

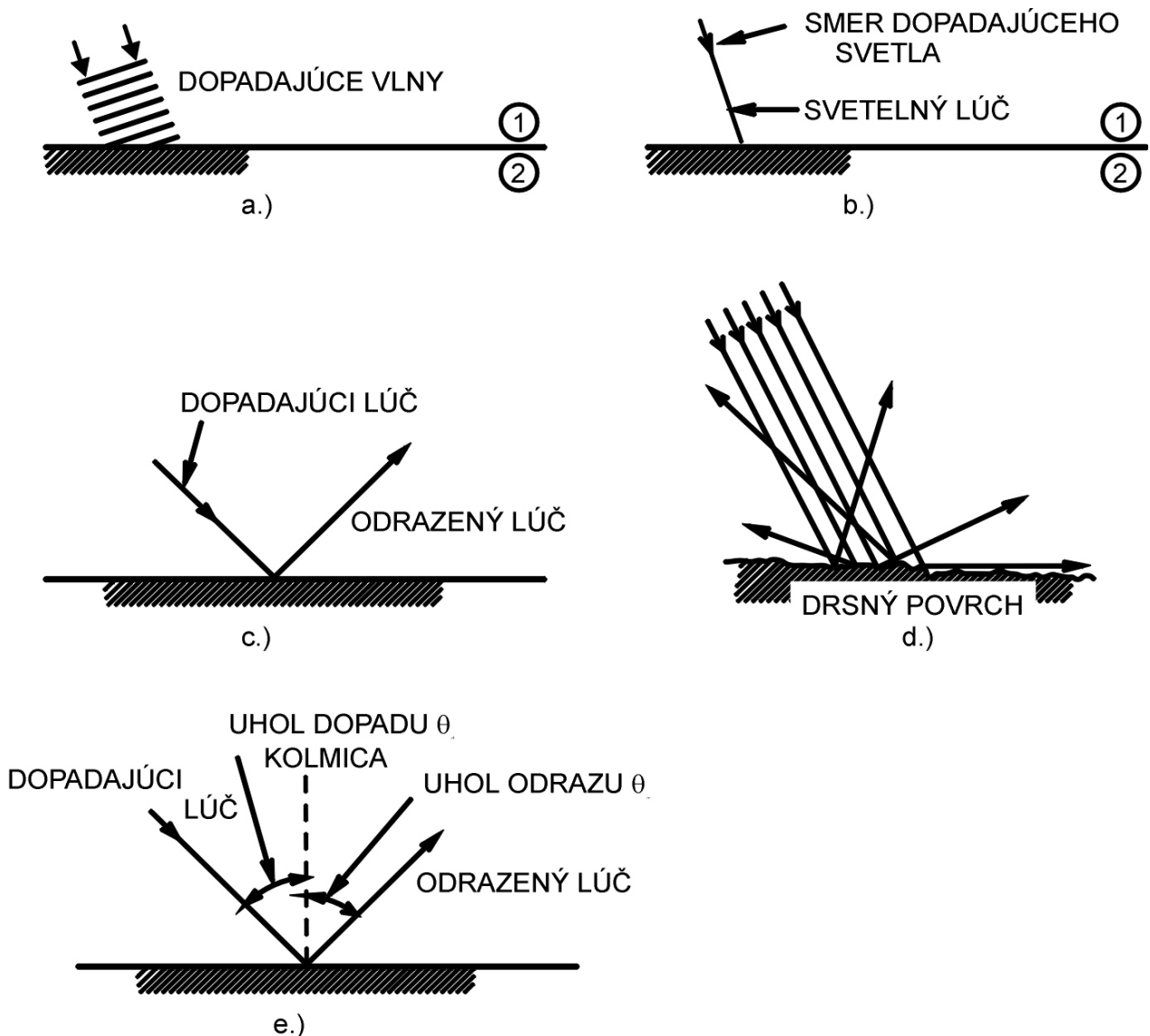
ZÁKLADY OPTOELEKTRONIKY

Kvantum energie fotónu :

$$E_{\text{fot}} = \hbar\omega = h.f$$

- $\hbar = h / 2\pi = 1.054 \cdot 10^{-34}$ Js je Planckova konštanta
 - $\omega = 2\pi f$ je kruhová frekvencia
 - $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Js
-
- svetlo sa šíri vo vákuu rýchlosťou $c = 2,997925 \cdot 10^8 \approx 3 \cdot 10^8$ m/s
 - **rýchlosť šírenia svetla** v atmosfére (vzduchu) je približne rovnaká ako vo vákuu (pre všetky vlnové dĺžky), ale v rôznych materiáloch (ako napr. vo vode, v skle a pod.) sa svetlo šíri menšou rýchlosťou, ktorá vo všeobecnosti môže závisieť od vlnovej dĺžky - látky majú **disperzné vlastnosti**
 - podľa toho, ako preniká svetlo cez kvapaliny, plyny a tuhé látky, môžeme ich klasifikovať ako
 - **priehľadné** (transparentné) sú také látky, ktoré na svetlo prechádzajúce cez ne, majú malý, alebo zanedbateľný vplyv (napr. veľmi čistá voda, sklo, umelé hmoty, vzduch a pod.)
 - **priesvitné** látky prepúšťajú svetlo čiastočne
 - **nepriehľadné** látky svetlo neprepúšťajú

- svetlo sa v homogénnom izotropnom prostredí šíri priamočiarno z bodového zdroja ako guľová vlna
 - vo veľkej vzdialenosti od zdroja (**obr. 1a**) ho môžeme nahradiť systémom dopadajúcich rovinných vln
 - systém dopadajúcich vln možno nahradiť jedinou priamkou, nazývanou **svetelným lúčom** (**obr. 1b**), ktorá má smer dopadajúceho svetla - takýto postup sa nazýva **geometrická optika**.



Obr. 1 Dopad svetla na rozhranie: a.) dopadajúce vlny, b.) svetelný (optický) lúč, c.) regulárny odraz, d.) difúzny odraz, e.) zákon odrazu

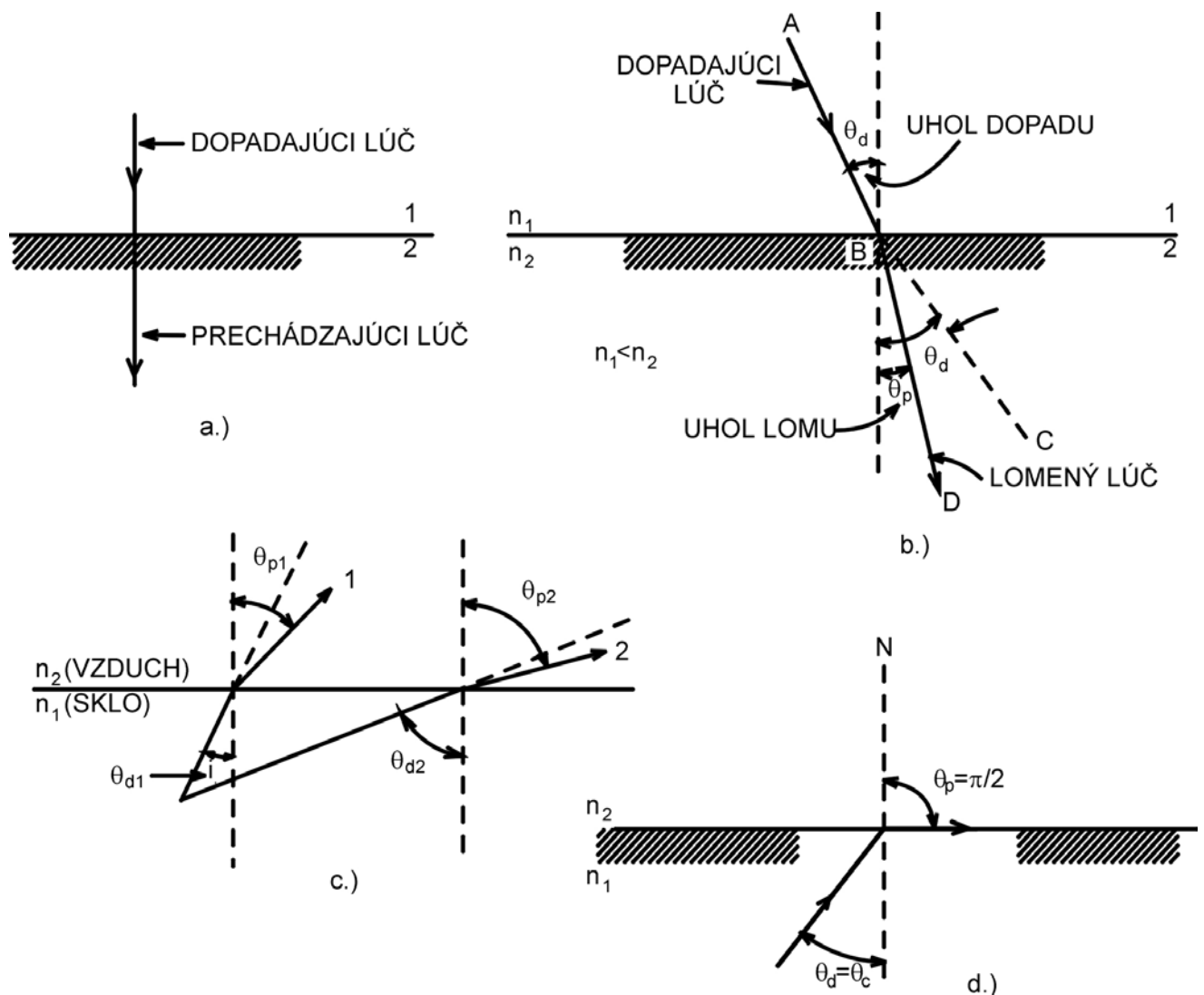
- pri dopade svetla na rozhranie (povrch určitého predmetu) **dochádza k odrazu svetla.**
 - ak svetlo dopadá na rovný a vyleštený povrch, dochádza (**obr. 1c**) k **regulárnemu odrazu** (na zrkadlách (napr. na vrstve vylešteného striebra))
 - keď povrch objektu má nerovnosti, alebo je drsný (vzhľadom na vlnovú dĺžku dopadajúceho svetla), dochádza k **difúznemu odrazu** (**obr. 1d**) (na každom neluminiscenčnom objekte - bez difúzneho odrazu by sme tieto objekty nevideli)
 - pre dopad svetla na rovinný povrch platí **zákon odrazu** (**obr. 1e**), uhol dopadu θ_d sa rovná uhlu odrazu θ_o (t.j. $\theta_o = \theta_d$) a dopadajúci a odrazený lúč ležia v rovine dopadu, **rovina dopadu** je určená dopadajúcim lúčom a kolmicou dopadu
- pri dopade svetla na rozhranie dvoch optických prostredí vzniká vo všeobecnosti okrem odrazu aj lom **svetelného lúča** (**obr. 2**)
 - pri kolmom dopade na rozhranie (**obr. 2 a**) sa časť svetelnej energie dopadajúceho lúča odráža, časť preniká do druhého prostredia a tvorí prechádzajúci lúč. - **Snellovho zákona lomu**
 - keď dopadá svetelný lúč na rozhranie dvoch bezstratových dielektrík (**obr. 2b**) pod uhlom θ_d , potom sa lomený lúč šíri v druhom prostredí pod uhlom θ_p , pričom platí Snellov zákon lomu

$$n_1 \sin \theta_d = n_2 \sin \theta_p \Rightarrow \frac{\sin \theta_p}{\sin \theta_d} = \frac{n_1}{n_2} = n_{12}$$

- n_{12} je relatívny index lomu

$$n_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{c}{v_1}}{\frac{c}{v_2}} = \sqrt{\frac{\epsilon_{r1}\mu_{r1}}{\epsilon_{r2}\mu_{r2}}}$$

- v_1, v_2 sú rýchlosti šírenia svetla v uvažovaných prostrediach
- $\epsilon_{r1}, \epsilon_{r2}, \mu_{r1}, \mu_{r2}$ sú relatívna permitivita a permeabilita v uvažovaných prostrediach



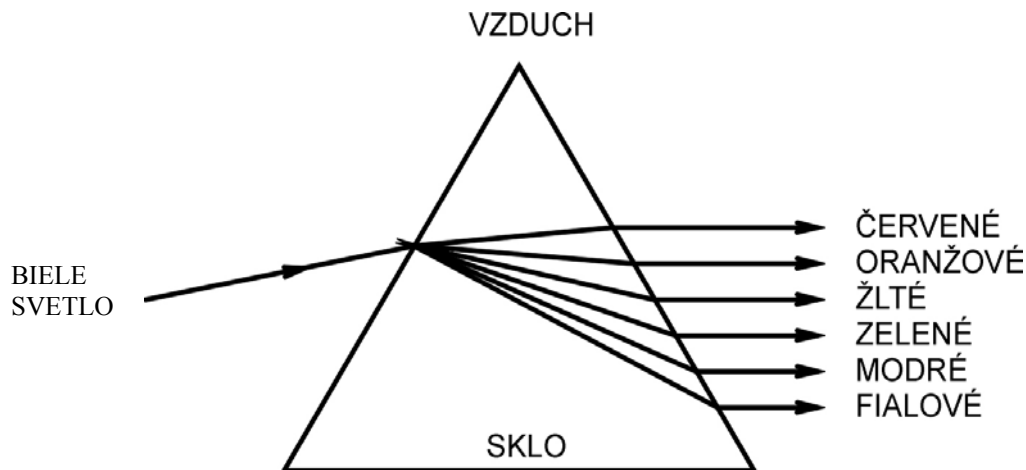
Obr.2 Lom svetla na rozhraní: a.) kolmý dopad, b.) šikmý dopad (lom ku kolmici), c.) šikmý dopad (lom od kolmice), d.) totálny odraz

- keď svetlo dopadá na rozhranie z opticky hustejšieho prostredia (napr. skla, typická hodnota $n_1 \in (1,5; 1,9)$, t.j. $n_1 > n_2$ (**obr. 2c**), potom sa lúč v druhom prostredí láme smerom **od kolmice** ($\theta_p > \theta_d$) a pre určitý uhol $\theta_d = \theta_c$ (tzv. **kritický uhol dopadu**) bude $\theta_p = \pi/2$, t.j. lomený lúč sa bude šíriť pozdĺž rozhrania obidvoch prostredí (**obr. 2d**).

- pre veľkosť kritického uhla θ_c platí

$$n_{12} = \sin \theta_c = 1 \Rightarrow \theta_c = \arcsin \frac{1}{n_{12}} = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

- pre uhly $\theta_d > \theta_c$ je $\sin \theta_p > 1$. Neexistuje teda v tomto prípade v druhom prostredí homogénna lomená vlna, dochádza k **úplnému (totálnemu) odrazu** a pozdĺž rozhrania sa môže šíriť **povrchová vlna**.
- zatiaľ sme uvažovali svetelný lúč len s jedinou vlnovou dĺžkou, tzv. **monochromatický lúč**
- reálne svetelné lúče sú väčšinou tvorené s mnohými vlnovými dĺžkami a nazývame ich **polychromatickými lúčmi**. - **obr. 3** je znázornené rozloženie bieleho svetla na jednotlivé monochromatické komponenty s využitím javu disperzie na sklenom optickom hranole.



Obr. 3 Disperzia bieleho svetla

PRÍKLADY

Príklad 1 Vypočítajte energiu fotónu optického žiarenia s vlnovou dĺžkou 0,85; 1,3 a 1,55 μm . ($2,3357 \cdot 10^{-19}$, $1,5272 \cdot 10^{-19}$, $1,2809 \cdot 10^{-19}$ – s nárastom vlnovej dĺžky svetelného signálu jeho energia **klesá**)

Príklad 2 Vypočítajte kritický uhol lomu na rozhraní dvoch optických prostredí s indexom lomu $n_1 = 1,52$ a $n_2 = 1,49$. ($78,59^\circ = 78^\circ 35' 52''$ - **$n_1 > n_2$**)

Príklad 3 Vypočítajte vlnovú dĺžku a frekvenciu optického žiarenia s energiou fotónu 1; 2; a 3eV. ($1,2393 \mu\text{m} = 241,903 \text{THz}$, $0,61965 \mu\text{m} = 483,8069 \text{THz}$, $0,4131 \mu\text{m} = 725,714 \text{THz}$ – z nárastom energie svetla **priamoúmerne klesá** jeho vlnová dĺžka a **stúpa** frekvencia)

$$E_{\text{fot}} = 1 \text{eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

Príklad 4 Vypočítajte index lomu n_2 na rozhraní dvoch optických materiálov s indexom lomu $n_1 = 1,5$, ak na tomto rozhraní má byť kritický uhol lomu $80,4^\circ$. ($1,478994056$)