

## E: Apgaismojuma fizika

Kvēlspuldze rada gaismu, uzkaršējot volframa kvēldiegu līdz pietiekami augstai temperatūrai, lai izstarotu starojumu, kā absolūti melns ķermenis, redzamajā spektra daļā, bet daudz enerģijas joprojām tiek izniekots infrasarkanajā daļā.

Lai kvantitatīvi novērtētu cilvēka redzes uztverto gaismu, mēs izmantojam fotometriskās vienības, kurās ņemta vērā cilvēka acs jutība pret dažāda viļņa garuma gaismu. Kopējo redzamās gaismas daudzumu, ko avots *izstaro* visos virzienos, sauc par **gaismas plūsmu**, ko mēra lūmenos [lm]. Virsmas *uztverto* redzamās gaismas daudzumu uz tās laukuma vienību sauc par **apgaisojumu**, izteiktu luksos [ $lx = lm/m^2$ ], un to var izmērīt ar apgaismojuma sensoru.

Mērot gaismas lielumus, balstoties tikai uz tās pārvadīto enerģiju, mēs izmantojam radiometriskās vienības, ko izsaka ar parastajām jaudas mērvienībām. Gaismas plūsmas radiometriskais ekvivalents ir **starojuma plūsma**, ko mēra vatos [W], un **starojums** [ $W/m^2$ ] ir apgaismojuma ekvivalents.

Šodien jūs pētīsiet gaismas avotu siltuma un apgaismojuma īpašības. Šie trīs uzdevumi lielākoties ir viens no otra neatkarīgi. Katrā uzdevumā uzskicējiet, kā jūs izvietojāt iekārtas, lai veiktu mērījumus. Kļūdu analīze nav nepieciešama 1. un 2. uzdevumam.

### Piederumi (sk. arī attēlu 1)

- A Melna un balta plastmasas plāksne 3 mm biežumā ar statīvu. Abas plāksnes labi absorbē infrasarkanā gaismu.
- B Apgaismojuma sensors ar statīvu. Apgaismojuma sensors automātiski izslēdzas pēc 6 minūtēm - ieslēdziet to, ilgi nospiežot ieslēgšanas/izslēgšanas pogu. Pievērsiet uzmanību mērvienībām (lx, nevis fc). Jūs varat izmantot pogu HOLD, lai iesaldētu parādīto vērtību.
- C Statīvs ar apaļu pamatni un atsvaru stabilitātei, uz kura paredzēts novietot gaismas avotus, divi maināmi gaismas avoti: kvēlspuldze (**maksimālais spriegums 12 V**) un LED (**maksimālais spriegums 3.0 V, nepārsniegt 400 mA strāvu**). Jūs varat izmantot zobu bakstāmos, lai nostiprinātu (ieķīlētu) moduļus vietā. Dots melns papīrs, lai, lasot mērījumus, pasargātu acis no tiešiem avota stariem.
- D Infrasarkanais termometrs. Mērījums notiek pēc īsas aiztures, kad ir *atlaists* mērīšanas taustiņš. Mērījumiem var būt ievērojama, bet nemainīga novirze no patiesās vērtības.
- E Papīra darba paklājs ar leņķa un attāluma režģi.
- F Transportieris.
- G Aploksne ar sarkanās, zaļās un zilās gaismas filtriem. Ja jums ir grūtības atšķirt krāsas, palūdziet palīdzību paceļot "help" kartiņu.

**Filtri ir jutīgi pret karstumu. Netuviniet tos gaismas avotam.**

- H Barošanas avots. Nospiediet sprieguma (voltage) vai strāvas (current) regulēšanas pogu *vairākas reizes*, lai

izvēlētos regulējamo ciparu (par to liecina mirgojoša gaisma zem cipara), un pagrieziet pogu, lai mainītu ciparu. Pēc dažām sekundēm lampiņa pārstās mirgot un displejs sāks rādīt faktisko spriegumu vai strāvu. Mainiet strāvu, lai kontrolētu gaismas avota spožumu. Ja pieprasīto strāvu nevar sasniegt, nepārsniedzot maksimālo spriegumu, barošanas avots pārslēgsies pastāvīga sprieguma režīmā un ierobežos strāvas stiprumu. Pievienojiet vadus atbilstošajās barošanas avota negatīvajā (melnajā) un pozitīvajā (sarkanajā) ligzdā. Neizmantojiet zaļo kontaktligzdu.

**Lai izvairītos no gaismas avotu bojāšanas, pirms vadu pievienošanas iestatiet spriegumu uz atļauto maksimumu un strāvu uz nulli!**

**Ja gaismas avots izdeg, varat lūgt to nomainīt. Nemiet vērā, ka ir pieejams tikai ierobežots skaits rezerves gaismas avotu.**

### 1. uzdevums - Krāsa un temperatūra (4 pts)

Melna ķermeņa starojuma krāsa ir atkarīga no tā temperatūras. Astronomijā zvaigžņu temperatūru nosaka pēc to krāsu indeksa, kas ir caur diviem dažādiem krāsu filtriem izmērītā apgaismojuma attiecība.

(a) Tabulā 1 ir norādītas apgaismojuma vērtības, kas izmērītas caur sarkano, zaļo un zilo filtru, standarta kvēlspuldzes gaismas avotam pie zināmas temperatūras. Izvēlieties piemērotus gaismas filtrus un sastādiet kalibrēšanas likni, kas saista izvēlēto krāsu indeksu ar temperatūru.

(b) Izmēri sakarību starp elektrisko ieejas jaudu un volframa kvēlspuldzes temperatūru. Attēlojiet rezultātus grafiski atbilstošā diapazonā.

### 2. uzdevums - Gaismas efektivitāte (8 pts)

Gaismas avotu veikspēju kvantitatīvi raksturo to **gaismas efektivitāte**, ko mēra lumenos uz vatu kā attiecību starp redzamās gaismas plūsmu un patērēto jaudu. Kā atskaites punktu var minēt saules gaismas koeficientu 93 lm/W.

Izmēri gaismas efektivitātes atkarību no elektriskās ieejas jaudas abiem gaismas avotiem visā diapazonā, kurā gaisma tiek detektēta. Grafiski attēlojiet rezultātus, pa vienam grafikam katram gaismas avotam. Norādiet visus aprēķina posmus un visus izmērītos datus.

### 3. uzdevums - Sildīšana apstarojot (8 pts)

**Šis uzdevums var būt laikietilpīgs, tāpēc plānojiet savu darbu, lai paspētu izdarīt iecerēto.**

Kad gaisma nonāk objektā, daļa no tās tiek absorbēta. Pie mērenām temperatūru atšķirībām starp objektu un apkārtējo vidi mēs varam modelēt siltuma izkliedi apkārtējā vidē ar **siltuma pārnese koeficientu**  $h$  formā

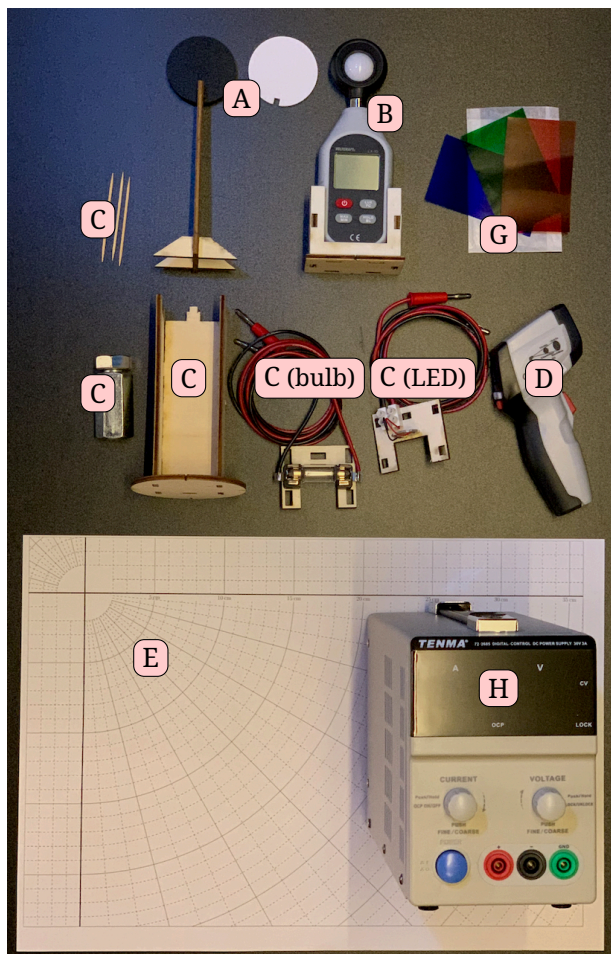
$P/A = h(T - T_0)$ , kur  $T$  ir virsmas temperatūra,  $T_0$  - apkārtējās vides temperatūra, un  $P/A$  apzīmē izkliedes rezultātā objekta zaudēto jaudu uz laukuma vienību.

**(a)** Nosakiet siltuma pārnese koeficientu  $h$  un siltuma vadītspēju  $\lambda$  melnajai plastmasai un veiciet kļūdu analīzi. Pieņemiet, ka materiāls absorbē visu saņemto gaismu un ka kvēlspuldze visu enerģiju izstaro elektromagnētiskā starojuma veidā.

**(b)** Novērtējiet baltās plastmasas albedo (starojuma daļu, kas tiek atstarota, nevis absorbēta) un veiciet kļūdu analīzi.

**Noderīgas sakarības:** Sfēras ar rādiusu  $r$  segmenta laukums starp polārajiem leņķiem  $\theta_1$  un  $\theta_2$ , kur  $0 \leq \theta_1 \leq \theta_2 \leq \pi$ , ir  $\Delta A = 2\pi r^2(\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$ .

## Piederumu attēls



Att. 1: Eksperimentālā uzdevuma piederumu attēls (transportieris un melna papīra vairogs nav attēloti).

## Apgaismojuma tabula

$T$ [K]	Sarkans [lx]	Zaļš [lx]	Zils [lx]
1570	2	0	0
1600	4	0	0
1610	5	1	0
1620	6	2	0
1630	8	3	0
1640	10	4	0
1660	12	5	0
1670	14	6	0
1700	18	9	1
1730	24	14	3
1780	37	23	7
1820	51	34	11
1880	80	57	21
1940	120	91	36
2000	165	130	53
2060	230	194	80
2120	310	274	118
2160	379	348	155
2220	484	460	210
2260	586	570	264
2310	753	748	348
2350	888	929	440
2390	1032	1107	527
2460	1292	1452	697
2500	1577	1826	879
2540	1811	2198	1078

Tabula 1: Fiksētā attālumā izmēritais apgaismojums ar kvēlspuldzes gaismas avotu ar zināmu temperatūru, ko mēra caur trim krāsu filtriem. Gaismas avots un apgaismojuma sensors atrašanās vietu nemaina. Mērījumu precizitāte ir  $\pm 2$  lx.



## Barošanas avota instrukcijas

Stenda barošanas avots izvada maksimālo elektroenerģijas daudzumu, ko pieļauj iestatītais strāvas un sprieguma ierobežojums. Ja strāvas ierobežojums tiek sasniegts pirmais, tas darbojas kā pastāvīgas strāvas avots, un, ja sprieguma ierobežojums tiek sasniegts pirmais, tas darbojas kā pastāvīga sprieguma avots, ko atbilstoši norāda CC un CV indikatoru gaismas.

Nepieslēdziet gaismas avotu pirms barošanas avota iestatīšanas! Ievērojiet attēlā redzamo sarkano vadu, kas nav pievienots, tāpēc ķēde ir pārtraukta.



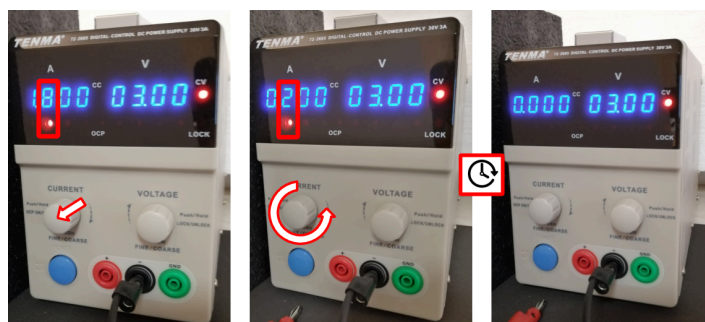
Jūs redzēsiet divus displejus: strāvas displeju kreisajā pusē un sprieguma displeju labajā pusē. Tie rāda faktisko strāvu un spriegumu attiecīgajā brīdī, tāpēc strāva būs nulle, bet spriegums būs vienāds ar izvēlēto sprieguma robežu, kamēr nav pieslēgta spuldze. Blakus sprieguma displejam spīdēs CV indikators, kas norāda, ka ir sasniegta sprieguma robeža.



Nospiediet "voltage" pogu, lai iestatītu sprieguma robežu. Tagad displejā faktiskā sprieguma vietā tiks parādīta sprieguma robeža, un lampiņa zem viena no sprieguma cipariem iedegsies. *Pagriezot* pogu, tiek iestatīts izvēlētais cipars, un, *nospiežot* pogu, tiek pāriets pie nākamā cipara, lai to mainītu. Izmantojiet "voltage" pogu, lai iestatītu gaismas avota maksimālo pieļaujamo spriegumu, piemēram, 3.00 V gaismas diodei.

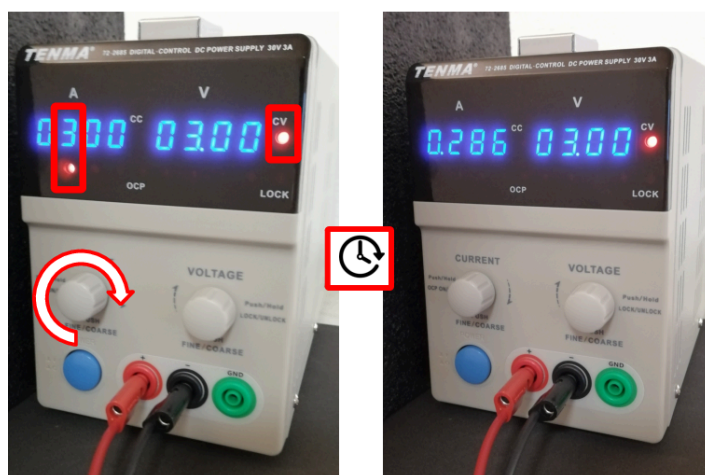
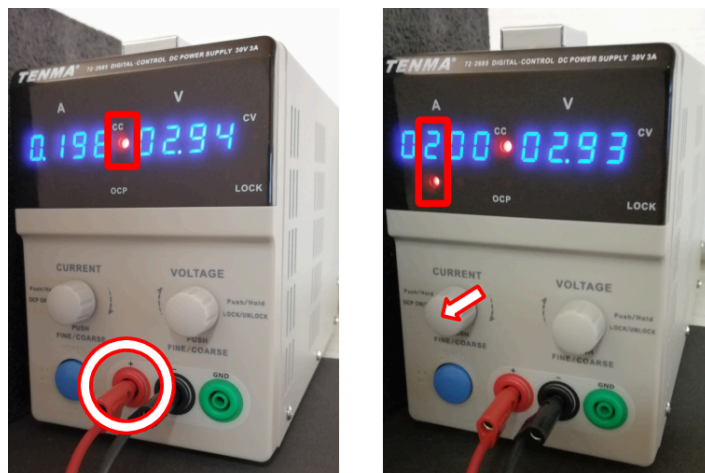
Pēc 4 sekundēm displejs atkal sāk rādīt faktisko spriegumu, un gaisma zem sprieguma cipariem izslēdzas.

Atkārtojiet procedūru ar strāvas ("current") slēdzi (pa kreisi), lai iestatītu strāvas ierobežojumu.



Piemērā parādīta robeža 0.200 A. Pēc 4 sekundēm displejs atkal sāk rādīt faktisko strāvu (joprojām nulle), un ciparu selektora indikators izslēdzas.

Tagad, kad abas robežas ir iestatītas pareizi, pievienojiet gaismas avotu. Tagad ir sasniegta strāvas robeža, ko norāda CC (konstantas strāvas) indikators. Faktiskais spriegums tagad ir mazāks par iestatījumu. Šajā piemērā izmantotais gaismas avots nav tāds pats kā jūsu eksperimentā, tāpēc vērtības būs atšķirīgas. Mēģiniet palielināt strāvas ierobežojumu ar kreiso pogu.



Ja strāva tiek palielināta pārāk daudz, tiek sasniegta sprieguma robeža (CV indikators), kas aizsargā gaismas avotu. Izmantojiet strāvas iestatījumu, lai kontrolētu gaismas avotus.