

1. přednáška KEE/ESV 16. února 2016

Elektrické světlo KEE/ESV

Lenka Raková

1. přednáška

2015/2016

1

Základní informace

- **Přednášky** – Út 15:45 – 17:25 (všichni), EP 208
17:35 – 19:15 (5. ročník), EL 307 – až 22. 3.
lencar@kee.zcu.cz, EK 317
- **Cvičení** – dle rozvrhu (viz Portál ZČU)
Ing. Oldřich Kroupa, Ph.D.
kroupao@kee.zcu.cz
- **Podmínky úspěšného absolvování předmětu**
 - **Zp** - aktivní účast na cvičení (**max. 1 omluvená absence**)
 - **včasné** odevzdání **řádně** vypracovaných protokolů z měření
 - zápočtový test (**75 % úspěšnost**)
 - **Zk** – kombinovaná

1. přednáška KEE/ESV

16. února 2016

2

Doporučená literatura

- **Přednášky!!!** <http://home.zcu.cz/~lencar/ESV/>
- Habel, Jiří. **Světlo a osvětlování**, FCC PUBLIC, Praha, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3
- Linda, Josef. **Elektrické světlo 1..** Plzeň (ZČU), 1993. ISBN 80-7082-094-2
- Linda, Josef. **Elektrické světlo 2..** Plzeň : ZČU, 1994. ISBN 80-7082-167-1 (popřípadě třetí díl)
- Habel, Jiří. **Osvětlování. 2. vyd.** Praha : ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01770-2
- Habel, Jiří. **Světelná technika a osvětlování**. Praha : FCC Public, 1995. ISBN 80-901985-0-3
- <http://home.zcu.cz/~nohac/ST/>

1. přednáška KEE/ESV

16. února 2016

3

Obsah

- **Základní pojmy světelné techniky**
- **Stavba a vlastnosti oka**
- **Světelná pole**

1. přednáška KEE/ESV

16. února 2016

4

1. přednáška KEE/ESV 16. února 2016

ZÁKLADNÍ POJMY SVĚTELNÉ TECHNIKY

5

Základy světelné techniky

♦ Světelná technika

= nauka o vzniku světla a o jeho využití k uspokojení potřeb člověka

Rozhodující je výkon přenášený zařízením = energie přenesená za 1 s = ZÁŘIVÝ TOK

SVĚTLO = viditelné záření hodnocené zrakem člověka (= vjem světla)

- pozorování **prostorového rozdělení toků energie**
→ **Nezkoumá se** podstata záření, jeho přetřítost záření či silové účinky!!!
- **Cíl** = zabezpečení optimálních podmínek pro práci zraku ve všech prostorech při optimálních **technických**, **energetických** a **ekonomických** aspektech

80 až 90 % informací přijímá člověk zrakem

1. přednáška KEE/ESV 16. února 2016

6

Hlavní významy světelného záření

Světlo – složka životního prostředí (vzduch, voda, půda, **světlo**)

- Psychologické a fyziologické reakce člověka
- Biochemické pochody v živých organismech (např. fotosyntéza)
→ **Světelné prostředí (mikroklima)**

Osvětlování

= činnost lidí zaměřená na vytvoření požadovaného světelného prostředí

Možnosti úspory elektrické energie X zvyšování osvětlenosti

- ❖ Vývoj a výroba světelných zdrojů s vysokým měrným výkonem
- ❖ Zvyšování účinnosti svítidel
- ❖ Regulace osvětlovacích soustav
- ❖ Správně vypracované projekty osvětlovacích soustav

Spotřeba elektrické energie na osvětlování **cca 12 %** z celkové vyrobené elektrické energie

1. přednáška KEE/ESV 16. února 2016

7

Světelné záření

1. přednáška KEE/ESV 16. února 2016

Záření (radiace)

= šíření či přenos energie prostorem v podobě elektromagnetických vln či hmotných částic

Libovolné záření lze rozložit na **složky se sinusovým průběhem** a každá složka je charakterizována jediným kmitočtem popřípadě vlnovou délkou.

$$\lambda = c_0 \cdot \nu^{-1} \quad (\text{m; m/s, Hz})$$

$c_0 = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ – rychlost šíření elektromagnetických vln ve vakuu

Světelné záření (světlo)

= elektromagnetické záření, které je **schopno** prostřednictvím zrakového orgánu **vybudit zrakový vjem**.

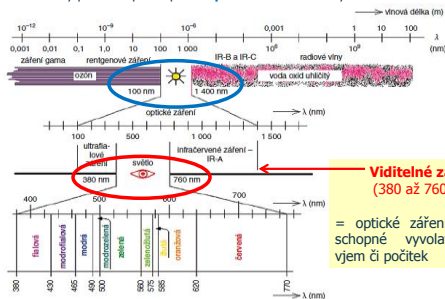
- Vlnový a korpuskulární charakter (duální charakter)

8

Světelné a viditelné záření

Slunce → pohlcení a rozptýlení slunečního světla atmosférou

→ na zemský povrch dopadne pouze **optické záření** o vlnových délkách **100 až 1 400 nm**



Viditelné záření
(380 až 760 nm)

= optické záření, které je schopné vyvolat zrakový vjem či počitek

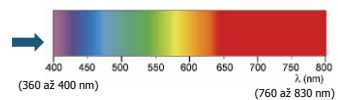
9

Světelné a viditelné záření

1. přednáška KEE/ESV 16. února 2016

- Seřazením složek záření dle jejich kmitočtu (vlnových délek) se získá **spektrum záření**.

Rozložení barev ve viditelné části spektra



- Světlo způsobuje **zrakový vjem a barevný počitek**

Monofrekvenční záření

= záření o jediném kmitočtu

Monochromatické záření

= monofrekvenční záření viditelné oblasti spektra budí určitý barevný počitek

- Spektrum slunečního záření – 128 barevných tónů rozeznatelných okem

10

Fotometrické a radiometrické veličiny

1. přednáška KEE/ESV 16. února 2016

Radiometrické veličiny

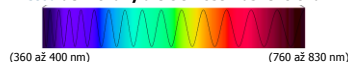
= veličiny, které popisují **kolik energie se přenesne zářením**

- fyzikálně objektivní, ale nevyhovují dle schopnosti vjemu oka

Fotometrické veličiny

= veličiny vztahované k elektromagnetickému záření, které je viditelné lidským okem

- Jsou **definovány dle citlivosti lidského oka**



Integrální veličiny

= popisují celkový účinek záření všech vlnových délek (frekvencí)

Spektrální veličiny

= popisují účinek záření jedné konkrétní vlnové délky

Frekvence fotonu

$$E = h \cdot f$$

Planckova konstanta

$$h = 6,6252 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

11

Infračervené záření (IR)

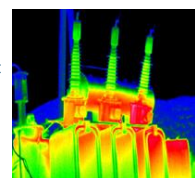
- Rozsah **780 nm až 1 mm**

- **Zdroj** – sluneční záření a každé teplé těleso

- speciální tepelné zdroje – infražárovky (halogenové)

Vlastnosti a využití

- Projev **tepelnými účinky**
- Slouží k vytápění, ohřívání a sušení
- Rozšiřuje cévy, urychluje hojení a tlumí bolest
- Pozorování v noci (infradalekohledy), atd.

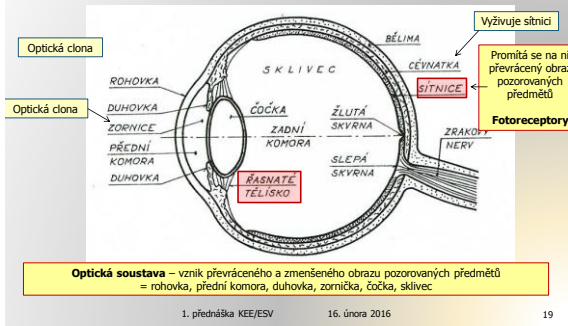


1. přednáška KEE/ESV

16. února 2016

12

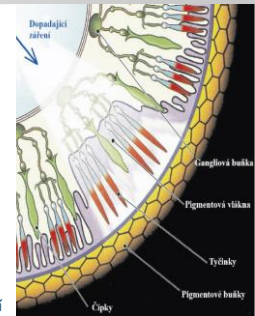
Zrakové ústrojí



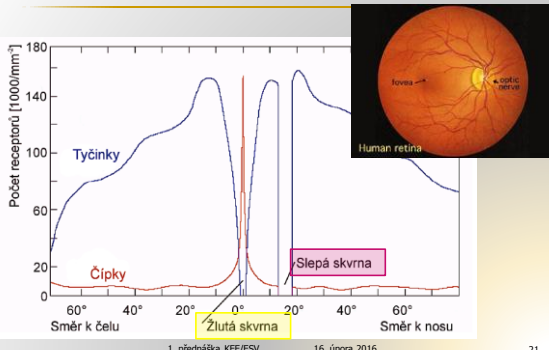
Zrakové ústrojí

Fotoreceptory

- **Čípky** (6,5 mil.) – **uprostřed sítnice**
 - Citlivé na barvy
 - V činnosti při osvětlenosti **cca 100 lx**
 - **Žlutá skvrna** – největší koncentrace = oblast ostrého vidění
 - ❖ **Denní (fotopické) vidění**
- **Tyčinky** (120 mil.) – **okraje sítnice**
 - Nerozlišují barvy
 - Tisíckrát citlivější než čípky
 - V činnosti při nízké osvětlenosti **cca 0,1 lx**
 - ❖ **Noční (skotopické) vidění**
- ❖ **Mezopické vidění** – (tyčinky i čípky)
Pro činnost oka nevhodné – zvýšené namáhání



Hustota a rozmístění fotoreceptorů na sítnici



Přijímače záření

- = tělesa, ve kterých probíhá změna formy energie pohlceného záření
- oko, listy rostlin, fotochemické články
 - Biologické
 - Fyzikální a chemické
- ❖ **Selektivní** – citlivost různá pro jiné monofrekvenční záření
- ❖ **Neselektivní** – citlivost konstantní pro různá monofrekvenční záření
- ❖ **Citlivost $s(\lambda)$**
 - ❖ Spektrální – citlivost k monofrekvenčnímu záření
 - ❖ Integrální – citlivost k složenému záření

Poměrná spektrální citlivost

$$s_r(\lambda) = \frac{s(\lambda)}{s_m}$$

Referenční či maximální hodnota

1. přednáška KEE/ESV 16. února 2016 22

Světelný tok (I_m)

= vyjadřuje schopnost zářivého toku způsobit zrakový počitek či vjem
= **reakce zraku na dopadající zářivý tok**
(to, co zaznamená oko)

Zářivý tok = energie přenesená (vyzářená zdrojem) za jednotku času

$$\Phi(\lambda) = K_\Phi(\lambda) \Phi_e(\lambda)$$

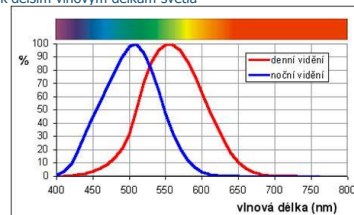
Světelný účinek monochromatického záření - absolutní spektrální citlivost

- **Spektrální zářivý tok** = energie o **určité vlnové délce** přenesená za jednotku času konkrétní plochou

23

Purkyňův jev

- **Purkyňův jev**
= při adaptaci na tmou se citlivost posouvá ke kratším vlnovým délkám, při adaptaci na světlo k delším vlnovým délkám světla



- v šeru vidíme jasněji barvy zelené, modré, fialové a naopak na světle jsou potlačovány, zatímco červená barva bývá jasnější.

Reakce oka a spektrální citlivost

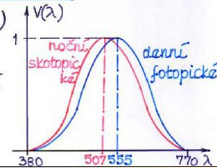
Reakci zraku na dopadající zářivý tok Φ_e , světelný tok Φ_v - reakce zraku různá - normální fotometrický pozorovatel
Absolutní spektrální citlivost

$$K(\lambda) = \frac{d\Phi_v(\lambda)}{d\Phi_e(\lambda)} \quad (\text{lm/W}) \quad K_m(\lambda_m) = 685 \text{ lm/W} \quad \lambda_m = 555 \text{ nm}$$

Poměrná spektrální citlivost

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m(\lambda_m)} \quad (-)$$

$V(\lambda) - f(\lambda)$
- způsob vidění

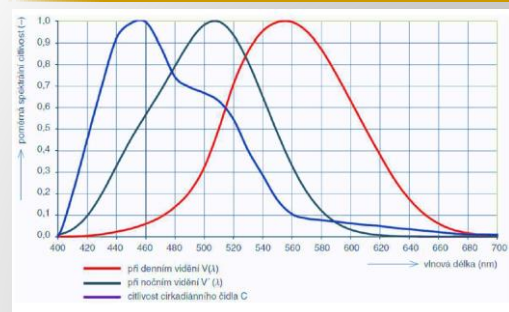


1. přednáška KEE/ESV

16. února 2016

25

Poměrná spektrální citlivost zraku



1. přednáška KEE/ESV

16. února 2016

26

Cirkadiánní cyklus (24 h)

1. přednáška KEE/ESV 16. února 2016

- Aktivní fáze ve dne a klidová fáze v noci (pravidelné střídání světla a tmy)

Ovlivňuje biorytmus

- Krevní tlak a tepovou frekvenci
- Produkce a uvolňování hormonů
- Metabolismus a imunitu
- Tělesnou teplotu

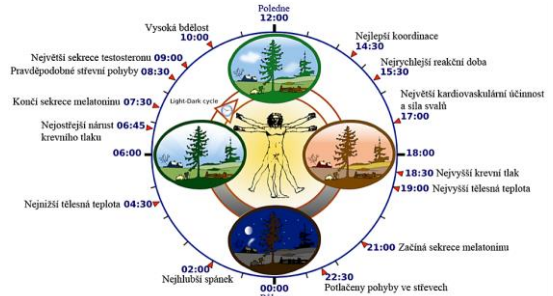
Narušení biorytmů

- Od mírných pocitů nepohody až onemocnění (dlouhodobé či krátkodobé)
- Dlouhodobý pobyt v prostředí s velmi nízkými hladinami osvětlení
- **Syndrom sezónní deprese** – zimní období (jako zimní spánek u živočichů)
- Nízká hladina serotoninu

27

Cirkadiánní cyklus (24 h)

1. přednáška KEE/ESV 16. února 2016



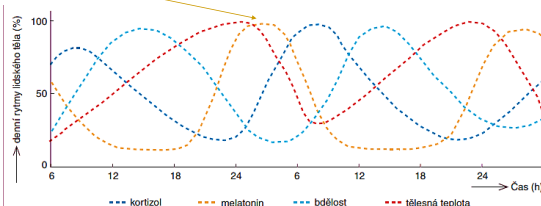
28

Cirkadiánní cyklus

1. přednáška KEE/ESV 16. února 2016

Epifýza (šišinka) = část mezimozku

- Podílí se na tvorbě biorytmů
- Tvorba hormonu **MELATONINU** v závislosti na světle (nejvíce v noci)
- **Melatonin** – působí ospalost, při nedostatku světla vliv na psychiku

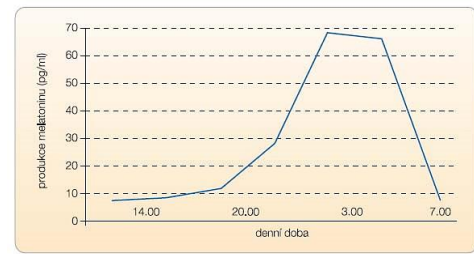


29

Cirkadiánní cyklus

1. přednáška KEE/ESV 16. února 2016

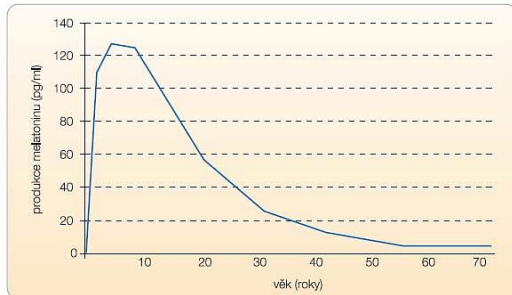
- ✦ Na sítnici třetí druh fotoreceptorů = **čidla cirkadiánní soustavy**
- spektrální citlivost v modré oblasti viditelného spektra



Graf 1 Křivka sekrece melatoninu u člověka v závislosti na denní době.

30

Cirkadiánní cyklus



Graf 2 Křivka sekrece melatoninu u člověka v závislosti na věku.

31

Adaptace zraku

- **Vývoj zraku** – přírodní osvětlení – 10^2 až 10^5 lx
→ **fyzilogické optimum umělého osvětlení** 2 000 až 5 000 lx (omezení energetickými hledisky)

- Při změně osvětlenosti sítnice dochází ke změně její citlivosti

Adaptace zraku

= přizpůsobení zraku různým hodnotám osvětlenosti ($0,25$ až 10^5 lx)

- Změnou průměru zornice (1,8 až 7,7 mm)
- Změnou citlivosti fotoreceptorů
- S přibývajícím věkem se průměrná velikost zornic zmenšuje

Hlavní adaptační mechanismus – fotochemický děj

= rozklad popřípadě syntéza zrakových pigmentů (čtyři druhy)

32

Adaptace zraku

- ❖ 3 pigmenty vázány na čípky – tři druhy čípků – R,G,B
- ❖ 1 pigment – tyčinky = zrakový purpur (rodopsin)

- **Adaptace na TMU** – přechod z vyšších E a L na nižší
 - Vytvoření zásob očního purpuru
 - **Zvýšení** průměru zornice a citlivosti fotoreceptorů
 - Trvá několik minut

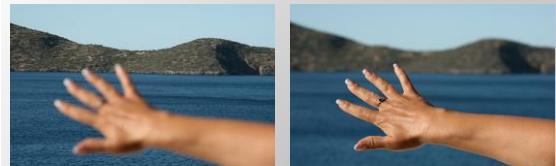
- **Adaptace na SVĚTLO** - přechod z nižších E a L na vyšší
 - Fotochemický rozpad očního purpuru
 - Průměr zornice a citlivost fotoreceptorů se **zmenší**
 - Trvá do 1 minuty

Vidění

- Fotopické – při L vyšších než 10 cd/m^2
- Skotopické – při L nižších než $0,001 \text{ cd/m}^2$
- Mezopické

33

Akomodace oka



- ❖ lidské oko **nedokáže** pozorovat dva **rozdílně vzdálené** předměty **stejně ostře**

Akomodace oka

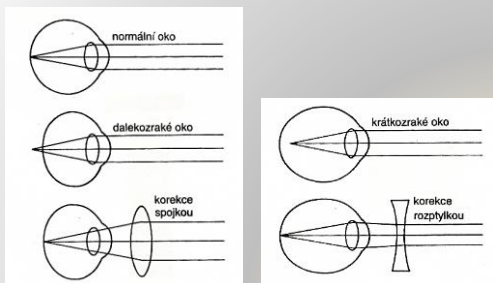
= schopnost oka přizpůsobit lomivost optických prostředí oka vidění do blízká změnou zakřivení stěny čočky, vyvolanou různým stahem řasnatého tělíska

= **Ostré zobrazování** předmětů pozorovaných **v různých vzdálenostech**

→ Změna zakřivení čočky, ohniskové vzdálenosti, otvoru zornice

34

Refrakční vady oka



35

Pole

❖ Světelné pole

= část prostoru, kde se šíří světelná energie

❖ Zorné pole

= část prostoru, který pozorovatel může sledovat bez pohybu oka a hlavy

❖ Pohledové pole

= pohyb oka, ale ne hlavy !!!

❖ Obhledové pole

= pohyb oka i hlavy

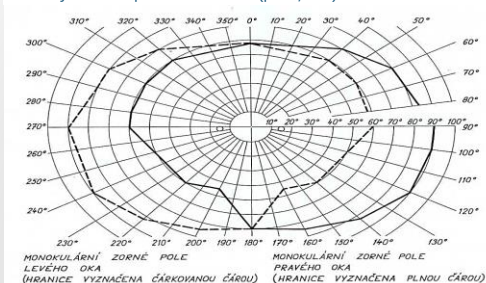
36

Zorné pole

Prostorové vidění

= pozorování předmětů pravým a levým okem z jiného úhlu

- Rozlišujeme zorné pole **monokulární** (pravé, levé) a **binokulární**

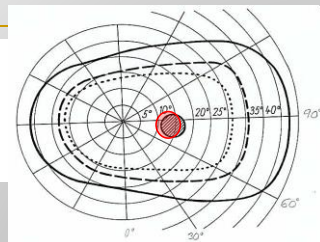


37

Zorné pole

Velikost zorného pole ovlivňuje:

- Chromatičnost (barva) světla
- Jas svazku paprsků dopadající do oka



Monokulární zorné pole pravého oka při různobarevných světelných podnětech.

- zorné pole pro žluté a modré světlo
- - - - zorné pole pro červené světlo
- zorné pole pro zelené světlo

Výšrafovaný kroužek - oblast, do níž se promítá slepá skvrna.

1. přednáška KEE/ESV

16. února 2016

38

Zorné pole a zraková náročnost

Přesné vidění

= natočení optické osy oka na žluté skvrně

Maximální ostrost

- Rozsah **1,5°** od směru pohledu

- Vodorovná rovina **8°**
- Svislá rovina **6°**

- **Zraková náročnost** – posuzují se na pozorování kritického detailu

Kritický detail (KD)

= jedno či vícerozměrný geometrický útvar na který zaměřujeme svůj zrak

- Pro jeho rozlišení je důležité **bezprostřední okolí**

- **Bezprostřední okolí (BO)** = část ZP s vrcholovým úhlem 20 °
- **Pozadí** – ZP mezi vrcholovými úhly 20 až 60 °
- **Vzdálené okolí** – ZP s vrcholovým úhlem nad 60° až k okrajům ZP

- **Pozorovaný předmět** = KD + BO

1. přednáška KEE/ESV

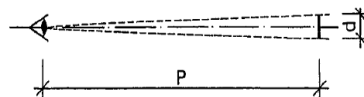
16. února 2016

39

Kritický detail a poměrná pozorovací vzdálenost

Poměrná pozorovací vzdálenost

= podíl vzdálenosti kritického detailu od oka pozorovatele **P** a rozměru kritického detailu **d**



$$p_v = \frac{P}{d}$$

1. přednáška KEE/ESV

16. února 2016

40

Kritéria pro hodnocení podmínek pro práci zraku

• Zrakový výkon

- = množství informací zpracovaných zrakem za jednotku času
- použití v pracovních prostorech

• Zraková pohoda

- = příjemný psychofyzilogický stav organismu, zrak plní optimálně své funkce a pozorovatel se cítí psychicky dobře, prostředí působí psychicky příjemně
- **Vlivy** – použité SZ a svítidla a charakter prostoru (geometrie, rozmístění předmětů, barevné úpravy, vybavení, atd.)

• Zraková nepohoda

- narušuje zrakové funkce, způsobí únavu, negativně ovlivňuje náladu, výkonnost a celkovou kondici

Světelně technické veličiny

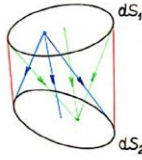
- ❖ Zářivý tok
- ❖ Světelný tok
- ❖ Prostorový úhel
- ❖ Svítivost
- ❖ Osvětlenost = intenzita osvětlení
- ❖ Jas svazku světelných paprsků
- ❖ Světlení

1. přednáška KEE/ESV 16. února 2016

46

Geometrie paprsků

Geometrie paprsků
Zdroj záření - objem, rozměry - zanedb.
 rozměry - vzdálenosti osvětlované plochy -
 bodový zdroj světla - $5\times$ menší než vzdálenost
 průmkový zdroj osvětlované plochy
 plošný zdroj



dS_1 Předp.: prostředí dS_1-dS_2
 nepohlcuje - nerozptyluje sv.
 Rozbíhavý svazek paprsků
 Sbíhavý - " -
 Fyzikální svazek paprsků -
 soubor rozbíhavých
 dS_2 (sbíhavých) svazků - přenos
 energie

1. přednáška KEE/ESV 16. února 2016

47

1. přednáška KEE/ESV 16. února 2016

Příště

SVĚTELNĚ TECHNICKÉ VELIČINY

A

SVĚTELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI MATERIÁLŮ

49