

# Физичка хемија 2

за студијски програм Хемичар (022Н1)

шк. 2019/2020

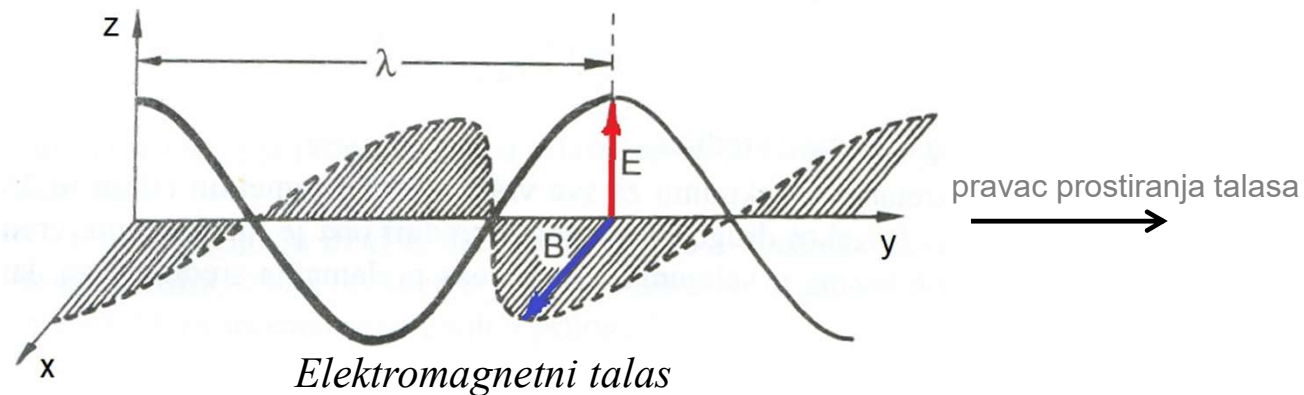
## 3. Електромагнетни спектар

Фебруар 2020.

Др Гордана Ћирић-Марјановић, редовни професор

## Elektromagnetni spektar

Prema Maxwell-ovoj teoriji svako **zračenje** se može predstaviti **transverzalnim elektromagnetnim (EM) talasom**, koji se sastoji od oscilujućeg **vektora električnog polja E** i oscilujućeg **vektora magnetnog polja B**. Ovi vektori su međusobno normalni i osciluju normalno na pravac prostiranja talasa. Oscilacije oba polja su **sinusoidne**. Talas na slici je **linearno polarizovan** - vektori E i B ne menjaju pravac tokom oscilovanja.



Osnovne karakteristike elektromagnetnog talasa: **frekvencija ( $\nu$ )** i **talasna dužina ( $\lambda$ )**.

**Talasna dužina** je rastojanje koje pređe talas u toku jedne oscilacije (jedinica: nm,  $\mu\text{m}$ )

**Frekvencija** je broj oscilacija u jedinici vremena (jedinica: herc- Hz,  $\text{s}^{-1}$ )

Veza talasne dužine i frekvencije:

$$c = \lambda \nu$$

**c = brzina prostiranja talasa (brzina svetlosti)**, koja u vakuumu iznosi  **$2,9979 \times 10^8$  m/s**.

**Frekvencija ne zavisi, a brzina prostiranja talasa i talasna dužina zavise od sredine** kroz koju se EM talas prostire.

$c_q$  - brzina prostiranja talasa u nekoj homogenoj sredini koja **nije vakuum** :

$$c_q = \frac{c}{n_q}$$

indeks prelamanja sredine,  
za datu talasnu dužinu

$$\lambda_q \nu = c_q$$

**Talasni broj  $\tilde{\nu}$**  je recipročna vrednost talasne dužine u vakuumu, jedinica **cm<sup>-1</sup>**:

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c}$$

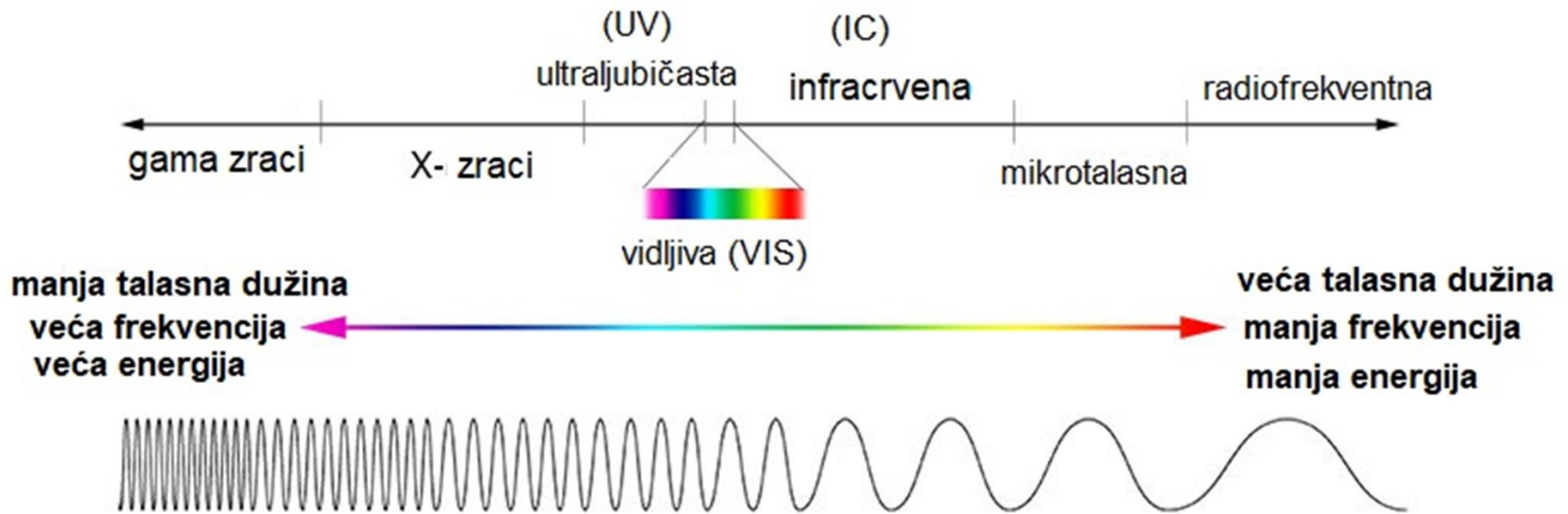
Celokupno EM zračenje, uređeno po talasnim dužinama (frekvencijama, energijama), naziva se **elektromagnetni spektar**.

Zračenja se razlikuju po **energijama i načinu nastajanja**.

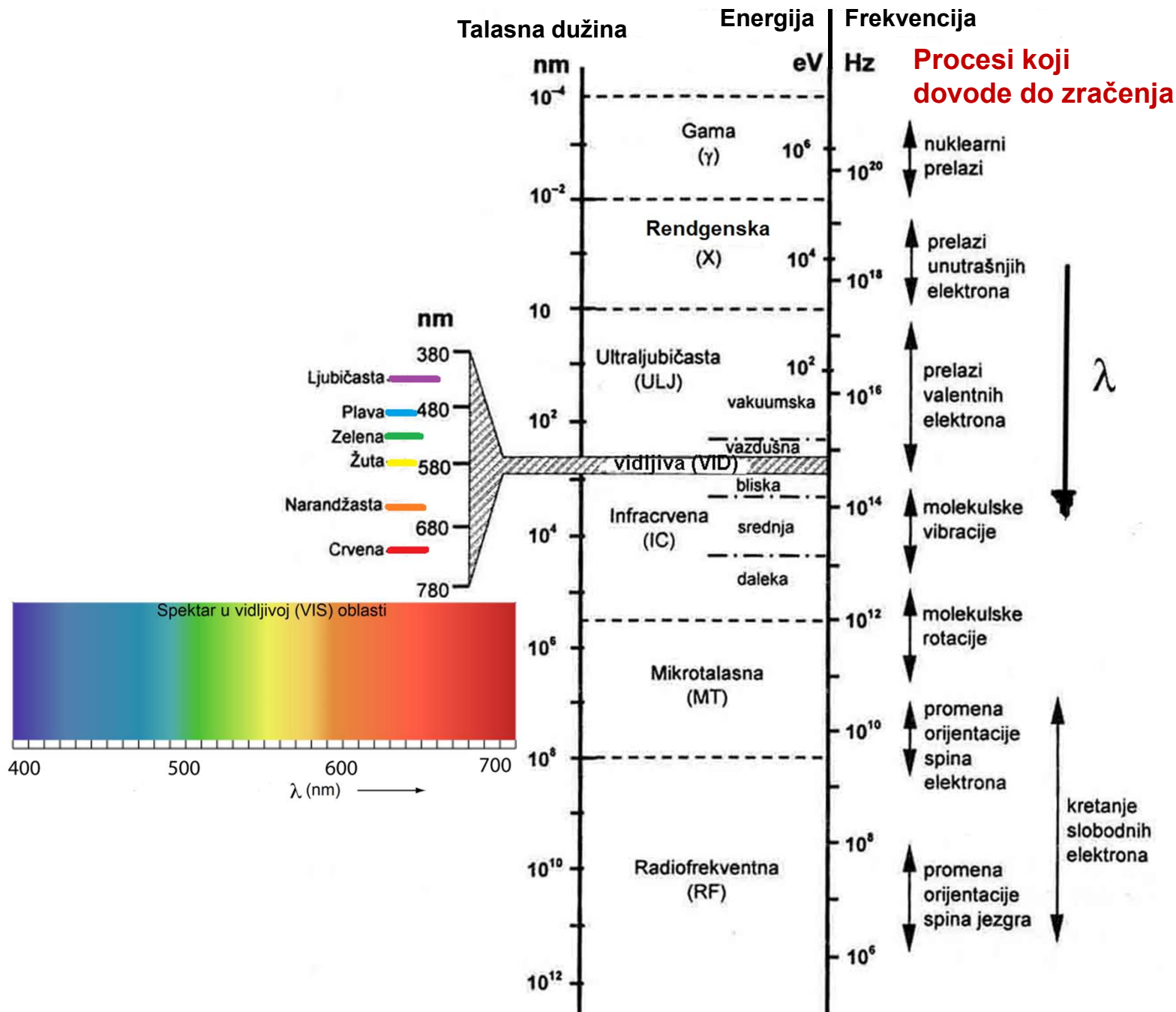
U **spektroskopiji** se ispituje ono **zračenje koje nastaje kao rezultat promene energije atoma ili molekula, usled promena njihovih unutrašnjih kretanja**.

**Spektroskopija** je jedna od glavnih *eksperimentalnih metoda* određivanja **strukture atoma i molekula** kojom se detektuje i analizira EM zračenje koje atomi i molekuli **apsorbuju** ili **emituju**.

## Oblasti EM spektra

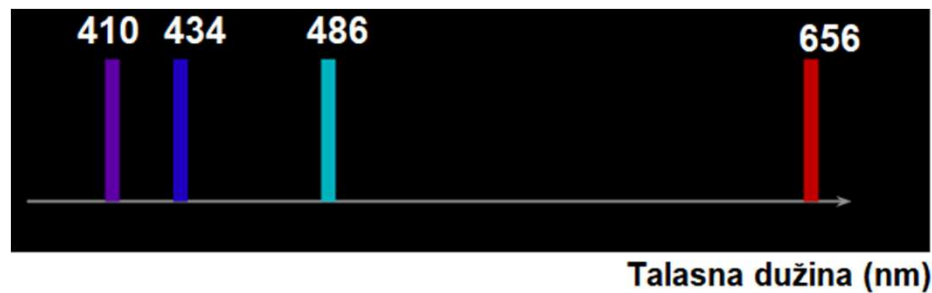
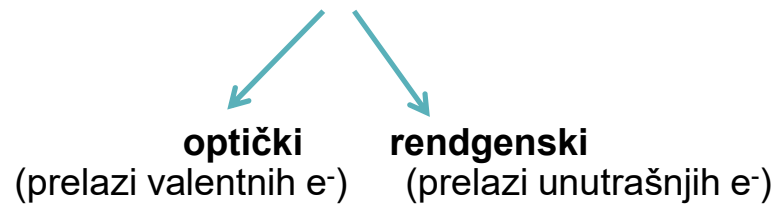


*Oblasti elektromagnetnog spektra*



## Vrste spektara

- ❑ po mehanizmu: **apsorpcioni, emisioni, spektri rasejanja**
- ❑ po izgledu: **linijski, trakasti, kontinualni**
- ❑ po tipu prelaza: **nuklearni, elektronski, vibracioni, rotacioni, spektri rezonancije**
- ❑ po nosiocu: **atomski** i **molekulski**



Emisioni spektar vodonika u vidljivoj oblasti (linijski, Balmerova serija)

## Atomski spektri

**Atomski spektri** su po tipu prelaza **elektronski**.

Oni koji nastaju promenom energije atoma **usled prelaza valentnih elektrona** su **optički**, a ukoliko se radi o **prelazima unutrašnjih elektrona** atomski spektri se zovu **rendgenski**.



**Optičke spektre** daju **slobodni atomi gasova ili para u neutralnom ili jonizovanom stanju, koji se nalaze na srednjim ili niskim pritiscima**. Po mehanizmu nastajanja ovi spektri mogu biti **emisioni** (usijan gas) ili **apsorpcioni** (hladan gas). Po makroskopskom izgledu oni su **linijski**. S obzirom na to da su položaji (talasne dužine) ovih linija karakteristični za atome pojedinih elemenata od kojih potiču, oni se zovu **karakteristični**.

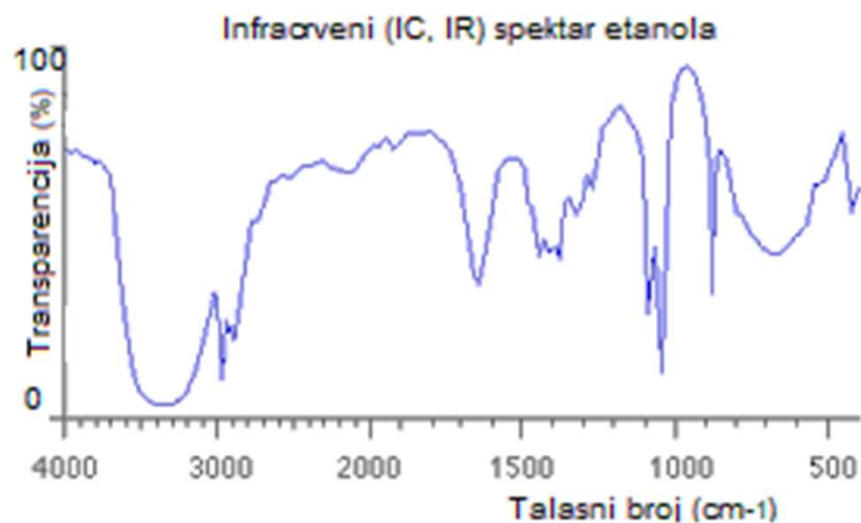
Za razliku od karakterističnih spektara, postoje i tzv. **kontinualni spektri**, koje daju **elementi u tečnom ili čvrstom stanju**. U njima su zastupljene sve talasne dužine određenog šireg područja koje prelaze jedna u drugu. Oni zavise od temperature, a ne od vrste atoma i zato nisu karakteristični.

**Rendgenske spektre** daju atomi u **slobodnom ili vezanom stanju**. Ovi spektri sadrže manji broj linija **karakterističnih** talasnih dužina u odnosu na optičke spektre. Ove linije se dobijaju samo **u emisiji**. Postoje i **apsorpcioni** rendgenski spektri koji su u najvećem broju slučajeva **kontinualni**.



## Molekulski spektri

**Molekulski spektri** nastaju kao posledica promena unutrašnjih kretanja molekula (elektonskih kretanja, vibracija i rotacija). Pošto atomi nemaju vibraciona i rotaciona kretanja, već samo elektronska, molekuli daju više vrsta spektara (**elektronske, rotacione i vibracione**) koji se međusobno razlikuju i po makroskopskom izgledu i po oblastima elektromagnetnog spektra kojima pripadaju. Molekulski spektri su **karakteristični** spektri.



Vibracioni (infracrveni) spektar molekula (trakasti, karakterističan).

## Plank-ova hipoteza

**Max Plank** je razrešio problem raspodele energije u spektru zračenja crnog tela uvodeći 1900.g. pretpostavku, **suprotno stanovištu klasične fizike**:

Energija **E** harmonijskog oscilatora koji osciluje frekvencijom  **$\nu$**  je diskretna veličina (ne može imati proizvoljne vrednosti) i izražava se kao **celobrojni umnožak najmanje količine energije  $E_0$  koja se zove kvant**

$$E_0 = h\nu = \text{kvant energije}$$

$$E = nE_0 = nh\nu$$

**$h$**  = Plankova konstanta =  $6,626 \times 10^{-34}$  J s

**$n$**  = ceo broj = 0,1,2,...

Dakle, energije oscilatora mogu imati vrednosti **celobrojnog umnoška  $h\nu$**  :

$$h\nu, 2h\nu, 3h\nu, \dots ,$$

i to su tzv. **dozvoljene vrednosti energije**.

Dokaz da je energija kvantirana su **atomske i molekulske spektri**.

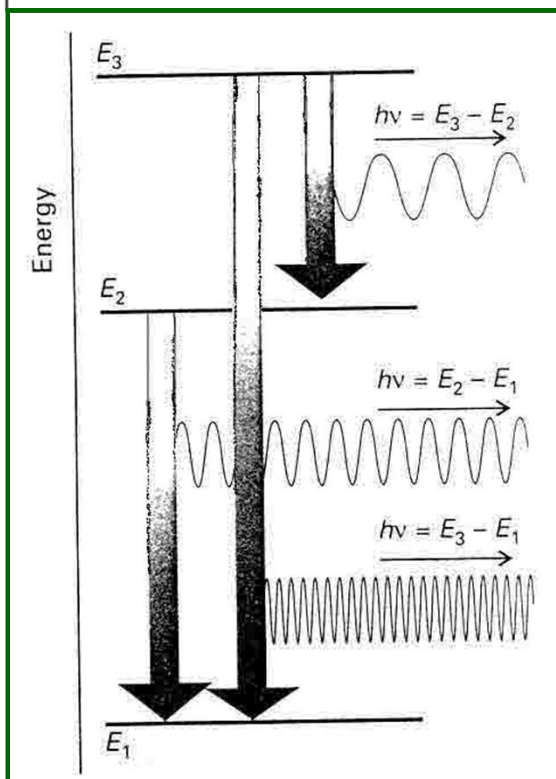
Osobina kako atomskih tako i molekulskih spektara jeste da se **zračenje emituje ili apsorbuje na diskretnim vrednostima frekvencija tj. linije ili trake spektra pojavljuju se na diskretnim vrednostima frekvencija (talasnih dužina, talasnih brojeva..)**.

Ovo se može objasniti time da je energija atoma ili molekula takođe ograničena na diskretne vrednosti, tako da se onda energija može oslobađati ili apsorbovati samo u diskretnim porcijama.

Nastanak spektralne linije objašnjava se time da atom ili molekul emituje **kvant energije  $h\nu$**  pri prelazu između energetske nivoa diskretnih vrednosti energije.

Tako, ako se energija atoma smanjuje za  $\Delta E = E_2 - E_1$  tada on emituje zračenje frekvencije

$$\nu = \frac{\Delta E}{h} \text{ i linija se pojavljuje u spektru .}$$



**Kada je energetska promena veća, emituje se zračenje veće frekvencije, i obrnuto.**

Na slici, frekvencija emitovanog zračenja je najveća pri prelazu sa  $E_3$  na  $E_1$  jer je energetska razlika  $E_3 - E_1$  najveća za posmatrane slučajeve prelaza (sa  $E_2$  na  $E_1$ , sa  $E_3$  na  $E_2$  i sa  $E_3$  na  $E_1$ , datih strelicama)

$$\nu = (E_3 - E_1)/h$$

Posledica postojanja diskretnih vrednosti energija u atomu ili molekulu jeste da se energija može apsorbovati ili emitovati takođe samo u diskretnim količinama, što objašnjava pojavu spektra sa linijama na tačno definisanim položajima.