

denje mikroračunala u krugove povratne veze kibernetičkih automata omogućilo je provođenje mnogo složenijih strategija upravljanja i reguliranja nego što je to moguće kod regulacijskih krugova s jednostavnim krugovima povratne veze bez upotrebe računala. Takvi su roboti dobili sposobnost brzog odlučivanja, prilagođavanja, učenja, lake i brze promjene programa, te prilagodljivog djelovanja u promjenljivoj okolini. Ta su svojstva bitne značajke ljudske inteligencije, pa se stoga takvi tipovi kibernetičkih robota po svojim mogućnostima da obavljaju određene operacije približuju umjetnoj inteligenciji. Pri tome ima veliko praktično značenje sposobnost kibernetičkog robota da nauči određene operacije ne s pomoću programiranja na nekom od računskih ili strojnih jezika, već jednostavno tako da čovjek neposredno obavi željene radne operacije, a kibernetički robot ih zapamti i može ih, uz samostalno optimiranje, ponoviti.

Kibernetički informacijsko-sustavni pristup u tehnici daje tek svoje prve plodove, pa će dalji značajni rezultati biti postignuti većim razvojem teorije velikih sustava, teorije nelinearnih sustava, teorije stohastičkih sustava, teorije heurističkih sustava i obradbe informacije zasnovane na induktivnoj logici i polivalentnim logikama.

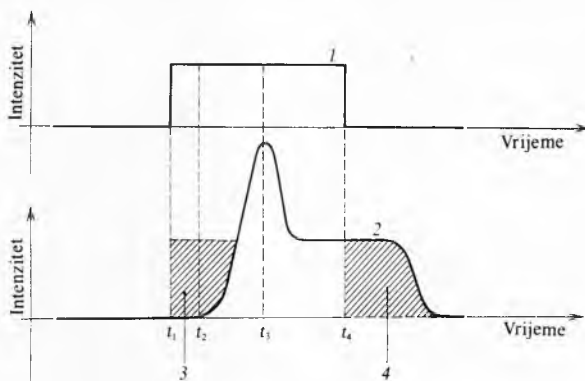
LIT.: N. Wiener, *Cybernetics or control and communication in the animal and the machine*. The Technology Press, Cambridge, Mass. 1948. — N. Wiener, *Kibernetika i društvo*. Nolit, Beograd 1964. — J. Neumann, *Theory of self reproducing automata*. University of Illinois Press, Urbana and London, 1966. — M. Minsky, *Finite and infinite machines*. Englewood Cliffs, New York 1967. — M. Arbib, *The metaphorical brain*. Wiley-Interscience, New York 1972. — B. Гуиков, *Энциклопедия кибернетики*. Главная редакция украинской советской энциклопедии, Киев 1975. — Е. Попов, В. Фридман, *Алгоритмические основы интеллектуальных работ искусственного интеллекта*. Наука, Москва 1976. — В. Гуиков, *Словарь по кибернетике*. Главная редакция украинской советской энциклопедии, Киев 1979.

B. Ostojić

KINEMATOGRAFSKA TEHNIKA (filmska tehnika), tehnika snimanja i reproduciranja fotografskog dijapozitiva radi postizanja privida (iluzije) gibanja u prostoru i vremenu. Naziv potječe od grč. *κίνημα* kinema *gibanje, kretanje*, i *γράφω* grafo *pišem*. Uz sliku se obično snima i reproducira zvuk radi potpunijeg privida događanja.

Kinematografska tehnika obuhvaća tri postupka: snimanje pomoću filmske kamere uz istodobnu registraciju zvuka, montažu filma kojom se snimljene scene povezuju u cjelinu na tzv. montažnom stolu, te *projiciranje* filmskim projektorom obično uz reprodukciju zvuka.

Tri su razdoblja u razvoju kinematografije. U prvom razdoblju (1824—1874) otkrivene su pojave koje su omogućile dalji razvoj. U drugom razdoblju (1874—1894) razvila se posebna fotografska disciplina, *kronofotografija*, fotografija u vremenu. To razdoblje završava izumom kinematografije braće Lumière na osnovama koje se do danas nisu promijenile. Treće razdoblje traje od 1894. god. do danas. U početku je karakteristično po naglom razvoju izražajnih sredstava filma, a kasnije po usavršavanju filmske



Sl. 1. Grafički prikaz svjetlosnog impulsa (1) i njegova vidnog osjeta (2). Svjetlosni osjet kasni poslije početka i poslije prestanka svjetlosnog impulsa, ali je njegovo pamćenje (4) duže nego kašnjenje poslije početka impulsa (3)

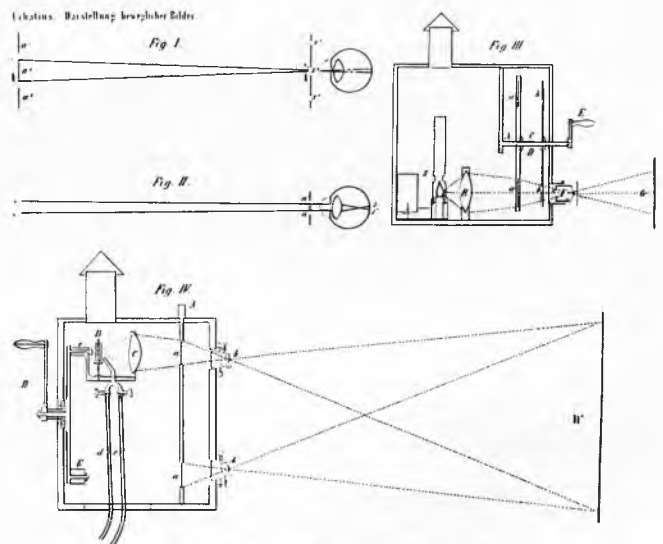
tehnike: zvučni film, film u boji, i novih postupaka projiciranja. Kasna faza razvoja usko je vezana s poviješću filmske umjetnosti i filmske industrije.

Prvi uređaj za projiciranje providne slike (*laterna magica*) konstruirao je A. Kirchner (1601—1680). Na istom principu osnivaju se svi dijaprojektori, pa i filmski projektori.

U XIX stoljeću razvila se znanstvena psihologija i konstrukcija različitih uređaja, što je omogućilo mjerljiva opažanja koja su pospješila razvoj fizike i psihologije. Otkriveno je kako oko i živčani sustav mogu pogriješiti u interpretaciji podataka primljenih osjetilima. Tako je, među ostalim, otkrivena pojava privida gibanja. Engleski matematičar P. M. Roget primijetio je 1824. da paoci kotača, promatrani kroz uski prorez na zaslonu, izgledaju nepokretni, iako se kotač okreće. Iz toga je zaključio da percepcija kratkih svjetlosnih stimulusa *kasni* (sl. 1). Ta je pojava nazvana *perzistencija* ili *ustrajnost vida*. W. Herschel i M. Faraday također su se bavili sličnim istraživanjima.



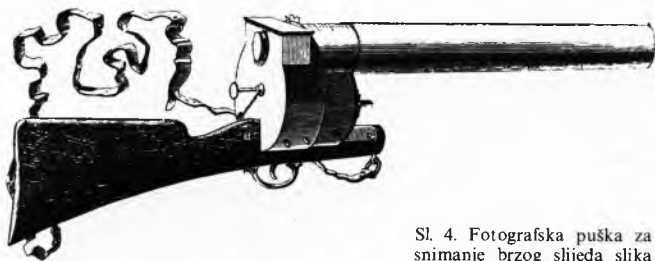
Sl. 2. Uchatiusov projektor za projiciranje pokretnih slika



Sl. 3. Presjek Uchatiusova projektor

Uskoro su se pojavile igračke koje su spretno iskoristavale taj privid. Engleski liječnik J. A. Paris proizveo je 1825. igračku koju je nazvao *thaumatrope*. J. A. Plateau proizveo je *fenacistiskop*, a S. von Stamper *stroboskop*. Austrijski oficir Franz Freiherr von Uchatius spojio je transparentni disk sa slikama i laternu magiku, kojom je projicirao slike na platno (sl. 2 i 3), a londonski tehničar L. S. Beale i optičar W. C. Hughes projicirali su (1884) serije slika u kratkim vremenskim razmacima. Tehnički najsavršenije rješenje našao je Francuz E. Raynaud, slikar i izumitelj, koji je svoju napravu nazvao *praksinoskop*. S usavršenim primjerkom svog stroja Raynaud je prikazivao rukom crtane slike (1892—1900). On je ujedno prvi koji je svoj izum komercijalno iskoristavao.

Iako su poslije 1830. fotografija i fotografski postupci bili uglavnom poznati, trebalo je proći više od 40 godina do pojave prve suhe želatinske ploče, koja će omogućiti snimanje uz dovoljno kratke ekspozicije, potrebne da bi se pokreti analizirali fotografskim sredstvima. Pojava prve takve ploče (J. Burger, 1873) privlači sve više znanstvenike, koji slute da bi snimanje fotografija u pravilnim vremenskim razmacima (kronofotografija) moglo pomoći njihovim znanstvenim istraživanjima. Prvi koji je praktično primijenio kronofotografiju bio je P. Janssen, francuski astronom, koji je 1874. konstruirao fotografski revolver. Njime je snimao prolaz Venere ispred Sunca u seriji



Sl. 4. Fotografiska puška za snimanje brzog slijeda slika

U Francuskoj je fiziolog E. J. Marey, također potaknut Janssenovim izumom, konstruirao fotografsku pušku (sl. 4), kojom je uspješno analizirao pokrete ptica u letu. Svojom napravom uspio je snimiti na okruglu ploču do 12 slika u jednoj sekundi. Ubrzo je zamijenio nespretnu staklenu ploču papirnatom vrpcom (1888), koju je prije toga stavila u prodaju tvrtka Eastman (SAD) za svoj fotografski aparat Kodak. Tom je napravom mogao snimiti do 20 fotografija u sekundi, ali je trebalo riješiti još mnoga pitanja pa da ona postane upotrebljiva za snimanje filma. Vrpca je trebala postati providnom da bi se s nje moglo projicirati, a slike na njoj trebale su se nalaziti na jednakim razmacima. To Marey nije uspio. Istodobno se u Kaliforniji zanimljivim pokusima bavio fotograf E. J. Muybridge, koji je svoje kronofotografske serije snimao pomoću baterije fotografskih aparata. Zapori tih aparata bili su povezani uzicama i konj je u trku kidao jednu po jednu i



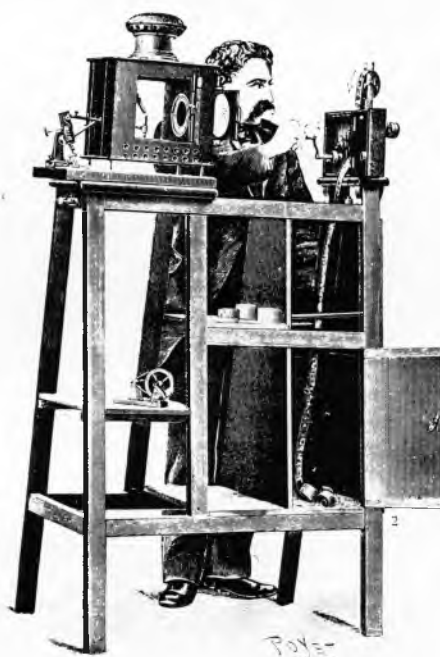
Sl. 5. Muybridgeova kronofotografska analiza

fotografija raspoređenih uz rub okrugle fotografske ploče. Engleski odvjetnik W. Dornithorpe patentirao je 1876. metodu eksponiranja ploča u brzom slijedu i prikazuje ih na tada već poznatom *zoetropu*. Nastojao je također svoj izum povezati s Edisonovim fonograфом i na taj način prikazivati igrokaze.

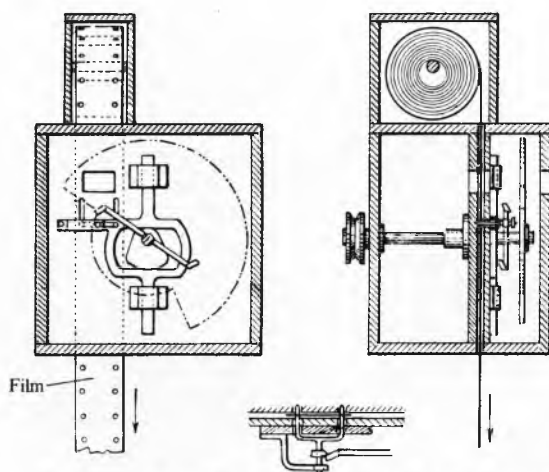


Sl. 6. Anschützov elektrotahiskop prikazan na Izložbi u Chicagu 1893, kojim se sjedinjuju pokreti snimljeni na slijedu posebnih slika

tako redom okidao zapore (sl. 5). U početku su teme njegovih kronofotografija životinje, a kasnije su sve češće ljudi. Mlade, lijepe žene, plesačice u providnim velima i brkati atleti, teme su njegovih kronofotografskih analiza, kojima uskoro postaje slavan. Značenje njegova djela mnogo je veće nego što se u prvi čas primjećivalo. Ako su Marey i ostali kronofotografi osjećali u kojem smjeru treba tražiti rješenje problema kinematografskog snimanja, barem njegov tehnički dio, onda je Muybridge bio taj koji je znao da se



Sl. 8. Kinematografski uređaj braće Lumière: gore cijeli uređaj, dolje naprava za pokretanje filma (na stalku desno gore)



Sl. 7. Patentni nacrt kinematografske naprave braće Lumière



taj dio nalazi u ljepoti i životnosti sadržaja. U Njemačkoj, između 1882. i 1887. fotograf i eksperimentator O. Anschütz radi na sličnim projektima. Služi se kronofotografskom postavom od 20 kamera, a snimke postavlja na velike okrugle ploče, koje promatra na napravi za sintezu pokreta, *elektrotahiskopu* (sl. 6). S usavršenom verzijom Anschütz projicira svoje slike u berlinskoj pošti (1894) na ekranu 6 x 9 m. Kronofotografsko snimanje i analiza pokreta od danas se u svojoj osnovi nisu izmijenili. Snimanje pomoću stroboskopske bljeskalice, način na koji je Anschütz samo projicirao svoje slike, ima još i danas svoju primjenu pri snimanju u znanstvene svrhe.

Tako su do kraja 1890. usvojene sve komponente buduće kinematografije: snimanje uzastopnog niza fotografija u pravilnim vremenskim intervalima, sinteza tih pokreta pomoću projekcijskih naprava i, ništa manje važno, atraktivan sadržaj koji će privući pažnju gledalaca. Ta tri principa trebala su još biti sastavljena u komercijalno upotrebljivu kombinaciju da bi kinematografija postala ono što je danas.

Pojava celuloidnog filma (1887), za koju je najzaslužniji Amerikanac G. Eastman, dala je novi poticaj mnogim izumiteljima. Među njima su najvažniji: L. A. A. Le Prince (1888), W. Friesse-Greene (1889), W. Dornisthorpe (1889) i F. H. Varley (1890), a posebno T. A. Edison, koji se nakon susreta s Muybridgeom užao zanimati za optički ekvivalent svome fonografu. Uprizorivši talent svog namještenika W. K. L. Dicksona, konstruirao je vrlo upotrebljivu napravu za snimanje. Ona je radila na celuloidnoj vrpici, širine 1 $\frac{1}{8}$ inča (35 mm), perforiranoj s obje strane sa po 4 rupice uz svaku sliku, što je omogućivalo precizno gibanje kroz napravu za snimanje i prikazivanje te točan razmak slika. Slika je bila široka 1 inč (25,4 mm), a visoka $\frac{3}{4}$ inča (19 mm). Značenje tih dimenzija postaje jasno kad se podsjeti da je to i danas standard za profesionalnu tzv. 35-milimetarsku vrpcu. Edison je bio zaočupljen kontinuiranim gibanjem vrpce, a vrlo kratku ekspoziciju je obavljao disk s uskim prorezom. Frekvencija snimanja iznosila je u usavršenim verzijama 48 slika u sekundi. Osim toga Edisona nije zanimalo prikazivanje filmova velikom mnoštvu istodobno, već se ograničio na prikazivanje pomoću ormarica (peep-show), smatrajući da bi velikim javnim projekcijama prebrzo komercijalno iscrpio svoj izum. Da nije bilo tako, kinematografija bi imala svoj rođendan nekoliko godina ranije.

Braća Lumière, Auguste (1862—1954) i Louis (1864—1948), svakako su poznatiji radove Edisona, Anschütza, Mareya i ostalih. Trebalo je samo najbolje od svih tih izuma spojiti u jednu cijelinu. Tako je 13. II 1895. patentiran izum pod brojem 254032, s nazivom: *Kinétoscope de (en) projection*. Kasnije je to ime zamijenjeno nazivom *kinematograf* (Cinématographe), pa je tako izum dobio ime koje nosi do danas. Bio je to mali, jednostavan, prenosivi stroj, koji je istodobno služio snimanju, kopiranju i prikazivanju filmova (sl. 7 i 8). Sva ta tehnička rješenja koja su tada napravljena nisu se izmijenila u osnovi do danas: perforirana vrpca širine 35 mm, mehanizam hvataljke, rotirajući sektor i, nadasve, kopiranje i projiciranje istom metodom kao i snimanje.

Prvo javno prikazivanje kino-projekcija započela su braća Lumière 28. XII 1895. godine. Budući da je prvobitno isti aparat služio za snimanje i projiciranje, te su se zbog toga mehanički dijelovi brzo habali, braća Lumière su kasnije postavili osnovni princip rada u kinematografiji: film se snima posebnom filmskom kamerom, snimljeni filmovi, dakle, negativne, razvijene filmske vrpce kopiraju se na pozitivnu filmsku vrpcu pomoću posebnih uređaja za kopiranje, i razvijene se pozitivne filmske vrpce projiciraju pomoću posebnih kino-projektora. Do danas su sačuvani kratki filmovi braće Lumière (duljine 17 m), npr. Izlazak radnika iz tvornice Lumière, Vrtlar, Dolazak vlaka na stanicu La Ciotat.

U isto vrijeme pojavljuje se u Velikoj Britaniji B. Acres sa svojom kinetičkom laternom, kombinacijom kamere i projektora, a R. W. Paul stavlja na tržište svoju kameru *Animatographe* i projektor. Paul kasni za braćom Lumière samo nekoliko tjedana. I mnogi drugi su u to vrijeme prikazivali i prijavili patente za vrlo upotrebljive strojeve: u Americi W. Latham, C. F. Jenkins i T. Armat, u Njemačkoj M. Skladanowsky, u Francuskoj H. Joly. Ali mali i praktičan stroj braće Lumière brzo se raširio, posebno u Evropi, sredinom 1896. godine. Tako je počelo vrijeme kinematografije.

Nakon prvih godina zanosa, kad su u upotrebi mnogi sustavi i kad svaki izumitelj radi sa svojom širinom vrpce, osjetila se potreba za standardizacijom. Na međunarodnoj konferenciji (1909) prihvaćene su mjere Edisonove vrpce kao standard. Malteški križ, kao mehanizam za prekidanje (R. W. Paul, a po nekim Nijemac O. Messter), još je uvijek standardni mehanizam filmskog projektora. Hvataljka braće Lumière još se uvijek, iako u različitim oblicima, upotrebljava u svim kamerama.

Do pojave zvuka u filmu, kamere su pokretane rukom, iako su već tada postojali pogoni s oprugom, elektromotorom, pa čak i komprimiranim zrakom (kamera Aeroscope, 1912, Poljaka K. de Proszynski). Potreba za konstantnom brzinom, koju je donio zvučni film, tražila je pogon oprugom ili elektromotorom.

Objektivi su postali kvalitetniji i svjetlosno jači. Godine 1930. pojavljuju se prvi objektivni promjenljiva vidnog kuta, tzv. zoom-objektivi (v. *Fotografija*, TE5, str. 532). Široko platno (wide-screen), s kojim se eksperimentiralo od pionirskih dana kinematografije, pojavilo se u definitivnom obliku tek pedesetih godina i zahtijevalo je jači svjetlosni izvor za projektore. Tada su lučne svjetiljke zamijenjene jačim, ksenonskim svjetiljkama.

Kroz cijelu su povijest kinematografije umjetnost i tehnika usko vezane. Čas tehnika stimulira umjetnost, a čas je umjetnost ta koja od tehnike traži nova i naprednija rješenja.

Prvi su filmovi bili jednostavne fotografije koje traju u vremenu. Tadašnji stvaraoči nisu poznavali montažu niti koriste koje bi mogli izvući iz nje. Tzv. brightonaca škola (poslije 1900) otkriva osnovne oblike montaže, a s pojavom E. Portera i D. L. W. Griffitha montaža prestaje biti puko tehničko sredstvo koje se samo bavi dovođenjem u red postojećeg snimljenog materijala, već se primjenjuje svjesno, sa sasvim određenim namjerama. Rezultat toga bio je novi mehanizam, *montažni stol*. To je vrsta projektora sa slikom veličine prosječnog televizijskog ekrana. Vrpca se kroza nj najčešće kreće kontinuiranim horizontalnim tokom, a stabilizira se optičkim kompenzatorom.

Paralelno i sinhrono s vrpcom slike kreće se i vrpca sa zvučnim zapisom (optičkim ili magnetskim). Pri najsavršenijim izvedbama mogu se istodobno projicirati po tri vrpce sa slikom i zvukom.

Zvučni film. Povijest otkrića snimanja zvučnog filma, tj. istodobnog bilježenja slike i zvuka, stara je koliko i povijest filma. Tako su već neki od Edisonovih kinetoskopa iz 1895. bili opremljeni sinhroniziranim fonografima, a na prijelazu stoljeća bilo je već patentirano nekoliko metoda električne sinhronizacije slike i zvuka. Engleski producent Cecil Hepworth postiže, donekle, uspjeh postupkom *vivafon* (vivaphone) 1910. godine. Radilo se o gramofonu na rog, mehanički vezanom uz projektor. U Francuskoj su se već sljedeće godine u L. Gaumontovu postupku *kronofon* (cronophone) primjenjivale sinhronizirane gramofonske ploče, kojima je bilo ozvučeno nekoliko kratkih glazbenih filmova. Ali mehaničke metode snimanja zvuka bile su komplicirane i nepouzdate. Jedinim rješenjem smatrao se zvučni zapis koji bi se nalazio na istoj vrpici sa slikom. Francuski izumitelj E. Lauste bio je najvjerovatnije prvi koji je uspio snimiti zvučni fotografskim postupkom. Neke od svojih metoda patentirao je već 1907. god., a u sljedećim godinama riješio je mnoge probleme fotografskog zvučnog zapisa. Do komercijalne primjene nije došlo, jer je zvučni signal, koji je njegov zapis davao, bio toliko slab, da je trebalo dočekati uspjeh elektronike da bi se Lausteove ideje ostvarile.

Prvi komercijalni zvučni filmovi pojavljuju se 1925. godine. Tvrtka Warner prikazuje nekoliko kratkih filmova i uspjeh toliko ohrabruje da se već sljedeće godine (6. X 1927) pojavljuje prvi cjelovečernji zvučni film *Pjevač jazza* (The Jazz Singer). Ali još uvijek se radi s mehaničkim metodama snimanja zvuka, s pločama promjera 40 cm i 33 $\frac{1}{3}$ okretaja u minuti.

S razvojem elektronske cijevi (trioda Leeja De Foresta, 1906) eksperimentatori fotografskog zvučnog zapisa dobivaju u ruke novo sredstvo, koje njihovim naporima daje nov polet. Društvo »Tri Ergon« u Njemačkoj razvilo je 1919. svjetlosni modulator za snimanje zvuka sustavom promjenjive gustoće zacrnjenja, ali nije se pojavila nijedna kompanija koja je bila spremna da u projekt uloži novac i da ga komercijalno eksploatira. Amerikanac L. De Forest, zajedno sa T. W. Caseom, konstruirao je svjetlosni modulator i demonstrirao ga (1923) pod nazivom *Phonofilm*. Istraživanja su nastavljena i tako je konstruiran svjetlosni modulator AEO, koji prihvaća Fox (1926) ustanovivši tako osnovu za poznati postupak Fox-Movietone. Istodobno je E. C. Wente iz Bellova istraživačkog laboratorija izumio elektromagnetski svjetlosni ventil, koji je primijenila tvrtka Western Electronic u postupku snimanja zvučnog zapisa po metodi promjenjive gustoće zacrnjenja. Nedugo zatim pojavile su se tvrtke RCA i GEC s usavršenim postupkom amplitudnog zapisa. U Evropi se istodobno naveliko istražuje na tom području, pa se tako javlja Gaumont sa sustavom GPP, a kasnije i Tobis sa sustavom Klangfilm. Na poprištu sukoba oko patenata konačno ostaju dva sustava zvučnog zapisa: amplitudni (ili zapis promjenjive širine) i intenzitetni (ili zapis promjenjive gustoće zacrnjenja). Objem metode dosegle su donekle stupanj savršenstva, ali su sačuvala i mnoge svoje stare mane. U godinama poslije drugoga svjetskog rata razvijaju se nove metode snimanja i reprodukcije zvuka, tzv. hi-fi (high fidelity) tehnika, što je prisililo filmske tehničare da rade prema već davno poznatoj metodi magnetskoga zvučnog zapisa.

Suprotno uvriježenom mišljenju, magnetsko uskladištavanje zvučnih (i ostalih) podataka nije ideja koja se pojavila nedavno. Danac V. Poulsen prikazao je na svjetskoj izložbi u Parizu (1900) aparat vrlo sličan današnjem magnetofonu. U toku drugoga svjetskog rata u Njemačkoj je usavršen magnetofon kojim se zvučni zapis bilježio na čeličnu žicu, a nakon rata nastavljeno je usavršavanje. Ipak je magnetsko snimanje zvuka ušlo relativno kasno u filmsku praksu, tek oko 1950.

Magnetsko zvučno zapisivanje povećava ne samo kvalitetu zvuka, već neizmjerio pojednostavnjuje zvučnu obradu filma, koja se danas provodi jedino magnetskom metodom. Konačna se kopija može izraditi s optičkim ili magnetskim zapisom.

Film u boji. Iako je fotografija u bojama teorijski bila poznata od 1855. godine (J. C. Maxwell), a praktički izvediva od 1864. (L. Ducos du Hauron), u kinematografiji nije bila primijenjena sve do pojave postupka *Kinematocolor* (1909) (v. *Fotografija u bojama*, TE5, str. 566). Postupak se osnivao na dvobojnom aditivnom sustavu, koji je britanski izumitelj G. A. Smith patentirao 1906. Taj je proces iskoristavao perzistenciju vida, zahvaljujući kojoj su se mogle kombinirati dvije crno-bijele slike, obojene projekcijskim svjetlom kroz rotirajući crveni i zeleni filter. Snimalo se na sličan način, naizmjenice kroz crveni i zeleni filter, s frekvencijom od 32 slike u sekundi. Usprkos manama, taj je proces u svoje doba bio komercijalno veoma uspješan.

Mnogi slični postupci koji su simultano miješali crvenu i zelenu sliku (npr. Raycol, 1928—1935), ili oni trobojni, koji su miješali crvenu, zelenu i plavu sliku (npr. Opticolor, 1934—1939), bili su u ograničenoj komercijalnoj upotrebi. Upotrebljiviji aditivni sustavi upotrebljavali su lenticularni film kao podlogu (npr. Kodacolor, 1928—1935), ili mozaični raster (Dufaycolor, 1931—1947). Ti su postupci, za razliku od prvih, radili sa standardnom filmskom opremom i nisu zahtijevali nikakvih adaptacija.

Budući da svi aditivni sustavi uključuju i velik gubitak svjetla pri projekciji (oko 70% svjetla biva apsorbirano filterima), ubrzo su bili istisnuti novima, suptraktivnim postupcima, pri kojima se boja formira direktno na vrpici, a pri projekciji nema nikakvih gubitaka svjetla. Najraniji postupci su također dvobojni, od Kodachroma (1915) i Prizmacolora (1919), do Cinocolora (1932—1952).

Film u boji postao je komercijalna realnost tek s pojavom Technicolora (H. T. Calmus). Najprije se pojavio kao dvobojni postupak, a kopije su se izradivale tako da su se dvije suptraktivno obojene kopije lijepile jedna preko druge. Od 1929—1933. kopije se izrađuju mehaničkim prijenosom dviju obojenih slika, tzv. inhibicijskim tiskanjem. Od 1933. tri suptraktivno obojene slike tiskaju se na sličan način. Snima se na kompliciraniji kameri za tri vrpce, na tri separatna negativa, svaki senzibiliziran na jednu od primarnih boja. Od svakog negativa izrađuje se reljefna matrica, koja u nabubrenoj želatini nosi informacije žute, odnosno crvene i plavozelene slike. Svaka se od matrica tada dovodi u kontakt sa čistom vrpcom na kojoj se tiskanjem dobiva pozitivna slika. Poslije 1953. ne snima se sa tri separatna negativa, već se snima običnom kamerom na troslojni negativ, a kopije se izrađuju

i dalje postupkom Technicolor. Isti postupak moguć je i u supstandardnim formatima. Donedavno je postupak sa tri separatna negativna, uz svu komplikiranost, bio još uvijek jeftiniji, pogotovo za više kopija, od postupka pozitiv-negativ s jednom vrpcom.

Kao osnova za sve troslojne postupke pozitiv-negativ poslužio je Agfacolor, koji se pojavio u Njemačkoj prvo (1937) kao preokretni 16-milimetarski film, a kasnije (1941) kao 35-milimetarski negativ i pozitiv. Najpoznatiji su danas Ansacolor, Eastmancolor, Gevachrome i Sovkolor.

Panoramski film. U težnji da se filmska slika dovede što bliže totalnoj iluziji vrlo su rano dodavane stereoskopske komponente filmu. Ali su svi postupci zbog kompliciranosti propadali ili su bili svedeni na prikazivanje u samo nekoliko kino-dvorana u svijetu. Kao posljedica ostala je težnja za proširenjem slike u horizontalnom smislu. Jedan od razloga za to vezan je uz fiziologiju ljudskih očiju, kojima je vidni kut nekoliko puta veći u horizontalnom smislu. Taj se kut povećava pokretljivošću glave, koja je također pokretljivija u horizontalnom smjeru. Drugi je razlog čisto praktičke prirode: u postojećim kino-dvoranama uvijek ima mjesta za postavljanje šireg platna, ali ne i višeg, jer i staro već doseže do stropa. Tako je platno u kino-dvoranama moguće povećati do te mjere da prelazi gledačovo vidno polje. Tako se podražuju periferne regije retine, što stvara privid trodimenzionalne slike, što staro i malo platno nije omogućivalo. Trebalo je samo još pronaći način na koji bi se tako velika slika mogla snimiti na strandarnu vrpcu i projicirati postojećim uređajima. To je riješeno na nekoliko načina, od kojih one najvažnije ne treba promatrati kao stvarno povećanje snimljene slike, već samo kao promjenu njenih proporcija. Mnoge varijacije širokog ekrana, koje su u komercijalnoj upotrebi, mogu se svrstati u tri grupe: multifilmski, anamorfotski i ravni sustavi.

Multifilmski sustavi. Već 1897. prikazana je u Parizu *Kineorama* (Cinéorama). R. Grimois-Sanson konstruirao je višestruku kameru s deset objektivâ, od kojih je svaki pokrivaio polje od 36°. Upotrebljavao je vrpcu širine 70 mm sa slikama formata 57 × 62 mm. Na Svjetskoj izložbi u Parizu (1900) uređena je projekcijska dvorana, oblika balonske košare, sa deset projektorâ koji su omogućivali da se na kružni ekran opsega 100 m reproducira kompletna panorama koja je snimljena iz balona. Filmski projektori bili su opremljeni lučnim svjetiljkama od 40 A. Gledaoci su imali utisak da prisustvuju uzlijetanju balona puštenog iz Tuileries. Ali, nakon prve projekcije projekt je napušten zbog opasnosti od požara. Bio je to prvi pokušaj stvaranja totalnog filma, što je bila težnja svih kasnijih sustava. L. Lumière je 1902. godine prikazivao statičke panoramske projekcije u Parizu pod imenom *Fotorama* (Photorama). Iako se nije radilo o pokretnim projekcijama, taj se uređaj zasnivao na trajnosti svjetlosnih utisaka retine. Taj uređaj bio je smješten u središtu kružne dvorane promjera 20 m, a 7 m visoki zid služio je kao ekran. Projiciralo se pomoću mornaričkog projektorâ opremljenog lučnom svjetiljkom od 90 A. Godine 1911. talijanski je tehničar F. Alberini dobio niz patenata za snimanje panoramskih slika na filmu širine 70 mm. Godine 1927. A. Gance i C. Autant-Lara pojavljuju se sa sustavom *triptih*. Tim, dosta uspješnim, sustavom snimljene su neke sekvence u filmu *Napoleon*. Snimalo se trima kamerama, kojih su se slike spajale u jednu, ili pak istodobnim projiciranjem triju različitih slika radi postizanja posebnih efekata. Za projekciju filma *Napoleon* u Operi i Palači Gaumont u Parizu mehanički su bila spojena tri projektorâ. Projiciralo se na ekranu širine 15 m i visine 3,8 m. Projekt je također napušten, ali će se ponovno pojaviti (1952), pod komercijalnim nazivom *Kinerama* (Cinerama). Tri kamere snimaju vidno polje tri puta šire od standardnoga. Kombinirana slika projicira se na ogromno platno sa tri sinhronizirana projektorâ i četvrtom magnetskom vrpcom sa stereofonskim zvukom. *Cirkarama* (Circarama) W. Disneyja (1955) i ruska *Kinopanorama* (1958) vraćaju se kružnoj projekciji Grimois-Sansona. Američki sustav radi sa 9 kamera i isto toliko projektorâ, a ruski sa 11 pari projektorâ i kamera, te dvostruko višom slikom. Zvuk je u oba slučaja višekanalni, stereofonski. Za svaki od ovih sustava snimljen je samo poneki film, a dvorane za prikazivanje nalaze se samo ponegdje u svijetu i sve je svedeno na razinu puke turističke atrakcije.

Anamorfotski sustavi. Primat na izum anamorfotskog sustava ima francuski znanstvenik H. Crétien, koji ga je patentirao 1927. Osniva se na optičkom sustavu cilindrično brušenih leća koje se stavljaju ispred objektivâ na kameri i projektoru. Takva kombinacija ima efektivno kraću žarišnu daljinu u horizontalnom smislu, pa i veći vidni kut. U vertikalnom smislu ništa se ne mijenja. Tako se sa standardnom kamerom, vrpcom i projektorom, ako je faktor povećanja takve leće 2, slika proširuje za dva puta u horizontalnom smislu pa je dvostruko šira od standardne. Taj je sustav prvi put prikazan 1930. godine kao proces *Fulvue*, ali je na neko vrijeme zaboravljen, da bi se ponovno pojavio 1953, kao Cinemascope. Ubrzo se javljaju i mnogi drugi postupci, ali svi rade na sličnim osnovama: Superscope, Cinemascope 55, Technirama, Ultra Panavision, Techniscope. Omjer stranica projicirane slike standardiziran je na 1:2,35.

Ravni sustavi. U tim se sustavima ne služi nikakvim optičkim distorzijama radi proširenja slike u horizontalnom smislu. Svi se služe standardnom 35-milimetarskom opremom za snimanje i projiciranje. Da bi se postigao drugačiji omjer stranica, u kameru i projektor ugrađuje se prikladna maska. Projicira se objektivom razmjerno kraće žarišne daljine, pa slika na ekranu ima vertikalnu stranicu jednaku standardnoj, a u horizontalnom smislu mnogo je šira. Prednost im je u jednostavnosti, a mana u slabijoj iskoristivosti vrpce, pa se stoga pojavljuje veće linearno povećanje pri reprodukciji, što se očituje u smanjenju kvalitete slike. Najčešće upotrebljavani format jest 1:1,66, a ima ih i 1:1,75 i 1:1,85. Zadnja se dva ne mogu prilagoditi za prikazivanje na televiziji, pa se stoga danas izbjegavaju.

U tu grupu spadaju i neki sustavi koji rade s kamerama posebne konstrukcije i vrpcom širom od standardne: *Todd-AO* (negativ 65 mm, pozitiv 70 mm), *Super Panavision 70* (70 mm) i *Vistavision* (horizontalni tok vrpce u kameri i projektoru, sa slikom dvostruko većom od standardne).

Tendencije razvoja. Da li će se kinematografija zadržati na fotografskom bilježenju slike ili će prevladati elektronsko kodiranje slikovnih informacija na magnetskoj vrpici (video tape), teško je predvidjeti. U toku šezdesetih godina sve je izgledalo kao da je spremno za prelazak na elektronsko snimanje, koje

je u nekim fazama obrade jednostavnije i jeftinije. Ali sada opet prevladavaju konzervativna mišljenja, koja su sva u prilog običnom fotografskom postupku.

U razvoju najveću stagnaciju pokazuju profesionalne 35-milimetarske kamere. Još uvijek se upotrebljavaju kamere konstruirane prije 20 i više godina. Da li to znači da je proizvodnja i konstrukcija kamera dosegla svoj vrhunac, pa ništa nova nije moguće ponuditi tržištu, ili je to rezultat previše visokih proizvodnih troškova i malih serija, nije teško odgonetnuti. Svakako je drugi razlog bitniji.

Znatno su više napredovale profesionalne 16-milimetarske kamere. Pojavilo se nekoliko novosti kojima je cilj: stvoriti što manju i laganiju kameru koja će po svojoj namjeni biti univerzalna, tj. kameru koja je istodobno studijska i reportažna, kojom se sinhrono može snimati zvuk, a laganu toliko da se njome bez napora može snimati iz ruke. Automatsko određivanje ekspozicije pomoću ugrađenog svjetlomjera, sa servomotorima koji pokreću iris objektivâ i korigiraju oštrinu, s motorima koji su elektronički upravljani. Sve su to težnje koje više nisu nedostizive. Ali u usporedbi s onim što je postignuto u proizvodnji amaterskih, subminijaturnih kamera, u proizvodnji profesionalnih još dugo neće biti dostignuto. Nagli razvoj subminijaturne elektronike i masovnost proizvodnje donijeli su niz novina. Najvažnija je ona koja takvu malu, amatersku i relativno jeftinu kameru pretvara u savršeni stroj za snimanje svake vrste filma. To je istodobno kamera za snimanje zvuka i slike, intervalska i brza kamera. U tzv. XL (Existing Light) seriji posebna je pažnja posvećena što bolje iskoristivosti svjetla, tako da se može snimati pod ekstremno lošim svjetlosnim uvjetima. To je postignuto pomoću ekstremno svjetlosno jakih objektivâ (1:1,1) i sektorom velikog otvora (do 250°), uz sve ostale pogodnosti. Takve filmske kamere za jednostavno rukovanje, koje samo treba znati otvoriti, napuniti vrpcom i pritisnuti okidač, znatno su povećale broj ljubitelja, jer ne pretpostavljaju nikakvo teorijsko predznanje. Ali koliko god je tako savršena naprava oslobodila amatera potrebe za fotografskim predznanjem, toliko ga je opteretila kompliciranošću u rukovanju.

U vrlo skoroj budućnosti očekuje se probaj super 8 formata u televiziji, poglavito radi snimanja dnevnog programa. Isto tako već je započeo probaj novog, super 16 formata u profesionalnu, prikazivačku kinematografiju.

KINEMATOGRAFSKO SNIMANJE

Zapisivanje i reproduciranje pokreta temelji se na rastavljanju (analizi) pokreta na njegove trenutne faze pri snimanju i sastavljanju (sintezi) tog istog pokreta pri projiciranju. Reproducirani pokreti imaju će svoju prirodnu brzinu i tok samo pod uvjetom da se snima i projicira jednakom brzinom. Ta brzina, ili broj slika što u jednoj sekundi prođu kroz kameru ili projektor, naziva se *frekvencijom*. Budući da se u doba nijemog filma kamera pokretala rukom, frekvencija snimanja iznosila je 12-20 slika u sekundi. Dodatkom zvuka (u težnji za boljom zvučnom frekventnom karakteristikom) frekvencija je povećana na 24 slike u sekundi. Takva je ostala sve do danas u profesionalnoj kinematografiji. Za televizijske svrhe, zbog usklađenja s frekvencijom gradske električne mreže, standardna frekvencija u Evropi iznosi 25, a u Americi 24 slike u sekundi. Za suprastandardne formate (Todd-AO) iznosi 30 slika u sekundi.

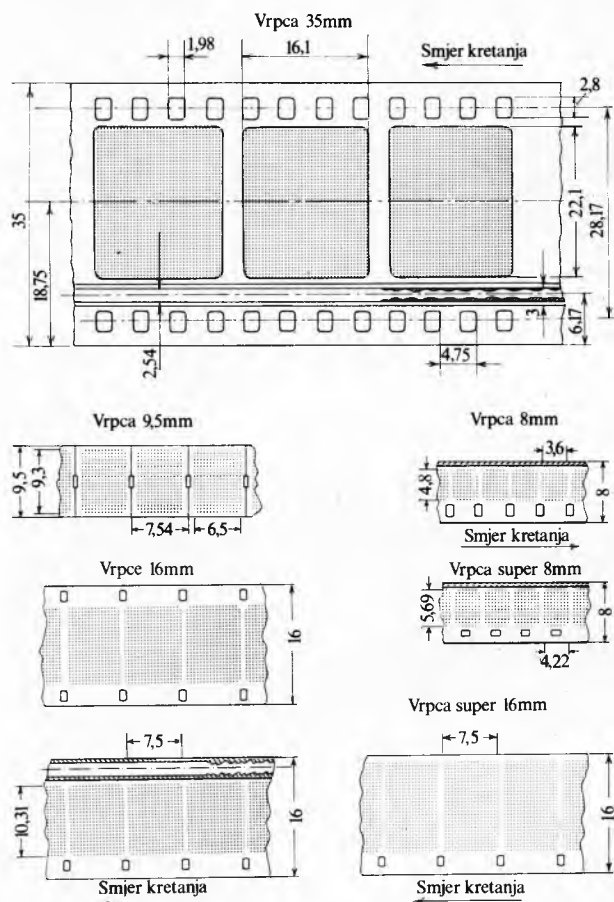
Sažimanje i rastezanje vremena. Ako kamera prilikom snimanja i projektor pri reprodukciji nemaju jednaku frekvenciju, reproducirani pokret će tada imati drugačiji tok od prirodnoga. Neki pokret snimljen s frekvencijom 12 slika u sekundi, a reproduciran s frekvencijom 24 slike u sekundi, imat će dvaput brži tok, što znači da će izgledati dvaput brži i trajat će upola kraće. Iz toga proizlazi da se na film jednakom preciznošću kojom se bilježe prostorni podaci mogu bilježiti i vremenski. Vremenski podaci će biti vjerno zabilježeni samo pod uvjetom da su jednake frekvencije snimanja i reproduciranja. Filmsko vrijeme se sažima ili skraćuje, a gibanje ubrzava, uvijek kada je frekvencija snimanja manja od frekvencije reproduciranja. Nasuprot tome, vrijeme se rasteže, a pokreti usporavaju, uvijek kada je frekvencija snimanja veća od frekvencije reproduciranja. Faktor *T* kojim treba množiti realno vrijeme, može se izračunati iz izraza:

$$T = \frac{F_k}{F_p} \quad (1)$$

gdje je F_k frekvencija kamere, a F_p frekvencija projektorâ. U znanstvenoj kinematografiji ta se pojava često primjenjuje za praćenje vrlo brzih i vrlo sporih pojava, te za analizu mnogih znanstvenih i radnih procesa. Također se često primjenjuje u prikazivačkoj kinematografiji, pogotovo za postizanje posebnih efekata. Sažimanjem vremena postizaju se komični efekti, a rastezanjem utisak snage i monumentalnosti.

Standardni format. Dimenzije standardnog 35-milimetarskog formata (sl. 9) nisu nastale kao rezultat nekog osobitog istraživanja, već kao sretna inspiracija dvojice tehničara (Edison-

-Dickson, 1893), koji su jednostavno odabrali prikladnu kombinaciju širine i visine slike u jedinicama angloameričkog mjerneg sustava. Jednom standardizirana, ta se vrpca do danas nije mijenjala, uglavnom zbog inertnosti ogromnoga prikazivačkog aparata koji je u međuvremenu nastao. Omjer je stranica na Edisonovoj vrpci 1:1,33. Dodatkom zvuka slika je smanjena, ali je omjer stranica praktički ostao isti. Prostor između slika se povećao, pa je tako smanjena iskoristivost toga formata: na prosječnom igranom filmu (duljina vrpce 3000 m), samo na taj prostor, koji se zove granica, otpada više od 450 m. Budući da su početne dimenzije bile u inčima, to dimenzije standardne 35-milimetarske vrpce izražene u milimetrima nisu cjelobrojne. Širina vrpce iznosi 34,98 mm, a slika je veličine 16 × 22 mm.



Sl. 9. Standardne dimenzije filmskih vrpca

Prozor kopirke je nešto veći, kako bi se oko slike na pozitivnoj vrpci dobio crni rub. Nasuprot tome prozor filmskog projektor je nešto manji od prozora kamere. Te su dimenzije: prozor kamere 16 × 22 mm, prozor kopirke 19 × 22,5 mm, te prozor projektor 15,3 × 21 mm. Perforacije su 1,98 × 2,79 mm, a međusobno su razmaknute 4,75 mm od početka jedne do početka sljedeće perforacije. Taj se razmak naziva korakom perforacije. Sredina optičkog tonskog zapisa je od vodećeg ruba udaljena 6,17 mm. Ukupna širina tonskog zapisa, uključujući dvije zaštitne crne pruge s obje strane, iznosi 3 mm. Širina optičkog tonskog zapisa iznosi pri zapisu fiksne gustoće 1,93 mm, a pri zapisu promjenljive gustoće 2,54 mm. Zaštitne crne pruge pri zapisu promjenljive gustoće potrebne su kako se u prozorčiću za čitanje, odnosno za reproduciranje tona ne bi očitala perforacija, što bi uzrokovalo lošu reprodukciju. Da bi se pozitivne vrpce zaštitile od ogrebotina koje nastaju prilikom projiciranja, emulzijski sloj se prevlači vrlo tankim slojem bezbojnog zaštitnog laka, ili se otvrdjuje.

Supstandardni formati. Standardna 35-milimetarska vrpca oduvijek je bila preskupa za amatera, pa se stoga javljaju novi izumi koji rade s vrpcom užom od standardne (sl. 9).

Nakon pokušaja s vrpcom širine 17,5, 21, 22 i 28 mm, godine 1922. tvrtka Pathé Cinéma donosi na tržište projektor za vrpce širine 9,5 mm. Nešto kasnije slijedi i kamera tog formata s preokretnim filmom, namijenjena samo amaterima. U SAD na sličnom projektu radi i Eastman Kodak, a godine 1923. uvodi vrpce i pribor širine 16 mm. Pathéov format oduševljeno je prihvaćen u Evropi, ali nikada neće prijeći granice amaterske upotrebe. U SAD je 16-milimetarski format vrlo brzo prihvaćen, čemu doprinosi nagli razvoj tehnologije filmskih emulzija i dodatak zvuka (1939), pa na taj način 16 mm postaje alternativni profesionalni format. Eastman uvodi 1932. godine novi format: snima se na vrpce širine 16 mm, s po jednim redom slika sa svake strane. Nakon razvijanja vrpca se razrezuje i projicira kao 8-milimetarska (2 × 8). Taj se format brzo širi među amaterima, tako da istiskuje 9,5-milimetarski, koji je danas gotovo sasvim nestao iz upotrebe. Godine 1965. Eastman uvodi novi format, tzv. super 8. Slika je povećana na račun perforacije, a vrpca je ostala širine 8 mm. Kako je površina slike oko 50% veća, osjetno je povećana opća njezina kvaliteta. Opremljen praktičnom kasetom, a kasnije i dodatkom magnetske pruge za zvučni zapis, taj se format sve više upotrebljava u polu-profesionalne svrhe. Standardne dimenzije uskih filmova navedene su u tabl. 1.

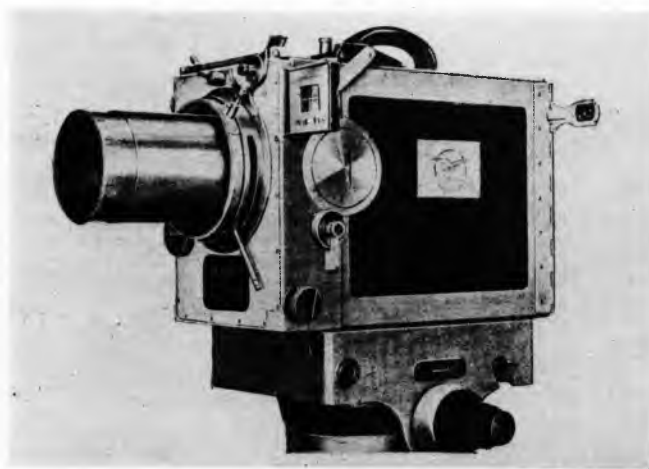
Tablica 1
STANDARDI USKOG FILMA

Standard uskog filma (širina vrpce)	Širina slike mm	Visina slike mm
16 mm	10,3	7,5
9,5 mm	9,3	6,5
8 mm	4,8	3,6
Super 8 mm	5,69	4,22

U posljednje vrijeme pojavljuje se, iako još nije standardiziran, novi format, tzv. super 16. Slika na standardnoj 16-milimetarskoj vrpce povećava se na račun prostora predviđenog za svjetlosni zvučni zapis. Proporcije su stranica oko 1:1,66, pa je taj format, koji traži samo male modifikacije postojećih kamera, vrlo pogodan za povećavanje na standardnu 35-milimetarsku vrpce.

Filmska kamera

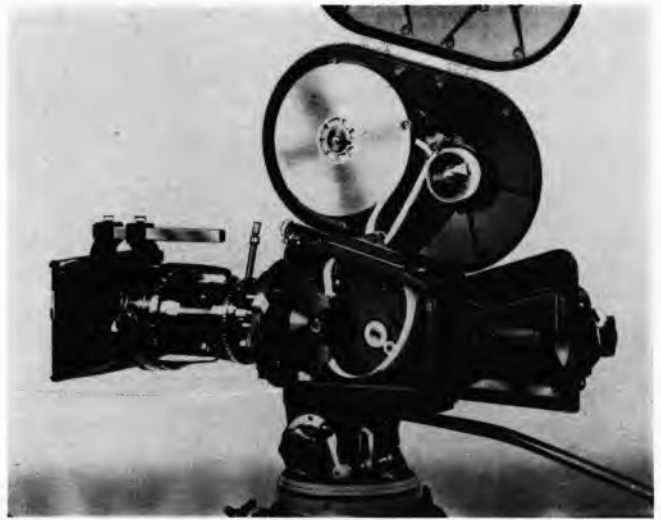
Filmska kamera u osnovi primjenjuje princip fotografskog aparata, s jedinom razlikom što je u stanju snimati u vrlo brzom slijedu nizove slika na filmskoj vrpce, pa se tako pokret rastavlja na trenutačne faze (analiza). Projektor je u osnovi identičan kameri, ali je tok svjetla u obratnom smjeru. Njime se mogu projicirati nizovi slika snimljeni kamerom. Tada se analizirani pokreti opet sintetiziraju u iluziju gibanja, koja može svojom brzinom i smjerom odgovarati pokretima koji su se dogodili pred kamerom u trenutku snimanja. Mehanički princip



Sl. 10. Filmska kamera (oko 1922) Le Parvo, model L, tvrtke Debrrie



Sl. 11. Kamera Cameflex 35/16 mm tvrtke Eclair

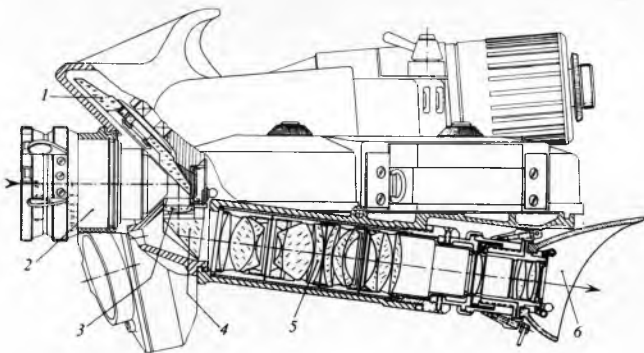


Sl. 13. Put filmske vrpce u kameri

suvremene filmske kamere gotovo se ne razlikuje od mehanizama kojima su se služili pioniri kinematografije (sl. 10). Do 1920. godine mehanizam se izrađivao od bronce, s glavnim dijelovima od čelika i oklopom od drveta. Danas su materijali od kojih se grade kamere mnogo laganiji i izdržljiviji, a vanjski oblici prilagođeni svrsi i suvremenom ukusu (sl. 11). Sve filmske kamere, bez obzira na namjenu i format, posjeduju sljedeće bitne dijelove:

a) Kućište kamere, nepropusno za svjetlo, a u kamerama namijenjenim istodobnom snimanju zvuka i za zvuk. U kućištu su smješteni i svi ostali dijelovi.

b) Optički trakt (sl. 12) koji se sastoji od objektiva, tražila i kompendija. Omogućuje snimanje fotografske slike i pri tome njenu kontrolu. U nekim tipovima postoji fotoelektrično, automatsko ili poluautomatsko određivanje ekspozicije.



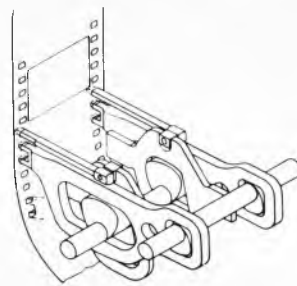
Sl. 12. Optički sustav moderne filmske kamere (Arriflex). 1 posebni reflektirajući sektor pod kutom od 45° prema optičkoj osi objektiva (2) koji zakreće svjetlosni snop na mutno staklo za vrijeme tamne faze, 2 objektiv na zakretnoj ploči u položaju za snimanje, 3 mutno staklo za kontroliranje izreza slike postavljeno okomito na optičku os, 4 prizma za zakretanje svjetlosnog snopa u okular, 5 slog leća za kontrolu slike na mutnom staklu, 6 gumeni štitnik za oko

c) Transportni mehanizam upravlja kretanjem vrpce kroz kameru (sl. 13), a sastoji se od transportnih zupčanika, hvataljke i, u nekim tipovima, pomoćne hvataljke (sl. 14).

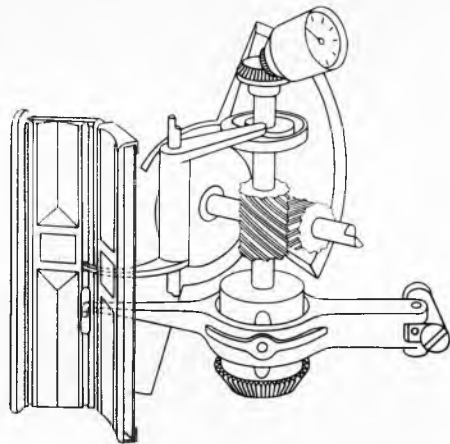
d) Vrata s okvirom (sl. 15), mjesto na kojem se ekspozira slika. Okvir može biti i pokretan, tzv. viseći okvir.

e) Rotirajući sektor, okreće se u skladu s transportnim mehanizmom i određuje trajanje ekspozicije (sl. 16). Onemogućuje osvjetljavanje vrpce za vrijeme njena pomicanja i u nekim tipovima omogućuje kontrolu slike bez paralakse (refleksni sektor).

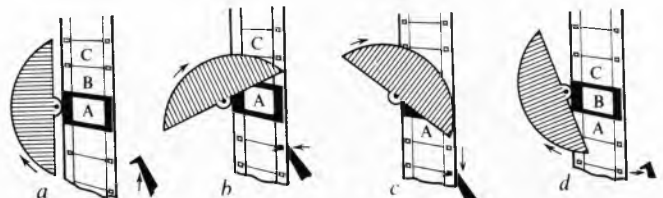
f) Pogonski mehanizam pokreće film i rotirajući sektor. Obično je s elektromotorom ili oprugom na pero, a može se pokretati i ručno.



Sl. 14. Shematski prikaz hvataljke s pomoćnom hvataljkom



Sl. 15. Vrata s okvirom, hvataljkom i pomoćnom hvataljkom filma u kameri



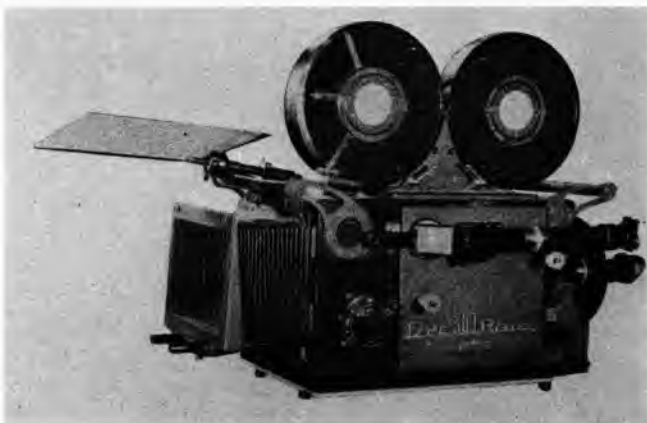
Sl. 16. Međusobna ovisnost rotirajućeg sektora i hvataljke u kameri. a film stoji u prozoru kamere na poziciji A. Sektor se okreće u smjeru strelice propuštajući svjetlo na film (ekspozicija), dok se zub hvataljke kreće u vertikalnom smjeru; b u času kad sektor počinje pokrivati prozor i tako prijeći svjetlu put prema prozoru s filmom, zub hvataljke ulazi u rupicu perforacije; c kad sektor sasvim pokrije prozor, zub hvataljke povlači film, za koje je vrijeme prozor potpuno pokriven; d sektor otvara put svjetlu, zub hvataljke izlazi iz perforacije, a na prozoru kamere nalazi se sljedeća slička B, te počinje nova ekspozicija

g) Kontrolni mehanizam omogućuje kontrolu frekvencije snimanja (tahometar), kontrolu utroška vrpce, a na nekim tipovima kontrolu broja snimljenih slika (faza).

h) Kasete (magazini), tamne komore iz kojih se odmotava ili u koje se namotava vrpca. U nekim kamerama su izvedene kao vanjski, a u nekim kao unutrašnji dio kućišta; vanjske su u obliku zatvorenih kutija, a unutrašnje kao kolutovi od materijala nepropusnog za svjetlo. Postoje i koaksijalne kasete.

S obzirom na namjenu postoji nekoliko vrsta kamera: studijske, eksterijerne, ručne, univerzalne, amaterske supstandardne, intervalske, brze i ultrabrze, podvodne i rendgenološke kamere.

Studijske kamere. Namijenjene su snimanju u studiju s mogućnošću sinhronog snimanja zvuka (sl. 17). Zbog toga su gotovo potpuno bešumne. Zvučna izolacija ih čini teškima (do 100 kg), a precizni mehanizam, koji zauzima dosta prostora, i velike kasete (do 300 m filma) i vrlo velikima. Prema prihvaćenim normama studijska kamera mora imati takvu zvučnu izolaciju da na udaljenosti od 1 m ispred kamere jakost šuma može imati razinu od 30 dB. Ravnomjernost hoda i stabilnost slike u vertikalnom i lateralnom smislu ne smiju prelaziti granicu od 10 μ m. Već prema tipu, takve kamere imaju jedan do četiri objektiva, koji se radi lakše manipulacije nalaze na pokretnoj ploči. Pogonski motor napaja se iz javne električne mreže i omogućuje potpuno sinhroni rad s kamerom za snimanje zvuka (magnetokordom) pri frekvenciji 24, odnosno 25 slika u sekundi. Tražilo slike može biti vanjsko (Mitchell), s ručnim ili automatskim izjednačivanjem paralakse, ili refleksno



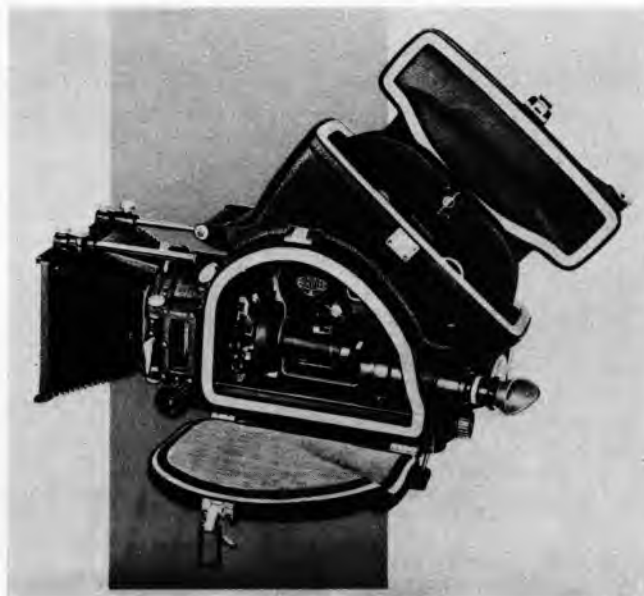
Sl. 17. Studijska kamera Camé 300 Reflex



Sl. 18. Eksterijerna kamera Mitchell N. C.



Sl. 19. Ručna kamera H 16 tvrtke Bolex



Sl. 20. Kamera Arri 16 ST u blimpu

(Camé 300 Reflex). Stativi su za takve kamere prilagođeni i posebno konstruirani prema njihovoj težini, a kameri se mijenja položaj hidrauličkim ili mehaničkim pogonom.

Eksterijerne kamere. Namijenjene su snimanju u eksterijerima, pa su i znatno lakše (15–30 kg) od studijskih kamera od kojih se razlikuju samo po tome što nemaju zvučnog oklopa, dok im je mehanizam jednako precizan (sl. 18). One su stoga dosta glasne, ali kako nisu namijenjene istodobnom snimanju zvuka, na to se ne obraća pažnja. Pogon im je obično električnom strujom iz akumulatora. Taj tip kamere danas se sve manje upotrebljava, jer ih istiskuje novi tip, tzv. univerzalna kamera.

Ručne kamere. Taj se tip kamere naziva i reportažnom kamerom, što je ostalo iz vremena kada su se tim kamerama snimale samo reportaže (sl. 19). Masa im je 5–10 kg, a imaju kasete s filmom duljine 60, 120 i 300 m. Pogon im je obično strujom iz akumulatora, a slika se kontrolira redovito refleksno. Najpoznatije su Arriflex 16 i 35, te Cameflex. Za tu vrstu kamera proizvodi se poseban uređaj, tzv. *blimp* (sl. 20). To je posebno kućište od lakog metala ili umjetne smole armirane staklenim vlaknima, obloženo debelim slojem materijala koji upija zvuk, a u koji se stavlja kamera. Tako ručna kamera postaje po upotrebnim mogućnostima jednaka studijskoj kameri.

Univerzalne kamere sjedinjuju u sebi sva svojstva do sada opisanih kamera. Jedva su nešto šumnije od studijskih, a pri tome ništa teže od ručnih. Posebni motori s malom brzinom vrtnje svode broj pokretnih dijelova na minimum, a posebna konstrukcija hvataljke pokreće vrpce gotovo potpuno bešumno.

Frekvencija se kontrolira elektronički (Piloton, Perfecton). Velik izbor motora za sve vrste pogona, široka gama objektivâ i priključnih uređaja, pa sve do elektroničkih digitalnih pokazivača utroška vrpce i frekvencije (Panavision-Panaflex), čini ih upravo savršenim napravama za snimanje. Najpoznatije među njima su: Arriflex 35 BL (sl. 21), Arriflex 16 SR, Eclair ACL, Eclair NPR, Beaulieu News 6016 itd.



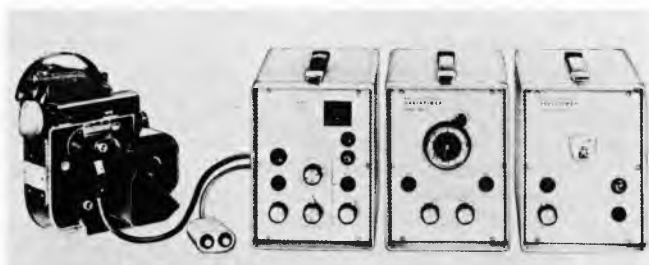
Sl. 21. Primjer univerzalne kamere Arriflex 35 BL tvrtke Arnold and Richter

Amaterske supstandardne kamere. Suvremena amaterska kamera, obično super 8 formata, po svojim svojstvima i mogućnostima jedva da zaostaje za najboljim profesionalnim kamerama, a koji put ih i nadilazi (sl. 22). Bitno joj je svojstvo potpuna automatizacija, tako da rad njome ne pretpostavlja neko ozbiljnije fotografsko predznanje. Na taj način industrija pokušava proširiti krug amaterskih snimatelja.



Sl. 22. Amaterska tonska supstandardna kamera formata super 8 sa zoom-objektivom $1:1,2/f = 8 \text{ } 48 \text{ mm}$ ($6\times$), s automatskim osvjetljavanjem i automatskim izoštravanjem slike (integrirani krug uspoređuje slike s dvaju ogledala te servomotorom pomiče objektiv i tako izoštrava sliku)

Intervalske kamere. Te kamere mogu snimati po jednu sliku u većim vremenskim intervalima (sl. 23). Trajanje intervala može se birati od $1/8$ sekunde do 24 sata. Svaka kamera koja ima uređaj za pojedinačno snimanje slika može biti intervalska



Sl. 23. Slog kamere i davača takta za intervalno snimanje

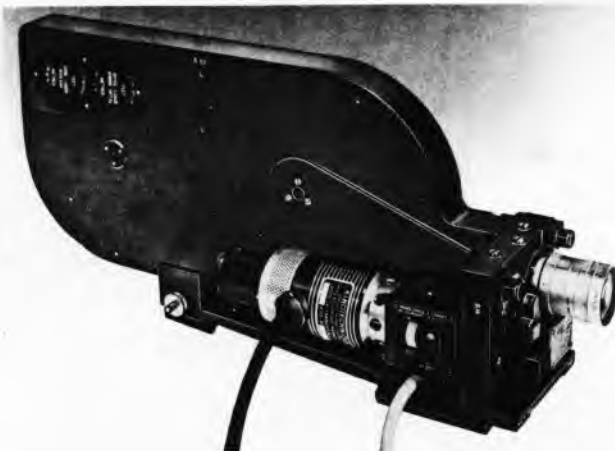
ako joj se doda uređaj za automatsko održavanje intervala, tzv. *intervalometar*. Postoje mnoge varijante tog uređaja. Neki rade na principu satnog mehanizma, a neki pomoću perforiranih ili magnetskih vrpce. Najčešće su elektronički, koji rade na osnovi nabijanja kondenzatora. Obično su to posebne jedinice koje upravljaju radom kamere izvana, ali ima i izvedaba, posebno u suvremenim amaterskim kamerama, u kojima je intervalometar ugrađen u tijelo kamere. Intervalometar daje električne ili mehaničke impulse koji će aktivirati kameru, nekoliko sekundi prije okidanja upali potrebnu rasvjetu i ugasi je nakon snimanja ili daje impulse za okidanje elektroničke bljeskalice, jer je koji put takav način osvjetljavanja najbolji.

Iako se gotovo svaka kamera može adaptirati za intervalsko snimanje, u kamerama refleksnog tipa može doći pri dužim intervalima do dodatnog osvjetljavanja snimke. Stoga se takve kamere opremaju središnjim zaporom na objektivu koji je sinhroniziran s refleksnim zaporom kamere.

Tom metodom mogu se promatrati vrlo polagani procesi pri standardnoj frekvenciji projekcije, ili precizno analizirati faze metodom *slika po slika*. Velika je pomoć pri različitim znanstvenim istraživanjima u medicini, biologiji, astronomiji itd.

Brze i ultrabrze kamere. Gotovo svaka bolja kamera može dostići frekvenciju od 64 slike u sekundi, ali to je tek znatno usporavanje pokreta ($T = 2,6$). S običnim intermitentnim mehanizmom moguće je postići frekvencije do 300 na 35-milimetarskoj i do 400 slika u sekundi na 16-milimetarskoj vrpce. Iznad te granice intermitentni mehanizam je neupotrebljiv zbog prevelikog naprezanja kojem je izložena vrpca. Ta se barijera može prijeći ako se intermitentni mehanizam zamijeni kontinuiranim. Tada se mogu postići frekvencije do 1800 slika u sekundi. Kretanje vrpce kompenzira se prizmama. Taj je mehanizam s uspjehom primijenjen u poznatim ultrabrzim kamerama Fastax (Wollensak Optical Comp.). Fastax 35 može snimati do frekvencije 6000, Fastax 16 do 9000, a Fastax 8 do 18000 slika u sekundi. Pri tako velikim brzinama obična rasvjeta volframovim žaruljama ne daje dovoljno svjetla za tako ekstremno kratke ekspozicije, pa se u tu svrhu objekti osvjetljavaju stroboskopskim bljeskalicama visoka intenziteta, kojima su bljeskovi, dakako, sinhronizirani s kamerom.

Još više frekvencije mogu se postići s kamerama u kojima vrpca stoji namotana na bubanj (promjer bubnja određuje du-



Sl. 24. Kamera za visoke frekvencije snimanja tvrtke Eclair

linu vrpce, koja najčešće nije dulja od 75 cm), a optička kompenzacija postiže se sustavom rotacijskih zrcala ili, u starijim izvedbama, vijencem objektivna smještenim oko bubnja s vrpcom. Tipična kamera te vrste može snimiti 30 slika promjera 20 mm frekvencijom od 2000000, pa sve do 120 slika, promjera 8 mm, frekvencijom od 8000000 slika u sekundi.

Takve su kamere redovito vrlo teške i ne proizvode se na komercijalnoj osnovi (sl. 24). Njihove tehničke karakteristike često su strogo čuvana tajna.

Podvodne kamere. Za sada ne postoje posebno konstruirane kamere za podvodna snimanja, već samo kućišta u koja se smještaju kamere namijenjene običnom snimanju, s većim ili manjim adaptacijama. Male amaterske kamere stavljaju se u obične plastične vrećice, s prozorom od obična stakla, a za profesionalno snimanje izrađuju se skupocjena kućišta u kojima vlada povišeni tlak, tako da voda ne može prodirjeti u njih. Slika se izoštrava pomoću servouređaja, a brojčanici su posebno osvijetljeni. Bez obzira na težinu u zraku, ta su kućišta hidrostatski uravnotežena, a imaju hidrodinamički oblik, da bi se pod vodom mogla lako pokretati u svim smjerovima.

Kad ljudsko oko gleda pod vodom, zrake svjetla padaju iza retine, kao pri dalekovidnosti, i slika je zamučena. Podvodna maska omogućuje gledanje pod vodom, jer se oko nalazi u svom prirodnom elementu, zraku. Gledajući kroz normalnu podvodnu masku, predmeti u vodi izgledaju veći i bliži nego da su u zraku, u proporciji od oko 3:4. Toliki je upravo odnos indeksa loma vode i zraka. Tako i objektiv koji snima kroz ravni prozor podvodnog kućišta vidi objekte, pa se mora oštriti na prividnu udaljenost, odnosno na tri četvrtine realne udaljenosti (v. *Fotografija, Podvodna fotografija*, TE 5, str. 582). U istom omjeru se smanjuje i vidni kut objektiv. Tako npr. objektiv žarišne daljine 50 mm pokriva pod vodom vidno polje kao onaj od 62 mm. Ako se umjesto ravna stakla na kućište ispred objektiv stavi korekcijska leća, podvodni će objekti imati realnu veličinu i udaljenost. Takve podvodne predleće, zbog svoje veličine, težine i skupoće, nisu još uvijek našle mjesto koje zaslužuju u podvodnim snimanjima.



Sl. 25. Kućište za podvodnu kameru Aquaflex tvrtke Eclair

U Evropi je najpoznatije podvodno kućište Eclair-Aquaflex, konstruirano posebno za film *Svijet tišine* J. Cousteaua, a za kameru Cameflex, s posebno konstruiranim dugoljastim magazinom (sl. 25).

Rendgenološke kamere. Nakon razvoja elektroničkog pojačala rendgenske slike, pojavilo se nekoliko kamera prilagođenih snimanju rendgenske slike. Tako je npr. Arnold & Richter adaptirao svoje kamere Philipsovima pojačalima od 15, 21 i 27 cm promjera. U tu svrhu je Arriflex 35 opremljen posebnim vratašcima (22 × 18,67 mm) i 60-metarskim magazinom.

Slično je opremljen i Arriflex 16. Postoje i originalno konstruirane kamere (National Heart Foundation, Australija), koje rade s intermitentnim mehanizmom koji povlači 6 perforacija (umjesto standardno 4).

N. Tanhofer

KINEMATOGRAFSKO PROJICIRANJE

Pomoću filmske kamere registriraju se na filmskoj vrpici pokreti kao niz trenutnih snimaka, tzv. fotografskih animacija. Svaka od tih slika na vrpici prikazuje uvijek samo jednu fazu pokreta, tako da je nizom slika registriran cijeli pokret u pojedinim fazama. Pri projiciranju na projekcijskom ekranu u brzom se redosljedu smjenjuju povećane projekcije slika s filmske vrpce, a gledalac, zbog tromosti oka, dobiva utisak kontinuirane slike u pokretu. Čovječje oko zbog svoje tromosti ne može međusobno razdvojiti svjetlosne impulse brzinom većom od 8-10 impulsa u sekundi, a svjetlosni nadražaj traje još 1/8 do 1/10 sekunde po prestanku svjetlosnog impulsa. Na filmskoj se vrpici pojedine faze pokreta relativno malo razlikuju jedna od druge, te se tako pri projekciji s frekvencijom od 24 slike u sekundi stvara utisak dinamičke pokretne cjeline. Filmska se vrpca kreće u trzajima i za vrijeme projiciranja trenutačno zaustavlja u prozoru projektor (svjetla faza projekcije). Za vrijeme pomicanja vrpce za visinu jedne slike, sektor prekida snop svjetla (tamna faza projekcije).

Filmski projektor

Filmski projektor (sl. 26 i 27) građen je slično kameri. Sadrži također povlače za transport filmske vrpce, ozubljene valjčice za dodavanje i povlačenje vrpce, kolute za odmatanje i namatanje vrpce te mehanizam ugrađen ispred prozora projektor za postepeno pomicanje filma.



Sl. 26. Suvremeni filmski 35-milimetarski projektori (Bauer)

Sastavni su dijelovi filmskog projektor (sl. 28): a) mehanički dio, b) optički dio za projiciranje slike i rasvjetu s izvorom svjetla i c) uređaj za čitanje optičkog ili magnetskog zapisa tona (v. *Elektroakustika*, TE 4, str. 326).

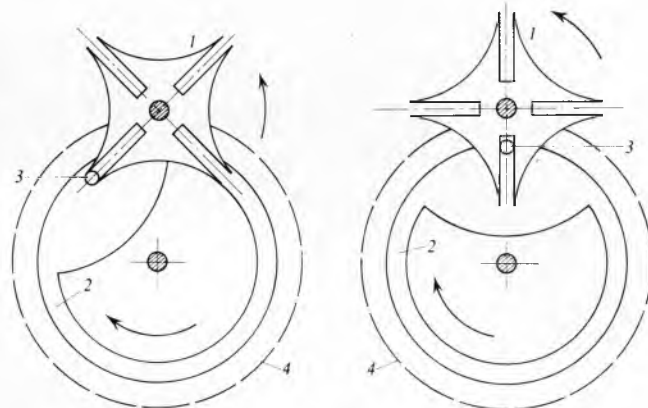


Sl. 27. Projectori supstandardnih formata: 16-milimetarski tonski projektor (gore) i 8-milimetarski tonski projektor (dolje), koji osim na platno, može projicirati sliku na vlastiti ekran i na danjem svjetlu (Bolex)



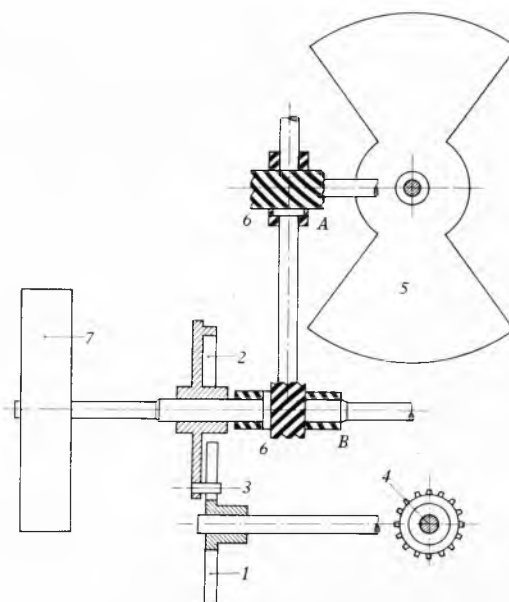
Sl. 28. Tonski 35-milimetarski projektor. 1 kućište lučne svjetiljke, 2 konkavno sferno zrcalo, 3 kondenzor, 4 sjenilo (sektor), 5 prozor i vratašca, 6 ozubljeni bubnjić za transport filma, 7 projekcijski objektiv, 8 kolut za odmatanje filmske vrpce, 9 kolut za namatanje filmske vrpce, 10 adapter za čitanje optičkog tonskog zapisa, 11 elektromotor za pokretanje mehanizma projektor

Mehanički dio projektor. Projektori za standardne formate vrpce širine 35 mm i nadstandardne formate veće širine vrpce nemaju hvataljke, već posebni mehanizam, tzv. *malteški križ* koji ima oblik simbola malteških vitezova. Svojnjak (prst) 3 (sl. 29) od tvrdo kaljenog čelika pričvršćen je na ploči (disku) 2 koja se okreće stalnom brzinom vrtnje. Malteški križ 1, element od vrlo tvrdog čelika, ima četiri žlijeba koji su međusobno povezani kružnim lukom. Kad svojnjak 3 u svom kružnom gibanju susretne jednu od grana malteškog križa, zakreće ga za $\frac{1}{4}$ okretaja, nakon čega izlazi krećući se slobodno sve dok ne zahvati iduću granu križa. Vanjski dio malteškog križa upire se na valjkasti naslon koji ga zaustavlja za vrijeme u kojem se svojnjak kružno giba izvan žlijeba, nakon čega ponovno ulazi u žlijeb iduće grane. Naslon je izveden s kružnim udubljenjem kako bi se omogućilo zakretanje malteškog križa za $\frac{1}{4}$ okretaja. Na sl. 29 vide se dva položaja svojnjaka 3.



Sl. 29. Princip rada malteškog križa, 1 malteški križ, 2 ploča sa svojnjakom, 3 svojnjak, 4 zamašnjak

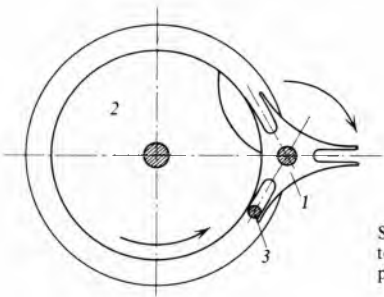
Za puni okretaj malteškog križa potrebna su četiri okretaja ploče 2 na kojoj je pričvršćen svojnjak 3. S malteškim križem na istoj osovinu nalazi se učvršćen ozubljeni transportni valjčić koji ima na oba kraja po 16 zubaca koji ulaze u perforaciju vrpce. Četvrtinom okretaja malteškog križa, zupci na valjčiću zahvaćaju četiri perforacije, pa se filmska vrpca pomakne za jednu visinu slike, jer se uz jednu sliku nalaze četiri perforacije (sl. 9).



Sl. 30. Mehanizam malteškog križa. A upravljački dio, B pogonski dio; 1 malteški križ, 2 ploča sa svojnjakom, 3 svojnjak, 4 transportni bubnjić, 5 sjenilo (sektor), 6 helikoidni zupčani, 7 zamašnjak

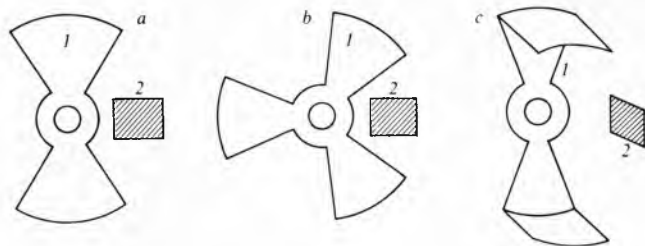
Na osovini ploče vezan je zamašnjak 4 koji je dovoljno težak da svojom inercijom ujednači gibanje cijelog mehanizma.

Cijeli sklop (sl. 30), malteški križ, pogonska ploča i mehanički elementi prijenosa za okretanje sjenila (sektora ili blende), nalazi se unutar kućišta (kartera) koji je napunjen uljem. Uljem punjeni karter potreban je kako bi se osiguralo što bolje podmazivanje mehanizma uz istodobno amortiziranje udaraca i priгуšivanje šuma. U suvremenim projektorima mehanizam je malteškog križa koji put nešto modificiran tako da svornjak 3 ulazi tangencijalno u jednu od grana malteškog križa, čime se postiže sigurniji i znatno tiši rad projektor. Nedostatak je, međutim, u tome da je iskoristivost izvora svjetla manja. Da se izbjegne taj gubitak svjetla, Ernemann je svoje projektore opremio malteškim križem koji ima tri grane, a svornjak ulazi potpuno tangencijalno (sl. 31). Nedostatak je, međutim, toga sustava što je malteški križ sa 3 grane mehanički znatno slabiji od onoga sa 4 grane, pa se one lako lome. Usprkos vrlo dobroj iskoristivosti izvora svjetla i mirnijeg rada, Ernemannov sustav nije naišao na opću primjenu.



Sl. 31. Ernemannov sustav malteškog križa. 1 malteški križ, 2 ploča sa svornjakom, 3 svornjak

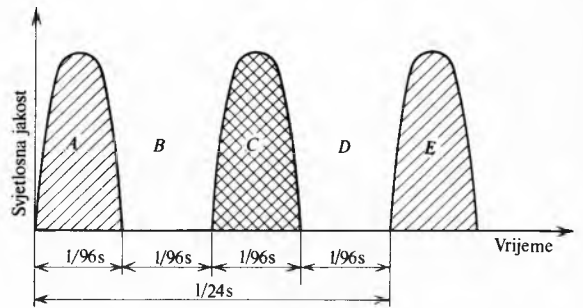
Jedan od neizostavnih elemenata u projektoru jest *sjenilo* (sektor) koje prekida snop zraka svjetla za vrijeme pomicanja vrpce za visinu jedne slike. U nekim modelima projektor sjenilo je smješteno ispred projekcijskog objektiva, ali se redovito nalazi između izvora svjetla i filmske vrpce. Sjenilo može biti izvedeno kao npr. okrugli plosnati disk sa dva ili tri izreza (sl. 32a i b), nalik na elisu, ili kao šuplji valjak sa dva otvora



Sl. 32. Izvedbe sjenila (sektora) projektor. a radijalno dvokrilno sjenilo, b radijalno trokrilno sjenilo, c cilindrično dvokrilno sjenilo; 1 sjenilo, 2 prozor projektor

(sl. 32c). Taj valjkasti oblik sektora omogućuje smještaj radijalnih krilaca koja služe kao ventilator za hlađenje filma. Prekidanje je snopa svjetla sinhronizirano na $2 \times 24 = 48$ slika u sekundi. Jednom se svjetlosni snop prekida za vrijeme pomicanja filmske vrpce a drugi put kad vrpca miruje u prozoru projektor. Ista slika na vrpici projicira se dvaput, pa je stvarna frekvencija projiciranja 48 slika u sekundi. Prema tomu sa 48 prekida u sekundi dobiva se 96 izmjena svjetla i tame u sekundi, što znači da svaki svjetlosni impuls traje $1/96$ sekunde (sl. 33). Prekidanje svjetla sjenilom s frekvencijom od samo 24 prekida u sekundi uzrokovalo bi treperenje projicirane slike, koje bi pri dužoj projekciji djelovalo vrlo zamorno za oči. Zapravo, ljudsko oko, kada je podvrgnuto brzom slijedu svjetlosnih podražaja, podliježe nervnom psihološkom efektu koji se očituje u treperenju promatrane slike. Psihofizička ispitivanja pokazala su da je pojava treperenja slike upravo proporcionalna intenzitetu svjetla, a obrnuto je proporcionalna broju prekida snopa svjetla.

U filmskim projektorima za širinu vrpce od 35 mm frekvencija prekida iznosi 48 prekida u sekundi. Očito je, dakle, da



Sl. 33. Svjetle i tamne faze filmske projekcije. A i E tamne faze za vrijeme pomaka vrpce za visinu jedne slike, B i D svjetle faze za vrijeme dok vrpca miruje u prozoru projektor, C tamna faza za vrijeme dok vrpca miruje u prozoru projektor.

se od ukupnog svjetlosnog toka gubi 50%, pa omjer između svjetle i tamne faze projekcije iznosi 1 : 1. U evropskim zemljama, gdje je frekvencija izmjenične struje električne mreže 50 Hz, filmski projektori za televizijske svrhe podešeni su na frekvenciju od 25 slika u sekundi, što upravo odgovara prekidanju snopa svjetla od 50 puta u sekundi.

Optički čitač tona uvijek je smješten ispod optičkog sustava za projiciranje slike. Radi stvaranja tzv. petlje potrebno je da duljina filmske vrpce između osi optičkog sustava za projiciranje i optičke osi čitača tonskog zapisa bude 20 slika, tj. 80 perforacija.

Optički dio projektor. Za filmsku projekciju upotrebljavaju se objektivni velike svjetlosne jakosti, relativnog otvora 1:2 do 1:1,4. U filmskim projektorima gotovo se univerzalno primjenjuje tzv. Petzwalov tip objektiva koji je proračunao J. Petzwal (1807—1891). Upravo taj tip objektiva idealno odgovara filmskoj projekciji zbog svoje velike svjetlosne jačine te odlične korekcije sfernog otvora i isto tako izvanredno dobrih korekcija kromatske greške (v. *Optika*). Budući da se pri projekciji upotrebljavaju mali vidni kutovi objektiva, to greška astigmatizma, koja se u ovom tipu objektiva javlja pri kutu od 20° – 24° , ne utječe na oštrinu perifernog dijela projicirane slike.

S obzirom na veliko povećanje pri projiciranju, koje iznosi 300–500 puta, može se računati da je povećanje linearno, pa je omjer preslikavanja

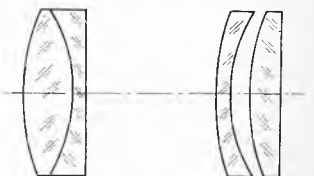
$$\gamma = \frac{d}{f} = \frac{L}{l}, \quad (2)$$

gdje je d razmak objektiva i projekcijskog ekrana, f žarišna daljina objektiva, l širina slike na filmskoj vrpici, a L širina projekcijskog ekrana. Kad se pozna razmak d i širina ekrana L , potrebna žarišna daljina objektiva iznosi

$$f = \frac{dl}{L}, \quad (3)$$

pa je za $L = 5$ m, $d = 25$ m i za standardnu širinu projektor $l = 21$ mm potrebna žarišna daljina 10,5 cm. Tvornice izrađuju projekcijske objektivne različitih žarišnih daljina, koje su stupnjavane po 5 mm, tako da se u seriji objektiva uvijek može naći onaj pripadne žarišne daljine koja odgovara širini ekrana i dimenzijama dvorane. Isto tako tvornice projekcijskih objektiva izrađuju objektivne sa standardiziranim tubusima, te je tako moguća izmjena objektiva neovisno o tvornici koja je izradila filmski projektor.

Na sl. 34 prikazan je presjek projekcijskog objektiva Petzwalova tipa. Za panoramske projekcije, gdje je potreban znatno veći vidni kut projekcijskog objektiva, upotrebljava se znatno složeniji tip objektiva, tzv. Gaussov tip anastigmata.



Sl. 34. Petzwalov tip objektiva za projektore

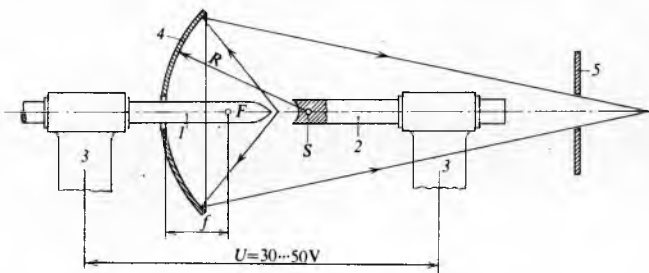
Izvori svjetla za filmsku projekciju. U običnom dijaprojektoru dijazapozitiv se nalazi odmah ispred kondenzora, te se realna slika izvora svjetla projicira u ulazni otvor, odnosno ulaznu pupilu projekcijskog objektiva. U filmskom projektoru, gdje je potrebno što bolje iskorištenje izvora svjetla, primjenjuje se drugi princip rasvjete. Realna se slika izvora svjetla ne projicira u ulaznu pupilu objektiva, već se zrake svjetla koncentriraju na prozor projektor, tako da se oko slike na vrpici opisuje vrlo intenzivno osvijetljeni krug.

Iako se unutar toga svjetlosnog kruga razvija visoka temperatura, ipak se filmska vrpca neće zapaliti jer se ona vrlo brzo giblje (prosječna brzina 35-milimetarske vrpce iznosi $\sim 0,5$ m/s). Kad se vrpca ne bi gibala, zapalila bi se za nekoliko trenutaka, osobito kad se projicira kopija na starijoj, lako zapaljivoj vrpici od celuloznog nitrata (tzv. nitroceluloze). Da se to spriječi, u projektor se ugrađuje zaštitno sjenilo kojim se automatski prekida snop zraka svjetlosti u trenutku kad se prekine filmska vrpca, jer se tada vrpca zaustavlja u prozoru projektor.

Za filmske projektore upotrebljavaju se vrlo jaki izvori svjetla kao što su električni luk, projekcijske žarulje, ksenonske svjetiljke (cijevi) i u posljednje vrijeme halogene svjetiljke (cijevi).

Lučne svjetiljke. Električni luk općenito se upotrebljava kao izvor svjetla pri projekciji normalnog filma širine 35 mm. Za koncentriranje svjetla na prozor filmskog projektor najprije se upotrebljavao kondenzor od dvije plankonveksne leće kao u običnom dijaprojektoru. Poslije se prešlo na konkavna sferna zrcala (sl. 35). Da se što bolje iskoristi svjetlost, obično se upotrebljava kombinacija obaju načina rasvjete.

Električni luk se stvara između dviju ugljenih elektroda koje su horizontalno smještene jedna prema drugoj. Za napajanje električnog luka redovito se upotrebljava istosmjerna struja.



Sl. 35. Lučna svjetiljka. 1 negativna elektroda, 2 pozitivna elektroda, 3 držala ugljenih elektroda, 4 konkavno sferno zrcalo, 5 prozor projektor, F žarište konkavnog sfernog zrcala, S središte zakrivljenosti zrcala

Elektroda spojena na pozitivni pol izvora struje udubljuje se i stvara se pozitivni krater koji emitira najveći dio svjetlosti električnog luka. U takvom uređaju, električnom luku sa zrcalom (sl. 35), pozitivni krater stavlja se pred zrcalo na toliku udaljenost da se realna slika kratera projicira u ravninu prozora projektor. Obje ugljene elektrode pričvršćene su na držalima koja se mogu primicati i odmicati okretanjem vijaka, čime se električni luk dovodi u točno određenu udaljenost od tjemena zrcala. Sferno se zrcalo također može pomicati s obzirom na ravninu prozora projektor radi točnog fokusiranja snopa zraka svjetla na ravninu prozora. U toku gorenja luka stvara se šiljak na negativnoj, a krater na pozitivnoj elektrodi, pa se elektrode nejednako troše. Pozitivna elektroda troši se, naime, dvostruko brže od negativne. Da se kompenzira ta nejednolikost trošenja elektroda, pozitivna elektroda mora imati dvostruko veći presjek, čime se postiže da se obje elektrode u toku gorenja jednako brzo skraćuju. Uređaji s električnim lukom i zrcalom opremljeni su automatskim regulatorima udaljenosti ugljenih elektroda, koje se pomiču pomoću malog elektromotora. Elektrode su preko stabiliziranih ispravljača spojene na električnu mrežu.

Ugljene elektrode za filmsku projekciju mogu se svrstati u tri skupine: niskointenzitetne (strujno opterećenje do 35 A), visokointenzitetne (strujno opterećenje 35...100 A, pa i više) i efektne elektrode (s povoljnijim spektrom emitirane svjetlosti).

U niskointenzitetnim elektrodama pozitivni krater glavni je izvor svjetlosnog toka. Od ukupnog svjetlosnog toka plamen luka emitira 5%, pozitivni krater 85%, a negativni šiljak 10%.

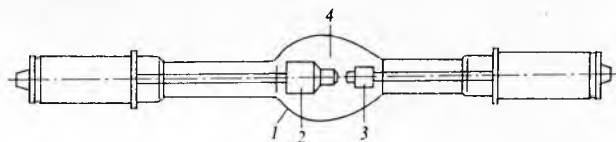
U visokointenzitetnim elektrodama plamen luka emitira 25%, pozitivni krater 45%, a negativni šiljak 30% od ukupnog svjetlosnog toka. Da se smanji električni otpor pri velikim strujnim opterećenjima, visokointenzitetne elektrode presvučene su galvanski nanosenim bakrenim slojem. Raspodjela svjetlosnog toka visokointenzitetnih elektroda znatno je povoljnija nego niskointenzitetnih elektroda.

Da se postigne povoljniji spektralni sastav emitirane svjetlosti, izrađuju se efektne elektrode. One imaju u sredini smjesu ugljena i spojeva različitih metala koji prilikom izgaranja emitiraju svjetlost željenog spektralnog sastava.

Ugljene elektrode izrađuju se u obliku okruglih štapova duljine 200...450 mm i promjera do 10 mm.

Temperatura boje svjetlosti električnog luka iznosi 5400...5600 K.

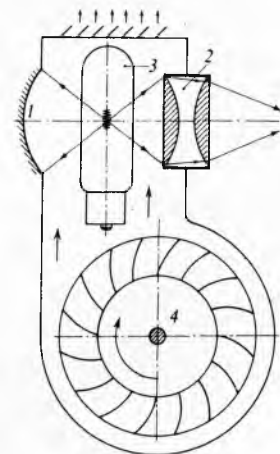
Ksenonske svjetiljke (cijevi). Godine 1956. uveden je za projekciju normalnih filmova širine 35 mm novi izvor svjetla, ksenonska cijev. U usporedbi s ugljenim elektrodama, ili projekcijskim žaruljama sa žarnom niti, ksenonske cijevi znače



Sl. 36. Ksenonska svjetiljka za filmske projektore. 1 balon od kremenog stakla, 2 pozitivna elektroda, 3 negativna elektroda, 4 prostor ispunjen ksenonom pod tlakom

golemu prednost, jer uz isti potrošak električne energije daju mnogo više svjetla, spektralnog sastava koji idealno odgovara za filmske projekcije. Uz ostalo, ksenonske su cijevi ekonomičnije zbog veće trajnosti. Proizvođači, naime, garantiraju trajnost od 1000 sati, a stvarna im je trajnost i više od 2000 sati. Ksenonska svjetiljka je balon od kremenog stakla u koji su utaljene dvije elektrode, lijeva pozitivna i desna negativna (sl. 36). Unutrašnjost cijevi ispunjena je ksenonom pod tlakom od $\sim 0,8$ MPa. Svjetiljka se pali pomoću posebnog uređaja koji spaja elektrode na napon od 30...40 kV. Ksenon se tada ionizira i postaje vodljiv. Istosmjerni pogonski napon ksenonskih cijevi iznosi 20...26 V, a snaga koju preuzima iz mreže i do 1600 W.

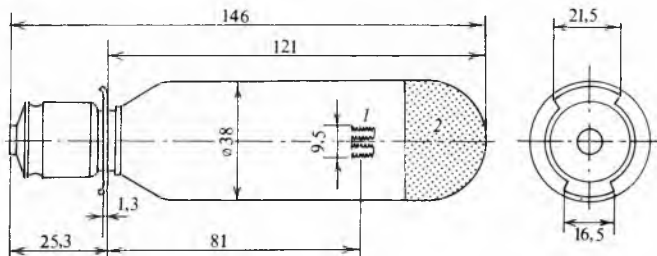
Projekcijske žarulje. U projektorima za uski film i u pokretnim projektorima za normalni film kao izvor svjetla služe projekcijske žarulje snage od nekoliko stotina vata do najviše 1000 W. Žarulje veće snage mogle bi prejako zagrijati dijelove projektor, a posebno sferno zrcalo i kondenzorske leće. Projekcijske žarulje napajaju se izmjeničnom strujom napona 12...220 V, a većinom napona 100...120 V. Najbolja iskoristivost postiže se niskonaponskim (12 V) projekcijskim žaruljama. Tako žarulja za napon od 12 V, snage 250 W, ima ukupni svjetlosni



Sl. 37. Hlađenje optičkog sustava filmskog projektor i projekcijske žarulje. 1 konkavno sferno zrcalo, 2 kondenzor, 3 projekcijska žarulja, 4 ventilator

tok od 9500 lm, a žarulja jednake snage, ali za napon od 220 V, svjetlosni tok od samo 5000 lm. Obično se izabire neki srednji napon, da bi se smanjile dimenzije transformatora preko kojeg se žarulja spaja na električnu mrežu. Temperatura boje svjetlosti uz nazivni napon iznosi 3200 K.

Uz nazivni napon vijek je trajanja projekcijskih žarulja vrlo kratak (najviše 50 sati). Da se produži trajnost, projekcijske žarulje ne rade s nazivnim naponom. Snižanjem napona za 10% smanjuje se svjetlosni tok za ~25%, ali se vijek trajanja produžuje na približno dvostruko. Povišenjem napona za 10% iznad nazivnoga, međutim, povećava se svjetlosni tok za ~35%, ali se vijek trajanja skraćuje za ~65%. Da bi se spriječilo znatno povišenje temperature, projekcijske žarulje se hlade ventilatorom (sl. 37).



Sl. 38. Standardizirana projekcijska žarulja za filmski projektor (mjere u mm).
1 žarna nit, 2 metalna kapa za odvođenje topline

Projekcijske žarulje izrađuju se u standardiziranim veličinama i sa standardiziranim podnožjima (sl. 38).

Da se osigura dulja trajnost projekcijskih žarulja, nagib projektoru ne smije biti veći od 30°, kako se žarna nit, zagrijana na 3300 K, ne bi savila i prekinula se. Projekcijska se žarulja priključuje tek kad radi ventilator za hlađenje. Žarulja se, osim toga, zagrijava postupnim povišenjem napona. Ako je npr. žarulja nazivnog napona 110 V, ona se najprije spaja na napon od 80...90 V, a nakon 30...60 s napon se podigne na iznos koji je 5...10% niži od nazivnog.

Halogene svjetiljke (cijevi). U posljednje se vrijeme kao izvor svjetla za projektor uskog filma upotrebljavaju i halogene cijevi koje su po svom izgledu slične projekcijskim žaruljama, ali se od njih razlikuju po tome što su punjene smjesom plinova, npr. jednim parama. Time se postiže znatno bolja svjetlosna iskoristivost s povoljnijim spektralnim sastavom, tako da je temperatura boje svjetlosti halogenih cijevi oko 3400 K.

Kinematografske dvorane

Projekcijski ekrani. U kinematografskoj praksi upotrebljavaju se različite vrste ekrana na koje se projicira slika. Koji put je ekran vrlo jednostavno izveden kao matirana prevlaka od bijelog gipsa, poput one koja se upotrebljava za pokrivanje stropova. Budući da takav ekran ne propušta zvuk, ton se reproducira pomoću zvučnika koji su smješteni s obje strane ekrana. Drugi tip ekrana može se izraditi iz bijelog pamučnog platna koje je napeto na drvenom okviru. Propisi sigurnosti traže da tako izvedeni ekrani budu nezapaljivi, kao i sve tapete kojima mogu biti opremljene projekcijske dvorane. Ekran se također izrađuje iz azbestnoga nezapaljivog platna, pa tada nije potrebno impregniranje nezapaljivim tvarima. Ekran se još izrađuje iz gumiranog platna s perforacijama koje omogućuju prolaz zvuka, pa se zvučnici postavljaju iza ekrana. Takvi se ekrani nazivaju transsonornim ekranima. Da se postigne što veći stupanj refleksije svjetlosti, upotrebljavaju se ekrani koji su pokriveni sitnim staklenim kuglicama, ili tankim slojem aluminijevog praha. Od tih se ekrana svjetlost ne reflektira samo kao difuzna nego i kao usmjereno reflektirana, čime se znatno povećava svjetloća projicirane slike. Nedostatak je takvih ekrana da se oni mogu upotrebljavati samo u uskim kino-dvoranama, jer svjetloća projicirane slike naglo opada s udaljenošću od sredine dvorane. Takovi ekrani nazivaju se još i ekranima s

usmjerenom refleksijom svjetla, za razliku od ekrana samo s difuznom refleksijom. Jakost rasvjete ekrana uglavnom je standardizirana veličina, iako u pojedinim evropskim zemljama takvi standardi još nisu potpuno ujednačeni. Kao prosječna vrijednost za jakost rasvjete ekrana uzima se 100 lx. Jakost rasvjete ekrana ovisna je o udaljenosti projektoru od ekrana, te opada, prema prvom Lambertovu zakonu, s kvadratom te udaljenosti (v. *Fotometrija*, TE 5, str. 608). Jakost rasvjete ekrana, koja se još zove *briljanca*, odnosno luminancija, mjeri se pomoću svjetlomjera tako da se projektor pusti u rad bez filma u prozoru projektoru s frekvencijom kao da se projiciraju 24 slike u sekundi. Briljanca ekrana definira se umnoškom osvijetljenosti i stupnja refleksije ekrana. Treba napomenuti da se ta fizikalno definirana briljanca projekcije razlikuje od subjektivnog utiska briljanca, koja ovisi o stupnju akomodacije oka, jer se gledalac nalazi u zamračenom prostoru. Prvobitno su projekcijski ekrani bili omeđeni crnim rubom, ali se ubrzo došlo do spoznaje da je to pogrešno, jer se time gledaocu oduzima tzv. periferna briljanca. Uloga je periferne briljanca u tome što su fiziološki uvjeti gledanja projekcije sasvim različiti od uvjeta promatranja npr. neke fotografije osvijetljene difuznom svjetlošću. To nastaje zbog mehanizma gledanja, jer oko pojedine elemente slike stalnim pokretanjem spaja u jednu cjelinu. Vidno je polje stvarnog oštrog vida vrlo malo, iznosi ~2° (obuhvaća područje tzv. *fovea centralis*). Izvan tog područja oštšina se vida naglo smanjuje, tako da periferna područja vidnog polja oka imaju jasnoću koja je oko 150 puta manja nego središnje područje apsolutne oštine vida. Budući da oko pamti utiske, to se stalnim pokretanjem očiju taj mali vidni kut oštrog vida proširuje na jedan vrlo veliki vidni kut koji, pri gledanju s oba oka, iznosi po vertikali ~130°, a po horizontali ~180°. Gledajući projekciju u tamnom prostoru na ekranu s crnim okvirom, gledalac ne bi bio u mogućnosti da briljanca projicirane slike uspoređuje s briljancama okolnog prostora, što dovodi do subjektivnog utiska o pomanjkanju briljanca projicirane slike. Da se što više podigne taj subjektivni utisak briljanca slike, Amerikanci su predložili više rješenja, kao npr. uokvirivanje ekrana neutralnim sivom, ili smještanje bijelih površina oko slike, koje zbog difuzne refleksije djeluju kao periferna briljanca promjenljive vrijednosti koja ovisi o srednjim briljancima slike što se projicira na ekranu. Taj uređaj, nazvan *synchroscreen*, nema oštrog ograničenja oko slike, ali zato prilagođuje briljancu perifernog polja briljanci projekcije.

Gledanje projekcije. U kino-dvorani gledalac vidi na ekranu film koji se projicira kao pokretne fotografije koje za istu scenu čine slijed fotografskih perspektiva, kojima je vidna točka (točka gledanja) ulazni otvor objektiva kamere, a za sliku na vrpici to je izlazna točka. Uz takav raspored, perspektiva je određena smještajem kamere za snimanje, a ne žarišnom daljinom njena objektiva, a vidna točka slike na filmskoj vrpici nalazi se na udaljenosti koja se naziva *glavna udaljenost* i koja je praktički jednaka žarišnoj daljini objektiva filmske kamere. Kad se film projicira, slika se na ekranu projicira uvećana s istom perspektivom. Glavna se udaljenost, međutim, višestruko povećava u istom omjeru, a vidna se točka na ekranu fotografski reproducirane perspektive nalazi na udaljenosti koja je praktički jednaka umnošku omjera preslikavanja γ , prema izrazu (2), i žarišne duljine objektiva kamere. Ispravni je smještaj gledaoca u dvorani jednak glavnoj udaljenosti pomnoženoj s omjerom preslikavanja projicirane slike. Što je gledalac bliže ekranu od spomenutog ispravnog smještaja, sve se više gubi perspektiva, a što je dalje, perspektiva je sve pretjeranija. Ako se upotrijebi objektiv žarišne daljine $f = 50$ mm, tada je dulja stranica prozora projektoru 21 mm, a vidni kut objektiva 24°. Gledalac u dvorani imaće ispravnu perspektivu projicirane slike samo kada, polazeći od širine ekrana, vidni kut projicirane slike iznosi 24°. Ta ispravna udaljenost gledaoca od ekrana određuje se pomoću približnog izraza

$$d = \frac{fL}{l} \quad (4)$$

koji slijedi iz izraza (3). U tabl. 2 nalaze se ispravne udaljenosti gledalaca od ekrana (za širinu otvora projektoru od 21 mm).

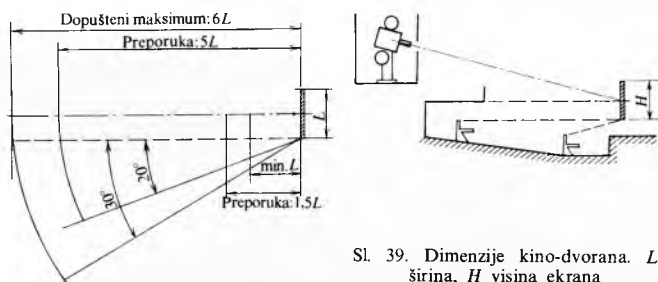
Treba spomenuti da snimatelj prilikom snimanja upotrebljava objektivne različitih žarišnih daljina u ovisnosti o vidnom kutu koji treba biti obuhvaćen. Tim se mijenja ispravna udaljenost gledalaca od ekrana.

Tablica 2
ISPRAVNA UDALJENOST GLEDAOCA OD EKRANA

Žarišna daljina objektiva kamere mm	Udaljenost ispravne točke gledanja
25	$1,19 L^*$
30	$1,43 L$
35	$1,67 L$
40	$1,90 L$
50	$2,38 L$
75	$3,57 L$

* L = širina ekrana

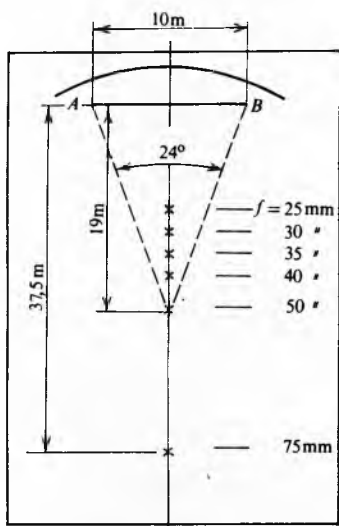
Prostorne karakteristike kino-dvorane. Studijama projekcija u kino-dvoranama utvrđeni su uvjeti u kojima se gledalac mora nalaziti da bi mu se omogućio ispravan prikaz projicirane slike. Na sl. 39 prikazani su tlocrt i bokocrt kino-dvorane s osnovnim dimenzijama prema francuskom standardu.



Sl. 39. Dimenzije kino-dvorane. L širina, H visina ekrana

Prema tom standardu kino-dvorana mora zadovoljavati sljedeće uvjete: a) najbliža sjedala moraju biti udaljena od ekrana najmanje za širinu ekrana L ; preporuča se, međutim, da ta najmanja udaljenost iznosi $1,5L$; b) najudaljenija sjedala od ekrana smiju se nalaziti na udaljenosti koja je jednaka $6L$; preporuča se da ta udaljenost ne bude veća od $5L$; c) najudaljenija sjedala moraju se nalaziti unutar pravaca koji s okomicom na ekran zatvaraju kut od 30° , a koji dodiruju rub ekrana; preporuča se da taj kut ne bude veći od 20° (sl. 39); d) mogućnost pomicanja glava gledalaca mora za svaki red sjedala iznositi najmanje 8 cm, a razmak redova ne smije biti manji od 77,5 cm; preporuča se razmak od 82,5 cm.

Gledalac koji se nalazi na polovici duljine kino-dvorane promatrat će projekciju pod vidnim kutom od 24° (sl. 40),



Sl. 40. Ispravna udaljenost gledalaca od ekrana prema žarišnoj daljini objektiva (f) pri projiciranju 35-milimetarske filmske vrpce

te će se nalaziti na ispravnoj udaljenosti od ekrana. Pri promatranju scena snimanih širokokutnim objektivima manje žarišne daljine gledalac bi se radi ispravne perspektive morao primicati ekranu, dok bi se pri projekciji scena snimljenih objektivima manjih vidnih kutova morao sve više odmicati od ekrana. Budući da gledalac u kino-dvorani prilikom projekcije ne može mijenjati svoj položaj, to će se, bez obzira na žarišnu daljinu objektiva kojima je pojedina scena snimana, njegov ispravi smještaj najmanje mijenjati kada se on nalazi na polovici duljine dvorane.

Projekcijske kabine. Projekcijska kabina mora biti tako smještena da vertikalni nagib snopa zraka svjetla iz projektora ne prelazi maksimalni kut koji je funkcija žarišne daljine projekcijskog objektiva. Maksimalno dopuštena deformacija slike, uvjetovana nagibom snopa zraka, ne smije iznositi više od 5%, a preporuča se da ta deformacija slike ne bude veća od 3%. Poprečni nagib snopa s obzirom na os dvorane (okomica na središte ekrana) ne smije biti veći od 8° . Kad je snop nagnut, u prozor projektora se stavlja maska koja kompenzira trapeznu deformaciju bočnih rubova slike.

Kabine projekcijskih dvorana moraju biti odvojene od dvorane zidanom stijenom. Otvori za projiciranje i otvori kroz koje operater prati projekciju na ekranu moraju biti opremljeni staklenim pločama. U prostoriji koja je željeznim vratima odvojena od projekcijske kabine nalazi se stol za prematanje filma i čelični sanduk u kojem se nalaze koluti filma koji se prikazuje. U kabini su postavljena dva mjesta za projiciranje, što omogućuje da se projicira bez prekidanja. Za vrijeme u kojem se pomoću jednog projektora projicira, drugi se projektor puni filmom za nastavak projekcije. U velikim kino-dvoranama predviđena su tri mjesta za projiciranje radi eventualne zamjene projektora. Da ne bi došlo do požara u projekcijskim kabinama, provode se vrlo stroge mjere sigurnosti. Ispod projektora nalazi se vodovodni priključak, u skladu sa sigurnosnim propisima. Plinovi koji nastaju izgaranjem ugljenih elektroda u lučnim svjetiljkama odvođeni su kroz dimnjak u vanjski prostor.

Rasvjetom dvorane upravlja se iz kabine, a glavni prekidač mora biti smješten uz izlaz iz kabine. Svi električni vodovi moraju biti u oklopljenim čeličnim cijevima. Ako prestane opskrba električnom energijom iz mreže, mora biti predviđena akumulatorska baterija za nužnu rasvjetu dvorane. Mora se osigurati neposredni pristup u projekcijsku kabinu izvana. Zabranjeno je postavljanje vrata za komuniciranje s gledalištem. U kabini se moraju nalaziti električni mjerni instrumenti i kontrolni zvučnici.

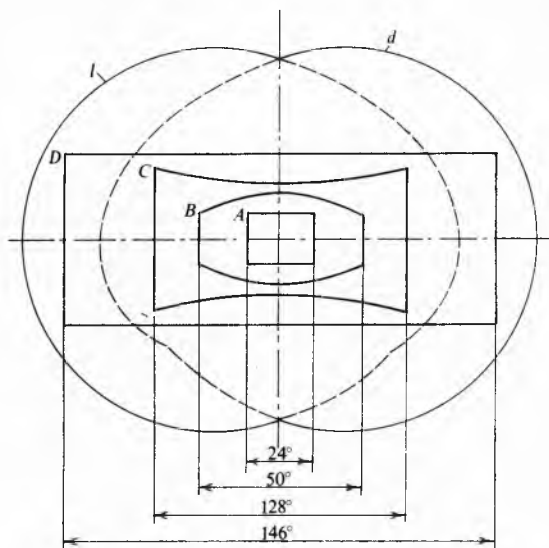
Panoramske projekcije

Pojedine vrste projekcija na širokom ekranu uklapaju se u zajedničko polje očiju. To se vidi na sl. 41, na kojoj je prikazano ukupno vidno polje. Površina ograničena punom linijom d na desnoj strani crteža, a crtkanom linijom na lijevoj strani odgovara vidnom polju desnog oka. Vidno polje lijevog oka označeno je simetričnom punom linijom $/$ na lijevoj, a crtkanom linijom na desnoj strani crteža. U okomitom smjeru vidno polje obuhvaća 130° (60° prema gore, a 70° prema dolje), a u vodoravnom smjeru skoro 180° .

Unutar pravokutnika A (sl. 41) nalazi se kontura normalnog ekrana koji odgovara gledaocu smještenom na ispravnoj udaljenosti od ekrana kad je žarišna daljina objektiva $f = 50$ mm. Tada okomiti vidni kut iznosi 18° , a horizontalni 24° . To je premalo da se dobije utisak prostornosti koji se ima u stvarnosti. Da se poveća taj utisak, projicira se na širim ekranima kako bi projekcija obuhvatila ukupno vidno polje očiju. Treba naglasiti da se radi o najširem polju, a ne o najvećem povećanju slike. Pri standardnoj projekciji 35-milimetarske vrpce, omjer visine i širine slike iznosi $1:1,37$, te bi se s većim povećanjem istodobno povećavala i udaljenost ispravnog položaja gledaoca, ali se vidni kut projekcije ne bi promijenio (24° po širini ekrana). Dakle, ne bi se promijenio ni utisak prostornosti.

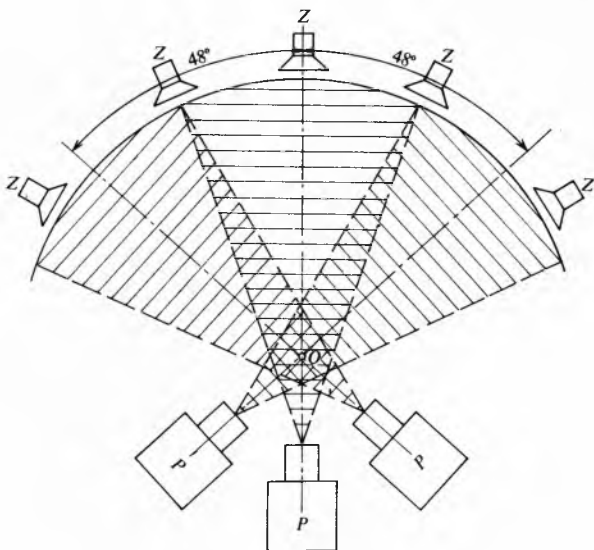
Kad se gledalac smjesti na ispravnoj udaljenosti od kinemaskopskog ekrana (B na sl. 41), vidni se kut povećava na 40° , čime se povećava i utisak prostornosti. Još se više taj

utisak povećava kad se upotrijebe kineramski ekrani (C i D na sl. 41).



Sl. 41. Zajedničko vidno polje očiju i uklapanje sustava projekcije na širokom ekranu. A normalni ekran, B kinemaskopski ekran, C i D kineramski ekrani

Kinerama. Kako bi se pri snimanju postigao što veći kut, u postupku kinerama upotrebljava se specijalna kamera sa tri objektivu žarišne daljine $f = 27$ mm. Objektori su vrlo blizu jedan uz drugoga, tako da im se vidna polja djelomično prekrivaju. Za snimanje se upotrebljavaju tri negativne filmske vrpce sa tri polja za slike između dvaju redova perforacija. Pri standardnoj tehnici snimanja na 35-milimetarskoj vrpici visina slika zauzima četiri perforacije, a slika na vrpici za kineramsko snimanje šest perforacija. Slika je tada široka 25 a visoka 28 mm. Korisno je polje, s objektivom žarišne daljine 27 mm, 50° po širini, a 55° po visini. Osi objektivu zatvaraju međusobno kut od 48° , pa vidno polje središnjeg objektivu prekriva za 2° susjedna polja (2,2 mm na vrpici). Tako se postiže djelomično prekrivanje susjednih slika, pa se dobiva ukupna slika široka 70,6 mm a visoka 28 mm. Omjer, dakle, širine i visine iznosi 2,52, dok taj omjer za normalni format iznosi 1,37. Korisno je polje kinerame po visini 55° , a po širini $3 \times 50 - 2 \times 2 = 146^\circ$. Snima se s frekvencijom od 26 slika u sekundi, a ton se snima na specijalnoj traci širine 35 mm



Sl. 42. Princip projekcije po sustavu kinerame. P sinhronizirani projektori, Z zvučnici iza ekrana

koja nosi šest ili sedam magnetskih tonskih pruga. Vrpca za snimanje tona kreće se sinhrono s filmskim vrpcom.

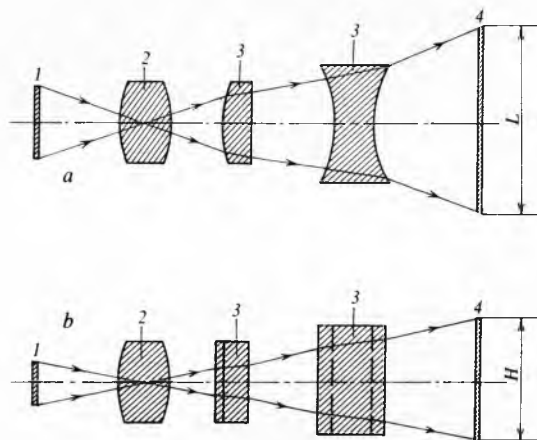
Za projiciranje triju vrpca potrebna su tri projektor koji rade sinhrono. Kut koji zatvaraju osi projektoru iznosi 48° (sl. 42). U principu bi trebalo da svaki projektor projicira na vlastiti ravni ekran okomit na optičku osi objektivu projektoru. Tada bi se dobio ekran sa tri ravne plohe, a slika bi se dodirivala na plohama na krajevima pojedinih ekrana. Da se postigne ispravno prekrivanje i osigura kontinuiranost površine, projekcijska ploha izvedena je kao okomita cilindrična površina (sl. 42). Zajednički dijelovi slike moraju se prekrivati u *stopljenj* slici. Da se to postigne, neposredno uz okomite rubove prozora projektoru smještene su kulise s malim pilastim zupcima. Kulise osciliraju po visini velikom brzinom, što stvara ravnomjerno svjetlosno oslabljenu zonu od sredine prema rubovima. Na projiciranim slikama oslabljenja dvaju tako prekrivenih dijelova pojavljuju se u suprotnim smjerovima pa ih ona povezuju u kontinuiranu sliku.

Projekcijski je ekran kinerame, prema prirodi postupka, veoma zakrivljeni ekran. Projiciranje na tri ravna ekrana bilo bi neispravno, jer bi se dobile tri slike sa tri vidne točke. Ispravna udaljenost gledaoca od ekrana nalazi se u središtu zakrivljenosti ekrana koje je ujedno i sjecište triju osi projekcije (točka O na sl. 42).

Utisak da zakrivljeni ekran ima reljefna svojstva spada u djelokrug autosugestije. Kinerama, dakle, nije postupak kojim se dobivaju reljefne slike, već postupak za dobivanje panoramskih slika koji smješta gledaoca u prostor bliži realnosti od onog koji daje ravna slika malih dimenzija.

Kineramski vrlo široki ekran zahtijeva stereofonsku zvučnu pratnju. Potrebna je grupa od 5 zvučnika iza ekrana (sl. 42) i više manjih zvučnika (~ 40) koji su smješteni u dvorani.

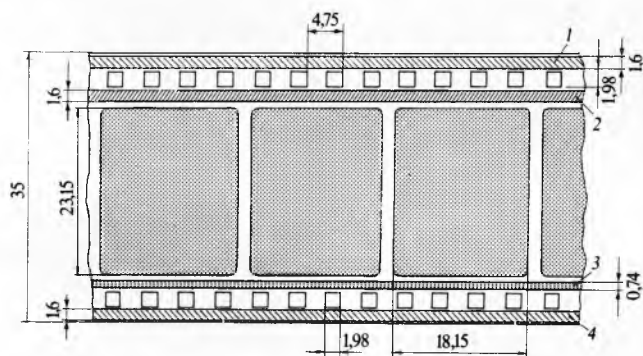
Kinemaskop. Za snimanje se upotrebljavaju specijalni objektivu na principu anamorfotskog optičkog sustava (hipergonara), koji je izveden od cilindričnih leća i koji se stavlja ispred objektivu kamere i projektoru (sl. 43). Anamorfotski



Sl. 43. Prikaz djelovanja anamorfota. a djelovanje anamorfotskog optičkog sustava po širini ekrana, b djelovanje po visini ekrana; 1 prozor projektoru, 2 projekcijski objektiv projektoru, 3 anamorfotski optički sustav, 4 ekran, H visina ekrana, L širina ekrana

dodatak djeluje tako da se prilikom snimanja sve horizontalne dužine na filmskoj vrpici skrate otprilike za polovicu duljine, a prilikom projekcije dodatkom anamorfota ispred objektivu te se horizontalne skraćene dužine ponovno razvlače, te se tako prikazuju u pravoj duljini. Filmska kompanija 20th Century Fox dobila je godine 1953. pravo na izradbu hipergonarskog uređaja i počela projicirati filmove snimljene na normalnoj vrpici širine 35 mm. Slike snimljene tim postupkom odgovaraju vrlo širokom polju, što ne bi bilo moguće postići bez upotrebe objektivu male žarišne daljine, koji bi, međutim, kvario utisak ispravne perspektive. Budući da slike nisu anamorfotizirane po visini, moguće je na jednakom formatu, s obzirom na standardnu projekciju, postići dvostruki vidni kut.

Format slike nešto je modificiran, te iznosi $23,2 \times 18,2$ mm s prozorom projektor 23,15 $\times$ 18,15 mm. Budući da hipergonar podvostručuje vidni kut u horizontalnom smjeru, dobiva se konačni iskoristivi ekvivalentni format 46,3 $\times$ 18,15 mm, što znači da ima omjer širine i visine 1:2,55. Time se postiže polje širine 50° i visine $20^\circ 30'$ (B na sl. 41). Ton se reproducira pomoću stereofonskoga tonskog sustava. Magnetski je tonski zapis na četiri pruge: tri za zvučnike koji se nalaze iza ekrana i jedan za zvučnik u dvorani. Da se izbjegne upotreba dviju filmskih vrpca, jedne za sliku, a druge za ton, magnetske tonske pruge smještene su na filmsku vrpcu (sl. 44). Magnetske tonske pruge 1, 2 i 4 imaju širinu od 1,6 mm i odgovaraju stereofonskom zvuku. Na njima je zapisan zvuk za lijevi, srednji i desni zvučnik iza ekrana. Pruga 3 široka je 0,74 mm, te služi samo za zvučne efekte. Za smještaj tih četiriju magnetskih tonskih pruga predviđena je pozitivna vrpca koja po širini ima uže perforacije nego normalni film širine 35 mm. Perforacije su kvadratične, veličine 1,98 $\times$ 1,98 mm.



Sl. 44. Izgled i standardizirane mjere pozitivne kinemaskopske filmske vrpce. 1, 2, 3 i 4 pruge tonskih zapisa

Postupak TCF 4 $\times$ 55 mm (Cinemascope 55). Da se eliminiira smanjena oštrina projicirane slike u vodoravnom smjeru, što je osnovni nedostatak kinemaskopa, 20th Century Fox razradio je novi postupak anamorfotske projekcije (1956). Razlika je prema kinemaskopu što se za snimanje upotrebljava vrpca širine 55 mm sa stereofonskim magnetskim zapisom. Slika na vrpci je povećana i ima format 37 $\times$ 47 mm. Tako je površina slike na negativnoj vrpci četiri puta veća nego slika za kinemaskopski postupak. Te negativne filmske vrpce kopiraju se optičkom redukcijom na pozitivnu vrpcu širine 35 mm, koje se projiciraju kinemaskopskim postupkom. Kad se želi osigurati visoki kvalitet projekcije u velikim kino-dvoranama, negativna se vrpca izravno kontaktno kopira na pozitivnu vrpcu širine 55 mm, a za projekciju služe posebni filmski projektori.

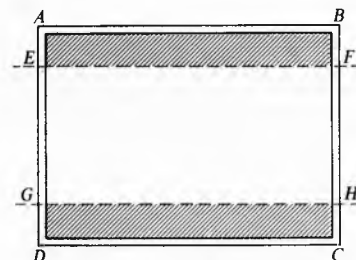
Vistavizija (Vistavision). Taj je postupak razvila američka filmska kompanija Paramount. Snima se posebno konstruiranom filmskom kamerom u kojoj se standardna 35-milimetarska vrpca kreće u horizontalnom smjeru. Veličina je slike 37,72 $\times$ 25,1 mm, a optički tonski zapis smješten je na samo jednoj pruzi. Reprodukcijska tona je polustereofonska, a različite tonske frekvencije odvajaju se pomoću uređaja Perspect Sound. Prednost je toga postupka što se za snimanje upotrebljava standardna 35-milimetarska traka bez upotrebe anamorfota, koji smanjuje oštrinu slike, posebno kad se snima negativnim filmom u boji. Projicirati se može na tri načina: a) pomoću specijalnih projektor 35 s horizontalnim prolazom vrpce dobivene kontaktnim kopiranjem; b) pomoću projektor 35 za kinemaskopsku projekciju uz dodatak anamorfota; pozitivna je kopija dobivena upotrebom anamorfota, pomoću kojeg se smanjuje širina slike, što omogućuje smještaj slike u okvir normalnog projektor 35; c) pomoću normalnih projektor 35, ali tada su vistavizijski negativni kopirani optičkom redukcijom na format slike 16 $\times$ 22 mm.

Scene se u vistavizijskom postupku snimaju uvijek tako da se objekti ili osnovna akcija smještaju u sredinu slike. To

omogućuje da se prilikom kopiranja sačuva uobičajeni omjer visine i širine (1:1,37) a da se ne odrežu dijelovi u kojima je smješten predmet pažnje.

Postupak TODD-AO. Postupak je nazvan po filmskom producentu M. Toddu i američkoj kompaniji Optical Co, koja je konstruirala specijalni objektiv za snimanje po tom postupku. Snima se na negativnoj filmskoj vrpci širine 65 mm, a kamera može po potrebi snimati s frekvencijom od 24 ili 30 slika u sekundi. Najkraća žarišna daljina za taj panoramski sustav snimanja iznosi svega 13 mm, čime se postiže vidni kut od 128° . Slike formata 23,75 $\times$ 52,6 mm zauzimaju na vrpci visinu od pet perforacija, što daje omjer 1:2,2. Pozitiv se kopira na vrpci širine 70 mm, tako da dopunskih 5 mm širine služi za smještaj šest magnetskih stereofonskih pruga. Za projekciju je nizozemska tvornica Philips konstruirala specijalni projektor koji ima dva pogonska mehanizma sa dva neovisna motora: jedan za pokretanje filma širine 35 mm i drugi za pokretanje filma širine 70 mm s frekvencijom od 30 slika u sekundi. Prozori i pojedini dijelovi mehanizma izmjenjivi su da se omogući prolaz s jednog ili drugog tipa filma. Šest glava za čitanje magnetski upisanog tona smješteno je na gornjem dijelu projektor 35.

Prošireni ekran. Više filmskih proizvođača tražilo je mogućnost projiciranja na ekran koji je širi od normalnoga, uz upotrebu standardne vrpce. Scene se snimaju s ugrađenom maskom u prozoru kamere, a u tražilu su ucrtane horizontalne linije koje skraćuju sliku po visini (sl. 45). Snima se na normalnom formatu ABCD s maskom ili bez nje, ali snimatelj mora tako ograničiti izrez slike da se ona smjesti između dvije isprekidane linije EF i GH koje su vidljive u tražilu kamere. Projicira se na uobičajenom ekranu, ali se u prozor projektor 35 također stavlja maska koja pokriva zone EABF i DGHC. Za projekciju se upotrebljava objektiv koji je nešto manje žarišne daljine nego projekcijski objektiv za standardnu projekciju, čime se postiže nešto veće povećanje. U tu se svrhu projekcijska dvorana oprema nešto većim ekranom.



Sl. 45. Uz metodu snimanja metodom tzv. proširenog ekrana (šrafirane površine prekrivaju se prilikom projekcije maskom na prozoru projektor 35)

Producenti koji su primjenjivali prošireni ekran nisu uskladili visinu slike pa danas postoje četiri osnovna standarda (tabl. 3). Što je omjer širine i visine slike veći, na filmskoj se vrpci ostavlja više neiskorištene površine, pa je, prema tome, treba projicirati s većim povećanjem. Smatra se da je omjer 1:1,75 još dopustiv, jer on traži porast povećanja za 30%, pri čemu se prilikom projekcije filmova u boji postiže još dovoljna oštrina slike. Moguća je i stereofonska reprodukcija tona. Tada se uz rubove vrpce smjeste dvije magnetske tonske pruge, a slike se nalaze na uobičajenom mjestu. Tada se filmovi mogu projicirati na normalnom ekranu.

Tablica 3

OSNOVNI STANDARDI FILMSKE VRPCE ZA PROJEKCIJU NA PROŠIRENI EKRAN

Standard	Slika na vrpci			Žarišna daljina primjerenog objektiva za snimanje scena mm
	Širina mm	Visina mm	Omjer širine i visine	
Standardni format	21	15,3	1,37	50
A	21	12,57	1,67	40
B	21	11,97	1,75	40
C	21	11,33	1,85	35
D	21	10,47	2,00	35

Projekcija uskog filma

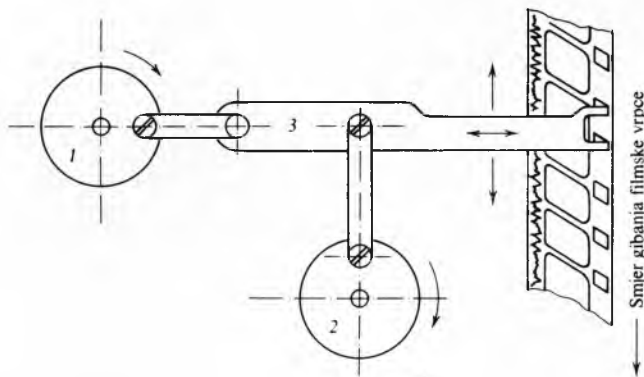
Postoji razlika između projiciranja 35-milimetarskog i 16-milimetarskog filma. Film širine 35 mm uvijek se projicira s emulzijskom stranom okrenutom prema izvoru svjetla u projektoru, a preokretni film širine 16 mm s podlogom prema izvoru svjetla.

Filmska vrpca širine 16 mm predviđena za tonsku projekciju ima samo jedan red perforacija, a optički tonski zapis nalazi se s druge strane vrpce. Filmska vrpca bez tonskog zapisa ima dva reda perforacija. Podaci o dimenzijama slike vide se u tabl. 1. Ukupna širina tonskog zapisa iznosi 2,94 mm, a korak je perforacije 7,62 mm.

Za kopiranje negativnih filmskih vrpca većinom se upotrebljavaju pozitivne vrpce dvostruke širine (32 mm) sa dva reda perforacija. Tako se na istu pozitivnu vrpću kopiraju dvije negativne vrpce širine 16 mm. Pozitivna se vrpca nakon laboratorijske obrade reže na dvije polovice po dužini posebnim uređajem.

Filmovi snimljeni na vrpci širine 35 mm mogu se optičkom redukcijom smanjiti i prenijeti na vrpću širine 16 mm. Za upisivanje tona potrebno je tada anamorfotizirati tonski zapis ili ponovno upisati ton reproduciran s dobre 35-milimetarske pozitivne vrpce. Budući da se optičkim tonskim zapisom upisanim na vrpci širine 16 mm ne može postići takva kvaliteta tona kao sa zapisa na 35-milimetarskoj vrpci, to se za 16-milimetarske vrpce upotrebljava i magnetski tonski zapis.

Projektori za uske filmove. Pogonski mehanizam projektoru za 16-milimetarsku vrpću izveden je tako da omogućuje prolaz filmove koji imaju samo jedan red perforacije. Za pokretanje filma upotrebljava se hvataljka (sl. 46), a često i dvostruka hvataljka koja ulazi u perforacije dviju uzastopnih slika. Hvataljku (3 na sl. 46) pokreću dva diska (1 i 2) koji rotiraju sinhrono. Hvataljka se tako giba da njezini zubi pomiču vrpću za visinu jedne slike. Postoje i druge konstrukcije hvataljke,



Sl. 46. Hvataljka projektoru uskog filma. 1 disk s ekscentrom za horizontalno gibanje hvataljke, 2 disk s ekscentrom za vertikalno gibanje hvataljke, 3 hvataljke

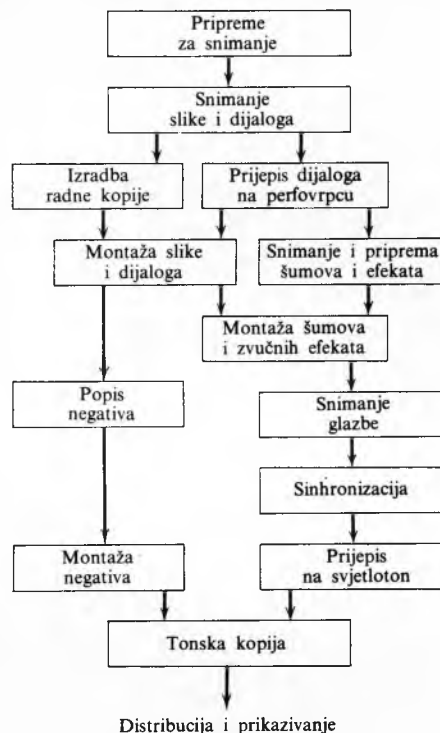
ali je princip rada isti. U nekim 16-milimetarskim projektorima primjenjuje se i mehanizam malteškog križa. Projiciranje slike i reprodukcija tona jednaki su kao i u projektorima za 35-milimetarsku vrpću. Kao izvor svjetla upotrebljavaju se projekcijske žarulje, ksenonske i halogene svjetiljke. Osim Petzvalova tipa objektivu za projekciju slike upotrebljavaju se i drugi tipovi objektivu, npr. anastigmati Taylorova tipa, tzv. tripleti, osobito za projektore za vrpce širine 9,5 i 8 mm, te za super 8, koji su predviđeni samo za amatere.

Filmovi širine 16 mm projiciraju se na manjim ekranima nego 35-milimetarski filmovi, jer su slike manje pa ne omogućuju velika povećanja uz potrebnu oštrinu. Projekcijske su dvorane znatno manje (za najviše nekoliko stotina gledalaca), pa se zbog toga upotrebljavaju ekrani s usmjerenom refleksijom da se postigne veća briljanca projicirane slike.

A. Aleksijević

IZRADBA FILMSKOG DJELA

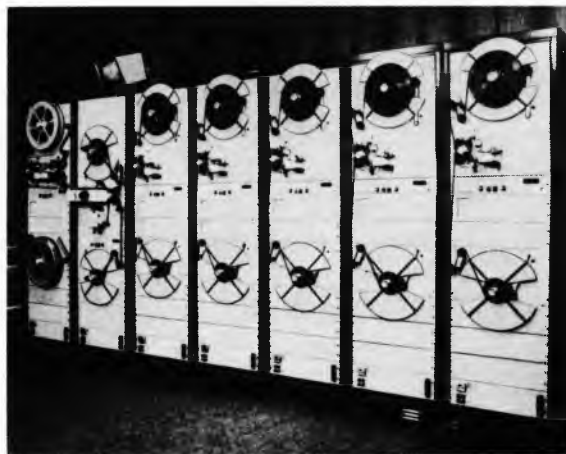
Izradba filmskog djela jest strogo određeni, unaprijed planirani i praksom ustaljeni redoslijed radnji. Pri tome se primjenjuje uvijek isti postupak, bez obzira radilo se o najvećoj filmskoj jedinici — igranom filmu — ili o najmanjoj — reklamnom spotu. Iz razumljivih razloga u ovom će prikazu biti govora o čisto tehničkom aspektu izradbe filmskog djela (sl. 47).



Sl. 47. Shematski prikaz organizacije filmske proizvodnje

Nakon opsežnih organizacijsko-tehničkih priprema, pristupa se snimanju. Snimanje nikad ne teče onim redoslijedom kao što će to biti u gotovu filmu, već se snima redom koji je najpogodniji u tehničkom smislu i najekonomičniji u materijalnom. Ako se radi o igranom filmu, najčešće se snima istodobno slika i zvuk. Kad se govori o istodobnom snimanju slike i zvuka, onda se redovito pod zvukom misli samo na dijalog koji izgovaraju glumci.

Za prosječni igrani film, duljine ~2700 m, snimi se 15...30 km negativu. Na tom je materijalu zabilježeno u prosjeku 300...1000 osnovnih elemenata snimljenog filma, tzv. *kadrova*, od kojih svaki obuhvaća na filmskoj vrpci snimljeni prizor,



Sl. 48. Studijski uređaj za magnetsko snimanje i reproduciranje zvuka (Siemens)

omeđen početnim i završnim montažnim rezom. Sav snimljeni negativ odlazi u laboratorij gdje se, prateći ritam snimanja, razvija. Odmah se odvajaju eventualno neupotrebljivi dijelovi negativa, a od sveg ostalog se izrađuje *radna kopija*. Na takvoj radnoj kopiji nalazi se samo slika, dok su sve zvučne informacije, snimljene na sceni, zabilježene na magnetskoj vrpici.

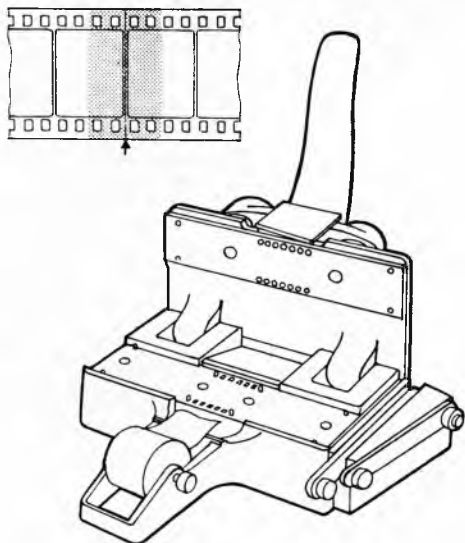
Istodobno s izradbom radne kopije taj magnetski zapis odlazi u *tonski odjel*, koji se bavi zvučnom obradom filma, gdje se na posebnim uređajima, *magnetokordima* (sl. 48), prepisuje na perforiranu magnetsku vrpcu, tzv. *perfovrpcu*, koja ima jednake dimenzije i perforaciju kao i vrpca na kojoj je snimljena slika. Slika i zvuk, snimljeni na sceni, nalaze se sada na dvjema odvojenim vrpcama, koje su potpuno jednake duljine, tako da svaki zvuk odgovara svome mjestu na slici i obratno. Obje vrpce odlaze tada u odjel za *montažu pozitiva*. Montaža pozitiva je kreativno-tehnički proces, o kojem, nakon literarne osnove (scenarija) i snimanja, ponajviše ovisi umjetnička vrijednost budućeg filma. U prvoj fazi rada na *montažnom stolu* (sl. 49) postavljaju se u sinhronitet vrpce slike i



Sl. 49. Montažni stol sa tri ekrana na kojem se istodobno mogu kontrolirati tri vrpce slike i dvije zvuka (KEM)

zvuka. Na početku svakog snimljenog kadra označuje se *sinhrona točka*. Tada se na svakom dvadesetom kvadratu, jednako na vrpci slike i vrpci zvuka, bilježe sinhroni brojevi, po kojima će se od sada pa sve do okončanja proizvodnog procesa određivati istodobnost slike i pripadnog zvuka.

Tako startani materijal prikazuje se na kontrolnim projekcijama gdje se odabiru dijelovi koji će ući u buduću film. U sljedećoj radnoj fazi, koja se naziva *grubom montažom*, kadrovi se postavljaju u ispravni redoslijed, skraćuju na pri-



Sl. 50. Naprava za spajanje filmske vrpce, tzv. preša (ARRI). Spaja se ljepljivom prozirnom vrpcom

bližnu duljinu, oblikujući oprezno buduću film. Sve se to obično izvodi istodobno sa snimanjem filma, a kad je ono definitivno završeno, prelazi se na treću, završnu fazu montaže, tzv. *finu montažu*. U toj fazi film dobiva svoje konačno obličje sa svim ritmičkim i agogičkim značajkama. Svaki rez kojim se skraćuje neki kadar ili spaja s drugim, uvijek se izvodi istodobno na vrpci slike i tona, a pri tom kao referentne točke služe sinhroni brojevi. Kadrovi se režu ili spajaju međusobno pomoću naprava koje tu radnju obavljaju mikrometerski precizno, tzv. *prešama* (sl. 50). Spojevi se lijepe providnom ljepljivom vrpcom. Na završetku montaže cijeli film se nalazi na dvjema vrpcama, od kojih je na jednoj samo slika, a na drugoj samo dijalog, uglavnom bez pratećih šumova, bez zvučnih efekata i, dakako, bez glazbe.

Istodobno se s montažom pozitiva u tonskom odjelu priprema sve potrebno za montažu zvuka. U zvučnoj arhivi pronalaze se i prepisuju na perfovrpcu zvučni elementi (koji put se i posebno snimaju). Također se snimaju svi ostali šumovi koji će naći svoje mjesto na zvučnoj koloni budućeg filma. Netom je montaža pozitiva završena, sav materijal prelazi u odjel za montažu zvuka, gdje se prema montiranoj slici na posebnu vrpcu postavljaju šumovi i svi ostali zvučni efekti. Ali kako se intenzitet svakog pojedinog zvučnog efekta ne može unaprijed odrediti, nikada se zvukovi koji će u gotovu filmu zvučati istodobno ne smiju naći na istoj vrpci. Zbog toga se šumovi montiraju na nekoliko paralelnih vrpca, od kojih je svaka u potpunom sinhronitetu s već prije montiranom slikom i dijalogom. Događa se da zvučno kompliciraniji filmovi imaju šumove montirane na desetak i više vrpca.

U toj je fazi već uključen u posao i kompozitor koji će pisati glazbu. Prema montiranoj slici određuju se mjesta na kojima će početi ili završiti glazba i točke na koje će pasti pojedini glazbeni akcenti. Kompozitor sada prilagođuje obično već prije pripremljeni glazbeni materijal definitivnim mjerama filma te počinje *snimanje glazbe*. Glazba se snima u studijima poput onih za snimanje gramofonskih ploča, s tom razlikom da se tempa najpreciznije kontroliraju, kako bi odstupanja od planiranih duljina bila što manja. Koji put se, radi što boljeg sinhroniteta sa slikom, dirigentu za vrijeme snimanja projicira dio filma za koji se glazba snima. Vrpce sa snimljenom glazbom također odlaze u odjel za montažu zvuka gdje se, i opet prema montiranoj slici, montira još jedna vrpca na kojoj se nalazi samo glazba.

Nekako u to vrijeme, u posebnom, sterilno čistom odjelu za montažu negativa popisuje se sav negativ koji će se uzeti za izradbu definitivne kopije filma. U tom odjelu, kao i u cijelom traktu laboratorija, tj. svagdje gdje se manipulira s negativom, obraća se najveća pažnja čistoći, a posebno prašini. Svako zrnce prašine može oštetiti nježni negativ i učiniti ga neupotrebljivim, što bi bila neprocjenljiva materijalna šteta.

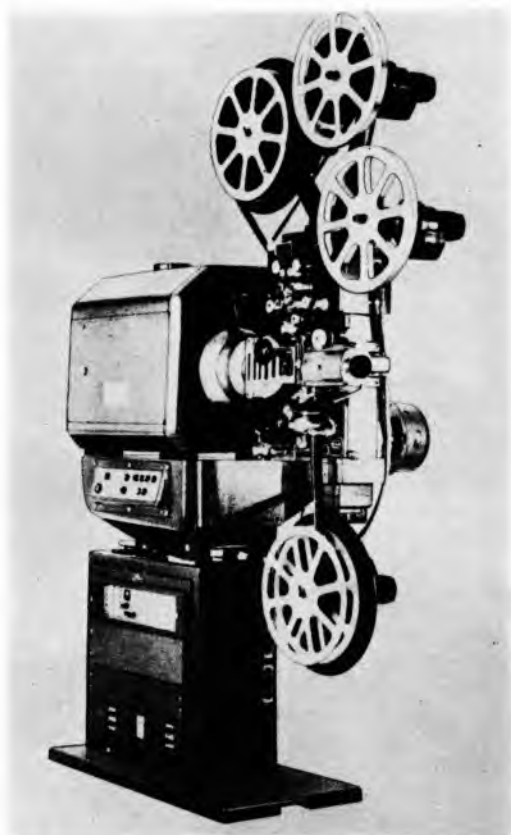
Budući film u ovoj je fazi čitav rastavljen na kolutove od po najviše 300 m duljine. Montirana radna kopija je od mnogih projiciranja i manipuliranja obično već veoma ishabana. Uz svaki kolut slike pripremljen je po jedan kolut (ili više) dijaloga. Šumovi i zvučni efekti montirani su na još desetak ili više kolutova. Tome treba pribrojiti kolutove s montiranom glazbom. Sve to mnoštvo vrpca nalazi se u savršenom sinhronitetu i bilo kakva intervencija, skraćivanje ili produljivanje bilo koje od njih zahtijeva korekture na svima ostalima. U toj fazi film je gotov, ali rastavljen na dionice poput partiture za simfonijski orkestar. Radna faza kojoj je zadatak da sve zvučne dionice sastavi u jedinstvenu cjelinu naziva se *sinhronizacija* ili *miješanje*.

U dvorani za sinhronizaciju nalazi se pult za miješanje (sl. 51), a iznad nje kabina s projektorima koji su sinhrono vezani s uređajima za reprodukciju zvuka s perfovrpce. Svaki od reproduktora spojen je na posebni ulaz pulta za miješanje, na kojem se može svaki kanal posebno podesiti bojom i glasnoćom. Cijeli taj blok projektor i reproduktora, kojih može biti 6, 8 ili 10, može krenuti ili se zaustaviti istodobno. U projektor se ulaže montirana vrpca slike, a u svaki reproduktor po jedna vrpca s određenom zvučnom dionicom. Prvi put u toku proizvodnog procesa sve vrpce na koje je rastavljen budući



Sl. 51. Pult za miješanje zvuka (Siemens)

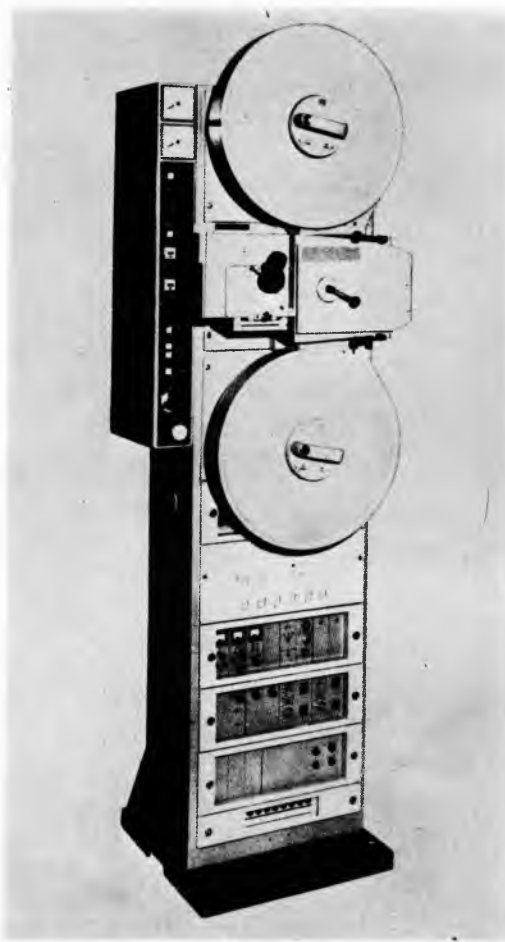
film kreću se zajedno i tada se prvi put može vidjeti i čuti kako će budući film zaista izgledati. Tonski majstor, koji upravlja sinhronizacijom, po uputama redatelja dozira glasnoću i boju pojedinim zvučnim dionicama, dodaje ili oduzima na pojedinim mjestima određene šumove, dajući tako definitivni oblik zvučnoj kulisi filma, koja se odsad nalazi na samo jednoj perfovrpci.



Sl. 52. Studijski 35-milimetarski projektor (Siemens) kojim se može projicirati slika i sinhrono s njome zvuk s posebne magnetske vrpce

Nakon završene sinhronizacije, kad je sasvim sigurno da više neće biti nikakvih skraćivanja bilo koje slikovne ili zvučne dionice, pristupa se konačnoj montaži negativa. Prema već pripremljenom popisu, na posebnim sinhronim stolovima, točno prema montiranom pozitivu radne kopije, montira se negativ slike. Za to vrijeme u tonskom odjelu presnimava se zapis s magnetskog na svjetlosni zvučni zapis. Naime, kao što se vidi, cijela zvučna obradba izvodi se pomoću magnetskog zvučnog zapisa, dok se na konačnoj tonskoj kopiji, koja odlazi u kinematografske dvorane, treba nalaziti svjetlosni zvučni zapis. Da

bi se moglo pristupiti izradbi tonske kopije na kojoj će slika i zvuk biti ujedinjeni na jednoj jedinoj vrpici, treba prirediti negativ zvuka. To se radi na posebnoj kameri za svjetlosni zvučni zapis (sl. 53). Kad je i to gotovo, film se nalazi na



Sl. 53. Uređaj za snimanje svjetlosnog zvučnog zapisa (Unicord-Siemens)

samo dvjema vrpicama: na (montiranom) negativu slike i na negativu zvuka. Ostaje još samo da se te dvije vrpce spoje u jednu, što će se postići opet u laboratoriju dvokratnim kopiranjem, jedanput slike a drugi put zvuka, ali na jednu jedinu pozitivnu vrpicu: *tonsku kopiju*. Takva prva tonska kopija naziva se *multa kopija*. Na njoj još nisu sasvim izjednačene svjetloće pojedinih kadrova i usklađene sve boje, ako se radi o filmu u boji. Prema uputama snimatelja obavljaju se korekture, pa se na osnovi njih izrađuje prva tonska kopija. Nakon toga slijedi druga, a često i treća, na kojoj su redovito sve greške u očitavanju svjetla i boje uklonjene. Film je sada potpuno gotov i može se predati distributerima.

N. Tanhofer

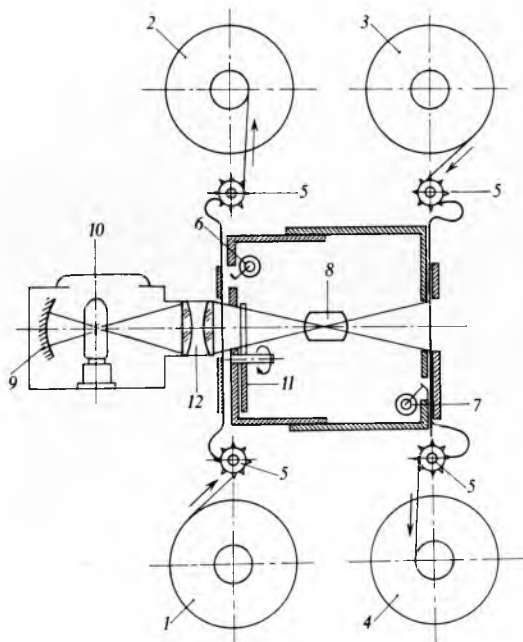
Kopiranje filma. Za kopiranje negativne na pozitivnu filmsku vrpicu služe posebni uređaji, tzv. kopirke. Upotrebljavaju se tri vrste kopirke: kontaktne kopirke s kontinuiranim prolazom filmske vrpce, kontaktne kopirke gdje se vrpca kreće u trzajima, slika za slikom (kao u filmskom projektoru), i optičke kopirke gdje se kopiranje na pozitivnu vrpicu ne obavlja kontaktno već optički.

Kontaktne kopirke. U kontaktnim kopirkama negativna i pozitivna filmska vrpca kreću se zajednički tako da su im emulzijske strane u tijesnom kontaktu, pokretane transportnim zupčanicima. U kontaktnim kopirkama s kontinuiranim kretanjem brzina je kopiranja do 2000 m/h. Za sjedinjavanje tona i slike na pozitivnoj filmskoj vrpici potrebna su dva prolaza pozitivne

vrpce: jedan prolaz za kopiranje slike i drugi prolaz za kopiranje tona. Takva kopirka ima prednost jer se vrpce kreću kontinuirano, što je osnovni uvjet za kopiranje optičkog tonskog zapisa. Pomak je između zapisa slike i tona na standardnoj 35-milimetarskoj vrpici fiksiran sa 20 slika, pa se zbog toga na svakom negativnom kolutu nalaze obilježene oznake početka zapisa tona i slike.

Brzina je kopiranja u kontaktnim kopirkama u kojima se vrpca kreće u trzajima, slika za slikom, manja i iznosi 600...1200 m/h. Taj tip kopirke radi na principu koji je potpuno analogan principu rada filmskog projektor, s tom razlikom da su negativna i pozitivna filmska vrpca u stalnom tijesnom kontaktu. Vrpce se kreću pomoću hvataljke koja obje vrpce pomiče za visinu jedne slike. Za vrijeme transporta obje vrpce prekida se snop zraka svjetla pomoću zaslona, odnosno sektora. Kao i u svim vrstama kopirki, i tu se brzina kopiranja i jakost izvora svjetla mogu po volji regulirati.

Optička kopirka. Pojednostavnjeni presjek optičke kopirke prikazan je na sl. 54. S obje strane kućišta nalaze se dva



Sl. 54. Optička kopirka. 1 kolut za odmatanje negativne filmske vrpce, 2 kolut za namatanje negativne filmske vrpce, 3 kasete s kolutom za odmatanje pozitivne filmske vrpce, 4 kasete s kolutom za namatanje pozitivne filmske vrpce, 5 transportni ozubljeni bubnjići, 6 hvataljka za pomak negativne vrpce, 7 hvataljka za pomak pozitivne vrpce, 8 objektiv, 9 konkavno sferno zrcalo, 10 projekcijska žarulja, 11 sjenilo (sektor), 12 kondenzor

prolaza s prozorima ispred kojih prolaze negativna i pozitivna vrpca. Objе vrpce pokreću se pomoću mehanizma hvataljki (6 i 7). Vrpce u optičkoj kopirci nisu u kontaktu, negativna se vrpca pokreće odozdo prema gore, a pozitivna u suprotnom smjeru. Budući da se kopira pomoću objektiva (8 na sl. 54), potrebno je da se obje vrpce gibaju u obrnutim smjerovima, jer se negativna slika pomoću objektiva preokrenuto projicira na pozitivnu vrpca. Snop za osvjetljavanje negativne vrpce izlazi iz prozora kućišta, unutar kojega se nalazi projekcijska žarulja 10, konkavno sferno zrcalo 9 i kondenzor 12. Unutar kućišta nalazi se sektor 11 koji prekida snop svjetla za vrijeme transportiranja obje vrpce, tj. pomaka vrpca za visinu jedne slike.

Optičke kopirke imaju različite primjene. Na njihovu principu konstruirani su uređaji kojima je moguće obavljati različite filmske trikove. Kućište unutar kojega se nalazi objektiv izvedeno je od dva dijela, tako da se prolazi za obje vrpce mogu više ili manje razmicati. Uz primjenu objektiva primjerene žarišne daljine moguće je smanjiti ili povećati sliku projiciranu

na pozitivnu vrpca. Kad se razdvoje mehanizmi za transportiranje obje vrpce, moguće je kopirati na pozitivnu vrpca tako da se kopira jedna slika na dvije, ili jedna slika na tri itd. Isto tako je moguće da se uzastopno ista negativna slika ponovi proizvoljno mnogo puta. Tada se zaustavi mehanizam za transport negativne vrpce, dok se pozitivna vrpca istodobno normalno transportira. Pomoću optičkih kopirki kopira se optičkom redukcijom s normalnih negativnih vrpca širine 35 mm na pozitivne vrpce širine 16, 9,5 i 8 mm. Rjeđi je obrnuti postupak, tj. povećavanje supstandardnih na normalne 35-milimetarske vrpce.

A. Aleksijević

LIT.: H. Weise. Die kinematografische Kamera. Springer Verlag, Wien-New York 1955. — W. S. Sharps, Dictionary of cinematography and sound recording. Fountain Press, London 1959. — C. W. Ceram, Archeology of the cinema Thames and Hudson, London 1965. — Levenberg-Gorokhovskii, General sensitometrie (prijevod s ruskog). Focal Press, London 1965. — R. Fielding, The technique of special effects cinematography. Focal Press, London 1965. — H. M. R. Souto, The technique of the motion picture camera. Focal Press, London 1969. — L. J. Wheeler, Principles of cinematography. Fountain Press, London 1969. — Encyclopaedia of film and television. Focal Press, London 1969. — E. Walter, Film cutting room. Focal Press, London 1969. — R. Campbell, Photographic theory for the motion picture cameraman. A. Zwemmer, London; A. S. Barnes and Co., New York 1970. — R. Campbell, Practical motion picture photography. A. Zwemmer, London; A. S. Barnes and Co., New York 1970. — H. Mehnert, Filmfotografie, Fernsehfilmfotografie. VEB Fotokinoverlag, Leipzig 1971. — F. Young, P. Petzold, The work of the motion picture cameraman. Focal Press, London; Hastings House, New York 1972. — L. B. Happé, Your film and the lab. Focal Press, London 1974. — D. W. Samuelson, Motion picture camera and lighting equipment. Focal Press, London 1977. — The American Cinematographer. ASC Agency, Inc., Hollywood, California. — Journal of the Society of Motion Picture and Television Engineers. SMPTE, New York, N. Y.

A. Aleksijević N. Tanhofer

KINETIČKA TEORIJA MATERIJE, grana fizike koja proučava zakonitosti transportnih procesa koji nastaju u čvrstim tijelima, kapljevinama (tekućinama u običnom smislu) i plinovima zbog devijacije sustava od stanja termodinamičke ravnoteže. Takvi su procesi npr. prijenos topline (toplinska vodljivost), prijenos naboja (električna vodljivost), prijenos tvari (difuzija), prijenos količine gibanja odnosno impulsa (viskoznost ili unutrašnje trenje) itd.

U plinu, na primjer, kojemu je temperatura na jednom kraju veća nego na drugom, gibanjem molekula plina prenositi će se toplota s područja više temperature u područje niže temperature sve dok se temperature ne izjednače i sustav iz neravnotežnog stanja ne prijeđe u stanje termodinamičke ravnoteže. Taj je proces ireverzibilan. Neravnotežno stanje sustava može se učiniti stacionarnim ako se npr. krajevi sustava spoje s termostatima različite temperature i tako stvori konstantni temperaturni gradijent, koji uzrokuje konstantnu toplinsku struju.

MAKROSKOPSKI OPIS TRANSPORTNIH PROCESA

U stanju ravnoteže temperatura T i kemijski potencijal ξ uvijek moraju biti jednaki u svim točkama sustava. Male devijacije od termodinamičke ravnoteže mogu se karakterizirati gradijentom temperature ∇T i gradijentom kemijskog potencijala $\nabla \xi$. Općenito, postojanje gradijenta potencijala ϕ uzrokuje transport, tj. nastanak struje:

$$\vec{j} = -L \text{ grad } \Phi, \quad (1)$$

koja teče sve dok se potencijal ne izjednači i sustav iz neravnotežnog stanja ne prijeđe u stanje termodinamičke ravnoteže.

Tu je $\vec{j}$ poopćena gustoća struje, Φ poopćeni potencijal, a L tenzor kinetičkih koeficijenata. U izotropnim tvarima L postaje skalarna veličina. Gradijent poopćenog potencijala Φ uzrokuje termodinamičku silu. Linearna veza (1) između poopćene struje $\vec{j}$ i poopćene sile pridružene potencijalu Φ vrijedi samo ako sila nije previše velika.