

za elektronsku industriju u obliku pločica s prečnikom 0,38–0,64 mm i debljinom 0,13–0,15 mm i u obliku kuglica s prečnikom 0,2–1,5 mm proizvode se presovanjem iz vrlo čistog indijuma.

Upotreba. Indijum se najviše upotrebljava u mašinstvu, električkoj industriji, te za izradu brojnih legura.

U proizvodnji ležajeva za motore koji rade pod velikim opterećenjima, indijum se elektrolitičkim putem nanosi na površinu ležaja koja je prethodno presvučena slojem srebra ili olova. Zatim se ležaj zagreva i indijum difunduje u dubinu materijala. Na taj se način smanjuje trenje u ležaju, a povećava trajnost i otpornost prema koroziji. Takvi se ležajevi upotrebljavaju u prvom redu u motorima aviona i teških drumskih vozila.

Indijumove prevlake s vremenom ne tamne i zadržavaju jaku refleksiju, pa služe za izradu specijalnih reflektora.

Elektronika je najveći potrošač indijuma. U mnogim uređajima on služi kao dodatak koji daje željena električna svojstva, a njegove se legure upotrebljavaju za spajanje zbog niske temperature topljenja. Vrlo čist indijum dodaje se germanijumu u proizvodnji poluprovodnika. Jedinjenja indijuma sa nekim elementima V grupe periodnog sistema (fosfidi, arsenidi i antimonidi) imaju također osobine poluprovodničkih materijala.

Indijumovim folijama koristi se nuklearna tehnika za određivanje protoka neutrona i za merenje njihove energije.

Indijumove legure. Indijum se dobro legira sa većinom obojenih metala. Industrijski značaj imaju legure indijuma sa olovom, kalajem, kadmijumom, cinkom, aluminijumom, srebrom, bizmutom, talijumom i germanijumom.

Zahvaljujući niskoj temperaturi topljenja, indijumove se legure upotrebljavaju u sistemima protivpožarne signalizacije. Jedna od takvih legura sadrži 18,4% In, 40,7% Bi, 22% Pb, 10,6% Sn i 8,16% Cd i ima tačku topljenja 46,5°C. Izrazito lako topive su legure indijuma sa galijumom. Tako npr. eutektička legura sa 24% In i 76% Ga ima temperaturu topljenja od 15,7°C, legura sa 29% In, 67% Ga i 4% Zn se topi na 13°C, a legura sa 25% In, 61% Ga, 13% Sn i 1% Zn na temperaturi 3°C.

Legure indijum-olovo, indijum-olovo-kalaj i indijum-kalaj-kadmijum-bizmut služe kao materijali za spajanje metala, stakla, kvarca i keramike. U vakuumskoj tehnici te legure obezbeđuju pouzdan spoj pojedinih delova od istog ili različitog materijala, pa se njihovom primenom može postići veoma visoki vakuum.

Legure indijuma sa srebrom i kadmijumom odlikuju se dobrom toplotnom provodljivošću, antikorozijskom stabilnošću, čvrstoćom i dovoljno velikim presekom zahvata termičkih neutrona, pa služe u nuklearnoj tehnici kao regulatori i apsorberi neutrona. U tu svrhu našla je primenu legura s 19% In, 71% Ag i 10% Cd. Kao apsorberi neutrona u nuklearnim reaktorima upotrebljavaju se legure sa 54–62% In, 8–18% Cd i 20–32% Bi.

Legure indijuma (18–23% In) sa telurom služe za izradu termoelemenata. Eutektička legura indijuma i kadmijuma (25% Cd) ima visoku tvrdoću i nisku temperaturu topljenja (112,5°C), pa služi u elektrotehnici za spajanje. Legure indijuma (25–50%) sa kalajem (37–70%) i olovom (25–50%) su veoma otporne prema alkalijama, pa se upotrebljavaju u izradi delova aparatura u hemijskoj industriji.

Zbog otpornosti protiv korozije i dobrih dekorativnih osobina indijumove legure sa bakrom, srebrom, kadmijumom i cinkom upotrebljavaju se u juvelirstvu i zubarskoj tehnici.

Indijumovi spojevi. Indijum je u svojim spojevima jednovalentan, dvovalentan i trovalentan. Spojevi trovalentnog indijuma su najstabilniji i jedini su do sada našli tehničku primenu.

Indijum-trioksid, In_2O_3 , najstabilniji je oksid indijuma. Tačka topljenja mu je na 2000°C. Na običnoj temperaturi to je prah žute boje, praktično nerastvoran u vodi, a lako rastvoran u mineralnim kiselinama. Nastaje zagrevanjem indijuma na vazduhu ili termičkim razlaganjem indijum-hidroksida, nitrata, karbonata i drugih soli. Pri zagrevanju iznad 750°C delimično disocira, obrazujući In_3O_4 . U redukcionoj sredini na oko 400°C indijum-trioksid se postepeno redukuje u niže okside (InO i In_2O),

a na 700–800°C redukuje se do metala. Zbog svoje žute boje indijum-trioksid se upotrebljava za bojenje stakla.

Indijum-monoksid, In_2O , jest sitnokristalična, krta, lako isparljiva supstanca crne boje. Ne rastvara se u vodi, dobro se rastvara u hlorigovodoničnoj kiselini. Pri zagrevanju na vazduhu iznad 780°C oksidiše se u žuti In_2O_3 .

Indijum-hidroksid, $\text{In}(\text{OH})_3$, amfoternog je karaktera. Rastvara se u hladnom rastvoru natrijum-hidroksida, a pri zagrevanju tako dobijenog alkalnog rastvora stvoreni natrijum-indat se razlaže uz izdvajanje hidratisanog oksida, $\text{In}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Indijum-hidroksid nastaje neutralizacijom sulfatnih, nitratnih ili hlorigidnih rastvora kao čisto jedinjenje ili u smeši sa baznim solima.

Indijum-trihlorid, InCl_3 , bezbojna je i lako isparljiva so, koja se topi samo pod pritiskom. Rastvorljivost u vodi na temperaturi 22°C iznosi 22,5 g/l. Indijum-trihlorid se dobija rastvaranjem elementarnog indijuma ili indijum-trioksida u sonoj kiselini. Koncentrisani vodeni rastvori upotrebljavaju se u pripremi elektrolita za elektroplatanje indijumom.

Indijum-monohlorid, InCl , kristalna je so s tačkom topljenja 225°C, a tačkom ključanja 653°C. Nastaje neposrednim dejstvom hlora ili hlorigovodnika na metal.

Indijum-sulfat, $\text{In}_2(\text{SO}_4)_3$, najbolje je rastvorna indijumova so u vodi. Iz neutralnih, dovoljno bogatih rastvora kristališe sa 5 molekula vode. U zavisnosti od koncentracije sumporne kiseline i temperature, iz kiselih se rastvora izdvajaju kristalohidratne soli sa 6 ili 10 molekula vode ili kiselina so, $\text{In}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$. Indijum-sulfat se dodaje rastvorima koji služe za elektroplatanje indijumom.

Indijum-trisulfid, In_2S_3 , žuti je talog, koji nastaje provođenjem vodonik-sulfida kroz neutralan ili slabo kiseo rastvor indijumovih soli. Topi se na 1050°C, a приметно sublimira iznad 800°C. Pri zagrevanju u struji vodonika delimično se redukuje od crnog indijum-monosulfida In_2S . Indijum-trisulfid se rastvara u rastvoru natrijum-sulfida obrazujući sulfosoli, kao npr. NaInS_2 .

Proizvodnja indijuma i njegovih legura i spojeva. Sve do 1924. godine indijum se proizvodio samo u laboratorijskim razmerama. Do veće industrijske proizvodnje dolazi praktično tek posle II svetskog rata, tako da je 1950. godine svetska proizvodnja (bez SSSR) iznosila 4100 kg. Proizvodnja indijuma je naglo porasla nakon što se uspio dobiti vrlo čist metal, koji se mogao uspešno primeniti u elektronici. Tako se već 1955. godine proizvelo 15000 kg, 1958. godine 18000 kg, 1965. godine oko 40000 kg, 1970. godine 71600 kg, a 1974. godine oko 55000 kg indijuma (Kanada 13700 kg, SSSR 9100 kg, Australija 4550 kg, Peru 5550 kg, Japan 5500 kg, ostale zemlje 16650 kg).

LIT.: W. Schreiter, Seltene Metalle, B. II. Leipzig 1961. — Ю. В. Румянцев, Н. А. Хворостухина, Физикохимические основы пирометаллургии индия. Наука, Москва 1965. — R. Kiffer, Sondermetalle. Springer Verlag, Wien 1971. — А. Н. Зеликман, Т. А. Меерсон, Металлургия редких металлов. Металлургия, Москва 1973. — В. Đurković, D. Đurković, Metalurgija retkih metala. Građevinska knjiga, Beograd 1976.

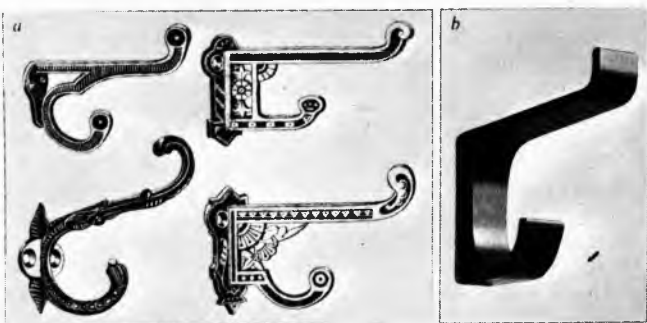
B. Đurković

INDUSTRIJSKI DIZAJN, oblikovanje industrijskih proizvoda; sadrži više srodnih pojmova: projekt, plan, crtež, kompoziciju, neko svojstvo nekog predmeta ili procesa (njegovu zamisao, postupak oblikovanja i ostvarenja). Naziv potječe od engleske riječi *design* (nacrt, zamisao, uzorak na tkanini, izvedba). Izrazi *Formgestaltung* ili *Formgebung* u njemačkom i *esthétique industrielle* u francuskom jezičnom području napuštaju se jer nisu mogli uspješno nadomjestiti pojam dizajna. U Sovjetskom Savezu dizajn zamjenjuje pojmove *техническая эстетика* i *художественное конструирование*. Izraz dizajn jest međunarodno prihvaćeni termin. Često se navodi definicija Međunarodnog savjeta organizacije za industrijski dizajn (ICSID — *International Council of Society for Industrial Design*) iz šezdesetih godina: »Industrijski je dizajn stvaralačka aktivnost čiji je cilj određivanje formalnih kvaliteta industrijski proizvedenih predmeta. Te formalne kvalitete obuhvaćaju i vanjske karakteristike, ali prije svega one strukturalne i funkcionalne odnose, koji pretvaraju sistem u koherentnu cjelinu, kako sa stanovišta pro-

izvođača, tako i korisnika. Industrijski dizajn obuhvaća sve aspekte ljudske okoline koji su uvjetovani industrijskom proizvodnjom. Ta definicija daje najvažnije odrednice dizajna, ali ne obuhvaća današnje shvaćanje dizajna i odnosi se prema proizvodu kao predmetu koji nije povezan s procesom proizvodnje i s različitim komunikacijskim djelovanjima (video, audio i sl.) koji su često bitan sastavni dio njihove strukture i funkcije (npr. semafor, televizor).

Zadatak je dizajna društveno planirani i organizirani skup aktivnosti na razvoju naše životne okoline. On je dio suvremene industrijske tehnologije kao serijska proizvodnja, standardizacija, optimalizacija, racionalna organizacija proizvodnje, masovna distribucija, organizacija servisa itd. Govoreći danas o dizajnu, misli se na dizajn cjelokupne okoline uključujući objekte u prostoru (što se ranije smatralo isključivom domenom arhitekture i urbanizma), industrijske serijske proizvodnje materijalnih predmeta i informacije.

Industrijska tehnologija ranog i sve zrelijeg kapitalističkog društva cijepa ljudski rad; nestaje izrazito umjetnički rad i zanimanje i formiraju se tehnička područja. Mehanizacija i izumi XIX vijeka otvaraju nade u neograničene mogućnosti napretka koje traju sve do danas. Većina masovnih proizvoda (namještaj, kućanski pribor) oponaša stilska obilježja proteklih epoha odvajajući tehničku konstrukciju od simboličko-dekorativnog ukrasa. Pokret *Art and Crafts* u Velikoj Britaniji, te mnogi drugi pokreti traže povratak obrtnoj proizvodnji s umjetničkim težnjama. To traje sve do danas i ograničava se na ponudu predmeta primijenjenih umjetnosti (keramika, ručno tkani tekstil, obrada plemenitih metala itd.). Istovremeno početkom XX st. spoznaje se da je zadatak dizajna humanizirati cjelokupni ljudski život: od prostora u kojima se živi i radi do uporabnih predmeta kojima se čovjek svakodnevno služi.



Sl. 1. Konzolne vješalice za odjeću i šešire. a vješalice s kraja 19. stoljeća, b suvremena vješalica

U industrijskoj proizvodnji koja je svladala u Evropi i SAD probleme kvalitete, nazire se potreba za povećanjem vrijednosti proizvoda na već formiranom međunarodnom tržištu. *Werkbund*, koji je osnovan u prvom desetljeću XX st. u Njemačkoj, prvo je udruženje koje okuplja tehničare, umjetnike, tvorničare i bankare na novi zadatak: visoka kvaliteta industrijskih proizvoda kao jakog eksportnog argumenta. Dizajn strojne proizvodnje oslobađa se nepotrebne likovne ornamentike.

U to vrijeme po prvi put u privrednoj djelatnosti pojavljuje se i posebno zvanje dizajnera; P. Behrens radi u tvornici AEG na raznovrsnim zadacima: oblikovanje električnih aparata za široku potrošnju, oblikovno uređenje proizvodnih pogona, te oblikovanje zaštitnog znaka i različitih dokumenata poslovne korespondencije i propagande. Funkcije tehnički kvalificiranih stručnjaka (od tehničara do inženjera) razlikuju se od funkcije dizajnera, kome se postavljaju zadaci povezani s prodajom i upotrebom gotovog proizvoda, s povećanjem proizvodnosti u pogonu (uređenje proizvodnog ambijenta, stroja za kojim se radi, radne odjeće i probora) itd. Tako, s jedne strane, dizajn odražava stabilnost i rast kapitalističkog privrednog sustava, djelujući na uspješniju proizvodnju i povoljniji plasman, a, s druge strane, bavi se problemima kako zadovoljiti ljudske potrebe. Institucija *Bauhaus* u Njemačkoj (1919–1933), uz koju su vezani



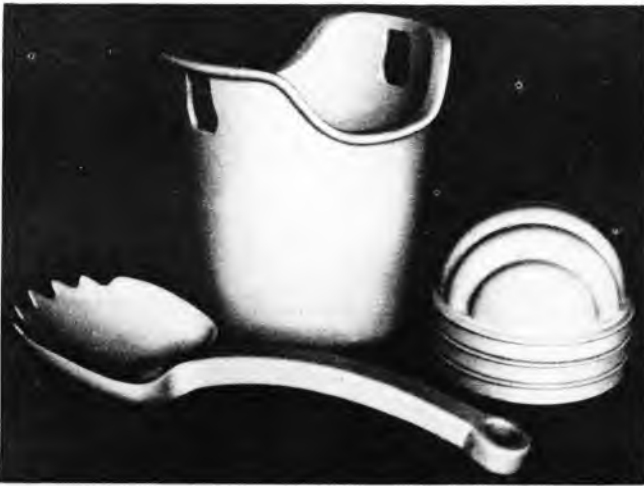
Sl. 2. Telefonski aparat: gore Eriksonov telefon iz 1894. (PTT muzej, Zagreb), dolje suvremena izvedba



npr. Walter Gropius, Hanes Mayer, Mies van der Rohe, Laszlo Moholy-Nagy, Paul Klee itd., središte je stvaralačkog dizajna. Iskustva *Bauhauusa* prenesena su uoči II svjetskog rata u SAD gdje se tada grade temelji suvremeno organizirane prakse dizajna, koja se nakon rata prenosi i u Evropu. Na Visokoj školi u Ulmu usvajaju se nova znanja i postavljaju novi ciljevi (znanstveni interdisciplinarni pristup, rad na stvarnim zadacima za industrijska poduzeća, zahtjev za društvenim promjenama).

Postupak koji se ograničava samo na vanjski izgled nazvan je stajling (*styling*). Automobilsku industriju te robu široke potrošnje stajling prati sve do danas, povezujući se s modnim ciklusima. U Sovjetskom Savezu i u većini istočnoevropskih socijalističkih zemalja dizajn se proklamira od sredine šezdesetih godina kao jedno od osnovnih načela skladnog razvoja socijalističkog društva u humaniziranju radne i životne okoline. 1975. godine u Moskvi je održan IX kongres ICSID s generalnom temom *Dizajn za čovjeka i društvo*. Praktički dizajn je

tamo u prvom redu orijentiran na rješavanje zadaća kvalitetnog organiziranja i oblikovanja proizvodnih sredina, velikih investicijskih objekata (elektrana, procesnih industrija, transportnih sredstava, sredstava poljoprivredne mehanizacije, te eksportnih artikala kao što su fotoaparati, radio-aparati, muzički instrumenti i sl.) da bi se proširio na artikle široke potrošnje u skladu s proklamiranim razvojem tih zemalja. Izuzetna se važnost daje ergonomiji, koja je bliska izučavanjima pokreta i vremena u pospješenu radnog procesa i oslanja se na antropometrijske i psihofiziološke osobine čovjeka, te ih promatra i ispituje u odnosima s artificijelnim predmetima ili sustavima (čovjek — stvar, čovjek — alat, čovjek — komunikacije). Ergonomija je sastavni dio svakog ozbiljnog dizajna.



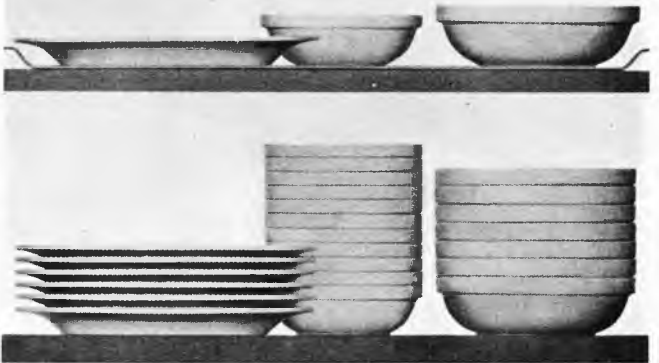
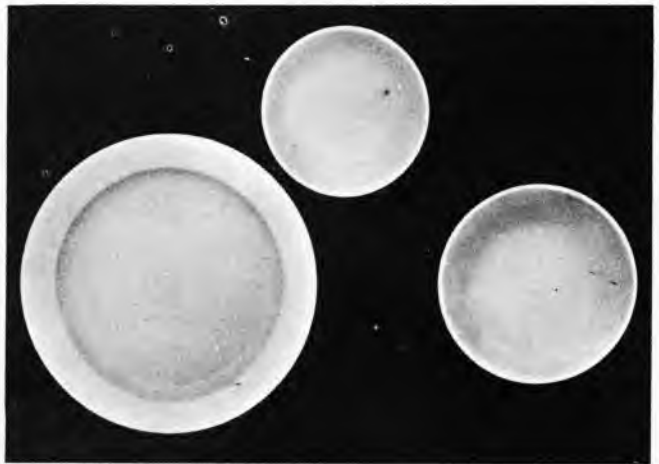
Sl. 3. Pribor za jelo za djecu i hendikepirane (1975)

S razvojem multinacionalnih kompanija izmijenili su se zadaci dizajna. Nije više potrebno uspješnije oblikovanje proizvoda i grupe proizvoda, kako bi se nadjačala konkurencija. Od dizajna se traži da se uključi u potragu za inovacijama. Tehnologija nije više jedinstvena, a asortiman integrirane proizvodnje i trgovine rasprostire se od krpa za prašinu do kompjutera. Djelatnost dizajna nije samo povezana s tehničkim razvojem pojedinačnih proizvoda ili grupe proizvoda, već ulazi u globalnu tržišnu orijentiranu strategiju marketinga. Potrošač i korisnik industrijski proizvedenih dobara postaju sve više predmet komplikiranih istraživanja. Da bi se obnovio potrošački interes i kupovali novi proizvodi, proizvode se predmeti male trajnosti i predmeti za jednokratnu upotrebu (npr. nepovratna ambalaža) ili se demodiraju, tj. propagira se isključivanje iz kruga poželjnih predmeta. Rafinirane tehnike propagande i druge tehnike osvajaju potrošača. Tržištu se nude i funkcionalno povezani asortimani. Postizavanje sadržajne i oblikovne sinteze novi je zadatak dizajna. Veliki turistički investicijski pothvati vežu na sebe mnoštvo artikala. Serijska proizvodnja stanova i građevnih ugradbenih dijelova i komponenata uvjetuju dimenzionalnu i funkcionalnu koordinaciju niza proizvoda. Zadaci se ne protežu samo na proizvode široke potrošnje i nisu upravljani samo individualnom korisniku. Dizajn obuhvaća i strojeve i vozila i sl. (traktori, teški kamioni, alatni strojevi, željeznički vagoni, montažne hale, avioni i brodovi, medicinska oprema, oprema za laboratorije i škole itd.). Otvara se i područje komunalnog dizajna; autobusna stanica, rasvjetno tijelo vanjske rasvjete, ograda auto-puta, nosač radio-releja, kontejneri za otpatke itd. oblikuju se u njihovoj urbanoj povezanosti.

Finalni proizvod nije samo proizvod jednostavne strukture i uobičajene namjene (lijepo oblikovane čaše, keramike, rasvjetna tijela, fotelje, pepeljare, upaljači, posuđe itd.), to je i skup komponenata koje tek treba povezati i sklopiti u predmete upotrebe (npr. montažno-demontažni namještaj), odnosno funkcionalnih sklopova koji se sastavljaju, kombiniraju i adaptiraju (npr. univerzalni kuhinjski strojevi ili sastavi elemenata za čišćenje, laštenje i glačanje prostorija itd.).

U *zlatno doba* dizajna (1950–1970) u industrijski razvijenim zemljama razvija se dizajn blizak metodama racionalizacije i optimalizacije, te kao hijerarhijsko rješavanje problema koje ne uzima u obzir strukturu. Kompjuter nije samo pomoć u analizi i prezentaciji već je i ravnopravni partner uz pretpostavku da se dizajn može shvatiti i ostvariti kao algoritamski proces.

Kao posljedica prekretnice društvenog razvoja sedamdesetih godina, nastupanja zemalja u razvoju, revolucionarnih gibanja, mijenja se shvaćanje uloge dizajna. Očito je da se proizvod ma koliko uspješno oblikovan uz najduhovitije tehničko rješenje i najnapredniju tehnologiju treba preispitati s obzirom na društvenu opravdanost, tj. da li je potreban, koliko troši energije, zagađuje li okolinu itd.



Sl. 4. Složivo porculansko posuđe

Međunarodni savjet organizacija za industrijski dizajn ICSID okuplja oko 40 društava iz više od 35 zemalja različitih društveno-političkih uređenja i različitih razina privrednog razvoja. Zadatak mu je unaprijediti dizajn, osigurati razmjenu iskustva na međunarodnom planu i informacija, priređivanjem međunarodnih seminara, tematskih izložaba, natječaja itd.

Početak stoljeća izložbe dizajna uglavnom su pod okriljem likovnih umjetnosti. Kasnije se traži nit koja povezuje tehniku, industriju i likovnu umjetnost. Tek nakon pedesetih godina priređuju se izložbe zbog potreba poduzeća, privrednih grupacija ili zemalja. One su povremene ili stalne (tzv. *dizajn centri*), i povezuju se s natječajima obično s futurističkim naglaskom (natječaji firma BASF, Braun, Stihl itd.). Početkom sedamdesetih godina to su sve češće kritičke pozornice. Osniva se npr. Internacionalni centar za dizajn, IDZ, u Berlinu, koji priređuje tematske izložbe (kupaonica kao socijalni prostor, prehrana u radnoj sredini, igračke, moda, inscenirani život itd.).

Obrazovne ustanove uglavnom su još uvijek na srednjoj razini školovanja. U školovanju za zvanje dizajnera nije više problem ovladavanje vještinama, pogotovu ne onim koje se nasla-

njaju na tradicionalni odgoj i obrazovanje likovnih umjetnika (kipara, slikara, grafičara). To je interdisciplinarni timski rad.

Dizajn već sudjeluje na oblikovanju čitave naše okoline usmjerene na zadovoljenje prvenstvenih društvenih potreba.

U našoj su zemlji konzervativne predodžbe o dizajnu, ali se daju mogućnosti naprednom shvaćanju i praksi dizajna. Dizajn je još vezan uz likovne umjetnosti. Dosadašnji razvoj dizajna bio je dezintegrativan i destimulativan, tako da se dizajn nije



Sl. 5. Stolice. a stolica Thomet (1859), b naslonjač »vreća« (1969)



mogao razviti u našoj sredini. Konceptualni i institucionalni modeli, zbog pomanjkanja iskustva, preneseni iz razvijenih zemalja pokazali su se neadekvatni. Dizajn u nas nije ni deklarativno jasno postavljen ni kao instrument privrednog razvoja, ni kao sastavni dio kulturne politike, a niti kao činilac društvenog razvoja. Godine 1964. osnovan je u Ljubljani Bienale industrijskog oblikovanja (BIO) sa zadatkom da se upozna dizajn proizvoda i vizuelne komunikacije. U Zagrebu od 1963. djeluje Centar za industrijsko oblikovanje, koji se orijentirao na dizajniranje proizvoda i vizuelnih komunikacija. Od 1972. u Beogradu djeluje Dizajn centar. Na Fakultetu za arhitekturu, građevinarstvo i

potrošnju. Područje proizvodnje određuje se prema srodnosti osnovnog materijala koji se prerađuje (npr. metalna industrija, drvna industrija, industrija preradbe plastičnih masa itd.), prema dominantnoj tehnici (npr. elektronska industrija), prema tržišnoj namjeni (npr. industrija robe široke potrošnje, kapitalnih dobara, transportnih sredstava) te prema dominantnom proizvodu ili vrsti proizvoda (npr. industrija namještaja, alatnih strojeva, brodograđevna industrija, automobilska industrija).

Područje dizajna prema namjensko-funkcionalnim karakteristikama može biti glavno područje, budući da proizvod u tom slučaju nije određen samo svojim apstraktnim, tehnološkim i ekonomskim karakteristikama, već svojom namjenom. Nepoklapanje područja proizvodnje i potrošnje može stvoriti poteškoće

u praksi dizajna, kada se na osnovi istovrsne tehnologije (npr. finalna obradba plastičnih materijala) proizvode artikli vrlo različitih namjena. Za razliku od rada na tehničkoj konstrukciji i razvoju proizvoda, u užem smislu, koji ne zadire u pitanja tržišta i kasnije eksploatacije, za rad na dizajnu najvažnija je povezanost s tržištem i eksploatacijom (npr. sanitarna keramika s proizvodnjom građevnih komponenata, instalacija i finalnih radova, a proizvodnja porculanskog posuda s proizvodnjom pribora za jelo, namještaja i opreme — premda se i jedna i druga proizvodnja mogu vezati na istovrsni tehnološko-proizvodni pogonski sklop). Potrebno je orijentirati se prema namjeni pro-



Sl. 6. Kombinacija umivaonika i bidea

geodeziju u Ljubljani djeluje Institut za oblikovanje, koji se uključio u praktičan rad na zadacima industrijskog dizajna.

U Jugoslaviji se razvijaju određeni smjerovi dizajna: problemi zaštite i unapređenja okoline, izmjena tehnologije među zemljama u razvoju, politehnički odgoj i obrazovanje u srednjim školama, itd.

Dizajn se može razmatrati sa stanovišta proizvodnje i sa stanovišta namjene. Karakteristike proizvoda važne su u proizvodnji kao tehnološko-organizacijska osnova, a funkcionalna svojstva proizvoda s obzirom na njegovu namjenu bitna su za

izvoda (pojedinačni, asortimanske grupe, kompleksnije tvorevine). Bit će ispravno klasificirati npr. predmet — objekt za sjedenje, a ne stolica, ili predmet za rezanje, a ne nož.

Stolica služi za sjedenje, ali se mogu pojaviti i predmeti koji će moći poslužiti istoj svrsi npr. *vreća za sjedenje*. Ime predmeta kao osnova klasifikacije može stvoriti zabunu ako nije moguće uočiti funkcionalno-namjensku povezanost među predmetima (npr. nož za rezanje papira, kirurški nož, nož za rezanje kruha i sl.). Klasifikacijski sustav važan je za stvaranje inovacija. Nikakvim usavršavanjem britve ne će se doći do električnog

aparata za brijanje, ukoliko se ne zna namjena predmeta. Neopravdano je odjeljivati ambalažu (pakovanja) kao proizvod od ostalih industrijskih proizvoda. Ona može dodatno sadržavati i informacijske propagandne poruke i oznake, a također je i proizvod industrijskog dizajna. Rasutim i tekućim materijama ambalaža tek omogućuje njihovo oblikovanje.

U okolnostima gdje se prihvaća dizajn tek na kraju razvojnog procesa (vanjska oblikovna intervencija, fini, koloristička obradba i sl.), dizajn se prikazuje samo kao neko *uljepšavanje* forme, ustupak obično nedefiniranim zahtjevima tržišta i buduće

neupotrebljiv samo djelomično tj. da se nakon isteka prvotne namjene upotrijebi za neke druge, tek nakon više namjena da se iskoristi kao sirovina, energetska gorivo, itd. To je postupak recikliranja. Zadaci se dizajna tako definiraju i rješavaju na nov način.

Treba razlikovati materijalnu i informacijsku strukturu proizvoda (npr. dizajn materijalnog dijela strukture je dizajn televizijskog aparata, a dizajn informacijske strukture dizajn je televizijske slike; ili dizajn armature semafora i dizajn semaforne informacije: crveno-žuto-zeleno).



Sl. 7. Izvedbe podne vage (iz 1955, 1971. i 1974)

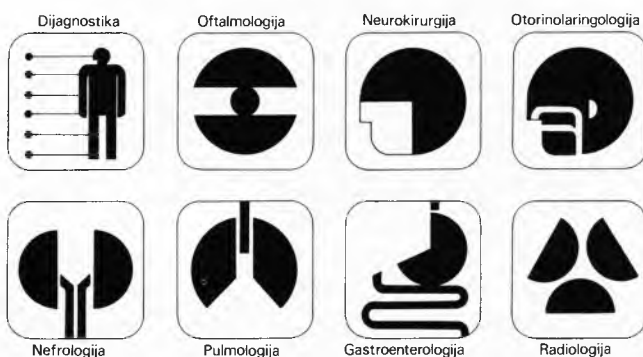
eksploatacije. Tako ideja o novom proizvodu doživljava degradaciju. Ako oblikovni zahvati izostaju, kaže se za predmet ili objekt da je *funkcionalan, ali nije estetski*. Ako je naknadno oblikovno srušen, kaže se da je *»privlačan«, ugodno dizajniran, moderan i sl.*

Dizajn se sužava na vanjsko obličje (u intenzivnim vizuelnim medijima — izložbe, film, televizija itd. — komunicira samo vanjski izgled proizvoda, a ne kompletna formalna struktura). Relativnost vanjskog izgleda proizvoda ilustrira npr. televizor koji se predstavlja kupcu vanjskim izgledom. Proizvođaču taj je vanjski izgled u toku rada *unutrašnji izgled*. Tom *unutrašnjem* izgledu treba posvetiti jednaku pažnju u smještaju i oblikovanju elemenata. Za servisera kompjutera upravo *unutrašnjost* mora biti kvalitetno oblikovana.

Nužno je napustiti predodžbu o proizvodu kao unikatu. Pravo oblikovanje konačnog proizvoda postiže se oblikovanjem komponenata od kojih se proizvod sastoji. To je uočljivo u različitim montažnim sustavima, a osobito u funkcionalnim agregatima i *baukasten* sustavima. Bez dizajna dekorativne tkanine ili građevnog okova, npr., ne može doći do uspješnog dizajna konačnog proizvoda: naslonjača, vratiju i sl. Mnogi proizvodi omogućuju kombinacije komponenata, pa su stoga te komponente predmet dizajna (npr. sustav za usisavanje prašine, miješanje, štrcanje, laštenje itd.). No, i tako konačan proizvod može biti komponenta višeg funkcionalnog sustava (npr. stroj u proizvodnoj liniji, ili vozilo u gradskom prometu), pa su dizajn sve razine koje se mogu definirati. Važna je i strukturalna i funkcionalna kompleksnost proizvoda. Teži se da se uz što manju strukturalnu ostvari što veća funkcionalna kompleksnost, tj. da se uz primjenu što manjeg broja jednovrsnih strukturalnih elemenata (konstruktivnih dijelova) postigne što više operacija proizvoda. Funkcionalna se kompleksnost nekog proizvoda može očitovati njegovom ugradnjom u viši sustav (npr. nije svejedno u koji je sustav funkcioniranja uključen neki prekidač ili slava). Često se proizvod manje iskorištava (npr. od 11 programa za pranje rublja u stroju upotrebljavaju se samo dva; ili kada se na radio-prijemnik u sa stotinama radio-stanica redovito sluša samo jedna). Sa strukturalnom i funkcionalnom kompleksnošću proizvoda najuže su povezani pojmovi standardizacije, unifikacije, tipizacije, univerzalnosti, fleksibilnosti. Proizvod je sjedinjenje vlastitih dijelova (od kojih se mnogi upotrebljavaju i za druge proizvode), a sam se proizvod kao funkcionalni dio ugrađuje ili uključuje u neki razvijeniji sustav. Traži se mogućnost da proizvod postane

Dvije su osnovne kategorije zadataka dizajna: dizajn-inovacija i redizajn.

Zadatak dizajn-inovacije osniva se na određivanju parametara namjene, a u redizajnu polazi se od proizvoda i njemu analognih proizvoda. Većina zadataka u dnevnoj praksi jesu zadaci redizajna. Redizajn će se stoga ograničiti u načelu na izvjesna ergonomska poboljšanja, promjenu finalne obradbe i sl., ali samo ustrojstvo proizvoda se ne mijenja. Ali i poslije neke inovacije ispravno je predvidjeti nekoliko uzastopnih redizajna, jer će i pored svih uspješnih simulacija biti potrebne promjene na tržištu i u eksploataciji — na osnovi čega postoji mogućnost provedbe zadataka redizajna radi daljeg usavršavanja.



Sl. 8. Vizuelne oznake u zdravstvenoj ustanovi

Procesom dizajna nastoji se prikazati suština njegova postupka, a procedurom (dogovorenim pravilima) nastoji se što više omogućiti taj proces. Proces ima dvije osnovne faze: faza kritičke analize postavljenog problema u kojoj dolazi do produblivanja definicije problema, podjele na potprobleme i do određivanja glavnih pravaca mogućih alternativnih rješenja, te fazu kreativne sinteze gdje sažimanjem pokazatelja analize i kreativne imaginacije nastaju početni alternativni prijedlozi za dizajn proizvoda, te ocjena i izbor najpovoljnijeg rješenja.

Procedura nekog dizajna obično počinje uputom za dizajn. To je dokument u kojem se od naručioca, odnosno korisnika utvrđuje cilj koji bi se trebao ostvariti, neposredni rad na dizajnu (radna uputa dizajnerima). To je dokumentacija u kojoj

se detaljno formulira operativni zadatak. Poslije uputa definira se i odobrava program. Na početku rada sabiru se sve potrebne informacije da se odrede parametarske podloge (selekcijom podataka iz literature i drugih izvora, intervjui, opservacije itd.), a ukoliko se radi o redizajnu, osobita se pažnja posvećuje analizi analognih proizvoda. Idejni prijedlozi prezentiraju se na različite vizuelne načine (prostoručni crteži, fotokolaži, modeli i kompjuterske simulacije). Uz to se prilaže izvještaj analize kao tekstualni dokaz i obrazloženje pojedinih prijedloga. Nakon izbora alternative (ili odbacivanja), pristupa se detaljnoj razradi idejnog rješenja. Rezultat se rada prezentira dizajnerskim izvedbenim nacrtima, modelom i simulacijom uporabe. Nakon toga pristupa se izvedbi prototipa. Uz prototipni model obavlja se završno interno verificiranje i eventualno fizičko testiranje. Prototip, pa i *nulta serija*, služe za testiranje tržišta na ograničenim lokacijama u određenim prilikama (npr. kao izložak na specijaliziranim sajmovima).

Istodobno uz dizajn proizvoda (odnosno grupe proizvoda) pristupa se i dizajnu instrumenata plasmana (od dizajna propagandnih sredstava kao što su prospekti, katalogi, filmovi itd., do dizajna izložbenih postava).

LIT.: Britanski industrijski dizajn (Katalog). Zagreb 1967. — Industrijsko oblikovanje u SR Njemačkoj (Katalog). Zagreb 1967. — *M. Meštrović i F. Križovac*, Odgoj i obrazovanje industrijskih dizajnera. Centar za industrijsko oblikovanje, Zagreb 1968. — *W. D. Cain*, Engineering product design. Business Books, London 1969. — Industrijsko oblikovanje i naša privreda. Zbornik savjetovanja, Sarajevo 1969. — *J. Doblin*, One hundred great product designs. Reinhold, New York 1970. — *M. Meštrović i F. Križovac*, Upravljanje industrijskim dizajnom i organizacija dizajn-biroa. Centar za industrijsko oblikovanje, Zagreb 1970. — *V. Papanek*, Dizajn za stvarni svijet. (Preveo G. Keller). Vidici, Split 1975.

F. Križovac

INFRACRVENO ZRAČENJE, elektromagnetsko zračenje valnih duljina $\lambda \sim 0,8 \dots 1000 \mu\text{m}$. S obzirom na položaj u spektru prema vidljivom zračenju, infracrveno zračenje može biti blisko, srednje i daleko. To razvrstavanje nije strogo, niti je jednoznačno usvojeno, a nastalo je prema načinu detektiranja.

W. Herschel je (oko 1800) istražujući spektar Sunčeva svjetla primijetio toplinske učinke izvan vidljivog dijela spektra, sa strane crvenog dijela. To je djelovanje pripisao djelovanju zračenja nevidljivog za oko, kojemu su priroda i svojstva jednaka svjetlosti, i nazvao ga infracrveno zračenje.

Infracrveno zračenje nastaje pri rotacijskim i vibracijskim prijelazima u atomima i molekulama (tabl. 1), dakle nastaje na svim temperaturama iznad apsolutne nule (v. *Fotokemija*, TE5, str. 597).

Tablica 1
PODRUČJA INFRACRVENOG ZRAČENJA

Naziv	Valna duljina μm	Izvor
Blisko	0,8...2,5	Prijelazi između elektronskih stanja niskih energija
Srednje	2,5...50	Molekulske vibracije
Daleko	50...100	Molekulske rotacije

Emitiranje i apsorpiranje infracrvenog zračenja opisano je tzv. zakonima crnog tijela (v. *Atom*, TE1, str. 456). To su:

Kirchhoffov zakon zračenja, nazivan i drugim zakonom termodinamike za sustave koji zrače, iskazuje da tijela u termičkoj ravnoteži zrače onoliko energije koliko je i primaju.

Planckov zakon zračenja pokazuje kakva je spektralna raspodjela zračenja crnog tijela. Spektralna odzračnost (radijacijska egzistencija) M_λ (definirana kao gustoća toka zračenja po jedinici duljine vala) na valnoj duljini λ jest

$$M_\lambda = \frac{c_1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(c_2/\lambda T) - 1}, \quad (1)$$

gdje su konstante $c_1 = 3,741832 \cdot (1 \pm 5,4 \cdot 10^{-6}) \cdot 10^{-16} \text{ W m}^2$,

$c_2 = 1,438786 \cdot (1 \pm 3 \cdot 10^{-6}) \cdot 10^{-2} \text{ K m}$, a T temperatura crnog tijela. Upravo tim zakonom je M. Planck postavio hipotezu diskretnog prijenosa energije, tzv. hipotezu kvanta, koja je omogućila tumačenje pojave u mikrosvijetu (v. *Kvantna mehanika*).

Stefan-Boltzmannov zakon pokazuje da je ukupna energija koju zrači užareno tijelo proporcionalna četvrtoj potenciji temperature. Za crno tijelo ukupna odzračnost (gustoća toka zračenja) jest

$$M_u = \sigma T^4, \quad (2)$$

gdje je konstanta $\sigma = 5,67032 \cdot (1 \pm 1,2 \cdot 10^{-4}) \cdot 10^{-8} \text{ W K}^{-4} \text{ m}^{-2}$.

Wienov zakon pomaka pokazuje da se porastom temperature maksimum u spektralnoj raspodjeli pomiče prema kraćim duljinama vala, tako da je umnožak valne duljine na kojoj je maksimalno zračenje λ_{max} i temperature T konstantan:

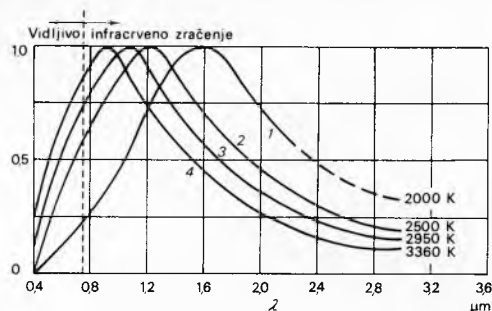
$$\lambda_{\text{max}} T = k, \quad (3)$$

gdje je konstanta $k = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ K m}$.

Pri prostiranju infracrvenog zračenja vrijede svi zakoni geometrijske optike, uzimajući u obzir svojstva tvari za to zračenje (v. *Atom*, TE1, str. 456; *Fotometrija* TE5, str. 608; *Optika; Termodinamika*).

Izvori infracrvenog zračenja. Čvrsta tijela, osim na temperaturi apsolutne nule, zrače infracrveno zračenje i zrače sve do temperature $\sim 3500 \text{ K}$ pretežno u tom području. To je većinom polikromatsko i nekoherentno zračenje. Bogati izvori takvog zračenja jesu sva užarena tijela.

Infracrvene žarulje su tehnički izvori polikromatskog i nekoherentnog zračenja. Glavni dio im je metalna nit ili tijelo nekog drugog oblika, žareno prolaženjem električne struje do temperature $\sim 2500 \text{ K}$. Te žarulje većinu energije zrače u bliskom i srednjem infracrvenom području ($\lambda = 760 \dots 5000 \text{ nm}$), a manji dio ($10 \dots 15\%$) u vidljivom. Na sl. 1 prikazana je spektralna raspodjela energije zračenja nekih tehničkih izvora.



Sl. 1. Spektralna raspodjela intenziteta nekih tehničkih izvora infracrvenog zračenja. 1 infracrvena grijalica, 2 infracrvena industrijska žarulja, 3 žarulja snage 500 W, 4 fotografski reflektor

Laseri i poluvodički elementi izvori su koherentnog i monokromatskog, odnosno linijskog zračenja, i to u bliskom infracrvenom području (v. *Laser*).

DETEKTIRANJE INFRACRVENOG ZRAČENJA

Pri međudjelovanju infracrvenog zračenja i tvari predana energija zračenja očituje se obično u povišenju temperature tvari. To povišenje uzrokuje sekundarne pojave, promjenu mnogih svojstava tvari: obujma tijela, tlaka, indeksa loma, dielektričnosti, električne vodljivosti i kemijskih svojstava. Moguća je i pojava sekundarnog zračenja. Te se promjene događaju u različitim vremenima nakon početka ozračivanja, od nekoliko nanosekunda pa do nekoliko sati, mogu trajati samo za vrijeme ozračivanja, neko vrijeme nakon prestanka ozračivanja ili se mogu trajno zadržati. Detektori infracrvenog zračenja nazivaju se prema pojavama koje zračenje pobuđuje u tvari, koje se indiciraju ili mjere.

Za detektore infracrvenog zračenja navode se karakteristike kao i za detektore drugih vrsta zračenja: osjetljivost, spektralna