

Latvijas Universitātes Cietvielu Fizikas institūta
Krāsu laboratorijas
Tehniskais uzdevums

1. Ievads

Šajā dokumentā aprakstīts vispusīgai krāsu pētījumu veikšanai un hromatisku paraugu analīzei paredzētas modernas krāsu laboratorijas izveides plāns. Krāsu laboratoriju plānots izveidot LU CFI telpās. Laboratoriju paredzēts nodrošināt ar modernu aprīkojumu, kas sniegs iespēju veikt sertificētus mērījumus rūpniecisku paraugu raksturošanai, kā arī veikt krāsu uztveres un analīzes pētījumus ar augstu precizitāti rūpīgi kontrolētos apstākļos.

2. LU CFI Krāsu laboratorijas prasības

2.1. Vispārējās prasības

LU CFI krāsu laboratorijas izveidei nepieciešama:

- mērījumu sagatavošanas telpa (12 m²);
- mērījumu veikšanas telpa (36 m²);
- koplietošanas telpas mehānisko darbu veikšanai.

Visās telpās jābūt elektrībai, ūdensapgādei, mēbelēm, telekomunikācijām utt.

2.2. Elektrība

Visām telpām jābūt nodrošinātām ar vienas fāzes un trīs fāžu elektropieslēgumu dažādu patērētāju barošanai. Kopējā elektrotīkla jauda nedrīkst būt mazāka par 15 [kW].

2.3. Apgaismojums

Atkarībā no veicamā uzdevuma nepieciešamais apgaismojuma līmenis ir atšķirīgs. Lai veiktu sagatavošanās darbus laboratorijā, vispārīgais apgaismojums ir aptuveni 500 [lx]. Ja tiek veikti īpaši gari redzes eksperimenti vai darbi ar maza kontrasta un izmēra objektiem, nepieciešamas lokālais apgaismojums var mainīties robežās no 2000 [lx] – 20000 [lx]. Redzes komforta nodrošināšanai nav ieteicams gaismas intensitāti mainīt strauji, tāpēc ieteicams nodrošināt iespēju apgaismojuma līmeni mainīt pakāpeniski.

Ja laboratorijā jāveic nespecifiski darbi, visbiežāk vispārīgam telpas apgaismojumam tiek izmantotas fluorescentās lampas vai LED lampas. Maksimālam redzes komfortam ieteicamas siltās, baltās LED lampas ar krāsu temperatūru 2800 K.

Specifiskiem mērķiem var būt jāizmanto lampas ar noteiktu spektrālo sastāvu (fluorescentās lampas, kvēlspuldzes, lampas ar maksimumu spektra zilajā vai sarkanajā daļā). Ja nepieciešams iegūt gaismu, kas ir vistuvākā Saules gaismai, jālieto īsā loka ksenona lampas, izfiltrējot UV starojumu.

Krāsu adaptācijas un pastāvīguma pētījumiem telpu ieteicams aprīkot ar atsevišķi/kopā ieslēdzamām/izslēdzamām krāsainām lampām.

Krāsu redzes un analīzes eksperimenti tiek veikti gan tumsā, gan gaismā. Šī iemesla dēļ jāpastāv iespējai telpas noteiktā laika periodā aptumšot, izmantojot nolaižamus/paceļamus slēģus. Lai būtu iespējams veikt dažādus krāsu redzes un krāsu analīzes pētījumus, jāpastāv iespējai telpu aptumšot, tādējādi novēršot no āra ienākošo Saules starojumu. Šī prasība attiecināma uz abām telpām, kuros risinājušās projekta aktivitātes un kas būtu izmantojamas kā krāsu laboratorijas telpas. Vienā no telpām tiek veikti multispektrālie krāsu mērījumi un krāsu redzes testi, savukārt, otrā telpā – paraugu skenēšana un luminiscences mērījumi. Fona apgaismojums ļoti negatīvi ietekmē rezultātus.

2.4. Telekomunikācijas

Visās LU CFI Krāsu laboratorijas telpās jābūt telekomunikācijām un Internetam. Katrā telpā jābūt fiksētajam tālrunim. Vēlams laboratoriju nodrošināt arī ar lokālo telekomunikāciju tīklu.

2.5. Ventilācija

Saskaņā ar vispārpieņemtiem laboratoriju ventilācijas standartiem, telpās, kurās neatrodas cilvēki, minimālais ventilācijas apjoms ir pilnīga telpas gaisa nomaina 4 reizes stundā. Ja telpā atrodas cilvēki, pilnīgai gaisa nomainai jānotiek vismaz 8 reizes stundā. Piespiedu ventilācija LU CFI Krāsu laboratorijā ir īpaši svarīga jonizējošā starojuma radītā ozona dēļ. Ja telpas izmērs ir 4 [m] x 5 [m] x 3 [m], tad $V = 60 \text{ [m}^3\text{]}$, un nepieciešamā jauda ir aptuveni 480 [m³/h].

2.6. Darba drošība un evakuācijas plāns

Laboratorijā var rasties apstākļi (jonizējošs starojums, ozons, mazjaudīgs augstspriegums, ko rada apgaismes iekārtas), kas var radīt draudus veselībai. Šī iemesla dēļ jāievēro īpaši nosacījumi.

Laboratorijā jābūt pieejamiem individuāliem aizsarglīdzekļiem – aizsargbrillēm, cimdiem, sejas un ķermeņa aizsegumiem u.c. Pilnībā jānovērš iespēja tuvajam un tālajam UV starojumam nokļūt acīs un uz ādas.

Telpās, kurās tiek izmantoti UV starojuma avoti, jonizējošā starojuma ietekmē rodas ozons, kas lielā koncentrācijā rada potenciālu sprādziena risku. Lai šādu risku novērstu, ozons no krāsu laboratorijas telpām ir jāaizvada ar ventilācijas sistēmas palīdzību. Izmantojot īsā loka ksenona vai dzīvsudraba lampu, ozona radītā sprādziena risks īpaši bīstams ir tāpēc, ka, šis sprādziens var izraisīt arī pašu lampu eksploziju, radot papildus draudus. Šī iemesla dēļ lokizlādes lampām jābūt ievietotām noslēgtā korpusā ar atverēm. Atveres nodrošina sakarsušā gaisa aizplūšanu. Noslēgts korpus arī novērš iespēju jonizējošam starojumam nokļūt acīs un uz ādas.

Jūtīgas elektroniskas iekārtas jāekranē pret augstfrekvences starojumu. Laboratorijas instrumentiem jābūt brīvi pieejamiem. Lokizlādes lampu startēšana notiek, izlādējoties augstsprieguma dzirksteļspraugai. Tai izlādējoties, rodas spēcīgs elektromagnētiskais starojums, kas spēj sabojāt tuvumā esošu elektronisku

aprīkojumu. Šī iemesla dēļ nepieciešams jūtīgu elektroniku ievietot ekranējošā apvalkā, kas aizsargā to pret elektromagnētiskā lauka radītiem bojājumiem.

Nepieciešamības gadījumā jānodrošina iespēja ātri evakuēties no telpas, ievērojot iekšējās kārtības prasības un laboratorijas vadītāja apstiprinātu evakuācijas plānu.

3. Personāls

3.1. Personāls, tā skaitliskais lielums un kvalifikācija

Plānotais LU CFI Krāsu laboratorijas personāla lielums ir četras personas:

- laboratorijas vadītājs (1);
- darbinieki ar pētnieka vai inženiera kvalifikāciju (2);
- palīgpersonāls (1).

Laboratorijas vadītājam jābūt ar doktora grādu, kā arī viņam būtu jābūt ievēlētam vadošā pētnieka amatā. Vēlams arī, lai vadītājam vajadzētu būtu vismaz 5 gadu pieredze projektu vadīšanā. Būtiski, lai laboratorijas vadītājam būtu vairākas publikācijas starptautiski atpazīstamos un citējamos zinātniskajos žurnālos.

Vēlams, lai pētniekam un inženierim būtu vismaz maģistra grāds, un lai viņš būtu vēlēta pētnieka pozīcijā. Ieteicams, lai pētniekam/inženierim būtu vismaz 3 gadu pieredze tehniskos darbos (virpošana, frēzēšana, lodēšana, telpu labierīcību remontēšana un apkope).

Vēlams, lai palīgpersonālam būtu augstākā izglītība, kā arī pieredze eksperimenta sagatavošanā un datu apstrādē.

Kandidāti LU CFI Krāsu laboratorijas personālam kuri ir LU CFI un LU FMF Optometrijas un Redzes zinātnes nodaļas pasniedzēji, darbinieki un kādreizējie studenti. Viņiem visiem ir vismaz maģistra grāds optometrijā un viņiem ir publikācijas starptautiski citējamos žurnālos. Visi minētie cilvēki arī sadarbojas ar Krāsu laboratoriju Joensū (*Joensuu*) universitātes (Somija) Zinātnes parka krāsu laboratoriju, ar ko ir izveidojusies ilggadēja sadarbība. Personāla iespējamais sastāvs redzams 1. pielikumā.

3.2. Prasības darbiniekiem

LU CFI Krāsu laboratorijas personālam jātiek instruētiem darba aizsardzības noteikumos un jātiek atestētiem elektrodrošībā. Īpašos gadījumos specifisku uzdevumu veikšanai personālam jāiziet speciāli kursi.

4. LU CFI Krāsu laboratorijas aprīkojums un perspektīvas

4.1. Aprīkojums

LU CFI Krāsu laboratorijas aprīkojums iedalāms trīs klasēs:

- Aprīkojums, ar ko atļauts strādāt pēc iepazīšanās ar instrukciju;
- Aprīkojums, ar ko strādājot, jāievēro specifiskas prasības;
- Aparatūra, ar ko strādājot, nepieciešama īpaša apmācība.

Aprīkojumā, ar ko atļauts strādāt pēc iepazīšanās ar instrukciju, ietilpst:

- datori (OS Windows, Pentium vai Celeron procesori);
- vienkārši gaismas avoti (kvēlspuldzes un luminiscentās spuldzes);
- gaismas kaste;
- gaismas filtri (caurlaidība IR, VIS un UV reģionā);
- integrālā sfēra gaismas starojuma parametru noteikšanai;
- Lēcas ar dažādu spektrālo caurlaidību (360 [nm] – 2 [μm] un 200 [nm] – 2 [μm]) u.c.
- Ocean Optics šķiedru optika (šķiedras emisijas un atstarošanās spektru mērījumiem) diapazons.

Aprīkojumā, ar ko strādājot, jāievēro specifiskas prasības, ietilpst:

- gaismas avoti (savietojami ar šķiedru optikas elementiem) *Ocean Optics DH-2000-CAL un PX-2*. *Ocean Optics DH-2000-CAL* spektra diapazons no 200 [nm] līdz 1000 [nm]; *Ocean Optics PX-2* spektra diapazons no 200 [nm] līdz 800 [nm];

Aprīkojumā, ar ko strādājot, nepieciešama īpaša apmācība ietilpst:

- XY skenējošais koordināšu galdiņš 8MTF-102LS05 un tā vadības bloki;
- Ocean Optics spektrometri USB4000, USB2000+ uz šķiedru optikas bāzes;
- Multispektrālā kamera (CRI Nuance Vis-07), diapazons 420 [nm] – 720 [nm];
- Īsā loka ksenona lampa un tās barošanas bloks, un korpusis;
- iekārtas optisko elementu savietošanai ar mikroskopijas iekārtām;
- vairākas kameras, piemēram, kamera JAI CV-M10SX.

Tālāk sniegts neliels katras minētās iekārtas tehniskais apraksts.

- Gaismas kaste (skat. 4.1.1. attēlu) ir komerciāla, kompakti izveidota kaste, kurā iebūvēti vairāki gaismas avoti, kam ir noteikts spektrs. Šie gaismas avoti



4.1.1. attēls. Gaismas kaste ar dažādiem gaismas avotiem (D65, TL84, CWF, F un UV).

ir klasificēti atbilstoši CIE klasifikācijai. Gaismas kastē ietverti šāda veida gaismas avoti: D65, TL84, CWF, F, UV. Šos gaismas avotus iespējams ieslēgt gan atsevišķi, gan kopā. Gaismas kastei ir hromatiski neitrālas sienas (pelēkā krāsā). Tas ir svarīgi, jo pretējā gadījumā mērījumu rezultāti būtu nobīdīti noteiktas krāsas virzienā. Gaismas kaste paredzēta krāsu pastāvības, luminiscences un adaptācijas mērījumiem.

- Multispektrālā kamera *CRI Nuance Vis-07* ir komerciāla kamera (skat. 4.1.2. attēlu), kas paredzēta plaša redzeslauka attēlu iegūšanai noteiktos viļņu garumos spektra redzamajā diapazonā. Kamerā iebūvēta CCD matrica un elektrooptiskie šķidro kristālu filtri.



4.1.2. attēls. Multispektrālā kamera *CRI Nuance Vis-07*.

- JAI CV-M10SX ir komerciāla monohromā kamera ar plašu spektrālo diapazonu. Neskatoties uz to, ka tuvajā infrasarkanajā apgabalā kameras jutība ir maza, liela daļa gaismas avotu sniedz stipru apgaismojumu tieši infrasarkanajā spektrā (kvēlspuldzes). Attēlu reģistrēšanai ar JAI kameru ir izmantota Matrox MC II video karte ar Intellicam programmatūru, kas nodrošina asinhrono kameras vadīšanas formātu un trigera palaišanu attēla nolasīšanai.

- XY skenējošais koordināšu galdiņš *8MTF-102LS05* un tā vadības bloki (skat. 4.1.3. attēlu) ir CFI izveidota un aprobēta iekārta, un tā nodrošina ļoti augstu dažādu paraugu skenēšanas precizitāti. Sīkākās detaļas, kas saskatāmas paraugos, ir aptuveni 100 [μm] lielas. Šādi paraugi sniedz iespēju iegūt ļoti detalizētu informāciju par krāsainības izmaiņām dažādos parauga punktos.



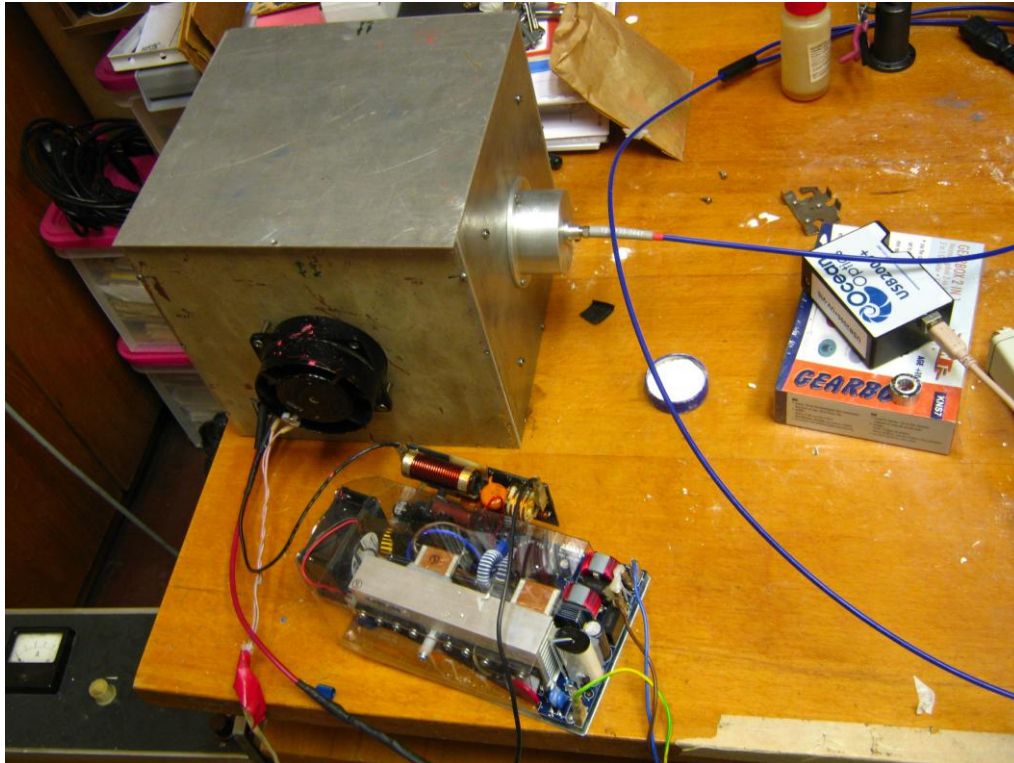
4.1.3. attēls. XY skenējošais koordināšu galdiņš *8MTF-102LS05* un tā vadības bloki.

Maksimālais pārvietojums pa abām koordinātēm ir 75 [mm]. Gaisma no avota iekļūst apgaismes šķiedrā un tālāk caur kopējo zaru nokļūst līdz paraugam. No parauga atstarotā gaisma nokļūst kopējā zarā un tālāk caur nolasīšanas šķiedru nokļūst spektrometrā.

- Ir iegādātas dažāda izmēra lēcas ar dažādu spektrālo caurlaidību. Ir iegādātas gan lēcas, kas paredzētas darbam spektra redzamajā (no 360 [nm] līdz 780 [nm]) un infrasarkanajā daļā (no 780 [nm] līdz 1100 [nm]), gan arī lēcas, kas paredzētas darbam spektra ultravioletajā (no 200 [nm] līdz 360 [nm]) un redzamajā daļā. Ir nodrošināta arī iespēja lēcas sasaistīt ar optiskajām šķiedrām.
- Ir pieejamas gan viena vada šķiedras spektra redzamajam un infrasarkanajam diapazonam, gan arī apgaismošanas un atstarotās gaismas uztveršanas šķiedras spektra ultravioletajam un redzamajam diapazonam. Šķiedras aprīkotas ar SMA-905 savienotāju tā, lai tās būtu savienojamas ar lēcām un spektrometriem.
- Pašlaik ir pieejami divu veidu firmas *Ocean Optics* spektrometri: USB4000 un projekta laikā iegādātais spektrometrs USB2000+. Spektrometrs USB4000 paredzēts darbam spektra redzamajā un infrasarkanajā daļā, turpretim

spektrometrs USB2000+ - spektra ultravioletajā un redzamajā daļā. Spektrometram SUB2000+ ir mazāk pikseļu nekā spektrometram USB4000, turpretim tam ir mazāks trokšņu līmenis un tas ir noderīgs luminiscences pētījumiem. Spektrometram USB4000 ir 3648 pikseļu matrica, turpretim spektrometram USB2000+ ir 2048 pikseļu matrica.

- Gaismas avots *Ocean Optics DH-2000-CAL* ir noderīgs šķiedru optikas un spektrometru kalibrācijai, kā arī dažādu paraugu apgaismošanai un spektru iegūšanai. Gaismas avota *DH-2000-CAL* spektrs redzams 2. pielikumā. Impulsu gaismas avots PX-2 piemērots luminiscences pētījumiem. Gaismas avota PX-2 maksimālā jauda ir 9,9 [W]. Trūkums šim gaismas avotam ir tas, ka maksimālais pieļaujamais integrācijas laiks ir 32 [ms]. Īsākais integrācijas laiks ir 10 [μs], kas neļauj to izmantot ātru procesu reģistrēšanai.
- Īsā loka ksenona lampa ir noderīga visur, kur nepieciešams krāsu atveidojums, kas ļoti līdzinās dabiskajām krāsām Saules gaismā. Īsā loka ksenona lampas spektra līdzība ar Saules spektru ir aptuveni 96 % (spektrs redzams 3. pielikumā). Ksenona lampa izstaro arī UV starojumu, ko iespējams izmantot luminiscences pētījumiem. Īsā loka ksenona lampa ir plašas apertūras gaismas avots spektra diapazonā no 300 [nm] līdz 800 [nm]. Tā ir iebūvēta LU CFI darbnīcās izveidotā korpusā.



4.1.4. attēls. Īsā loka ksenona lampas korpuss (lampa iemontēta iekšā). Redzams arī lampas barošanas bloks un šķiedru optika.

4.2. Esošā aprīkojuma izmantošanas perspektīvas

Izmantojot jau esošo aprīkojumu, LU CFI krāsu laboratorijā iespējams veikt šādus uzdevumus:

- Veikt dažādu objektu attēlošanu atšķirīgos viļņu garumos;
- Skenēt dažādus objektus ar sīku telpisko soli brīvi izvēlētā viļņu garumā;
- Noteikt dažādu objektu absolūtos emisijas un atstarošanas spektrus;
- Noteikt luminiscences laika atkarības dažādiem objektiem;
- Pētīt objektu hromatiskās īpašības dažādā apgaismojumā;
- Attēlot objektus precīzās krāsās;
- Izstrādāt jaunus krāsu redzes testus;
- Nodrošināt iespēju veikt psihofizikālus krāsu redzes uztveres pētījumus.

Tālāk tekstā sīkāk aprakstīts katrs no šiem uzdevumiem.

- Izmantojot multispektrālo kameru *CRI Nuance Vis-07*, iespējams iegūt liela mēroga objektu „slāņveida” attēlu. Katrs slānis ir objekta attēls noteiktā viļņu garumā. Katrs viļņu garums tiek izvēlēts, kombinējot dažādus filtrus. Kamerai ir plašs redzeslauks, un tā spēj iegūt attēlus ne tikai iekšstelpās, bet arī ārpus telpām.
- Reizēm ir svarīgi noteikt, vai objekta virsmas krāsa ir vienmērīga. Reizēm šādas nevienmērības ar aci nav saskatāmas. Šajā gadījumā skenējošais XY galdiņš spēj nodrošināt objekta skenēšanu ar ļoti augstu precizitāti.

- Izmantojot gaismas avotus, kam ir rūpnīcā kalibrēts un zināms spektrs, iespējams noteikt citu gaismas avotu spektrus. Šādi mērījumi nepieciešami, piemēram, klientiem, kam ir svarīga precīza krāsu atbilstība noteiktiem standartiem un precīza gaismas avotu raksturošana.
- Katram luminiscējošam objektam ir raksturīgas noteiktas luminiscences laika atkarības. Izmantojot esošos spektrometrus, gaismas avotus un šķiedras, iespējams novērtēt luminiscences dzišanas dinamiku.
- Dažādie gaismas kastes gaismas avoti sniedz iespēju gan novērtēt objekta uztveri dažādos apgaismojumos, gan palīdzēt izprast krāsu pastāvību, kā arī pētīt objektu luminiscentās īpašības.
- Īsā loka ksenona lampa sniedz iespēju iegūt objekta krāsas, kas ir ļoti tuvas tām, kādas tās redzamas Saules gaismā. Šo iespēju var izmantot mākslinieki, kam nepieciešama dabīgu krāsu attēlošana.
- Izmantojot rūpīgi kalibrētus gaismas avotus, iespējams radīt drukātus materiālus ar noteiktām spektrālajām īpašībām (atstarošanas un emisijas spektri), t.i., ir iespējams radīt jaunus krāsu redzes testus specifisku krāsu redzes defektu diagnostikai.
- Gaismas kaste izmantojama, lai tajā ievietotu objektus, kuru uztveri iespējams pētīt dažādā apgaismojumā. Izstrādājot pētījuma metodiku un rūpīgi kontrolējot apstākļus, iespējams padziļināti izprast krāsu redzes mehānismus.

5. Nepieciešamais aprīkojums

Nākotnē laboratoriju aprīkojot ar aparatūru, kam ir uzlaboti parametri un īpašības salīdzinājumā ar esošo aparatūru, iepriekš minētos uzdevumus iespējams izvērst, kā arī būs iespējams veikt jaunus uzdevumus. Tālāk tekstā uzskaitīts aprīkojums, ar ko nākotnē būtu vēlams nodrošināt LU CFI krāsu laboratoriju (minēti piemēri):

- Gardner šķidro krāsu standarti;
- Goniometrs SMS10C;
- Termovizors FLIR;
- Konica Minolta luksometrs T-10A;
- spektrometri *HELIOS* un *EOS* (Ultrafast Systems);
- QF600-8-VIS-NIR tipa optiskā šķiedra spektra ultravioletajam un redzamajam diapazonam;
- *Nuance TRIO* sistēma;
- Dzīvsudraba-argona lampa *Ocean Optics HG-1* spektrometra kalibrācijai un gaismas avots *Ocean Optics HPX-2000* vai *HPX-2000-HP-DUV* spektrometra nelinearitātes korekcijai un paraugu skenēšanai;
- spektrofotometri un spektroradiometri (*CM-3700A* (Konica Minolta), *S.I. Photonics 400 Series UV/Vis* (SI Photonics), *PR-705* (Photo Research)).

Tālāk sīkāk aprakstīta katra minētā ierīce.

- Gardner šķidro krāsu standarti sniedz iespēju salīdzināt paraugu ar kādu no standartiem, tādā veidā ļaujot noteikt tā hromatiskās īpašības. Šie paraugi der laku, eļļu un sveķu krāsas novērtēšanai.
- Goniometrs SMS10C integrē gaismu izvēlētā rādiusā ($R_{\max} = 25$ [m]) horizontāli no -200° līdz $+200^\circ$, vertikāli no -100° līdz $+100^\circ$. Telpiskā izšķirtspēja $0,02^\circ$.
- Konica Minolta luksometrs T-10A mēra mirgojošu objektu radīto apgaismojumu robežās no 0,01 līdz 299,900 [lx]. Tam piemīt krāsu korekcijas funkcija. Tam ir arī analogā izeja [izšķirtspēja 1 [mV]], un tas ir pieslēdzams USB portam.
- Termovizora FLIR izšķirtspēja ir 320x240 pikseļi, mērījumi diapazons no -20°C līdz $+350^\circ\text{C}$, jutība 70 [mK], telpiskā izšķirtspēja 0,5 [mm], datu ieguves frekvence 60 [Hz].
- Spektrometru *HELIOS* un *EOS* īsākais integrācijas laiks ir vairāki simti [ns], kas sniedz iespēju pētīt ļoti ātrus luminiscences procesus. Tie ir savietojami ar jau īpašumā esošajām *Ocean Optics* šķiedrām.
- *QF600-8-VIS-NIR* tipa optiskā šķiedra sniedz iespēju novērst trūkumu, ar ko nācās saskarties projekta aktivitāšu laikā, proti, nepieciešamību defokusēt optisko sistēmu, lai nodrošinātu nepieciešamo gaismas daudzumu. Šķiedrai ir pārvietojams caurspīdīga materiāla logs, kas sniedz iespēju mainīt staru fokusēšanas pakāpi.
- *Nuance TRIO* sistēma nodrošina multispektrālu attēlu iegūšanu dažādos spektra rajonos un meklēt interesējošos apgabalus, pamatojoties uz pikseļiem ar noteiktām krāsu īpašībām. Tā nodrošina arī automātisku attēlu salīdzināšanu.
- Dzīvsudraba-argona lampa *Ocean Optics HG-1* ir ļoti piemērota regulārai spektrometra kalibrācijai, lai nodrošinātu pastāvīgu mērījumu precizitāti. Gaismas avots *Ocean Optics HPX-2000* vai *HPX-2000-HP-DUV* nodrošina spektrometru linearitāti un padara krāsu analīzes optisko sistēmu ļoti kompaktu. Šo ierīču spektrs ir tāds pats kā īsā loka ksenona lampai.
- Lai iegūtu precīzu informāciju par objekta spektru un būtu iespējams gaismas avotu raksturot kvantitatīvi, nepieciešams spektrofotometrs, kas, atšķirībā no spektrometra, sniedz iespēju par radiometrisko un fotometrisko lielumu absolūtajām mērvienībām. Spektrofotometri un spektroradiometri (*CM-3700A* (Konica Minolta), *S.I. Photonics 400 Series UV/Vis* (SI Photonics), *PR-705* (*Photo Research*)) ir izmantojami šādu mērķu sasniegšanai un nodrošina precīzu gaismas avotu un attēlošanas ierīču kalibrāciju.

6. Plānotās LU CFI Krāsu laboratorijas izmantošanas perspektīvas

Tālāk uzskaitītas LU CFI krāsu laboratorijas izmantošanas perspektīvas un minēti iespējamie klienti, kas varētu būt ieinteresēti šādos pakalpojumos:

- Objektu krāsošanas vienmērīguma kontrole;
- Dažādu paraugu spektrālā raksturošana atšķirīgos viļņu garumos;
- Kalibrētu gaismas avotu spektru iegūšana;
- Krāsu redzes analīze;
- Jaunu krāsu redzes testu izveide;
- Precīza krāsu atveidošana un atveidošanas pakāpes kontrole;
- Dažādu paraugu luminiscento īpašību analīze;
- Psihofizikālu eksperimentu veikšana, krāsu analīze;
- Dažādu gaismas avotu ergonomikas izpratnes veicināšana;
- Ražas ikgadējā prognoze;
- Gaismas fizikālās dabas izpratnes veicināšana u.c.

7. Potenciālie LU CFI Krāsu laboratorijas klienti

Tālāk uzskaitīti iespējamie LU CFI Krāsu laboratorijas klienti, kas varētu būt ieinteresēti šādos minētajos pakalpojumos:

- auto virsbūves servisi, auto ražotāji;
- acu ārsti, optometristi;
- gaismas avotu tirgotāji;
- zemnieki, biologi, vides zinātnieki;
- skolēni un studenti

- 1. pielik.

Šajā brīdī šādu laboratoriju CFI iespējams nokomplektēt ar šādiem darbiniekiem:

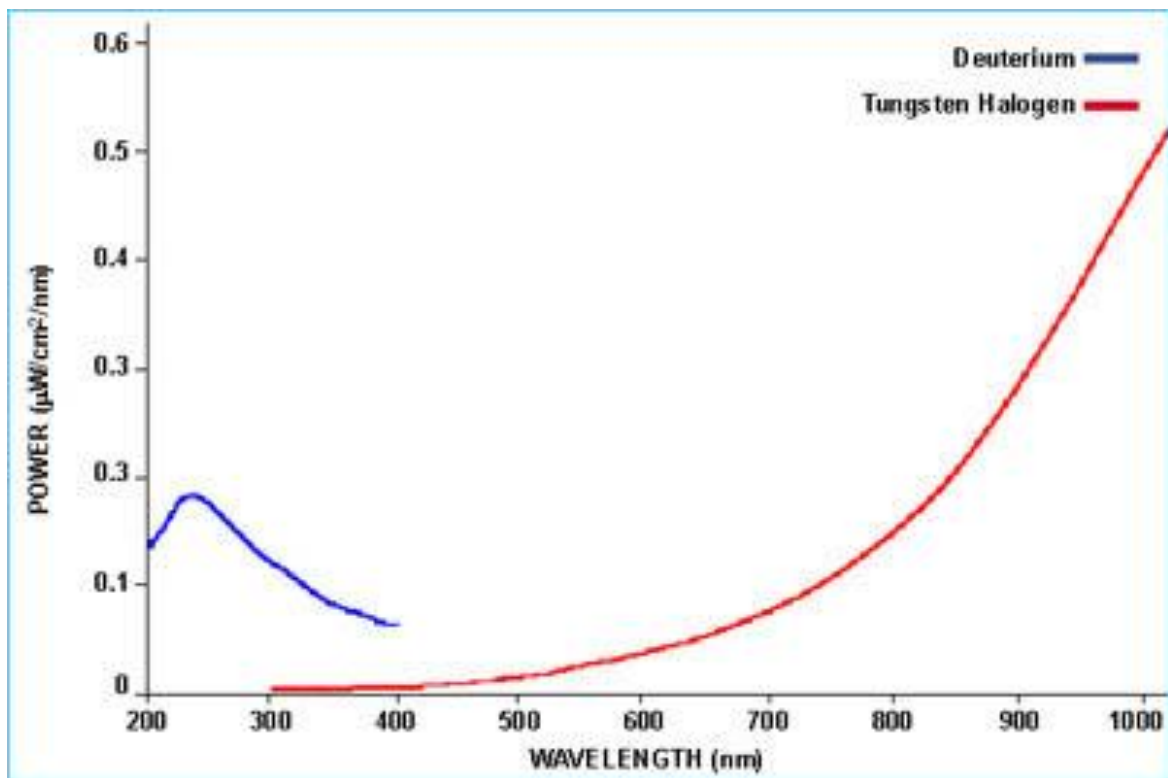
- Dr. habil. phys. Māris Ozoliņš;
- vad. pētn. Dr. phys., Varis Karitāns;
- vad. pētn. Dr. phys. Sergejs Fomins.

Darba uzdevumus, kādi ir paredzēti šajā laboratorijā, ir veikuši šādi darbinieki

- Tehn. izpildīt., MSc. Kaiva Juraševska;
- Tehn. izpildīt., MSc. Renārs Trukša.

2. pielikums

Gaismas avota DH-2000-CAL spektrs (zilā krāsā deiterija lampas spektrs, sarkanā krāsā volframa-halogēna lampas spektrs)



3. pielikums

Īsā loka ksenona lampas spektrs

