

SISTEMI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

ZAŠTITA OD NEJONIZUJUĆEG ZRAČENJA

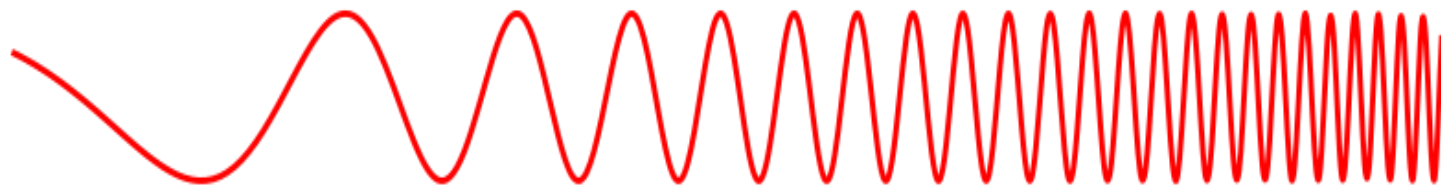
Prof dr Vera Marković



ELEKTROMAGNETNI SPEKTAR

Elektromagnetni spektar predstavlja kompletnu raspodelu (distribuciju) EM zračenja, u odnosu na frekvenciju ili talasnu dužinu.

EM spektar se sastoji iz više podoblasti, počev od najmanje (ispod 1 Hz) do najveće (iznad 10^{25}) frekvencije, odnosno od najveće (reda veličine hiljada km) ka najmanjoj (veličine atomskog jezgra) talasnoj dužini, kao što je prikazano na sledećoj slici:



Tip zračenja

Radio

Microwave

Infrared

Visible

Ultraviolet

X-ray

Gamma ray

Talasna dužina

10^3

10^{-2}

10^{-5}

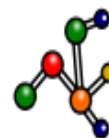
0.5×10^{-6}

10^{-8}

10^{-10}

10^{-12}

Objekti koji su reda veličine talasne dužine



Buildings

Humans

Butterflies

Needle Point

Protozoans

Molecules

Atoms

Atomic Nuclei

Frekvencija (Hz)

10^4

10^8

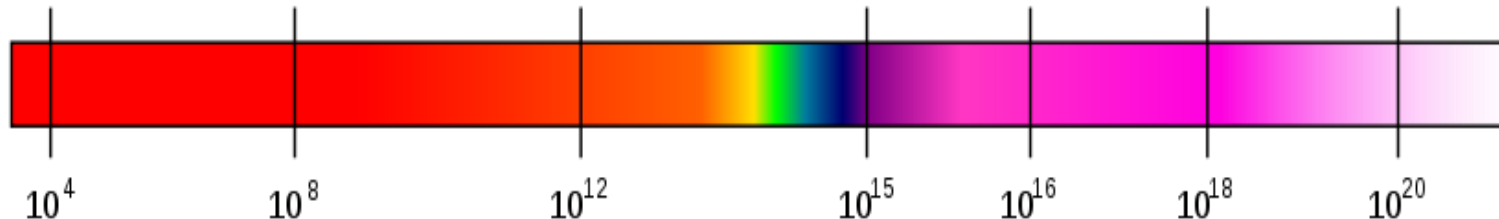
10^{12}

10^{15}

10^{16}

10^{18}

10^{20}



EM talasi u različitim podoblastima imaju različite karakteristike

Kroz veći deo istorije vidljivo svetlo je bio jedini poznati deo elektromagnetnog spektra.

Drevni Grci su, npr. proučavala svojstva svetlosnih zraka, uključujući refleksiju i refrakciju.

Prvo otkriće elektromagnetnog zračenja, osim vidljive svetlosti, došlo je 1800. godine, kada je otkriveno infracrveno zračenje, na taj način što je svetlost puštana kroz prizmu, razlagala se, i merena je temperatura u pojedinim delovima.

Primećeno je da je najviša temperatura bila izvan crvene boje i tako se došlo do zaključka da postoje svetlosni zraci koji se ne mogu videti.

Ubrzo posle toga, sa druge strane vidljivog dela spektra, otkriveni su nevidljivi svetlosni zraci koji su izazivali određene hemijske reakcije. Oni su nazvani ultraljubičasto zračenje.

Sredinom 19. veka otkriće elektromagnetnog zračenja počelo je istraživanjima Faradeja (Faraday).

Usledili su veoma važni teorijski rezultati fizičara Džemsa Maksvela (Maxwell). Maksvel je formulisao čuveni set jednačina (**Maksvelove jednačine**).

Svojim jednačinama on je pokazao da električna i magnetna polja putuju u vidu elektromagnetnih talasa kroz slobodan prostor brzinom svetlosti.

Na osnovu toga je zaključio da je i sama svetlost vrsta elektromagnetnog talasa

Dokazao je da postoji beskonačan broj frekvencija elektromagnetnih talasa, tako da je ovo bio prvi indikator postojanja čitavog elektromagnetnog spektra.



**James Clerk Maxwell
(1831–1879)**

- Škotski naučnik u oblasti teorijske fizike
- Smatra se trećim najvećim fizičarem svih vremena (uz Njutna i Ajnštajna)

Nakon teorijskog rada Maksvela, fizičar Hajnrih Herc (Hertz) je u drugoj polovini 19. veka eksperimentalnim putem dokazao postojanje elektromagnetnih talasa, kao i to da se oni prostiru brzinom svetlosti.



**Heinrich Rudolf Hertz
(1857–1894)**

Nemački fizičar

Herc je pokazao i da novo zračenje može biti reflektovano i refraktirano različitim dielektričnim medijima, na isti način kao i svetlost.

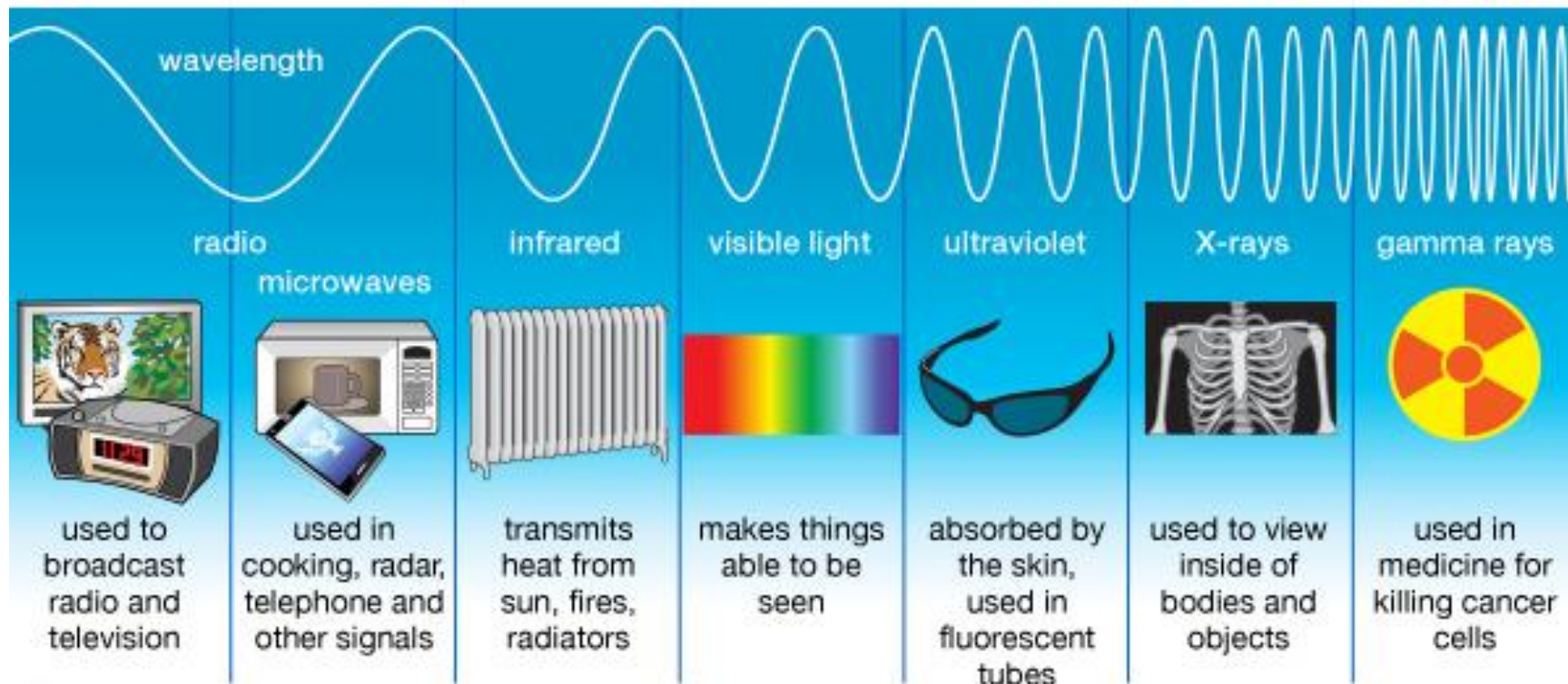
Novootkriveni EM talasi omogućili su pronalaskе kao što su bežični telegraf i radio.

Njemu u čast, jedinica za frekvenciju nazvana je „**Herz**“

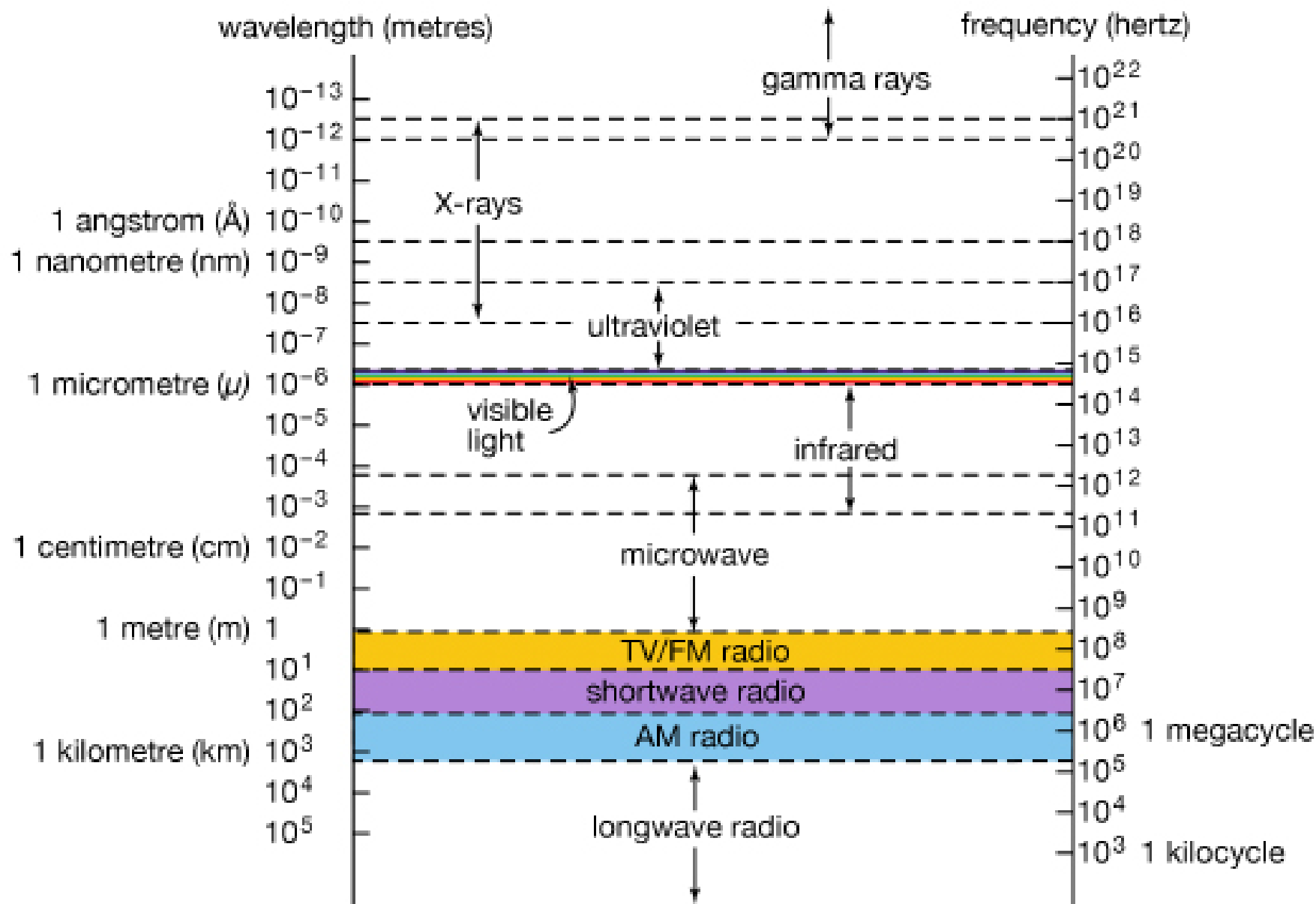
Krajem 19. veka Rentgen (Röntgen) je primetio novu vrstu zračenja koja je emitovana tokom nekih eksperimenata sa vakuumskim cevima. Nazvao ih je X-zraci i otkrio da mogu da prolaze kroz ljudska tkiva ali se reflektuju od kostiju. Vrlo brzo nakon toga ovi zraci su našli primenu u medicini.

Najzad, EM spektar je kompletiran otkrivanjem gama zraka, početkom 20. veka. Pokazano je da su gama zraci elektromagnetno zračenje, a ne čestice. U kasnijim istraživanjima izmerene su njihove talasne dužine i utvrđeno je da su gama zraci slični X-zracima, ali sa kraćim talasnim dužinama i većim frekvencijama.

Na sledećoj slici takodje je prikazan EM spektar, podopsezi su prikazani sa aspekta tipa zračenja, odnosno primene.

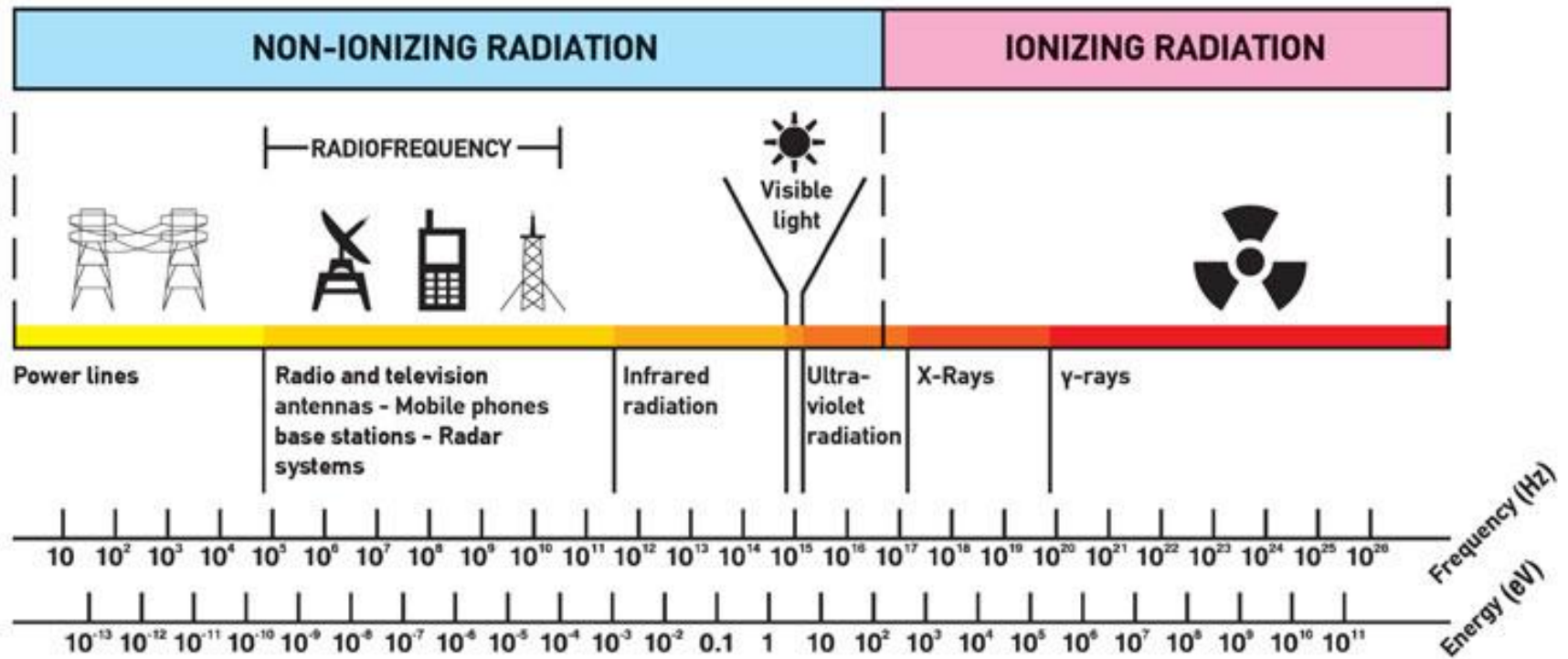


Podopsezi EM spektra prema talasnim dužinama i frekvencijama



EM zračenje se može podeliti na **JONIZUJUĆE** i **NEJONIZUJUĆE** zračenje i oni su razdvojeni u elektromagnetnom spektru.

Opšte prihvaćena granica je na talasnim dužinama oko **1nm** u ultraljubičastom (UV) području, što odgovara frekvenciji od oko **10^{17} Hz**



JONIZUJUĆE ZRAČENJE

Na frekvencijama iznad ove granice je **jonizujuće zračenje**, u kome fotoni imaju dovoljno veliku energiju da fizički promene atom koji pogode, menjajući ga u naelektrisanu česticu zvanu JON.

Tako nastali joni narušavaju biohemijske procese u ćelijama, što može dovesti do raznih poremećaja u njihovom funkcionisanju i deljenju, te konačno do nastanka ozbiljnih bolesti, poput tumora.

U grupu jonizujućh zračenja spadaju

- kosmičko zračenje, i
- prirodno Zemljino zračenje.

Pored ova dva osnovna prirodna izvora jonizujućih zračenja, čovek je svojom aktivnošću proizveo i čitav niz veštačkih izvora jonizujućih zračenja od rentgenskog aparata do nuklearnih centrala i nuklearnog oružja.

NEJONIZUJUĆE ZRAČENJE

Nejonizujuće zračenje je opšti izraz za deo EM spektra u kome je energija fotona mala tako da ne može razbiti veze između delova atoma ozračenog materijala, ali može izazvati posledice kao što je zagrevanje.

U okviru NEJONIZUJUĆEG zračenja možemo razlikovati:

- ZRAČENJE VRLO NISKIH FREKVENCIJA
- RADIOFREKVENCIJSKO ZRAČENJE

ZRAČENJE VRLO NISKIH FREKVENCIJA

Po definiciji to su polja frekvencije **do 3 kHz**.

Na ovim frekvencijama, talasna dužina je veoma velika (npr. 6,000 km za 50 Hz i 5,000 km za 60 Hz).

Ovo zračenje proizvode veoma različiti uređaji i postrojenja kako u kući tako i na radnom mestu.

To su na primer energetske vodove, transformatori, električni vozovi, različiti kućni uređaji, računari, itd.

RADIOFREKVENCIJSKO ZRAČENJE

Radi se o talasima u frekvencijskom opsegu:

3 kHz do 300 GHz.

Radi se o EM zračenju koje se vezuje za radio i televiziju, radare, i ostale RF/mikrotalasne komunikacione uređaje.

Izvori nejonizujućeg zračenja mogu biti prirodni i veštački.

Od nastanka života na Zemlji do dvadesetog veka prirodno EM zračenje slabog intenziteta, pored zemljinog statičkog magnetnog polja, činilo je zemaljski elektromagnetni ambijent.

Međutim, tokom 20. i 21. veka, pored prirodnog EM zračenja, naše okruženje sadrži različite oblike EM talasa koje je, svojim tehničkim inovacijama, proizveo čovek.

EM energija se koristi na različite načine, i njena primena je postala integralni deo modernog života, iako njena potencijalna negativna dejstva još nisu u potpunosti poznata.

Ako doprinos elektromagnetnih nejonizujućih zračenja na razvoj i dobrobit ljudske zajednice stavimo naspram negativnih efekata po zdravlje ljudi, ipak možemo zaključiti da su pozitivni efekti daleko ispred negativnih efekata.

Zapravo, upotreba elektromagnetnih talasa je temelj razvoja savremene civilizacije.

INTERDISCIPLINARNI KARAKTER

problema zaštite životne sredine od nejonizujućeg zračenja

Izvori EM talasa sa odredjenim karakteristikama zračenja

Prostiranje EM talasa od izvora do biološkog entiteta

Prodiranje EM talasa u materijale i tkiva

*teorijska
elektromagnetika*

Apsorpcija EM zračenja – dozimetrija i SAR

biofizika

Biološki efekti EM zračenja (termički i netermički)

*biologija i
medicina*