

Denove tute alian vojon montris Millikan per sia mezuro de la elektra elementa kvanto. El tiu elektra konstanto oni ricevas $L = 6,02 \times 10^{23}$. Ĉar tiu metodo estas teorie la plej simpla, oni havas nuntempe la plej grandan konfidon al tiu valoro de la Loschmidta nombro.

Per la koincido de tiuj nombroj derivitaj el tiom diversaj fenomenoj la ekzisto de la molekuloj iĝas certa.

KOLORFOTOGRAFADO

778.6

de D-ro D. R. DUNCAN.

Prelego en Internacia Somera Universitato, Bournemouth, 1949.

Kiam oni faras rektan komparon inter ordinara nigra-kaj-blanka fotografajo kaj kolorfotografajo de la sama objekto, oni vidas, kiom oni gajnas per la koloreco — belecon, klarecon, pli fidelan reprezenton, kun rezultanta sento de realeco. Rigardante senkoloran fotografajon, oni ne povas forgesi, ke ĝi estas nur bildo, sed rigardante koloran foton, precipe lumbildon, oni ofte sentas, kvazaŭ oni rigardas la objekton mem. Ĉi tiun diferencon oni rimarkas tre forte en la filmteatro, se ordinara filmo sekvas kolorfilmon. Sen komparo kun kolorfilmo, la senkolora ŝajnas sufiĉe vivsimila, sed, komparante ĝin kun la kolora, oni konscias, kiom oni perdas pro la manko de koloro.

Ĉi tio estas evidenta, kiam la beleco de la fotografita objekto dependas de ĝia koloro, kiel ĉe floroj, ĝardenoj, sunsubiroj, piroteknikaĵoj, sed ĉe multaj aliaj vidaĵoj la koloro estas pli grava faktoro de la beleco, ol oni kutime konscias. Kiu amatora fotografisto, uzante ordinaran filmon, ne sentis foje ĉagrenon, ĉar la foto aspektas iom banala, kvankam la sceno fotografita ŝajnis bela kaj fotografinda — kaj ĝuste ĉar, kvankam li ne komprenis tion, la ĉarmo de la fotografitaĵo dependis de ĝia koloraro? Ĉi tio estas precipe vera ĉe kamparaj pejzaĝoj. La helaj koloroj de proksimaj objektoj kontraŭ la bluo de la malproksima fono faras fortan impreson pri distanco kaj aldonas la trian dimension, kiu mankas en senkoloraj bildoj. Specialaj ecoj de la sceno, kiel la aŭtunaj koloroj de la folioj aŭ la flava nuanco de vespera sunlumo, estas facile videblaj en kolorfotaj.

Tamen, rigardante ĉi tiajn bildojn, oni eble pensas „Jes, ili estas tre belaj, sed certe ne estas facile fari ilin; sendube nur sperta fotografisto kun speciala aparato povas produkti ilin — ordinara amatoro, kiel mi, ja ne povus”. Tio tamen tute ne estas vera. Ĉiu ajn per ordinara fotografilo povas fari bonajn kolorbildojn de eksterdomaj scenoj en sunlumo. Por pli malfacilaj taskoj, kiel endoma fotografado, iom da sperto estas bezonata, sed la malfacilaĵoj estas venkeblaj eĉ sen multekosta aparato.

La ĉefa praktika diferenco inter kolora kaj senkolora fotografado troviĝas efektive en la kosto de la filmo, sed, almenaŭ laŭ mia opinio, unu bona kolora bildo valoras pli ol kelkaj senkoloraj.

Por fari kolorfotajn, oni devas nur aĉeti specialan kolorfilmon, meti ĝin en la fotografilon, fotografi en la ordinara maniero, kaj poste redoni la filmon al kompetenta fotografisto aŭ al la fabrikisto por rivelado. Ĉe kelkaj specoj de kolorfilmoj oni povas mem riveli ilin, se oni preferas, sed la rivelado estas pli komplikita afero ol ĉe ordinaraj filmoj, kaj mi rekomendas, ke komencanto lasu tion al profesiulo.

Dum la rivelado la kolora bildo aperas sur la filmo. Plej ofte, anstataŭ fari *printon*¹⁾ sur papero, oni redonas la filmon mem al la fotografinto, kiu tiel ricevas travideblan bildon naturkoloran. Oni povas munti ĝin inter vitraj platoj aŭ en kartona kadro. La bildo estas facile videbla, se oni tenas la filmon antaŭ folio de blanka papero, blanka muro, la fenestro, aŭ la plafono. Pli bone, oni povas uzi unu el la rigardiloj, kiuj estas aĉeteblaj aŭ kiujn oni povas mem konstrui. Ĉi tiuj estas simplaj aparatoj por tralumigi la filmon de malantaŭe kaj ofte estas tre efikaj. Foje rigardilo havas ankaŭ lenson tenatan antaŭ la filmo por pligrandigi la bildon. Tamen la plej realecan efektan oni ricevas, se oni projekcias la foton per lumbilda aparato.

Se oni preferas ordinaran kolorbildon sur papero, estas eble tian ricevi, sed fari ĝin oni bezonas multe da sperto kaj pacienco. Krom tio, surpaperaj bildoj neniam reproduktas la kolorojn tiel perfekte, kiel travideblaj bildoj povas, kaj ne donas la saman impreson de realeco. Naturaj objektoj ofte montras pli grandajn kontrastojn de heleco, ol estas eble reprodukti sur papero, sed per travideblaj filmoj oni povas tion fari tute sukcese, eĉ se la bildo enhavas fajron aŭ lumojn.

Fotografante kolore, oni devas memori, ke kolorfilmo estas malpli rapida, malpli rapide impresata de la lumo, ol ordinara filmo. Pro tio ĝi bezonas pli longan eksponon (aŭ pli larĝan aperturon kun la sama ekspona tempo, aŭ pli fortan lumon se la aperturo kaj ekspona tempo de la fotografilo ne estas modifeblaj). Krom tio, por bone reprodukti la kolorojn, estas necese doni la ĝustan eksponon. La fabrikistoj kutime eldonas tabelojn, kiuj montras la ĝustajn eksponojn en diversaj cirkonstancoj. En nekutimaj situacioj, ekzemple kiam oni fotografas endome, estas tamen dezirinde uzi eksponometron, t.e. aparato, kiu mezuras la fortecon de la lumo, kaj havi iom da sperto por ĝuste taksi ties indikojn. Por ricevi plaĉan bildon estas preferinde, ke la forteco de lumigado estu sufiĉe egala; oni ne povas samtempe ĝuste eksponi por parto de sceno, kiu estas en profunda ombro, kaj por alia parto, kiu estas hele lumigata. Fotografante memlumajn objektojn, kiel la kolorlumigatan fontanon ekster la Pavilono en Bournemouth, estas bone elekti fruvesperan horon, kiam la krepuska lumo ankoraŭ iom videbligas (kaj sekve fotografebligas) la ĉirkaŭantajn objektojn.

Komencanto agus saĝe, fotografante nur per taga lumo. Kun artefarita lumo

1) Printo: vorto proponita por la pozitivo sur papero, karto k.t.p.

estas plej ofte necese uzi aŭ kolorfiltrilon aŭ specialan filmon adaptitan al la lumu uzata. Do, farante tagluman foton endome, oni ne uzu lampojn por egaligi aŭ plifortigi la lumon. Oni uzu prefere blankan reflektilon (ekzemple blankan tukon) por ĵeti lumon en la ombrojn, aŭ, pli bone, aranĝu la fotografatajn (aŭ fotografotojn) apud la fenestro tiel ke neniam artefarita helpo estos necesa. Tre trafajn bildojn oni ofte povas fari kontraŭlume, kun la objekto staranta antaŭ aŭ flanke de la fenestro.

Por kompreni, kiel kolorfilmo funkcias, estas necese kompreni iomete pri koloroj mem. La koloro de la diversaj objektoj ĉirkaŭ ni dependas de tio, ke ili reflektas nur parton de la taglumo, kiu trafas ilin. La taglumo mem estas miksaĵo de lumoj de diversaj koloroj, kiuj neŭtraligas unu la alian kaj kune faras impreson de blankeco. Purpura objekto, ekzemple, reflektas nur la ruĝan kaj bluan komponantojn de la taglumo; ĉi tiuj ne neŭtraligas unu la alian, sed kune donas impreson de purpureco.

Farante eksperimentojn pri la miksado de koloraj lumoj, oni povas konstati, ke la fundamentaj koloroj estas ruĝo, verdo kaj bluo. La aliaj koloroj estas produktaĵoj per miksado de ĉi tiuj, kiel ni ĵus klarigis, flava lumo per la miksado de ruĝa kaj verda, k.t.p.

Ĉiuj metodoj, kiujn oni nun uzas por fari kolorfotojn, estas bazitaj sur ĉi tiu fakto. La plej facile komprenebla rimedo por utiligi ĝin, estas fari, kiel faris unua la brita fizikisto Clerk Maxwell en 1861, tri fotojn de la sama objekto tra kolorfiltriloj respektive ruĝa, verda kaj blua. (Kolorfiltrilo estas tavolo el kolora, travidebla substanco, kiel kolora vitro aŭ gelateno, kiu tralastas lumon de nur unu koloro aŭ laŭbezono de elektita grupo de koloroj.) La foto tra la ruĝa filtrilo donas bildon de tiuj partoj de la objekto, kiuj reflektas ruĝan lumon. Farante travideblan pozitivon (sur vitro aŭ filmo), liginte ĝin al la ruĝa filtrilo, kaj projekciante ĝin per lumbilda aparato, nur la ruĝreflektantaj objektoj estas videblaj, kaj ili kompreneble aspektas ruĝaj.

Same estas pri la aliaj „kolorapartaj” bildoj. Sed, se oni projekcias ĉiujn tri tra iliaj propraj kolorfiltriloj samtempe sur la saman ekranon per tri apartaj aparatoj, oni ricevas la kompletan bildon kun ĝiaj ĝustaj koloroj.

Ĉi tiu procedo nomiĝas *adicia* procedo, pro tio ke oni kvazaŭ adicias la tri kolorapartajn bildojn por fari la kompletan bildon. En la priskribita formo ĝi apenaŭ estas oportuna rimedo por fari kolorfoton, sed kelkaj el la plej sukcesaj modernaj procedoj estas bazitaj sur la sama principo. Ekzemple *Dufaycolor*-filmo konsistas el ordinara fotografa filmo, kies tuta surfaco estas kovrita de mozaiko de linioj ruĝaj, verdaj kaj bluaj (Skemo, ĉe A). Ĉi tiuj linioj servas, kiel la kolorfiltriloj. Ne plu estas necese ekspozici trifoje — la tri malsamkoloraj fotoj ne plu estas apartaj, ili estas kvazaŭ interplektitaj. Tra la ruĝaj linioj oni ricevas ruĝan bildon de la ruĝreflektantaj objektoj, kaj same pri la aliaj koloroj. Ĉar la linioj estas proksimume nur unu kvindekono de milimetro larĝaj, oni ne povas vidi ilin apartaj, kaj la diversaj

koloroj kunmiksiĝas en la okuloj por fari bildon, en kiu la originalaj koloroj estas plej ofte tre fidele reproduktataj. La bildo, kiun oni ricevas rivelinte la filmon en la ordinara maniero, estas negativo (ekzemple, nigrajaj aspektas blankaj, flavajaj bluaj, k.t.p., kun komplementaj koloroj), sed per facila kemia procedo oni pozitivigas ĝin.

La alia grava metodo por produkti kolorbildojn estas la *subtraha*. Ni povas kompreni ĉi tiun, se ni imagas, ke oni denove faras unue tri kolorapartajn fotografatojn, tra ruĝa, verda kaj blua filtriloj respektive. Supozu nun, ke oni faras pozitivon el la traruĝa negativo, tiel traktante ĝin per kemiaĵoj, ke la partoj, kiuj en la originalo reflektis ruĝan lumon, aspektas senkoloraj, kaj la partoj, kiuj ne reflektis ruĝan lumon, aspektas „malruĝaj”, tio estas, havas la koloron komplementan al ruĝo, nome iom verde bluan koloron. (Oni nomas verde bluan lumon „komplementa” al ruĝa lumo, ĉar miksite kun ĉi tiu ĝi produktas blankan lumon: ruĝa lumo + verda + blua = blanka lumo.) Same, la positivo el la traverda negativo estas senkolora en la verdreflektaj partoj kaj blue ruĝa (malverda) en la neverdaj. Simile, la tria bildo, farita tra blua filtrilo, estas reproduktata senkolora, kie la objekto reflektis bluan lumon, kaj flava (malblua), kie ĝi ne reflektis bluan lumon. Se oni kunligas ĉi tiujn tri bildojn, tiel ke unu kuŝas sur alia, oni faras bildon tritavolan, kiu, trarigardate, sufiĉe bone reproduktas la originalajn kolorojn.

Ekzemple, verda objekto reflektas precipe verdan lumon. Do, verda objekto estas reproduktata verde blua en la unua positivo, senkolora en la dua, kaj flava en la tria (Skemo ĉe S). Blanka lumo, trairinte la verde bluan tavolon kaj poste la flavan, aŭ inverse) aspektas, kompreneble, verda.

Same, flava objekto reflektas ruĝan kaj verdan lumon, sed ne bluan. Do, ĝi estas reproduktata senkolora en la unuaj du pozitivaj kaj flava en la tria. Sekve la tri kune donas impreson nur de flaveco.

Ĉi tiu priskribo donas ĝeneralan ideon pri la metodo uzata por produkti la konatajn *Technicolor*-filmojn, kiujn oni montras kinematografe. Ĝi estas adaptebla ankaŭ por produkti kolorprintojn sur papero; la procedo estas uzebla de amato, se li havas la necesajn paciencon kaj manan lertecon por transmeti la tri pozitivajn ĝustaloke unu sur la alian sur la paperon. Tre belajn bildojn spertulo povas ricevi tiel.

La metodo ordinare uzata por reprodukti kolorbildojn en libroj estas simila, sed oni presas la tri pozitivajn unu sur la aliajn per travideblaj presinkoj. Por ricevi ĉiujn internuancojn de koloro, necesas povi presi la kolorojn ĉe diversaj densecoj, kaj tion oni faras, diserigante la bildon en punktojn, presitajn je diversa grandeco.

Pli oportune uzeblaj de amato, tamen, estas la metodoj (*Kodachrome* estas bone konata ekzemplo), ĉe kiuj estas necese fari nur unu fotografaton per ordinara fotografilo, ĉar la tri filmoj — unu impresbla nur de ruĝa lumo, alia nur de verda, kaj la tria nur de blua — estis kunmetitaj unu sur alian

	Blanka	Nigra	Karmezina	Blua	Verda	Flava	Skarlata
O							
A	1 B V R B V R B V R B V R B V R B V R	2 [horizontaj linioj]	3				
S	1	F			F	F	F
	2	PR	PR	PR			PR
	3	VB		VB	VB		
	4						

Skemo.

O = Fotografita objekto.

A = Sekcio de filmo de kolorfoto farita per adicia procedo.

1 = Koloraj linioj sur la surfaco (B = blua, V = verda, R = ruĝa).

2 = Nigra-kaj-blanka foto (blanka, kie la lumo trapenetris la liniojn).

3 = Celuloida aŭ simila bazo.

S = Sekcio de filmo de kolorfoto farita per subtraha procedo.

1 = Flava bildo (blanka, kie blua lumo trafis ĝin).

2 = Purpura ruĝa bildo (blanka, kie verda lumo trafis ĝin).

3 = Verde blua bildo (blanka, kie ruĝa lumo trafis ĝin).

4 = Celuloida aŭ simila bazo.

sur la saman celuloidan aŭ similan bazon. Post la ekspono, la tri tavoloj estas tiel traktataj per kemiaĵoj, ke fine oni ricevas tri bildojn, unu sur alia, respektive verde blua, blue ruĝa kaj flava, kiuj, kiel estas jam klarigite, kune donas efekton de la ĝustaj koloroj de la originalo.

En la moderna *Kodacolor*-metodo, oni ankaŭ uzas tritavolan filmon, sed oni produktas negativon, per kiu oni povas fari printojn sur papero kovrita de simila tritavola filmo. Per alia procedo (*Minicolor*) oni povas fari printojn rekte el travideblaj pozitivaj. Kiel mi jam klarigis, tamen, neniam printo povas reprodukti kolorojn tiel perfekte, kiel travidebla filmo.

Kvankam mi mem preferas adician procedon, ambaŭ tipoj, adicia kaj subtraha, kapablas produkti tre belajn bildojn. La sukceso de la diversaj fabrikistoj produkti tiel trafajn kolorfilmojn estas gratulinda kaj prezentas triumfon de la pacienco kaj lerteco de la multaj sciencistoj kaj teknikistoj, kiuj laboradis dum multaj jaroj por perfektigi ilin. Ĉi tiu mallonga klarigo de la metodo de funkciado de la filmoj neniel povas doni plenan koncepton pri la malfacileco de la teknikaj problemoj, kiujn ili devis solvi por produkti bonajn kolorfilmojn.

Mi nepre devis paroli pri la specoj de filmoj, kiujn mi mem plej bone konas, sed mi ne volas doni la impreson, ke la produktado de bonaj kolorfilmoj estas brita aŭ usona monopolo; por menciigi nur du alilandajn fabrikistojn, la kolorfilmoj produktitaj de *Agfa* en Germanujo estas konataj pro bona kvalito, kaj la franca kompanio *Lumière* estis unu el la pioniroj en la produktado de kolorfilmoj.

Al du el la britaj kompanioj, *Kodak* kaj *Dufay-Chromex*, mi ŝuldas grandan dankon pro la prunto de kliŝoj — klarigaj diagramoj kaj ekzemploj de procedoj, kiujn mi mem neniam uzis — per kiuj mi suplementis la kliŝojn faritajn el miaj propraj fotoj. Ĉi tiujn mi montris en Bournemouth; kompreneble sed bedaŭrinde ne estas eble ilin reprodukti en ĉi tiu presita formo de la prelego.