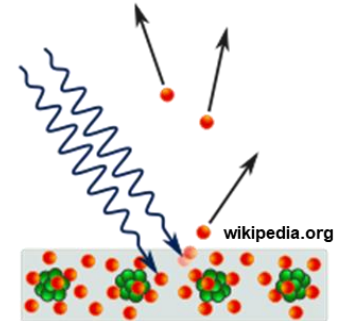
2.4.5. Měření biofotonů

1) jednorozměrná detekce biofotonů $\Rightarrow$ fotonásobič

fotonásobič $\Rightarrow$ přeměna fotonu na elektrony $\Rightarrow$ počet elektronů uvolněné dopadajícími fotony se znásobuje



skleněná trubice s vysokým vakuem

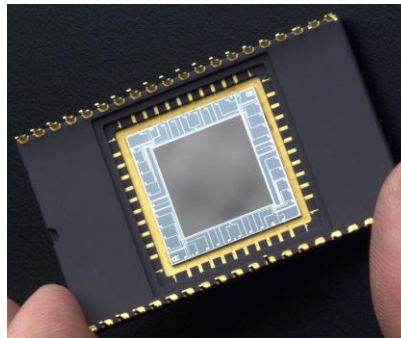


2) dvourozměrná detekce biofotonů $\Rightarrow$ CCD

CCD (charge-coupled device) (zařízení s vázanými náboji) $\Rightarrow$ přeměna fotonu na elektrony $\Rightarrow$ čip je rozdělen do velkého počtu malých oblastí citlivých na světlo (pixelů), které lze použít k sestavení obrazu



CCD kamera



CCD čip

2.4.6. Biofotony jako diagnostický nástroj

Měření biofotonů $\Rightarrow$ zobrazování nádorů

nádorové buňky transplantované do myší

