

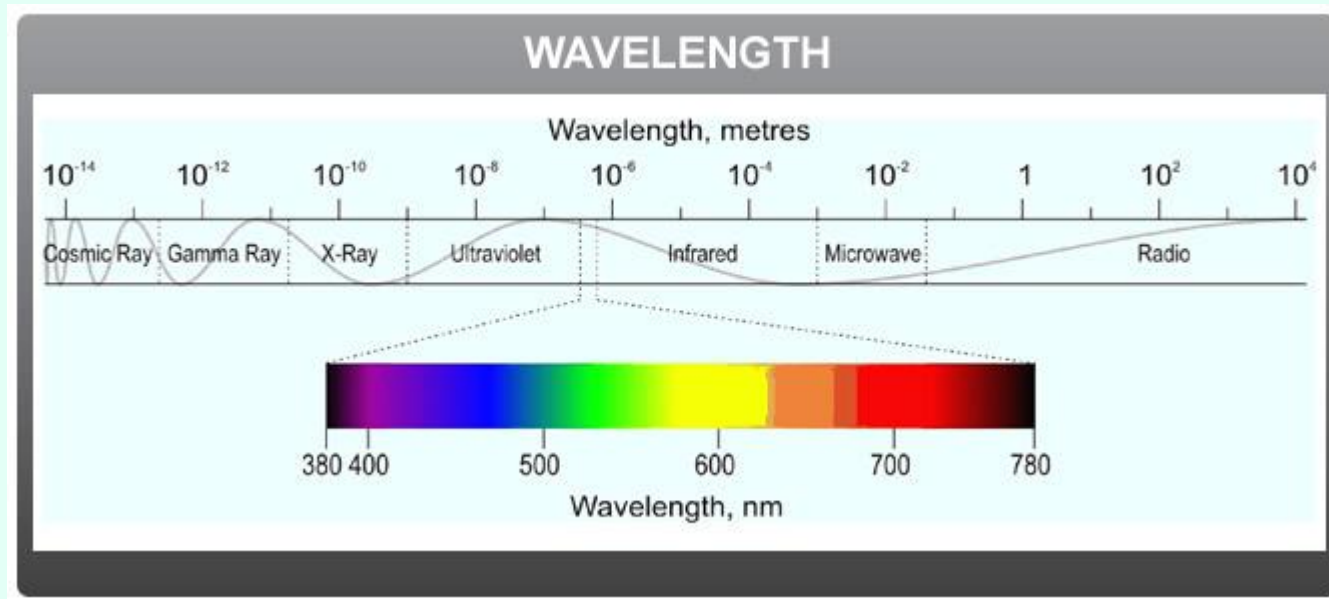
---

# FIZIKALNE KARAKTERISTIKE SVJETLOSTI I ZAHTJEVI PRIPADAJUĆIH PROPISA

Lovro Vrus, dipl.ing.fizike

# Fizikalne osnove

- Svjetlost - elektromagnetsko zračenje



$$c = f \cdot \lambda$$

$$E = h \cdot f = \frac{h}{\lambda}$$

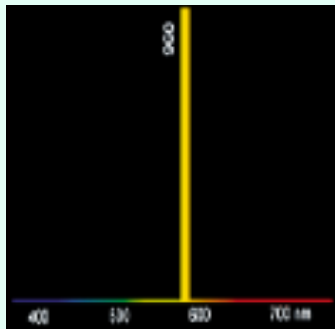
---

# Fizikalne osnove

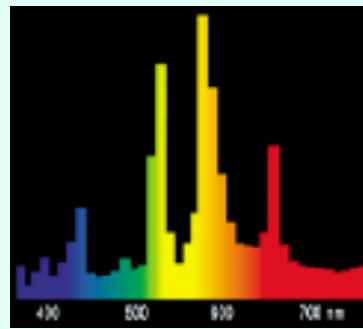
- Svjetlost - elektromagnetsko zračenje
- Dualna priroda:
  - Valna teorija – refleksija, transmisija, lom (refrakcija), ogib, interferencija, polarizacija...
  - Kvantna teorija – kvanti, fotoni, emisija, apsorpcija i prijenos energije... zakoni zračenja zagrijanih tijela
- Optičko zračenje:
  - Ultraljubičasto (UV-A, UV-B, UV-C)
  - Vidljivo
  - Infracrveno (IR-A, IR-B, IR-C)

# Fizikalne osnove

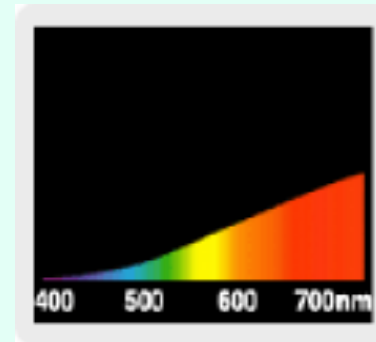
- Spektar vidljivog zračenja:



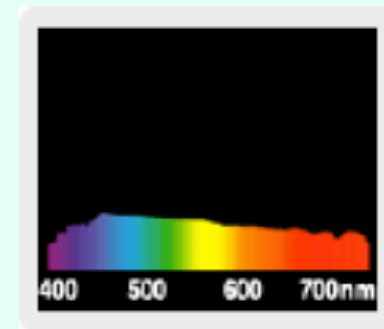
monokromatski



linijski - diskretni



kontinuirani

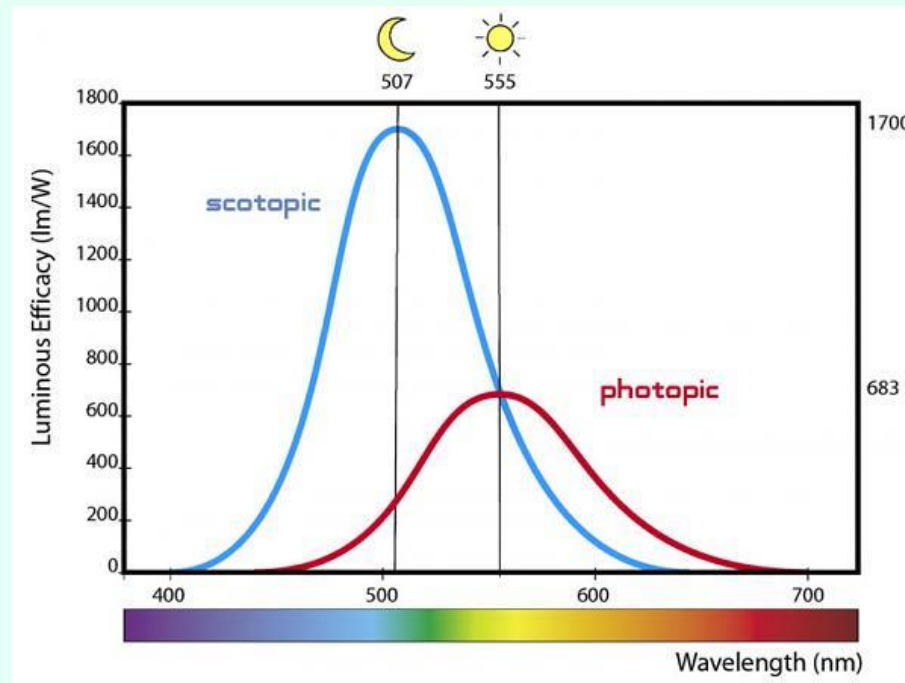


dnevno svjetlo

380-ljubičasta-436-plava-495-zelena-566-žuta-589-narančasta-627-crvena-780  
nm

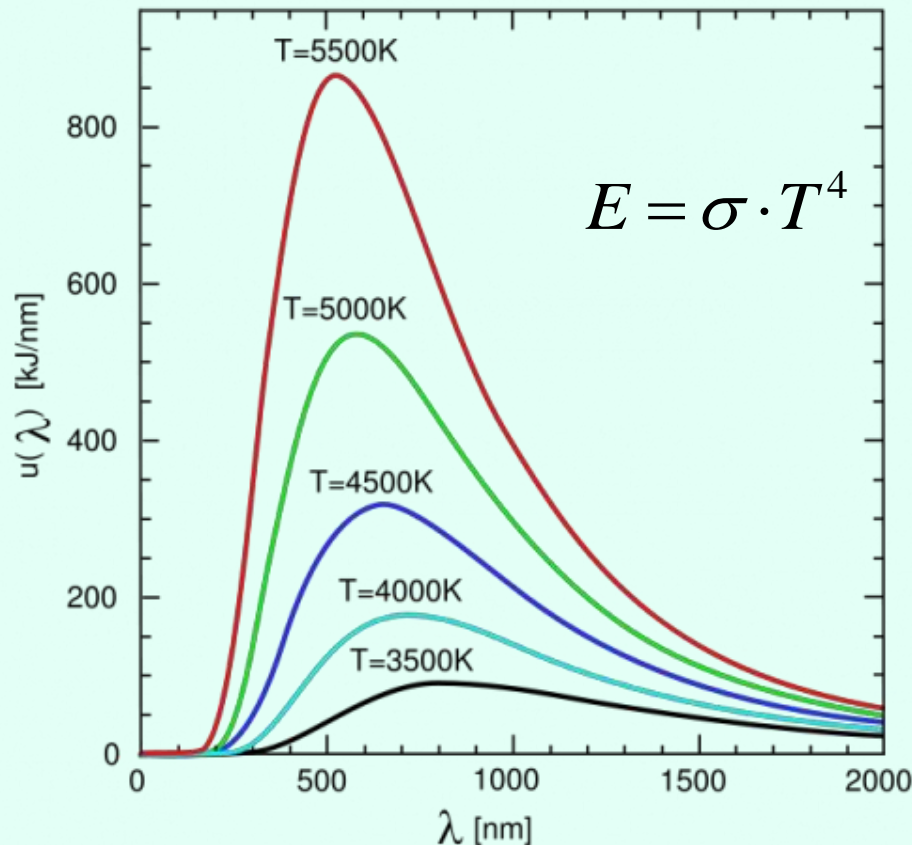
# Fizikalne osnove

- Vrednovanje spektra vidljivog zračenja
  - Ne vidimo sve dijelove spektra jednako dobro (one ispod 380nm i iznad 780nm ne vidimo uopće!)
  - Međunarodna komisija za rasvjetu (*Commission Internationale de l'Eclairage* – **CIE**) uvela *fotopsku* i *skotopsku* relativnu svjetlosnu osjetljivost



# Umjetni izvori svjetlosti

- Termičko zračenje
  - Infracrveno + vidljivo
  - kvantna teorija, zračenje crnog tijela, Planckov zakon → Stefan-Boltzmanov zakon:



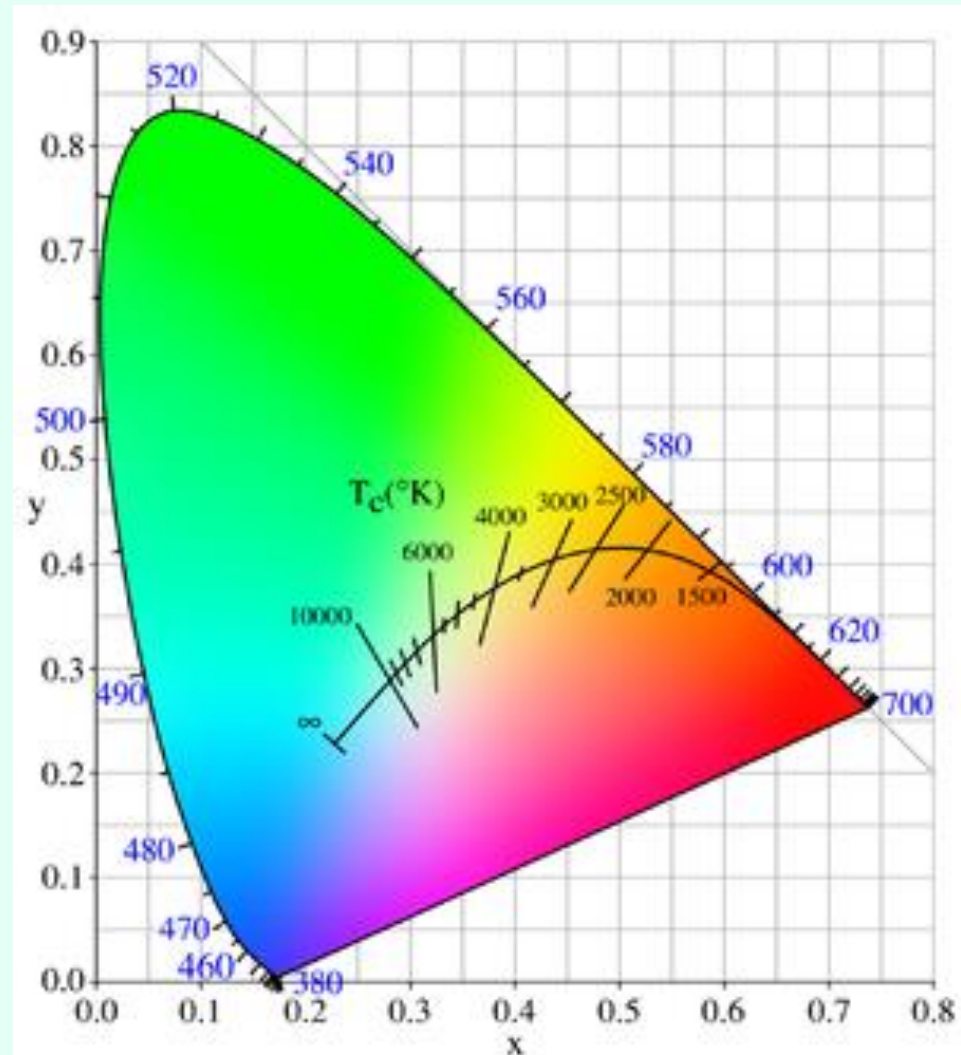
---

# Umjetni izvori svjetlosti

- Luminiscentno zračenje
  - ne vrijedi zakon zračenja crnog tijela – intenzitet zračenja je veći od termičkog zračenja pri istoj temperaturi
  - fotoluminiscencija, elektroluminiscencija, kemoluminiscencija...
  - u rasvjetnim tijelima najčešće izboj u plinovima, metalnim parama ili smjesi para i plinova
  - izražene spektralne linije, UV spektar → fluorescentne tvari

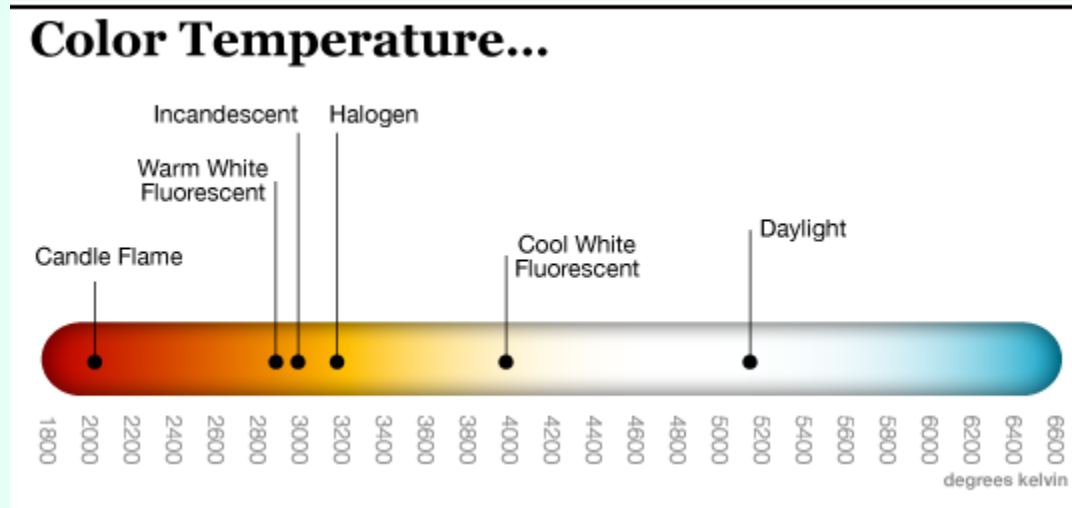
# Boje

- Dva aspekta
  - Temperatura boje
  - Reprodukcijska boje (renderiranje)
- Kolorimetrijski sustav CIE
  - trikromatski sustav (X,Y,Z) → obojenost
  - Planckova crta → dijagram sličnih boja
  - Juddove linije





- Boja rasvjetnog tijela – *temperatura boje* (CIE)



- Prikaz boje osvijetljenog predmeta (renderiranje) – Colour rendering indeks  $R_a$  (max. 100)



# Fotometrijske veličine

- Intenzitet svjetlosti –  $I$ 
  - količina svjetlosti u jediničnom prostornom kutu
  - kandela [cd] – osnovna SI jedinica
- Svjetlosni tok (fluks) –  $\Phi$ 
  - ukupna snaga svjetlosnog zračenja izvora
  - lumen [lm]
- Osvjetljenje (iluminancija) –  $E$ 
  - količina svjetlosnog toka koja pada na određenu površinu
  - luks [lx] (=lm/m<sup>2</sup>)
- Sjajnost (luminancija) –  $L$ 
  - cd/m<sup>2</sup>

---

# Primjeri osvjetljenosti

- Rasvjeta operacijskog stola 20000 – 120000 lx
- Sunčan ljetni dan 60000 – 100000 lx
- Oblačan ljetni dan 20000 lx
- Oblačan zimski dan 3000 lx
- Dobro rasvijetljeno radno mjesto 500 – 700 lx
- Pješačka zona 5 – 100 lx
- Noć s punim mjesecom 0,25 lx
- Noć s mladim mjesecom 0,01 lx

# Zahtjevi propisa

- Od 01.01.2009. više ne vrijedi ni jedna stara norma – sve europske! (službeno glasilo HZN-a br. 6/2008 od 31.12.2008.; <http://www.hzn.hr/novosti2008.html>)
- Stara norma HRN U.C9.100:1962 – Dnevno i električno osvjetljenje prostorija u zgradama zamijenjena 01.01.2009 sa:
  - HRN ISO/CIE 8995:2003 – Osvjetljenost radnih mjesta u zatvorenom prostoru
  - HRN EN 12464-1:2008 – Svjetlo i rasvjeta – Rasvjeta radnih mjesta – 1.dio: Unutrašnji radni prostori
  - HRN EN 12464-2:2008 – Svjetlo i rasvjeta – Rasvjeta radnih mjesta – 2.dio: Vanjski radni prostori

---

# Zahtjevi propisa

- Čl. 27 Pravilnika o zaštiti na radu za mjesta rada (NN, br. 29/13): “osvjetljenost radnih mjesta mora biti u skladu s važećom normom”
- Mišljenje Uprave za rad i tržište rada
  - Za osvjetljenost (unutarnjih) radnih prostora vrijede kriteriji iz norme HRN ISO/CIE 8995:2003
- Pojedine djelatnosti imaju definirane neke od kriterija u zasebnim pravilnicima – npr. radna mjesta s računalom, zdravstvene djelatnosti...

---

# Kako izgledaju zahtjevi?

- HRN ISO/CIE 8995:2003 – Poglavlje 4 definira kriterije za projektiranje osvjetljenosti radnih mjesta s obzirom na:
  - Distribuciju osvjetljenosti
    - Efikasnost rasvjete, oštrina, izbjegavanje bliještanja, zamor zbog konstantne adaptacije oka, reflektancija...
  - Razinu osvjetljenosti (lux)
    - Referentne površine (tablica 5), dopuštena odstupanja, uniformnost, skala osvjetljenosti: 20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1000 – 1500 – 2000 – 3000 – 5000 lux
    - Primjer: obrazovne ustanove

## HRN U.C9.100

Predvorja, gimnastičke dvorane, strojarski laboratoriji, prostori za glazbeni odgoj	Mali – 80 lux
Učionice, zbornice, čitaonice, kabineti, praktikumi kemije i fizike, radionice za sve vrste običnog ručnog rada	Srednji – 150 lux
Crtaonice, radionice za sve vrste finijeg i preciznijeg ručnog rada	Veliki – 300 lux

## HRN ISO/CIE 8995

<b>28. Educational buildings</b>	
Play school room	300
Nursery class	300
Nursery craft room	300
Classrooms, tutorial rooms	300
Classroom for evening classes and adults education	500
Lecture hall	500
Black board	500
Demonstration table	500
Art and craft rooms	500
Art rooms in art schools	750
Technical drawing rooms	750
Practical rooms and laboratories	500
Teaching workshop	500
Music practice rooms	300
Computer practice rooms	500
Language laboratory	300
Preparation rooms and workshops	500
Student common rooms and assembly halls	200
Teachers rooms	300
Sports halls, gymnasiums and swimming pools	300

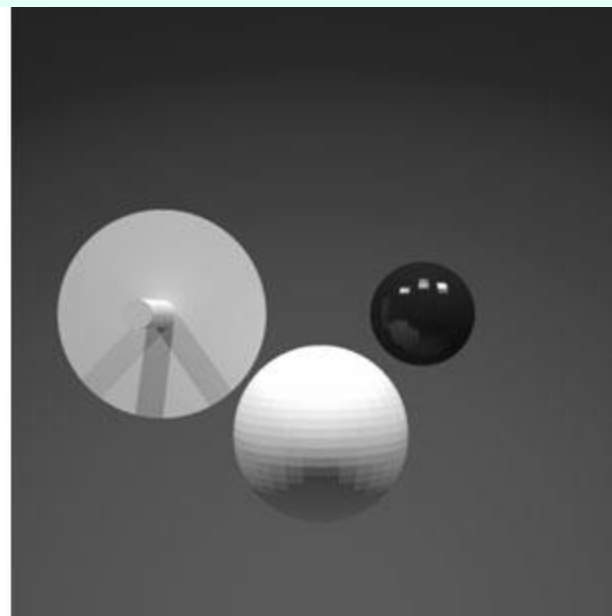
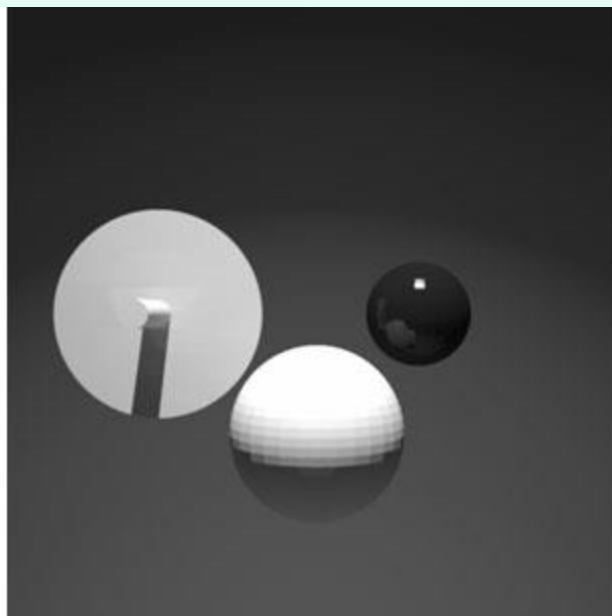
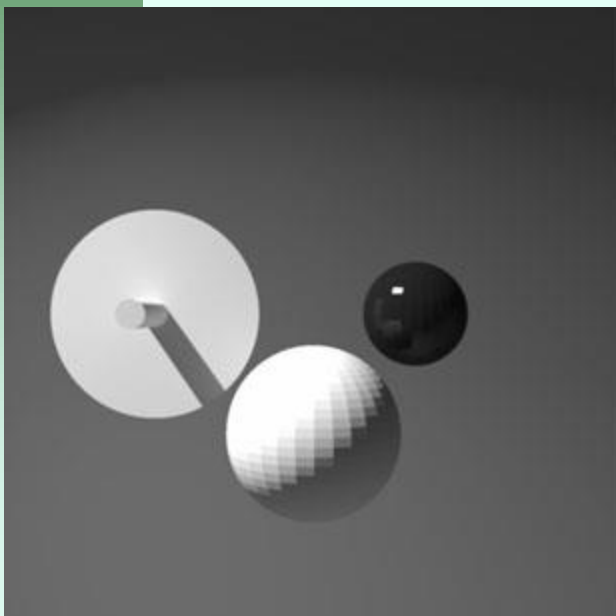
---

- Bliještanje

- UGR – Unified Glare Rating prema CIE 117 – 1995, skala  
UGR: 13 – 16 – 19 – 22 – 25 – 28

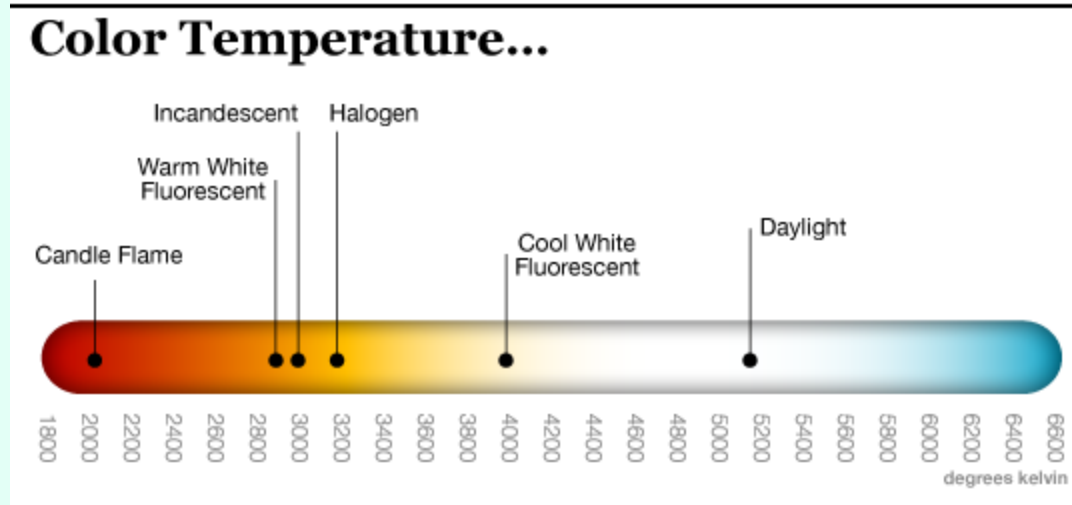
- Usmjerenost osvjetljenja

- Modeliranje (odnos direktnog i difuznog svjetla)

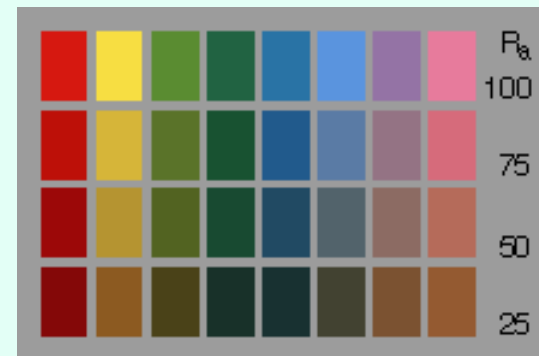




- Boje
  - Boja rasvjetnog tijela



- Prikaz boje osvijetljenog predmeta (renderiranje) – Colour rendering indeks  $R_a$  (max. 100)



---

# Kako izgledaju zahtjevi?

- Dnevno svjetlo
- Održavanje
- Potrošnja energije
- Osvjetljavanje radnih mjesta s displejima
  - U RH Pravilnik o sigurnosti i zaštiti zdravlja pri radu s računalom (N.N. 69/05)
- Titranje svjetla i stroboskopski efekt

---

# Kako izgledaju zahtjevi?

- HRN ISO/CIE 8995:2003 – Poglavlje 5 – lista zahtjeva za rasvjetom prema prostorima, radnim zadacima ili aktivnostima u tablici s 5 stupaca:
  1. Opis interijera, radnog mjesta ili aktivnosti
  2. Minimalna razina osvjetljenosti –  $E_m$  [lux]
  3. Maksimalni indeks bliještanja –  $UGR_L$
  4. Minimalni indeks renderiranja boje –  $R_a$
  5. Napomene – savjeti i upute za specijalne slučajeve

Type of interior, task or activity	$\overline{E}_m$ lux	$UGR_L$	$R_a$	Remarks
<b>28. Educational buildings</b>				
Play school room	300	19	80	
Nursery class	300	19	80	
Nursery craft room	300	19	80	
Classrooms, tutorial rooms	300	19	80	Lighting should be controllable.
Classroom for evening classes and adults education	500	19	80	
Lecture hall	500	19	80	Lighting should be controllable.
Black board	500	19	80	Prevent specular reflections.
Demonstration table	500	19	80	In lecture halls 750 lux
Art and craft rooms	500	19	80	
Art rooms in art schools	750	19	90	$T_{cp} > 5000K$
Technical drawing rooms	750	16	80	
Practical rooms and laboratories	500	19	80	
Teaching workshop	500	19	80	
Music practice rooms	300	19	80	
Computer practice rooms	500	19	80	For VDT-work see clause 4.10.
Language laboratory	300	19	80	
Preparation rooms and workshops	500	22	80	
Student common rooms and assembly halls	200	22	80	
Teachers rooms	300	22	80	
Sports halls, gymnasiums and swimming pools	300	22	80	For public access facilities see CIE 58 - 1983 and CIE 62 - 1984.

---

# Zaključak

- Poznavanje fizikalnih karakteristika svjetlosti bitno pri projektiranju osvjetljenosti radnih prostora, ali i za razumijevanje normi
- Norme navode mnoge zahtjeve o kojima treba voditi računa još u projektnoj fazi
- Zahtjevi su puno stroži i precizniji nego nekadašnji