

SADRŽAJ

1.	UVOD U TEHNIČKO CRTANJE	1
1.1.	Tehnički crtež	1
1.2.	Pribor za tehničko crtanje	1
2.	STANDARDI U TEHNIČKOM CRTANJU	5
2.1.	Vrste tehničkih crteža	5
2.2.	Vrste crta	7
2.3.	Namjena crta	8
2.4.	Standardna mjerila u tehničkom crtanju	9
2.5.	Standardni formati papira za crtanje	10
2.6.	Zaglavlja i sastavnice	11
2.7.	Tehničko pismo	13
	Pitanja i zadatci	14
	Prvi samostalni rad (standardi)	16
3.	GEOMETRIJSKE KONSTRUKCIJE	17
3.1.	Konstrukcija simetrale dužine	17
3.2.	Konstruiranje okomice iz točke na pravac	17
3.3.	Dijeljenje dužine na jednake dijelove	17
3.4.	Dijeljenje kuta na dva jednaka dijela	18
3.5.	Konstrukcija istostraničnog trokuta u kružnici	18
3.6.	Konstrukcija trokuta zadanih stranica	18
3.7.	Konstrukcija kvadrata zadane stranice	18
3.8.	Konstrukcija pravilnog peterokuta u zadanoj kružnici	19
3.9.	Konstrukcija pravilnog šesterokuta u zadanoj kružnici	19
3.10.	Konstrukcija pravilnog peterokuta zadane stranice	20
3.11.	Konstrukcija pravilnog šesterokuta zadane stranice	20
3.12.	Konstrukcija sedmerokuta u zadanoj kružnici	21
3.13.	Konstrukcija pravilnog višekutnika (n stranica) u zadanoj kružnici	21
3.14.	Spajanje kružnica tangentama	21
3.15.	Spajanje pravaca lukovima (kružni prijelazi)	22
4.	KONSTRUKCIJE TEHNIČKIH KRIVULJA	23
4.1.	Konstrukcije elipse	23
4.1.1.	Konstrukcija elipse pomoću konjugiranih promjera diobom	23
4.1.2.	Konstrukcija elipse pomoću dviju koncentričnih kružnica	24

4.1.3.	Konstrukcija elipse pomoću šestara unutar romba	24
4.1.4.	Konstrukcija valjka i polukugle pomoću šestara u izometriji	25
4.2.	Konstrukcija parabole	25
4.3.	Konstrukcija hiperbole	26
4.4.	Konstrukcija Arhimedove spirale	27
4.5.	Konstrukcija evolvente kružnice	27
4.6.	Konstrukcija cikloide	28
4.7.	Konstrukcija zavojnice	29
4.8.	Konstrukcija sinusoide	29
	Zadatci i pitanja	30
	Drugi samostalni program (poligoni i tehničke krivulje)	34

5.	KOTIRANJE	35
-----------	------------------	-----------

5.1.	Elementi kota	35
5.2.	Opća pravila za nanošenje kota	35
5.3.	Primjeri kotiranja s objašnjenjima	35
5.4.	Sustavi nanošenja kota	40
	Pitanja za ponavljanje i zadatci	41
	Treći samostalni program (kotiranje)	42

6.	PRAVOKUTNO PROJICIRANJE I KOTIRANJE	43
-----------	--	-----------

6.1.	Vrste projiciranja	43
6.2.	Kvadranti, oktanti i koordinate	44
6.3.	Pravokutno projiciranje na dvije ravnine	45
6.3.1.	Projiciranje točke na dvije ravnine	45
6.3.2.	Projiciranje dužine na dvije ravnine	45
6.3.3.	Projiciranje pravca na dvije ravnine	46
6.3.4.	Projiciranje ravnine na dvije ravnine	46
6.3.5.	Prodori i probodišta	47
6.3.6.	Projiciranje ravnih likova na dvije ravnine	48
6.3.7.	Projiciranje pravilnih geometrijskih tijela na dvije ravnine	49
	Pitanja za ponavljanje i zadaci	50
6.4.	Pravokutno projiciranje točke, dužine i likova na tri ravnine	51
6.5.	Pravokutno projiciranje geometrijskih tijela na tri ravnine	53
6.5.1.	Smjer pogleda i raspored projekcija	53
6.5.2.	Pravokutne projekcije pravilnih geometrijskih tijela na tri ravnine	54
6.5.3.	Pravokutno projiciranje nepravilnih geometrijskih tijela na tri ravnine	56
	Zadatci za vježbu	57
	Pitanja za ponavljanje	59
	Četvrti samostalni program (pravokutno projiciranje)	60

7.	PRESJECI RAVNINAMA, PRODORI I MREŽE TIJELA	61
7.1.	Mreže pravilnih geometrijskih tijela	61
7.2.	Razvijanje plašteva pravilnih geometrijskih tijela presječenih ravninom	64
7.2.1.	Kosi presjek prizme	64
7.2.2.	Presjeci piramide ravninom	66
7.2.3.	Kosi presjek stošca i mreža	68
7.2.4.	Kosi presjek valjka i mreža	69
7.2.5.	Crtanje prodora valjak-valjak i njihovih plašteva	69
7.2.6.	Crtanje prodora tijela	70
	Zadatci za peti samostalni program (mreže i prodori)	72
8.	PROSTORNO PREDOČAVANJE I KOTIRANJE	73
8.1.	Uvod	73
8.2.	Metode prostornog predočavanja	73
8.3.	Perspektiva	73
8.4.	Dimetrija	75
8.5.	Kosa projekcija	75
8.6.	Izometrijska projekcija (izometrija)	76
	Zadaci za vježbu	77
	Primjeri za vježbu crtanja u izometriji	78
	Pitanja za ponavljanje i zadatci	79
	Zadatci za šesti samostalni program	80
9.	PRESJECI NEPRAVILNIH TIJELA	81
9.1.	Uvod	81
9.2.	Prikaz i šrafitiranje presjeka	81
9.3.	Trag ravnine presjeka	82
9.4.	Vrste presjeka	82
9.5.	Dijelovi koji se ne crtaju u presjeku	84
9.6.	Prijelomi i skraćivanja	85
	Pitanja za ponavljanje	85
	Sedmi samostalni rad	86
10.	POJEDNOSTAVNJENO CRTANJE I KOTIRANJE	87
10.1.	Pojednostavnjenja pri crtanju navoja i vijaka	87
10.2.	Pojednostavnjenja pri crtanju sitnih navoja, provrta i upusta	88
11.	SKICIRANJE	89
11.1.	Uvod	89

11.2.	Skiciranje predmeta u pravokutnoj predodžbi	89
11.3.	Skiciranje predmeta u prostornoj predodžbi	90
	Pitanja za ponavljanje i zadatci	90

12.	TOLERANCIJE I HRAPAVOST POVRŠINA	93
------------	---	-----------

12.1.	Tolerancije dužinskih mjera	93
12.1.1.	Vrste mjera	93
12.1.2.	Elementi tolerancija	93
12.1.3.	Kvaliteta tolerancije i položaj tolerancijskih polja	94
12.1.4.	Unošenje tolerancija na crtež	94
12.2.	Dosjedi i njihovo označavanje na crtežima	96
12.3.	Tolerancije oblika i položaja	97
12.4.	Hrapavost površina	106
12.4.1.	Uvod	106
12.4.2.	Primjeri označavanja površinske hrapavosti	107
	Pitanja za ponavljanje i zadatci	108
	Osmi samostalni rad	110

13.	IZRADA I ČITANJE CRTEŽA I SHEMA	111
------------	--	------------

13.1.	Izrada crteža i shema	111
13.2.	Čitanje crteža i shema	114
	Deveti samostalni program (izrada radioničkog i sklopnog crteža)	115

14.	SIMBOLI U TEHNIČKOM CRTANJU	117
------------	------------------------------------	------------

14.1.	Pojam i podjela simbola	117
14.2.	Dokumentacija, simboli i sheme električnih i elektroničkih sklopova	118
14.2.1.	Osnovni pojmovi	118
14.2.2.	Simboli u elektrotehnici i elektronici	118
14.2.3.	Shematski crteži električnih instalacija	120
14.2.4.	Shematski crteži u elektronici	121
14.2.5.	Shematski blok-dijagrami	122
14.3.	Simboli i sheme u strojarstvu i prometu	124
	Pitanja za ponavljanje i primjeri	129

15.	DOKUMENTACIJA I ARHIVIRANJE DOKUMENATA	131
------------	---	------------

15.1.	Tehnička dokumentacije	131
15.1.1.	Pojam i vrste dokumentacije	131
15.1.2.	Izgled nekih dokumenata koji se koriste u proizvodnji	131
15.2.	Arhiviranje (pohrana) dokumenata	133
15.2.1.	Mikrofilm	133

15.2.2.	Digitaliziranje i elektroničko arhiviranje dokumenata	134
	Pitanja za ponavljanje	134

16.	PREDOČAVANJE STROJNIH ELEMENATA	135
------------	--	------------

16.1.	Predočavanje navoja i vijaka	135
16.2.	Predočavanje klinova	136
16.3.	Predočavanje zavarenih spojeva	136
16.4.	Predočavanje opruga	137
16.5.	Predočavanje zupčanika	137
16.6.	Predočavanje valjnih ležaja	138
	Pitanja za ponavljanje	138

17.	Crtanje u AutoCAD-u	139
------------	----------------------------	------------

17.1.	Uvod u AutoCAD	141
17.1.1.	Uporaba računala u konstrukcijskom uredu	141
17.1.2.	CAD – Computer Aided Design (projektiranje pomoću računala)	142
17.1.3.	CAD radno mjesto	143
17.1.4.	CAD radne tehnike	143
17.1.5.	O programu AutoCAD	145
17.1.6.	Elementi korisničke radne površine AutoCAD-a	146
17.1.7.	Namještanja korisničkih postavki AutoCAD-a	147
17.1.7.1.	Namještanje boje polja za crtanje i veličine križnog pokazivača	147
17.1.7.2.	Ostala namještanja u prozoru Options	148
17.1.8.	Uporaba prečaca, funkcijskih i drugih tipki pri radu s AutoCAD-om	149
17.1.9.	Vođenje prikazivanja crteža (Zoom naredbe)	150
17.1.10.	Označavanje (selektiranje) objekata ili crteža (Select)	150
17.1.11.	Brisanje objekata ili crteža (Erase)	151
17.1.12.	Naredba Pan (pomicanje)	151
17.1.13.	Promjena načine rada u AutoCAD-u (Workspace Settings)	152
17.1.14.	Ciljanje točaka mreže (Snap) i karakterističnih točaka (Osnap)	152
17.1.15.	Preslikavanje svojstava objekata (Match Properties)	153
17.1.16.	Mijenjanje svojstava objekata (Properties)	153
	Pitanja i zadatci	154

17.2.	Izrada 2D crteža u AutoCAD-u	155
17.2.1.	Pokretanje AutoCAD-a	155
17.2.2.	Koordinatni sustav i crtanje točke (naredba Point)	155
17.2.3.	Crtanje ravnih crta (naredba Line)	156
17.2.4.	Crtanje kruga – kružnica (Circle)	157
17.2.5.	Crtanje segmentnih crta (Polyline)	158
17.2.6.	Crtanje pravokutnika (Rectangle)	159

17.2.7.	Crtanje pravilnih višekutnika (Polygon)	160
17.2.8.	Crtanje kružnih lukova (Arc)	161
17.2.9.	Crtanje elipse (Ellipse)	162
17.2.10.	Crtanje glatkih krivulja (Spline)	163
17.2.11.	Crtanje zraka (Ray)	163
17.2.12.	Crtanje pomoćnih linija konstrukcija (Construction Line)	163
17.2.13.	Crtanje oblačića (Revision Cloud)	164
17.2.14.	Naredbe Divide i Measure	164
17.2.15.	Skiciranje u AutoCAD-u (naredba Sketch)	165
17.2.16.	Naredba Donut (krafna)	165
17.2.17.	Odabir svojstava crta i objekata (boja, širina i vrsta)	165
	Zadatci za vježbu: izrada jednostavnih 2D crteža u AutoCAD-u	166

18.3.	Uporaba alata za izmjene na crtežima (Modify) i pomoćnih alata	169
17.3.1.	Uvod	169
17.3.2.	Premještanje objekata (Move)	169
17.3.3.	Brisanje objekata (Erase)	170
17.3.4.	Preslikavanje objekata (Copy Object)	170
17.3.5.	Zakretanje objekata (Rotate)	170
	Zadatci za vježbu	171
17.3.6.	Promjena veličine objekata (Scale)	172
17.3.7.	Istezanje objekata (Stretch)	172
17.3.8.	Produljivanje i skraćivanje objekata (Lengthen)	173
17.3.9.	Prekidanje objekata (Break) i pridruživanje dijelova objekta (Join)	173
17.3.10.	Rastavljanje objekata na sastavne dijelove (Explode)	174
17.3.11.	Rezanje viška crta škarama (Trim)	174
17.3.12.	Spajanje linija krivuljom (Blend Curves)	175
17.3.13.	Usporedne preslike skupa objekata (Offset)	176
17.3.14.	Zrcaljenje objekata (Mirror)	176
17.3.15.	Naredba za poravnanje (Align)	176
17.3.16.	Spajanje krajeva crta lukovima (Fillet)	177
17.3.17.	Spajanje crta uporabom zasjeka (Chamfer)	178
17.3.18.	Višestruko preslikavanje u pravokutnom rasp. (Rectangular Array)	178
17.3.19.	Višestruko preslikavanje u kružnom rasporedu (Polar Array)	179
	Zadatci za vježbu	180

17.4.	Uporaba alata s ploče za notiranje (Anotate)	185
17.4.1.	Pisanje teksta na crtežu (MText, Text)	185
17.4.2.	Unošenje kota na crtež (Dimensions)	187
	Zadatci za vježbu	190
17.4.3.	Crtanje tablica u AutoCAD-u (Table)	195
17.4.4.	Oblikovanje zatvorenih područja (Region)	196

17.4.5.	Šrafiranje i sjenčanje površina u AutoCAD-u (Hatch)	197
17.4.6.	Mjerenja u AutoCAD-u (Measure)	199
	Zadatci za vježbu	200
17.5.	Slojevi, blokovi (Blocks), vanjske reference (xRef), ispis crteža	203
17.5.1.	Stvaranje slojeva i dodjeljivanje objekata sloju	203
17.5.2.	Odabir mjernih jedinica za crtanje	204
17.5.3.	Koordinatni sustavi (WCS, UCS)	205
17.5.4.	Stvaranje i umetanje blokova	206
17.5.5.	Organiziranje objekata u skupine (Groups)	208
17.5.6.	Pronalaženje crteža na računalu (Find)	208
17.5.7.	Umetanje vanjskih referenci u crtež (xRef)	209
17.5.8.	Središte oblikovanja (DesignCenter)	210
17.5.9.	Priprema crteža za ispis na pisaču ili ploteru (Plot)	211
	Zadatci za vježbu	215
17.6.	Kreiranje 3D crteža u AutoCAD-u (3D Modeling)	219
17.6.1.	Uvod u trodimenzionalno crtanje (3D)	219
17.6.2.	Orijentiranje u 3D koordinatnom sustavu	220
17.6.3.	Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Box)	220
17.6.4.	Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Cylinder i Sphere)	221
17.6.5.	Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Polysolid)	222
17.6.6.	Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Cone, Wedge, Torus)	223
17.6.7.	Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Pyramid i Helix)	223
17.6.8.	Uređivanje čvrstih 3D objekata uporabom hvataljki	224
	Zadatci za vježbu	225
17.6.9.	Stvaranje 3D objekata iz dvodimenzionalnih likova (Extrude)	227
	Zadatci za vježbu	228
17.6.10.	Stvaranje složenih 3D objekata uporabom UCS-a	230
	Zadatci za vježbu	231
17.6.11.	Pravokutne projekcije 3D modela	233
17.6.12.	Navigacija u 3D načinu crtanja	234
17.6.13.	Uporaba drugih alata za 3D modeliranje	236
	Zadatci za vježbu	238
18.	ZADACI ZA VJEŽBE CRTANJA	241
	KAZALO POJMOVA	259
	LITERATURA	262