

Leonardo da Vinci kot naravoslovec

Janez Strnad



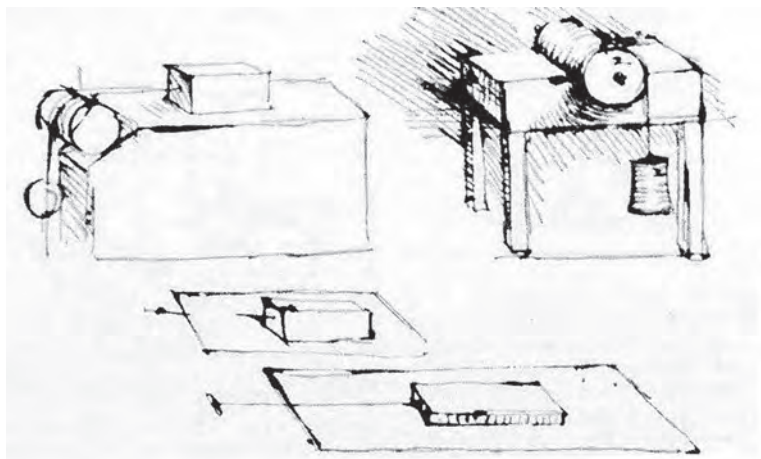
Leonardo da Vinci je bil slikar, kipar in arhitekt. Raziskoval je neživo in živo naravo. Poleg znamenitih umetniških slik je narisal veliko načrtov za naprave. O njegovem delu razmišljamo ob razstavi *Genij – da Vinci* na ljubljanskem Gospodarskem razstavišču. V naravoslovni reviji se razmišljanje vrta okoli dosežkov v naravoslovju in se dotakne prispevkov v matematiki in tehniki.

Leonardo da Vinci je živel, preden se je na začetku 17. stoletja razvila fizika v današnjem pomenu. Že prej, sredi 14. stoletja, se je na Apeninskem polotoku začelo gibanje, znano kot humanizem in renesansa. V dobrih dveh stoletjih je vsej Evropi prine-

Leonardo da Vinci je bil rojen leta 1452 v toskanski vasiči Vinci kot nezakonski sin. Osemleten se je z očetom preselil v bližnje Firence in s štirinajstimi leti postal vajenec pri slikarju in kiparju. Dvajsetleten je bil že član slikarskega ceha v Firencah in šestindvajsetleten se je osamosvojil. Obtožili so ga homoseksualnosti in oprostili. Tridesetleten je stopil v službo pri milanskem vojvodi Ludovicu Sforzi kot arhitekt in inženir, tudi za vojaške zadeve. Petdesetletnega ga je sprejel v službo Cesare Borgia. Pri petinpetdesetih je postal slikar pri francoskem guvernerju v Milanu. Nato je stopil v službo francoskega kralja in leta 1519 sedemindesetleten umrl na gradu Cloux.

slo velike spremembe v umetnosti. Misli so se vrnilo h grškim koreninam in pozornost preusmerile od onstranstva k tostranstvu in človeku. Spremenile so se tudi razmere v družbi. Razmahnilo se je meščanstvo in razvila obrt. Na velikih potovanjih so odkrili nove dežele. Razvili so tisk. Spremembe v pogledu na naravo so bile manj izrazite. Še naprej je prevladovala Aristotelova slika narave iz četrtega stoletja pred našim štetjem.

V tej sliki je bil »svet za Luno«, današnje vesolje, čist in nespremenljiv, »svet pod Luno« pa umazan in spremenljiv. Prvi je bil iz etra, drugega pa so sestavljali »elementi« zemlja, voda, zrak in ogenj. Središče vesolja je bilo blizu središča Zemlje. Okoli kroglaste Zemlje so bile razvrščene ravnovesne lege zemlje, vode, zraka in ognja. »Za Luno« je bilo edino gibanje enakomerno in nenehno vrtenje nebesnih obel s planeti in zvezdami. »Pod Luno« pa so gibanje živih bitij razločevali od naravnega in prisilnega gibanja. Pri naravnem gibanju so se telesa sama od sebe vračala v naravno ravnovesno lego, na primer kamen navpično navzdol, ogenj navpično navzgor. Za vzdrževanje prisilnega gibanja pa je bilo potrebno nenehno delovanje »zunanjega vzroka«, današnje si-



Da Vinci je temeljito raziskal trenje.

le. Opazovanje je koristilo pri razmišljanju o pojavih v naravi, matematike pa v to ni kazalo vpletati.

Aristotelovo sliko je že od začetka spravljal v zadrego prisilno gibanje puščic in drugih izstrelkov. Trdili so, da je zaradi »strahu pred praznino« zunanji vzrok za to gibanje okolni zrak. Ta naj bi poganjal izstrelek, ko bi vdrl v prostor, ki ga je izstrelek zapustil. Praznina ni mogla obstajati, ker v njej ne bi bilo mogoče določiti ravnovesne lege. Tej zamisli je nasprotovala izkušnja z uporomo, s katerim je zrak deloval na človeka na ladji, ki je plula. Težavi so se v 6. stoletju poskušali izogniti z »gibalno silo«, ki jo tetiva da puščici ali roka kamnu ali kopju in ki jo ta nato izgublja. Iz tega se je razvil dokaj megleni pojem impetusa, v katerem smemo videti daljno zasnovo gibalne količine, zmnožka mase in hitrosti telesa.

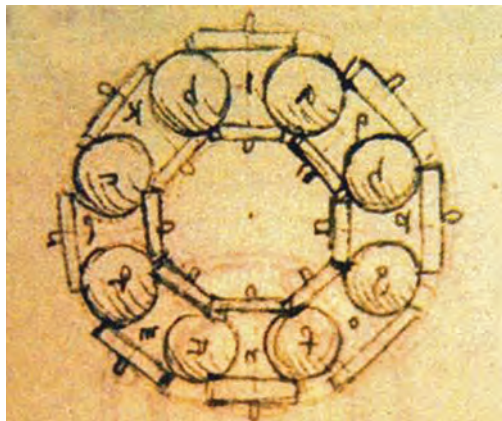
Matematiki je vrnitev h grškim koreninam koristila - pomislite na Evklida -, naravoslovju pa ni prinesla spodbud. Grki z izjemo Arhimeda niso imeli navade, da bi pojave razčlenjevali. V naravoslovju vidimo da Vincija na prehodu med starim pogledom in novim. Pri tem ni bil edini. Nicolai Cusanus oziroma Nikolaj Kuzanski (1401-1464) iz Küsa ob Mozeli, škof in poznejši kardinal, je uvedel nove poglede. Zemeljska snov se ne razlikuje od snovi vesoljskih teles.

Zemlja ni v središču vesolja in se lahko giblje, ker je gibanje relativno. Zvezde so oddaljena sonca in vesolje nima meje. Zelo pomembno je merjenje, na katerem naj temelji raziskovanje. Tehtnica je vzor za merilno napravo.

Da Vinci je v veliki meri sprejel ta pogled na naravo. Vesolje je imel za neomejeno in Zemlje ni postavil v njegovo središče. Mislil je, da ima vsak planet in vsaka zvezda svojo krogljo delovanja na elemente okoli sebe. Na Luni so morja in kopno in Luna odbija sončno svetlobo. Vedel je, da ob prvem in zadnjem kraju del Lune v senci osvetljuje sončna svetloba, ki se odbije na Zemlji.

Ugotovil je, da se vpliv teže na krajišču vzvoda zmanjša, ko vzvod nagnemo proti vodoravnici. Zanimal se je za klanec. Telesi je povezal z vrvo in ju postavil na nasprotna klanca. V ravnovesju sta bili teži obratno sorazmerni z nagiboma. Tako je spoznal paralelogram sil. Delovanje škripcev, vzvodov, tehtnic je pojasnil z izrekom o vzvodu, da na obeh krakih dobimo enako, ko težo pomnožimo z ročico. V raziskovanju gibanja teles se je skliceval na impetus in prispeval več novih zamisli. Pri metu navpično navzgor impetus najprej preseže težo, nato pa se zmanjšuje, dviganje postaja vse počasnejše, dokler telo ne obmiruje in ne začne padati. Vztrajal pa je pri stari predstavi, da se izstrelek pri poševnem metu giblje najprej prisilno v ravni črti in nazadnje naravno navpično navzdol, vmes pa je gibanje po krivulji delno prisilno in delno naravno.

Kot sodobniki pri obravnavanju gibanja ni



Da Vinci je narisal krogljčni ležaj z vencem.

bil dosleden. Po staremu je trdil: »Če sila giblje določeno telo določeno razdaljo, bo [ta sila] telo z dvojno težo gibala polovico te razdalje.« Na drugi strani je dopustil čisto ukrivljeno gibanje vodnih curkov in se ni držal osnovne zamisli, da je vsiljeno gibanje premo. Zrak naj bi imel pri padanju kamna dvojno vlogo, pred kamnom gibanje zavira, za njim pa ga spodbuja. Pri obravnavanju trkov je prispeval nekaj posrečenih zamisli. Zanimal se je za gibanje po zraku, še posebej za let. Narisal je, kako pada kocka, in dostavil, da »težišče ostane na navpični premici«. Težišče je torej uporabil v opisu gibanja, medtem ko so pred tem o njem razmišljali le v mirovanju. Raziskoval je lok in samostrel. Trdil je, da bi puščica dosegla veliko hitrost, če bi jo izstrelili z dirjajočega konja. Narisal je vrsto lokov, ki izstrelijo drug drugega. Sešteval je hitrosti in se vprašal, ali obstaja zgornja meja hitrosti. Razmišljal je o velikanskem loku in uvidel, da se pri povečevanju pojavijo težave. Pri napenjanju loka se del ogrodja nategne, drugi del stisne, vmes je plast, ki ni ne napeta ne stisnjena.

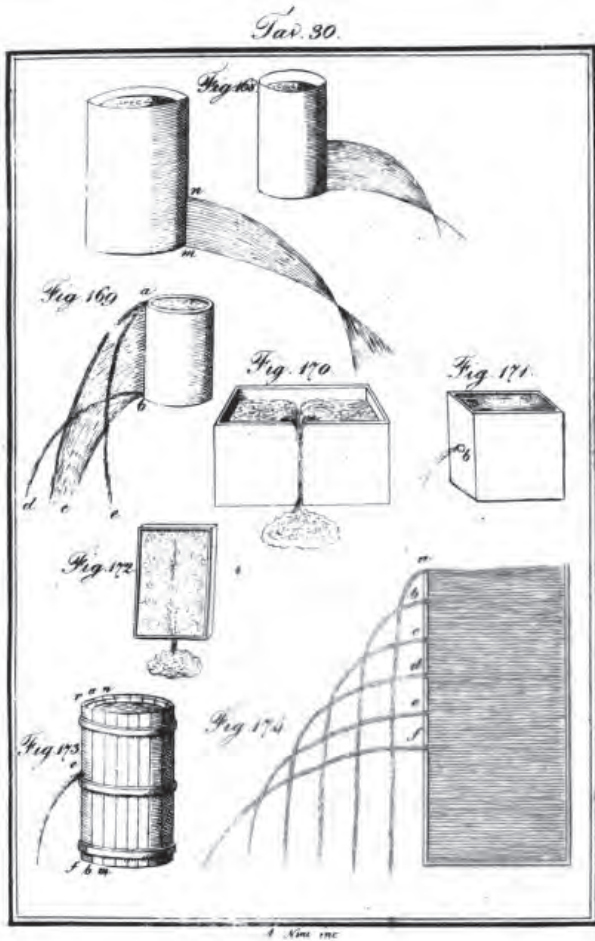
Raziskal je trenje in s tem naredil velik korak naprej, saj so pred tem trenje spregledali. Uporabil je silomer, ki so ga uvedli šele v 18. stoletju. Narisal je mizo, kakršno



Da Vinci je ugotovil najugodnejšo obliko zob zobatih koles.

so veliko pozneje uporabljali za raziskovanje trenja. Razločil je trenje pri drsenju od trenja pri kotaljenju in opazoval odvisnost slednjega od polmera. Ugotovil je, da je trenje pri drsenju odvisno od obdelave ploskev, neodvisno od ploščine dotikalne ploskve in sorazmerno s težo. Razmerje med silo, ki je potrebna, da premaknemo telo po vodoravni podlagi, in težo je vpeljal kot koeficient trenja. Zanj je pri trenju trdega lesa po trdem lesu in bronu po jeklu dobil smiselno vrednost $\frac{1}{4}$.

Raziskoval je trenje v strojih, ki je bilo nadeležno, ker so se vrteči deli hitro obrabili. Ugotovil je, da mazanje z oljem ali lojem ne zadostuje, in iskal nove možnosti za zmanjšanje obrabe. Opisal je ležaj s »kovino za zrcala iz treh delov bakra in sedmih delov kositra«. Tak ležaj so uporabili skoraj dvesto let pozneje. Uvedel je krogljčne in valjčne ležaje. S krogliami in valji so že prej zmanj-



Na risbi iz da Vincijevega spisa Gibanje in merjenje vode je desno spodaj slika curkov, ki na različni višini iztekajo iz posode. Nižji curki so podobni paraboli, kar je spoznal Galileo Galilei na začetku 17. stoletja. Na drugi strani bi da Vinci ugotovil, da najdlje seže srednji, ne najnižji curek. Po stari navadi je o pojavu samo razmišljal in ni naredil poskusa, ki ga je tako cenil.

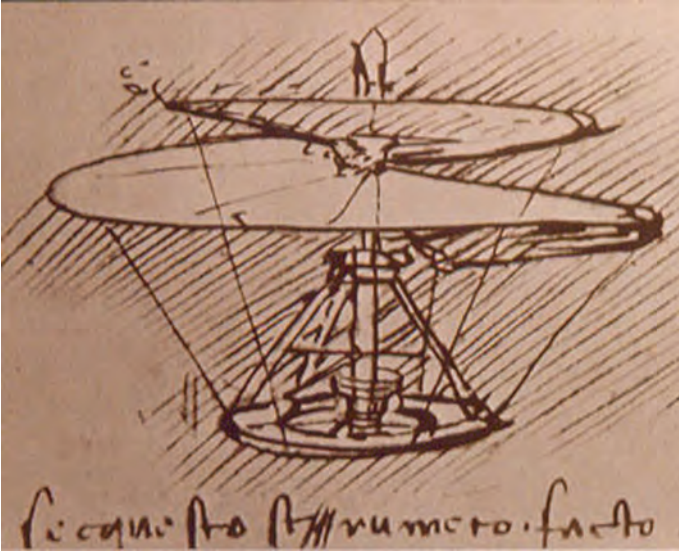
človeške zablode sodi iskanje neprekinjenega gibanja.« Drugod je zapisal: »O, tisti, ki razmišljate o perpetuum mobile, koliko utvar ste ustvarili zaman v takem prizadevanju?« S stekleno lečo ali konkavnim zrcalom je povečal sliko: »Da bi opazoval naravo planetov, odpri streho in spelji sliko planeta na konkavno zrcalo. Slika planeta, ki se odbije na zrcalu, pokaže zelo povečano površje planeta.« Skoraj stoletje pozneje so daljnogled z lečami prvič usmerili v nebo in dobro poldrugo stoletje pozneje izdelali prvi daljnogled s paraboloidnim zrcalom. Pojasnil je nastanek slike

v temni celici. Raziskoval je perspektivo in delovanje človeškega očesa. Dotaknil se je pojavov v ozračju in dolgotrajnih sprememb na površju Zemlje. Domneval je, da okamenele školjke daleč od morja pričajo o premikanju zemeljskih skladov. Zanimala ga je hidravlika, izumil je hidrometer in narisal številne načrte za kanale. Razmišljal je o vplivu Lune na plimo.

Nasprotoval je praznoverju in se zavzemal za poskuse. »Poskus je bil učitelj tistih, ki so dobro pisali, v vsakem primeru je moj učitelj.« »Modrost je hči poskusa.« Razmišljal je o poti od poskusa do znanstvene posplošitve. Zavedel se je možnosti, da nas

šali trenja, v strojih pa so kroglične ležaje začeli uporabljati šele na začetku 20. stoletja.

Razmišljal je o zobeh zobatih koles in ugotovil, da so glede trenja boljši cikloidni zobje od tedanjih zatičev. To so ponovno odkrili dvesto let pozneje. Narisal je več naprav z Arhimedovim »neskončnim vijakom« in omenil njegove prednosti. Izumil je tračno zavoro, ki je imela nasprotno nalogo kot ležaji. Trenje se je povečalo, ko je jermen okoli vretena zategnil in s tem povečal trenje. Raziskoval je pogon z vrvmi in uvidel, da je »tišji kot pogon s kolesi in vreteni«. Prepričal se je, da ni mogoč perpetuum mobile: »Med nepotrebne in neizvedljive



Razpito da Vincijevo risbo imajo nekateri za zasnovno helikopterja. Na kovinsko ogrodje s premerom 9,6 metra naj bi bilo napeto platno v vijačno ploskev. Vijak naj bi prek vzvodov potiskali ljudje, ki bi hodili po ogrodju. Da Vinci je zapisal: »Mislim, da se bo vijačna naprava v zraku [...] dvignila, če bo dobro narejena, to je iz poškrabljenega platna (da bodo zaprte vse pore), in se bo hitro vrtela.« Načrt je bil tedaj in je še dandanes v tej obliki popolnoma neizvedljiv. Veliko korakov je bilo potrebnih, preden je vzletel prvi helikopter.

čuti prevarajo. Zato je treba poskus ponoviti v spremenjenih okoliščinah: »Preden iz posameznega primera izpelješ splošni zakon, ponovi poskus dvakrat ali trikrat, [da ugotoviš,] ali povzročijo eni in isti poskusi ene in iste učinke.« Zagotovil je, da je poskus veliko boljši kot razmišljanje in učenje iz knjig. V matematiki se je da Vinci raje ukvarjal z geometrijo kot z algebro. Po tedanji navadi je krogu včrtal pravilne večkotnike, da bi izračunal njegovo ploščino. Nazadnje je izmeril obseg, izračunal ploščino in tako »rešil« kvadraturu kroga. Obvladal je hiperbolo, parabolo in elipso, kar tedaj ni sodilo v splošno znanje. Določil je težišče polkroga, potem ko ga je razdelil »na toliko trikotnikov, da je postala ukrivljenost njihovih osnovnic skoraj neopazna«. Določil je težišče piramide. Več kock je sestavil v kocko ali prizmo, »ne da bi kaj snovi dodal ali odvzel«.

Nasploh je matematiko zelo cenil: »Kdor odklanja visoko učenost matematike, se predaja utvari in nikoli ne bo utišal sofističnih ved, katerih edini nasledek je večni hrup.« »Kdor ima rad prakso brez teorije, je kot mornar, ki se vkrca na čoln brez krmila in kompasa in nikoli ne ve, kje bo pristal.« Vseeno v njegovih delih ni najti dosti teo-

rij. Odlikovali pa so ga ostrina opazovanja, natančno oko in osupljive risarske spretnosti. Na boljše slike valov na vodni gladini in zračnih mehurčkov v vodi je bilo treba počakati do uvedbe hitrih filmskih kamer. Zelo ga je zanimala tehnika. Delovanje strojev so raziskovali že prej, a on je med prvimi, če ne prvi, spoznal, da stroje sestavljajo preprosti deli, in je raziskal te dele. Zanimale so ga naprave in stroji, povezani z naravoslovnimi spoznanji. Zapisal je: »Izumitelji so v primerjavi z njimi [s sholastiki] to, kar je predmet pred zrcalom v primerjavi s svojo sliko. Predmet je nekaj, kar zares obstaja, slika pa ni nič.« Med risbami najdemo načrte naprav, ki jih vzporejajo z današnjim padalom, žerjavom, letalnim zmajem, helikopterjem, ladjo, vozili, oklepnim vozilom, strojniciami.

Ali je bil bolj umetnik, ki se je zanimal za naravoslovna in tehnična vprašanja, ali bolj naravoslovec in inženir, ki se je preživljal kot umetnik? Ob njegovem času niso poznali njegovih načrtov, ki so bili dokaj odmaknjeni od tedanjih možnosti, pa še skrival jih je. Bil je levičar in je pisal zvečine v zrcalni pisavi, ki je ni lahko brati. Po njegovi smrti so se zanimali za njegove umetniške slike in njihove kopije. Zapisali s



Da Vinci je narisal načrta za dva odometra, kakršni so, priključeni na voz, merili prevoženo razdaljo. Eden od njiju je vsake štiri prevožene milje spustil kroglico v pripravljeno košarico. Tak načrt je narisal rimski arhitekt in inženir Vitruvius Polio v prvem stoletju pred našim štetjem. Da Vinci je veliko zamisli prevzel od predhodnikov in sodobnikov.

tehniškimi risbami pa so bili težje dostopni v knjižnicah in zasebnih zbirkah. Šele pozneje so jih postopno obdelali in objavili. Danes poleg nekaj deset umetniških slik in nekaj sto umetniških risb poznamo več tisoč njegovih tehniških in naravoslovnih risb.

V da Vincijevem času so se že pojavile meje med umetnostjo, matematiko, naravoslovjem in tehniko. Ni bilo veliko ljudi, ki bi obvladali več dejavnosti hkrati. Da Vinci je bil eden od redkih, če ni bil edini, ki jih ni samo obvladal, ampak jim je dodal pomembne prispevke.

Sodbe o njegovih tehniških risbah utegnejo biti odvisne od osebnega pogleda. Nekateri zagotavljajo, da so njegovi načrti bili zgolj sad domišljije in ob njegovem času niso nobenega uresničili in preizkusili. Drugi pa zatrjujejo, da je odkril skoraj vse sodobne naprave, od oklepnega vozila do strojnice, od letala do helikopterja, od vodne turbine do parnega stroja in od daljnogleda do računalnika. Najbrž je pravi odgovor med obema skrajnostma. Tehniške risbe brez dvoma kažejo, da je da Vinci dojel delovanje strojev in pokazal veliko daru za sestavljanje njihovih delov. Modele za naprave, ki jih je z risbami nakazal, pa so izdelali veliko pozneje. Danes prevladuje prepričanje, da gre prete-

žni del zasluge tistemu, ki zamisel izpelje ali nalogo dokončno reši, in le manjši del tistemu, ki rešitev nakaže ali predlaga. Risbe, ki veljajo za daljne zasnove sodobnih naprav, se od teh naprav bistveno razlikujejo. Kljub takim pomislekom izstopa da Vincijeva vsestranskost in število in raznovrstnost njegovih predlogov zbudjata občudovanje. Močan vtis naredi ugotovitev »to so naredili stoletje ali dve pozneje«, ki smo jo večkrat ponovili. V tem pogledu je da Vinci tehniški prerok. O njem je strokovnjak upravičeno zapisal: »Ustvarjalec v vseh vejah umetnosti, odkritelj v večini vej naravoslovja in izumitelj v vseh vejah tehnike morda bolj kot kdor koli drug zasluži naslov 'univerzalni človek'«. Ko upoštevamo še njegove umetniške dosežke, Leonarda da Vincija upravičeno štejemo med ljudi, ki so odločilno oblikovali prejšnje tisočletje.

Literatura:

Strnad, J., 2000: *Leonardo da Vinci. Fiziki, 3. del. Modrijan, Ljubljana, str. 9-20.*