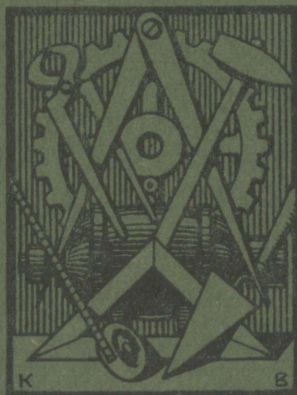


Lühendatud väljaanne.

M. VELLEMA

TEHNIIKA KÄSIRAAMAT



AUTORI KIRJASTUS TARTUS 1939.

Matemaatika.

I. Tabelid	1—30
II. Aritmeetika	32—36
III. Algebra	36—37
IV. Trigonomeetria	38
V. Geomeetria	39—42

Teoreetiline mehaanika.

I. Tahkekehade mehaanika	42—56
II. Hüdromehaanika	57—62
III. Gaasidemehaanika	63—65

Materjalid.

I. Tähtsamate ainete füüsikalisi omadusi	66—73
II. Tähtsamaid keemilisi ühendusi	74—77
III. Tähtsamaid terase ja malmi sorte DIN järgi	77
IV. Tehniliselt tähtsamaid sulameid	81—82
V. Tehnilisi tabeleid	83—91
VI. Puit	92—95
VII. Määrdeõlid	96—98

Tugevusõpetus.

I. Pinged ja tugevused	99—102
II. Lubatud pinged	102—103
III. Arvutusvõrrandid ja tabeleid	103—110
Torud ja nende osad	111—118

Soojustehnika.

I. Soojus	119—128
II. Põlemine ja põletised	129—131

Elektrotehnika.

A. Üldandmeid	132—195
B. Alalisvoolu generaatorid ja mootorid	136—137
C. Vahelduvool	138—139
D. Sageli esinevaid elektermasinate rikkeid	139—140
E. Umformerid ja transformatorid	140
Pingelanguse, võimsuskao ja vajanduva juhtme ristpinna arvutusvalemeid	141
F. Juhtmete arvutusi. Tabeleid ja arvutusnäiteid	141
G. Mõne elekteraparaadi- ja masina voolutarve vates	142
H. Elektrivalgustus.	
A) Valgusühikuid	143
B) Hõõglambid	144—145
I. Elektriseadme skeem	145
K. Elektriseadmete leppemärke ja seletusi	146—147
Mitmesuguseid tööstusmasinaid ja nende osi	148—158
Ehitustehnika	159—200

TARTU ÜLICOOLI
RAAMATUKOGU

ARHIIVKOGU

C 46807 084

M. VELLEMA

TEHNIKA KÄSIRAAMAT



Mõõdud.

1. Pikkusmõõdud: a) **Meetermõõdud:** 1 meeter (m) = $\frac{1}{4000000}$ maakera meridiaanist = 10 detsi- (dm) = 100 centi- (cm) = 1000 milli-meetrit (mm). 1 mikron μ = 0,001 mm; 1 müriameeter (mam) = 10 kilo- (km) = 100 hekto- (hm) = 1000 dekameetrit (dam).

b) **Eestis tarvitatud mõõdud:** 1 süld ($^{\circ}$) = 7 jalga ($'$) = 84 tolli ($''$) = 840 liini ($'''$) = 3 arssinat = 2,1336 m. 1 verst = 500 sülda = 1,0688 km.

c) **Inglise mõõdud:** 1 jard (yd) = 3'; 1' = 12" = 144''; 1 peni-koorem = 880 fathomi = 1760 jardi = 1,609 km; 1 fathom = 2 jardi = 6' = 1,828767 m.

d) **Teisi mõõte:** 1 sõlm = meremiil/t = 1,853 km/t; 1 ekvaatori kraad = 111,31 km; 1 meridiaani kraad = 111,11 km; 1 geogr.-miil = $\frac{1}{15}$ ekv. kraadi.

Pikkusmõõtude võrdlustabel.

Meetrid	Süllad	Jalad	Tollid	Jardid	Kilom.	Verstad	Meremiil	Ingl. miil	Geogr. miil
1	0,4687	3,2808	39,3	1,0936	1	0,9374	0,5399	0,6214	0,1347
2,1336	1	7	84	2,3333	1,0668	1	0,5760	0,6629	0,1437
0,3048	0,1429	1	12	0,3333	1,8532	1,7371	1	1,1509	0,2496
0,0254	0,0119	0,0833	1	0,0278	1,6094	1,5086	0,8689	1	0,2169
0,9144	0,4286	3	36	1	7,4277	6,9569	4,0070	4,6116	1

2. Pinnamõõdud: a) **Meetermõõdud:** 1 aar (a) = 1 dam² = 100 m² = 21,9676 ruutsülda; 1 hektaar (ha) = 100 a = 10 000 m² = 2,691 riia vakamaad = 5,492 tallinna vakamaad.

b) **Eestis tarvitatud mõõdud:** 1 ruutsüld (s²) = 49 jalga² = 9 arss.²; 1 tallinna vakamaa (tv) = 400 s² = 0,1921 ha; 1 riia vakamaa (rv) = 816,33 s² = 2,04 tv = 0,37161 ha; 1 tiin (dessatiin) = 2400 s² = 2,94 rv = 6 tv = 1,0925 ha.

c) **Inglise mõõdud:** 1 aaker = 4840 jardi² = 888,96 s².

Pinnamõõtude võrdlustabel.

Ruut-meetr.	Ruut-süllad	Ruut-jalad	Ruut-arssin.	Ruut-jardid	Ruut-kilom.	Ruut-verst.	Tiinud	Ingl. aakrid	Hek-taarid
1	0,2197	10,7643	1,9771	1,1960	1	0,8787	91,53	247,1	100
4,5528	1	49	9	5,4444	1,1381	1	104,167	281,22	113,806
0,0929	0,0204	1	0,1837	0,1111	0,0109	0,0096	1	2,7	1,0925
0,5058	0,1111	5,444	1	0,6049	0,0040	0,0035	0,3704	1	0,4047
0,8361	0,1837	9	1,6530	1	0,01	0,0088	0,9153	2,4711	1

3. Ruumalamõõdud. a) **Meetermõõdud:** 1 liiter (l) = 0,01 hekto-liitrit (hl) = 0,001 m³ = 1 dm³ = 0,813 toopi (ligikaudu $\frac{4}{5}$ toopi); 1 m³ = 1000 dm³ = 1000 liitrit. Ehitis- ja küttematerjali põhimõõduks on **steer (st)**; 1 st = 1 m³ = 0,102958 s³ = 35,3147 kantjalga; 1 deka-steer (das) = 10 steeri.

b) **Eestis tarvitatud mõõdud:** 1 kantsüld (s³) = 343 jalga³ (j³) = 27 arss.³; 1 pang = 750,568 tolli³ = 10 toopi = 12,299 l; 1 toop = 4 kortlit = 75 tolli³ = 1,22989 l; 1 riia vakk = 54 toopi = 4000 tolli³ = 66,4101 l; 1 tallinna vakk = 3 külimittu = 36 toopi = 2700 tolli³ = 44,2774 l.

c) **Inglise mõõdud:** 1 standard (metsamaterjali mõõtmiseks) = 165 jalga³ = 4,6695 m³; 1 registertonn = 100 j³ = 2,832 m³; 1 kvar-ter = 8 bušeli = 290,77 l; 1 bušel = 8 galloni = 36,34 l; 1 gallon =

= 4 kvartrit = 8 pinti = 3,69 toopi = 4,547 l; 1 kvarter = 2 pinti =
= 8 kiili = 0,92 toopi = 1,1387 l. 1 m³ = 0,10296 s³ = 1,308 yd³;
1 s³ = 9,7127 m³ = 12,7037 yd³.

Ruumalamõõtude võrdlustabel.

Kantdetsim. (liitrid)	Panged	Kanttollid	Kantjalad	Kant- arssinad	Inglise gal- lonid	Ameerika gallonid
1	0,0813	61,0234	0,03531	0,00278	0,220	0,2642
12,299	1	750,648	0,4343	0,0342	2,7056	3,25
0,01639	0,0013	1	0,00058	0,0000455	0,0036	0,0043
28,317	2,304	1,728	1	0,07872	6,23	7,48
359,729	9,2436	21,952	12,7037	1	79,0528	94,9424
4,546	0,3696	277,41	0,1605	0,0124	1	1,201
3,785	0,3077	231	0,1336	0,0105	0,8327	1

4. Raskusmõõdud. a) Meetermõõdud: 1 kilogramm (kg) = 10 hektog. (hg) = 100 dekagrammi (dag) = 1000 grammi (g) = 1 liitri destilleeritud vee raskusega 4^o C juures; 1 tonn (t) = 10 sentnerit = 1000 kg; 1 g = 10 detsig (dg) = 100 centig (cg) = 1000 millig (mg).

b) Eestis tarvitatud mõõdud: 1 puud (pd) = 2 leisikat = 40 naela (n); 1 nael = 32 loodi = 96 solotnikku = 409,5 g.

c) Englise mõõdud: 1 inglise tonn (long ton) = 20 inglise sentnerit (hundredweight (cwt)) = 80 kvarterit = 2240 kaubanaela (avoirdupois lbs) = 1016,0475 kg; 1 ingl. kaubanael = 16 untsi (ounce, oz) = 256 drahmi (drams, dwts) = 453,593 g. Väärismetalli (kulda ja hõbedat) mõõdetakse nn. troi- (troy-weight) naeladega (tr.n.); 1 troinael = 12 untsi = 240 drahmi = 5760 greini (grains, grs) = 373,242 g; 1 karaat (juveelide kaalu-ühik) = 0,2 g.

Raskusmõõtude võrdlustabel.

Kilo- grammid	Puudad	End. naelad	Inglise naelad	Grammid	Loed	Solotnikud	Inglise naelad
1	0,06105	2,442	2,2046	1	0,0781	0,2344	0,0353
16,3805	1	40	36,1128	12,7973	1	3	0,4514
0,4095	0,025	1	0,9028	4,2658	0,3333	1	0,1505
0,4536	0,0277	1,1076	1	28,35	2,2153	6,6458	1

Meeter-tonnid	Puudad	Inglise tonnid = 2240 lbs	Inglise sentnerid = 112 lbs	Ameerika tonnid = 2000 lbs	Ameerika sentne- rid = 100 lbs
1	61,0482	0,9842	19,6841	1,1023	2,0461
0,0164	1	0,0161	0,3224	0,0181	0,3612
1,0161	62,0279	1	20	1,12	2,3
0,0508	3,1013	0,05	1	0,056	1,12
0,9072	55,3720	0,8929	17,8571	1	20
0,0454	2,7691	0,0446	0,8928	0,05	1

5. Töö ja võimsus.

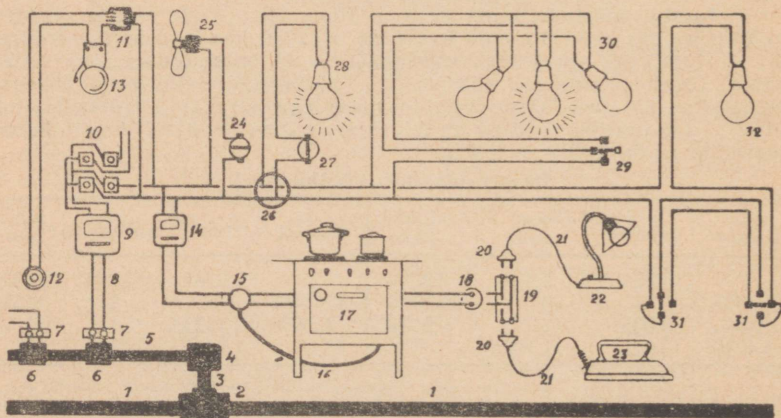
1 düün on jõud, mis annab 1 cm³ veemassile kiirenduse 1 cm/sek². 1 erg = 1 düün × 1 cm = tööle, mida teeb 1 düün 1 cm teel; 1 džaul = 10⁷ ergi = 1 vattsekund = 1 : 9,81 kgm = 0,102 kgm; 1 kg = 981000 düüni; 1 kgm = 9,81 · 10⁷ ergi = 0,81 džauli.

6. Kõvuseskaala Mohs'i (loe: moosi) järgi: 1 = talk; 2 = kivi-
sool või kips; 3 = kaltsiit (lubjapagu); 4 = fluuriit (sulapagu); 5 =
apatiit; 6 = põllupagu; 7 = kvarts; 8 = topaas; 9 = korund; 10 =
teemant.

Olenevus voolutugevuse, pinge, takistuse ja võimsuse vahel.

Vooluliik		Voolutugev. ampreis (A) $I =$	Pinge voldes (V) $U =$	Takistus oomes $R =$	Võimsus		
					Tegev-vates (W) $N =$	Näiv-volt- amper (VA) $N_n =$	Ebav. v. (W) $N_e =$
Alalis- ja ind.-ta üksfaasvool		$U : R$	$I \cdot R$	$U : I$	$U \cdot I = I^2 R$ $= U^2 : R$	N	0
Keerdvool	induktsi- oonita	$U : 1,73 R$	$1,73 I R$	$U : 1,73 I$	$1,73 U I =$ $= 1,73 I^2 R$	N	0
	induktsi- ooniga	$U \cos \varphi : 1,73 R$	$\frac{1,73 I R}{\cos \varphi}$	$\frac{U \cos \varphi}{1,73 I}$	$1,73 U I \cos \varphi$	$1,73 U I$	$1,73 U I \sin \varphi$
Üksfaasvool ind-ga		$U \cos \varphi : R$	$I R : \cos \varphi$	$U \cos \varphi : I$	$U I \cos \varphi$	$U I$	$U I \sin \varphi$

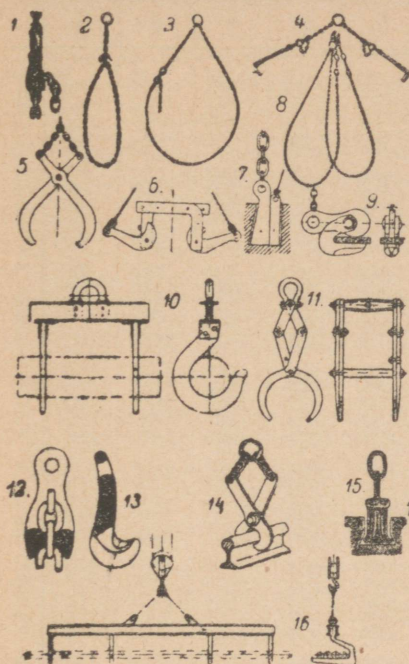
Elektriseadme skeem.



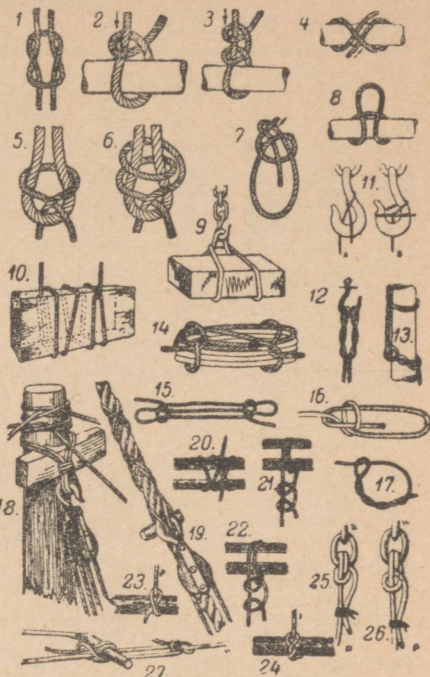
1 — toitekaabel, 2 — toitekaabli harumuhv, 3 — toitekaabli haru, 4 — majaühendi kast, 5 — maja magistraalliin, 6 — maja magistraalliini haruühend, 7 — korteri magistraali kaitsmed, 8 — korteri magistraal, 9 — elektriloendi (-mõõtja), 10 — rühma- või harukaitsmed, 11 — kella transformaator, 12 — kella lüliti, 13 — elektrikõlisti, 14 — majapidamisvoolu (tariif-) loendi, 15 — püsiühendus, 16 — elekterpliidi juhe, 17 — elekterpliiit, 18 — harklüliti pesa e. harukontakt, 19 — harukahvel, 20 — hark e. kahvel, 21 — voolutarvitaja juhe, 22 — valgusti, 23 — elektertriikraud, 24 — avatud lüliti, 25 — elekterventilaator, 26 — harukarp, 27 — suletud lüliti, 28 — põlev hõõglamp, 29 — rühmlüliti, 30 — rühmvalgusti, 31 — vahetuslüliti, 32 — hõõglamp.

Mitmesuguseid koormise haaramisvahendeid (haarateid).

Sõlmede moodustamisviise.



Joon. 61.



Joon. 62.

1 — eriline konks keti iga lüli haaramiseks, 12 ja 13 sama konks suurendatult; 2 — hariliku ja 3 — erilise konksu abil moodustatud silmus, 4 — metall-lehtede ja -plaatide haarati, 5, 11 ja 14 — mitmet liiki liigend-haarati, 6 — prismaalsete kehade haarati, 7 — lihtkiilhaarati kivide tõstmiseks, 8 — mitme rõngaga kett-silmused, 9 — ameerika näpits metall-lehtede ja -plaatide tõstmiseks; vaja kaks näpitsat; 10 — silindriliste kehade haarati, 15 — liigend-kiilhaarati, 16 — varbadehaarati.

1 — kahe ühejämusega köie ühendamine, 2 ja 3 liht- ja topeltsõlm, 4 — surmasõlm, 5 ja 6 — šotisõlm (liht- ja topelt), 7 — liitsõlm, 8 ja 13 — sõlmed palkide tõstmisel: esimene vertikaal-, teine horisontaalasendis, 9 ja 10 — prusside ja kastide tõstmisõlmed, 11 — köie kinnitussõlm konksu külge; kui köis on rasvane, siis juhus B; 12 — liitsõlm samaks otstarbeks, 14 ja 15 — köie lühendamiseviise; 16, 17 ja 20—26 mitmesuguseid sõlme ja silmuse moodustamisviise. 18 ja 19 — talide kinnitusviise mastele, 27 — lahtistatav köite-ühendus.

Magnetitõstuk e. magnetkraana. Praegusajal tarvitatakse laialt mitmesuguste teras-, nikkel- ja malmesemete tõstmiseks magnetkraanat, kus raskust tõstva trossi või keti otsas haarati asemel ripub tugev elektromagnet, nn. tõstemagnet, kuhu külge tõmbuvad nimetatud esemed, kui elektromagnetit läbib elektrivool. Magnetitõstuki paremused: pole vaja esemeid kinnitada ega lahtistada haaratitega, mis on tülikas ja kulutab palju aega.

Kolmekohaliste arvude

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
00	0	1	3	6	10	15	21	28	36	45	00
01	55	66	78	91	105	120	136	153	171	190	01
02	210	231	253	276	300	325	351	378	406	435	02
03	465	496	528	561	595	630	666	703	741	780	03
04	820	861	903	* 946	990	1035	1081	1128	1176	1225	04
05	1275	1326	1378	1431	1485	1540	1596	1653	1711	1770	05
06	1830	1891	1953	2016	2080	2145	2211	2278	2346	2415	06
07	2485	2556	2628	2701	2775	2850	2926	3003	3081	3160	07
08	3240	3321	3403	3486	3570	3655	3741	3828	3916	4005	08
09	4095	4186	4278	4371	4465	4560	4656	4753	4851	4950	09
10	5050	5151	5253	5356	5460	5565	5671	5778	5886	5995	10
11	6105	6216	6328	6441	6555	6670	6786	6903	7021	7140	11
12	7260	7381	7503	7626	7750	7875	8001	8128	8256	8385	12
13	8515	8646	8778	8911	9045	9180	9316	9453	9591	9730	13
14	9870	10011	10153	10296	10440	10585	10731	10878	11026	11175	14
15	11325	11476	11628	11781	11935	12090	12246	12403	12561	12720	15
16	12880	13041	13203	13366	13530	13695	13861	14028	14196	14365	16
17	14535	14706	14878	15051	15225	15400	15576	15753	15931	16110	17
18	16290	16471	16653	16836	17020	17205	17391	17578	17766	17955	18
19	18145	18336	18528	18721	18915	19110	19306	19503	19701	19900	19
20	20100	20301	20503	20706	20910	21115	21321	21528	21736	21945	20
21	22155	22366	22578	22791	23005	23220	23436	23653	23871	24090	21
22	24310	24531	24753	24976	25200	25425	25651	25878	26106	26335	22
23	26565	26796	27028	27261	27495	27730	27966	28203	28441	28680	23
24	28920	29161	29403	29646	29890	30135	30381	30628	30876	31125	24
25	31375	31626	31878	32131	32385	32640	32896	33153	33411	33670	25
26	33930	34191	34453	34716	34980	35245	35511	35778	36046	36315	26
27	36585	36856	37128	37401	37675	37950	38226	38503	38781	39060	27
28	39340	39621	39903	40186	40470	40755	41041	41328	41616	41905	28
29	42195	42486	42778	43071	43365	43660	43956	44253	44551	44850	29
30	45150	45451	45753	46056	46360	46665	46971	47278	47586	47895	30
31	48205	48516	48828	49141	49455	49770	50086	50403	50721	51040	31
32	51360	51681	52003	52326	52650	52975	53301	53628	53956	54285	32
33	54615	54946	55278	55611	55945	56280	56616	56953	57291	57630	33
34	57970	58311	58653	58996	59340	59685	60031	60378	60726	61075	34
35	61425	61776	62128	62481	62835	63190	63546	63903	64261	64620	35
36	64980	65341	65703	66066	66430	66795	67161	67528	67896	68265	36
37	68635	69006	69378	69751	70125	70500	70876	71253	71631	72010	37
38	72390	72771	73153	73536	73920	74305	74691	75078	75466	75855	38
39	76245	76636	77028	77421	77815	78210	78606	79003	79401	79800	39
40	80200	80601	81003	81406	81810	82215	82621	83028	83436	83845	40
41	84255	84666	85078	85491	85905	86320	86736	87153	87571	87990	41
42	88410	88831	89253	89676	90100	90525	90951	91378	91806	92235	42
43	92665	93096	93528	93961	94395	94830	95266	95703	96141	96580	43
44	97020	97461	97903	98346	98790	99235	99681	100128	100576	101025	44
45	101475	101926	102378	102831	103285	103740	104196	104653	105111	105570	45
46	106030	106491	106953	107416	107880	108345	108811	109278	109746	110215	46
47	110685	111156	111628	112101	112575	113050	113526	114003	114481	114960	47
48	115440	115921	116403	116886	117370	117855	118341	118828	119316	119805	48
49	120295	120786	121278	121771	122265	122760	123256	123753	124251	124750	49

Tabeli kasustamine.

Tabelis on esitatud kõik kolmekohased arvud nii, et sajalised ja kümnelised on tabeli äärmiselt vertikaal-lahtreisi, kuna üheliised — esimeses horisontaal-reas; arvutamiseks vajanduvad arvud saame kümneliste ridade ja üheliiste lahtrite ristumisel. Näide: Leida 849×635 . Toimetame järgmiselt: 1) 84 rea (sajad ja kümned), lk. 7, ja 9 lahtri (üheliised) ristumisel leiame arvu 360825; 2) vähendades väiksemat tegurit

korrutamistabel.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
50	125250	125751	126253	126756	127260	127765	128271	128778	129286	129795	50
51	130305	130816	131328	131841	132355	132870	133386	133903	134421	134940	51
52	135460	135981	136503	137026	137550	138075	138601	139128	139656	140185	52
53	140715	141246	141778	142311	142845	143380	143916	144453	144991	145530	53
54	146070	146611	147153	147696	148240	148785	149331	149878	150426	150975	54
55	151525	152076	152628	153181	153735	154290	154846	155403	155961	156520	55
56	157080	157641	158203	158766	159330	159895	160461	161028	161596	162165	56
57	162735	163306	163878	164451	165025	165600	166176	166753	167331	167910	57
58	168490	169071	169653	170236	170820	171405	171991	172578	173166	173755	58
59	174345	174936	175528	176121	176715	177310	177906	178503	179101	179700	59
60	180300	180901	181503	182106	182710	183315	183921	184528	185136	185745	60
61	186355	186966	187578	188191	188805	189420	190036	190653	191271	191890	61
62	192510	193131	193753	194376	195000	195625	196251	196878	197506	198135	62
63	198765	199396	200028	200661	201295	201930	202566	203203	203841	204480	63
64	205120	205761	206403	207046	207690	208335	208981	209628	210276	210925	64
65	211575	212226	212878	213531	214185	214840	215496	216153	216811	217470	65
66	218130	218791	219453	220116	220780	221445	222111	222778	223446	224115	66
67	224785	225456	226128	226801	227475	228150	228826	229503	230181	230860	67
68	231540	232221	232903	233586	234270	234955	235641	236328	237016	237705	68
69	238395	239086	239778	240471	241165	241860	242556	243253	243951	244650	69
70	245350	246051	246753	247456	248160	248865	249571	250278	250986	251695	70
71	252405	253116	253828	254541	255255	255970	256686	257403	258121	258840	71
72	259560	260281	261003	261726	262450	263175	263901	264628	265356	266085	72
73	266815	267546	268278	269011	269745	270480	271216	271953	272691	273430	73
74	274170	274911	275653	276396	277140	277885	278631	279378	280126	280875	74
75	281625	282376	283128	283881	284635	285390	286146	286903	287661	288420	75
76	289180	289941	290703	291466	292230	292995	293761	294528	295296	296065	76
77	296835	297606	298378	299151	299925	300700	301476	302253	303031	303810	77
78	304590	305371	306153	306936	307720	308505	309291	310078	310866	311655	78
79	312445	313236	314028	314821	315615	316410	317206	318003	318801	319600	79
80	320400	321201	322003	322806	323610	324415	325221	326028	326836	327645	80
81	328455	329266	330078	330891	331705	332520	333336	334153	334971	335790	81
82	336610	337431	338253	339076	339900	340725	341551	342378	343206	344035	82
83	344865	345696	346528	347361	348195	349030	349866	350703	351541	352380	83
84	353220	354061	354903	355746	356590	357435	358281	359128	359976	360825	84
85	361675	362526	363378	364231	365085	365940	366796	367653	368511	369370	85
86	370230	371091	371953	372816	373680	374545	375411	376278	377146	378015	86
87	378885	379756	380628	381501	382375	383250	384126	385003	385881	386760	87
88	387640	388521	389403	390286	391170	392055	392941	393828	394716	395605	88
89	396495	397386	398278	399171	400065	400960	401856	402753	403651	404550	89
90	405450	406351	407253	408156	409060	409965	410871	411778	412686	413595	90
91	414505	415416	416328	417241	418155	419070	419986	420903	421821	422740	91
92	423660	424581	425503	426426	427350	428275	429201	430128	431056	431985	92
93	432915	433846	434778	435711	436645	437580	438516	439453	440391	441330	93
94	442270	443211	444153	445096	446040	446985	447931	448878	449826	450775	94
95	451725	452676	453628	454581	455535	456490	457446	458403	459361	460320	95
96	461280	462241	463203	464166	465130	466095	467061	468028	468996	469965	96
97	470935	471906	472873	473851	474825	475800	476776	477753	478731	479710	97
98	480690	481671	482653	483636	484620	485605	486591	487578	488566	489555	98
99	490545	491536	492528	493521	494515	495510	496506	497503	498501	499500	99

(635) ühe võrra, leiame samuti nagu enne 634-le tabelist vastava arvu 201295; 3) leitud arvud liidame: $360825 + 201295 = 562120$; 4) lahutame suuremast tegurist väiksema: $849 - 635 = 214$; 5) leiame 214-le tabelist vastava arvu 23005; 6) lahutame varemalt saadud summast 562120 arvu 23005, saame otsitava korrutise: 539115.

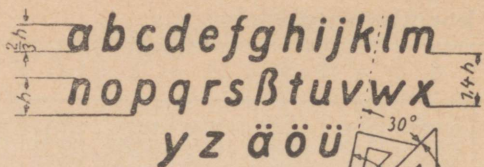
Tähele panna! Alati tuleb vähendada ühe võrra väiksemat tegurit.

VIII

Plökk-kirja tähestik.

Kirja kallak on 75° , mida saavutatakse kahe kolmnurgaga (vt. joon.). Väike- ja suurtähtede ning ridade kauguse leiame järgmiste arvudega: 1,75—2,5—3,5—5—7—10—14—20—28—40—56—80—112—160, kus 3 üks-teisele järjestikku seisvat arvu näitavad väike- ja suurtähtede kõrguse ning ridade kauguse.

Näide: 1) Kui väiketähtede kõrgus on 7 mm, siis suurtähtede kõrgus peab olema 10 mm ja ridade kaugus 14 mm; 2) kui suurtähtede kõrgus on 28 mm, siis väikeste kõrgus peab olema 20 ja ridade kaugus — 40 mm. Tähtede paksus peab olema $\frac{1}{10}$ ridade kaugusest.



ABCDEF GHIJK
LMNOPQRSTU
VWXYZ ÄÖÜ

1234567890

VIII XV XIII

Kreeka tähestik.

α , A	alfa
β , B	beeta
γ , Γ	gamma
δ , Δ	delta
ϵ , Ε	e psilon
ζ , Ζ	dseeta
η , Η	eeta
θ , Θ	teeta
ι , Ι	ioota
κ , Κ	kappa
λ , Λ	lambda
μ , Μ	müü
ν , Ν	nüü
ξ , Ξ	ksii
$\omicron$, Ο	o mikron
π , Π	pii
ρ , Ρ	roo
σ , Σ	sigma
τ , Τ	tau
υ , Υ	ü psilon
ϕ , Φ	fii
χ , Χ	chii
ψ , Ψ	psii
ω , Ω	o mega

Suur ükskordüks.

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	2
3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	3
4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	4
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	5
6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	6
7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112	119	126	133	140	7
8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	8
9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180	9
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	10
11	22	33	44	55	66	77	88	99	110	121	132	143	154	165	176	187	198	209	220	11
12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192	204	216	228	240	12
13	26	39	52	65	78	91	104	117	130	143	156	169	182	195	208	221	234	247	260	13
14	28	42	56	70	84	98	112	126	140	154	168	182	196	210	224	238	252	266	280	14
15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	15
16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	176	192	208	224	240	256	272	288	304	320	16
17	34	51	68	85	102	119	136	153	170	187	204	221	238	255	272	289	306	323	340	17
18	36	54	72	90	108	126	144	162	180	198	216	234	252	270	288	306	324	342	360	18
19	38	57	76	95	114	133	152	171	190	209	228	247	266	285	304	323	342	361	380	19
20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	20
21	42	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252	273	294	315	336	357	378	399	420	21
22	44	66	88	110	132	154	176	198	220	242	264	286	308	330	352	374	396	418	440	22
23	46	69	92	115	138	161	184	207	230	253	276	299	322	345	368	391	414	437	460	23
24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336	360	384	408	432	456	480	24
25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	25
26	52	78	104	130	156	182	208	234	260	286	312	338	364	390	416	442	468	494	520	26
27	54	81	108	135	162	189	216	243	270	297	324	351	378	405	432	459	486	513	540	27
28	56	84	112	140	168	196	224	252	280	308	336	364	392	420	448	476	504	532	560	28
29	58	87	116	145	174	203	232	261	290	319	348	377	406	435	464	493	522	551	580	29
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	30
31	62	93	124	155	186	217	248	279	310	341	372	403	434	465	496	527	558	589	620	31
32	64	96	128	160	192	224	256	288	320	352	384	416	448	480	512	544	576	608	640	32
33	66	99	132	165	198	231	264	297	330	363	396	429	462	495	528	561	594	627	660	33
34	68	102	136	170	204	238	272	306	340	374	408	442	476	510	544	578	612	646	680	34
35	70	105	140	175	210	245	280	315	350	385	420	455	490	525	560	595	630	665	700	35
36	72	108	144	180	216	252	288	324	360	396	432	468	504	540	576	612	648	684	720	36
37	74	111	148	185	222	259	296	333	370	407	444	481	518	555	592	629	666	703	740	37
38	76	114	152	190	228	266	304	342	380	418	456	494	532	570	608	646	684	722	760	38
39	78	117	156	195	234	273	312	351	390	429	468	507	546	585	624	663	702	741	780	39
40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640	680	720	760	800	40
41	82	123	164	205	246	287	328	369	410	451	492	533	574	615	656	697	738	779	820	41
42	83	126	168	210	252	294	336	378	420	462	504	546	588	630	672	714	756	798	840	42
43	86	129	172	215	258	301	344	387	430	473	516	559	602	645	688	731	774	817	860	43
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	

Tabeli kasutamine. 37 ja 19 korrutis on 37 horisontaalne ja 19 vertikaalne ristumisel, järelikult $37 \cdot 19 = 703$.

Matemaatika.

I. Tabelid.

1. Ruudud, kuubid, ruutjuured, kuupjuured, logaritmid, ringide ümbermõõdud ja pindalad arvudest 1—1000.

1—40

	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$	d
	1	1	1,0000	1,0000	0,0000	0,314	0,0079	0,1
	2	8	1,4142	1,2599	0,3010	0,628	0,0314	2
	3	27	1,7321	1,4422	0,4771	0,942	0,0707	3
	4	64	2,0000	1,5874	0,6021	1,257	0,1257	4
	5	125	2,2361	1,7100	0,6990	1,571	0,1964	5
	6	216	2,4495	1,8171	0,7781	1,885	0,2827	6
	7	343	2,6458	1,9129	0,8451	2,199	0,3848	7
	8	512	2,8284	2,0000	0,9031	2,513	0,5026	8
	9	729	3,0000	2,0801	0,9542	2,827	0,6362	9
	10	1000	3,1623	2,1544	1,0000	3,142	0,7854	1,0
10	11	1331	3,3166	2,2240	1,0414	3,456	0,9503	1
	12	1728	3,4641	2,2894	1,0792	3,770	1,1310	2
	13	2197	3,6056	2,3513	1,1139	4,084	1,3273	3
	14	2744	3,7417	2,4101	1,1461	4,398	1,5394	4
	15	3375	3,8730	2,4662	1,1761	4,712	1,7671	5
	16	256	4,0000	2,5198	1,2041	5,027	2,0106	6
	17	289	4,1231	2,5713	1,2304	5,341	2,2698	7
	18	324	4,2426	2,6207	1,2553	5,655	2,5447	8
	19	361	4,3589	2,6684	1,2788	5,969	2,8353	9
	20	400	4,4721	2,7144	1,3010	6,283	3,1416	2,0
20	21	441	4,5826	2,7589	1,3222	6,597	3,4636	1
	22	484	4,6904	2,8020	1,3424	6,912	3,8013	2
	23	529	4,7958	2,8439	1,3617	7,226	4,1548	3
	24	576	4,8990	2,8845	1,3802	7,540	4,5239	4
	25	625	5,0000	2,9240	1,3979	7,854	4,9087	5
	26	676	5,0990	2,9625	1,4150	8,168	5,3093	6
	27	729	5,1962	3,0000	1,4314	8,482	5,7256	7
	28	784	5,2915	3,0366	1,4472	8,796	6,1575	8
	29	841	5,3852	3,0723	1,4624	9,111	6,6052	9
	30	900	5,4772	3,1072	1,4771	9,425	7,0686	3,0
30	31	961	5,5678	3,1414	1,4914	9,739	7,5477	1
	32	1024	5,6569	3,1748	1,5052	10,05	8,0425	2
	33	1089	5,7446	3,2075	1,5185	10,37	8,5530	3
	34	1156	5,8310	3,2396	1,5315	10,68	9,0792	4
	35	1225	5,9161	3,2711	1,5441	11,00	9,6211	5
	36	1296	6,0000	3,3019	1,5563	11,31	10,1788	6
	37	1369	6,0828	3,3322	1,5682	11,62	10,752	7
	38	1444	6,1644	3,3620	1,5798	11,94	11,341	8
	39	1521	6,2450	3,3912	1,5911	12,25	11,946	9
40	40	1600	6,3246	3,4200	1,6021	12,57	12,566	4,0

41—90

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$	d
41	1681	65921	8,4031	3,4482	1,6128	12,88	13,203	4,1
42	1764	74088	6,4807	3,4760	1,6232	13,19	13,854	2
43	1849	79507	6,5574	3,5034	1,6335	13,51	14,522	3
44	1936	85184	6,6332	3,5303	1,6435	13,82	15,205	4
45	2025	91125	6,7082	3,5569	1,6532	14,14	15,904	5
46	2116	97336	6,7823	3,5830	1,6628	14,45	16,619	6
47	2209	103823	6,8557	3,6088	1,6721	14,77	17,349	7
48	2304	110592	6,9282	3,6342	1,6812	15,08	18,096	8
49	2401	117649	7,0000	3,6593	1,6902	15,39	18,857	9
50	2500	125000	7,0711	3,6840	1,6990	15,71	19,635	5,0
51	2601	132651	7,1414	3,7084	1,7076	16,02	20,428	1
52	2704	140608	7,2111	3,7325	1,7160	16,34	21,237	2
53	2809	148877	7,2801	3,7563	1,7243	16,65	22,062	3
54	2916	157464	7,3485	3,7798	1,7324	16,96	22,902	4
55	3025	166375	7,4162	3,8030	1,7404	17,28	23,758	5
56	3136	175616	7,4833	3,8259	1,7482	17,59	24,630	6
57	3249	185193	7,5498	3,8485	1,7559	17,91	25,518	7
58	3364	195112	7,6158	3,8709	1,7634	18,22	26,421	8
59	3481	205379	7,6811	3,8930	1,7709	18,54	27,340	9
60	3600	216000	7,7460	3,9149	1,7782	18,85	28,274	6,0
61	3721	226981	7,8102	3,9365	1,7853	19,16	29,225	1
62	3844	238328	7,8740	3,9579	1,7924	19,48	30,191	2
63	3969	250047	7,9373	3,9791	1,7993	19,79	31,172	3
64	4096	262144	8,0000	4,0000	1,8062	20,11	32,170	4
65	4225	274625	8,0623	4,0207	1,8129	20,42	33,183	5
66	4356	287496	8,1240	4,0412	1,8195	20,73	34,212	6
67	4489	300763	8,1854	4,0615	1,8261	21,05	35,257	7
68	4624	314432	8,2462	4,0817	1,8325	21,36	36,317	8
69	4761	328509	8,3066	4,1016	1,8388	21,68	37,393	9
70	4900	343000	8,3666	4,1213	1,8451	21,99	38,485	7,0
71	5041	357911	8,4261	4,1408	1,8513	22,31	39,592	1
72	5184	373248	8,4853	4,1602	1,8573	22,62	40,715	2
73	5329	389017	8,5440	4,1793	1,8633	22,93	41,854	3
74	5476	405224	8,6023	4,1983	1,8692	23,25	43,008	4
75	5625	421875	8,6603	4,2172	1,8751	23,56	44,179	5
76	5776	438976	8,7178	4,2358	1,8808	23,88	45,365	6
77	5929	456533	8,7750	4,2543	1,8865	24,19	46,566	7
78	6084	474552	8,8318	4,2727	1,8921	24,50	47,784	8
79	6241	493039	8,8882	4,2908	1,8976	24,82	49,017	9
80	6400	512000	8,9443	4,3089	1,9031	25,13	50,266	8,0
81	6561	531441	9,0000	4,3267	1,9085	25,45	51,530	1
82	6724	551368	9,0554	4,3445	1,9138	25,76	52,810	2
83	6889	571787	9,1104	4,3621	1,9191	26,08	54,106	3
84	7056	592704	9,1652	4,3795	1,9243	26,39	55,418	4
85	7225	614125	9,2195	4,3968	1,9294	26,70	56,745	5
86	7396	636056	9,2736	4,4140	1,9345	27,02	58,088	6
87	7569	658503	9,3274	4,4310	1,9395	27,33	59,447	7
88	7744	681472	9,3808	4,4480	1,9445	27,65	60,821	8
89	7921	704969	9,4340	4,4647	1,9494	27,96	62,211	9
90	8100	729000	9,4868	4,4814	1,9542	28,27	63,617	9,0

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^3}{4}$	d
91	8281	753571	9,5394	4,4979	1,9590	28,59	65,039	9,1
92	8464	778688	9,5917	4,5144	1,9638	28,90	66,476	2
93	8649	804357	9,6437	4,5307	1,9685	29,22	67,929	3
94	8836	830584	9,6954	4,5468	1,9731	29,53	69,398	4
95	9025	857375	9,7468	4,5629	1,9777	29,85	70,882	5
96	9216	884736	9,7980	4,5789	1,9823	30,16	72,382	6
97	9409	912673	9,8489	4,5947	1,9868	30,47	73,898	7
98	9604	941192	9,8995	4,6104	1,9912	30,79	75,430	8
99	9801	970299	9,9499	4,6261	1,9956	31,10	76,977	9
100	10000	1000000	10,0000	4,6416	2,0000	31,42	78,540	10,0
101	10201	1030301	10,0499	4,6570	2,0043	31,73	80,119	1
102	10404	1061208	10,0995	4,6723	2,0086	32,04	81,713	2
103	10609	1092727	10,1489	4,6875	2,0128	32,36	83,323	3
104	10816	1124364	10,1980	4,7027	2,0170	32,67	84,949	4
105	11025	1157625	10,2470	4,7177	2,0212	32,99	86,590	5
106	11236	1191016	10,2956	4,7326	2,0253	33,30	88,247	6
107	11449	1225043	10,3441	4,7475	2,0294	33,62	89,920	7
108	11664	1259712	10,3923	4,7622	2,0334	33,93	91,609	8
109	11881	1295029	10,4403	4,7769	2,0374	34,24	93,313	9
110	12100	1331000	10,4881	4,7914	2,0414	34,56	95,033	11,0
111	12321	1367631	10,5357	4,8059	2,0453	34,87	96,769	1
112	12544	1404928	10,5830	4,8203	2,0492	35,19	98,520	2
113	12769	1442897	10,6301	4,8346	2,0531	35,50	100,287	3
114	12996	1481544	10,6771	4,8488	2,0569	35,81	102,070	4
115	13225	1520875	10,7238	4,8629	2,0607	36,13	103,869	5
116	13456	1560896	10,7703	4,8770	2,0645	36,44	105,683	6
117	13689	1601613	10,8167	4,8910	2,0682	36,76	107,513	7
118	13924	1643032	10,8628	4,9049	2,0719	37,07	109,359	8
119	14161	1685159	10,9087	4,9187	2,0755	37,38	111,220	9
120	14400	1728000	10,9545	4,9324	2,0792	37,70	113,097	12,0
121	14641	1771561	11,0000	4,9461	2,0828	38,01	114,990	1
122	14884	1815848	11,0454	4,9597	2,0864	38,33	116,899	2
123	15129	1860867	11,0905	4,9732	2,0899	38,64	118,823	3
124	15376	1906624	11,1355	4,9866	2,0934	38,96	120,763	4
125	15625	1953125	11,1803	5,0000	2,0969	39,27	122,718	5
126	15876	2000376	11,2250	5,0133	2,1004	39,58	124,690	6
127	16129	2048383	11,2694	5,0265	2,1038	39,90	126,677	7
128	16384	2097152	11,3137	5,0397	2,1072	40,21	128,680	8
129	16641	2146689	11,3578	5,0528	2,1106	40,53	130,698	9
130	16900	2197000	11,4018	5,0658	2,1139	40,84	132,732	13,0
131	17161	2248091	11,4455	5,0788	2,1173	41,15	134,782	1
132	17424	2299968	11,4891	5,0916	2,1206	41,47	136,848	2
133	17689	2352637	11,5326	5,1045	2,1239	41,78	138,929	3
134	17956	2406104	11,5758	5,1172	2,1271	42,10	141,026	4
135	18225	2460375	11,6190	5,1299	2,1303	42,41	143,139	5
136	18496	2515456	11,6619	5,1426	2,1335	42,73	145,267	6
137	18769	2571353	11,7047	5,1551	2,1367	43,04	147,411	7
138	19044	2628072	11,7473	5,1676	2,1399	43,35	149,571	8
139	19321	2685619	11,7898	5,1801	2,1430	43,67	151,747	9
140	19600	2744000	11,8322	5,1925	2,1461	43,98	153,938	14,0

141—190

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\frac{1}{\sqrt{n}}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$	d
141	19881	2803221	11,8743	5,2048	2,1492	44,30	156,145	14,1
142	20164	2863288	11,9164	5,2171	2,1523	44,61	158,368	2
143	20449	2924207	11,9583	5,2293	2,1553	44,92	160,606	3
144	20736	2985984	12,0000	5,2415	2,1584	45,24	162,860	4
145	21025	3048625	12,0416	5,2536	2,1614	45,55	165,130	5
146	21316	3112136	12,0830	5,2656	2,1644	45,87	167,415	6
147	21609	3176523	12,1244	5,2776	2,1673	46,18	169,717	7
148	21904	3241792	12,1655	5,2896	2,1703	46,50	172,034	8
149	22201	3307949	12,2066	5,3015	2,1732	46,81	174,366	9
150	22500	3375000	12,2474	5,3133	2,1761	47,12	176,715	15,0
151	22801	3442951	12,2882	5,3251	2,1790	47,44	179,079	1
152	23104	3511808	12,3288	5,3368	2,1818	47,75	181,458	2
153	23409	3581577	12,3693	5,3485	2,1847	48,07	183,854	3
154	23716	3652264	12,4097	5,3601	2,1875	48,38	186,265	4
155	24025	3723875	12,4499	5,3717	2,1903	48,69	188,692	5
156	24336	3796416	12,4900	5,3832	2,1931	49,01	191,13	6
157	24649	3869893	12,5300	5,3947	2,1959	49,32	193,59	7
158	24964	3944312	12,5698	5,4061	2,1987	49,64	196,07	8
159	25281	4019679	12,6095	5,4175	2,2014	49,95	198,56	9
160	25600	4096000	12,6491	5,4288	2,2041	50,27	201,06	16,0
161	25921	4173281	12,6886	5,4401	2,2068	50,58	203,58	1
162	26244	4251528	12,7279	5,4514	2,2095	50,89	206,12	2
163	26569	4330747	12,7671	5,4626	2,2122	51,21	208,67	3
164	26896	4410944	12,8062	5,4737	2,2148	51,52	211,24	4
165	27225	4492125	12,8452	5,4848	2,2175	51,84	213,82	5
166	27556	4574296	12,8841	5,4959	2,2201	52,15	216,42	6
167	27889	4657463	12,9228	5,5069	2,2227	52,46	219,04	7
168	28224	4741632	12,9615	5,5178	2,2253	52,78	221,67	8
169	28561	4826809	13,0000	5,5288	2,2279	53,09	224,32	9
170	28900	4913000	13,0384	5,5397	2,2304	53,41	226,98	17,0
171	29241	5000211	13,0767	5,5505	2,2330	53,72	229,66	1
172	29584	5088448	13,1149	5,5613	2,2355	54,04	232,35	2
173	29929	5177717	13,1529	5,5721	2,2380	54,35	235,06	3
174	30276	5268024	13,1909	5,5828	2,2405	54,66	237,79	4
175	30625	5359375	13,2288	5,5934	2,2430	54,98	240,53	5
176	30976	5451776	13,2665	5,6041	2,2455	55,29	243,28	6
177	31329	5545233	13,3041	5,6147	2,2480	55,61	246,06	7
178	31684	5639752	13,3417	5,6252	2,2504	55,92	248,85	8
179	32041	5735339	13,3791	5,6357	2,2529	56,23	251,65	9
180	32400	5832000	13,4164	5,6462	2,2553	56,55	254,47	18,0
181	32761	5929741	13,4536	5,6567	2,2577	56,86	257,30	1
182	33124	6028568	13,4907	5,6671	2,2601	57,18	260,16	2
183	33489	6128487	13,5277	5,6774	2,2625	57,49	263,02	3
184	33856	6229504	13,5647	5,6877	2,2648	57,81	265,90	4
185	34225	6331625	13,6015	5,6980	2,2672	58,12	268,80	5
186	34596	6434856	13,6382	5,7083	2,2695	58,43	271,72	6
187	34969	6539203	13,6748	5,7185	2,2718	58,75	274,65	7
188	35344	6644672	13,7113	5,7287	2,2742	59,06	277,59	8
189	35721	6751269	13,7477	5,7388	2,2765	59,38	280,55	9
190	36100	6859000	13,7840	5,7489	2,2788	59,69	283,53	19,0

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$	d
191	36481	6967871	13,8203	5,7590	2,2810	60,00	286,52	19,1
192	36864	7077888	13,8564	5,7690	2,2833	60,32	289,53	2
193	37249	7189057	13,8924	5,7790	2,2856	60,63	292,55	3
194	37636	7301384	13,9284	5,7890	2,2878	60,95	295,59	4
195	38025	7414875	13,9642	5,7989	2,2900	61,26	298,65	5
196	38416	7529536	14,0000	5,8088	2,2923	61,58	301,72	6
197	38809	7645373	14,0357	5,8186	2,2945	61,89	304,81	7
198	39204	7762392	14,0712	5,8285	2,2967	62,20	307,91	8
199	39601	7880599	14,1067	5,8383	2,2989	62,52	311,03	9
200	40000	8000000	14,1421	5,8480	2,3010	62,83	314,16	20,0
201	40401	8120601	14,1774	5,8578	2,3032	63,15	317,31	1
202	40804	8242408	14,2127	5,8675	2,3054	63,46	320,47	2
203	41209	8365427	14,2478	5,8771	2,3075	63,77	323,65	3
204	41616	8489664	14,2829	5,8868	2,3096	64,09	326,85	4
205	42025	8615125	14,3178	5,8964	2,3118	64,40	330,06	5
206	42436	8741816	14,3527	5,9059	2,3139	64,72	333,29	6
207	42849	8869743	14,3875	5,9155	2,3160	65,03	336,54	7
208	43264	8998912	14,4222	5,9250	2,3181	65,35	339,79	8
209	43681	9129329	14,4568	5,9345	2,3202	65,66	343,07	9
210	44100	9261000	14,4914	5,9439	2,3222	65,97	346,36	21,0
211	44521	9393931	14,5258	5,9533	2,3243	66,29	349,67	1
212	44944	9528128	14,5602	5,9627	2,3263	66,60	352,99	2
213	45369	9663597	14,5945	5,9721	2,3284	66,92	356,33	3
214	45796	9800344	14,6287	5,9814	2,3304	67,23	359,68	4
215	46225	9938375	14,6629	5,9907	2,3324	67,54	363,05	5
216	46656	10077696	14,6969	6,0000	2,3344	67,86	366,44	6
217	47089	10218313	14,7309	6,0092	2,3365	68,17	369,84	7
218	47524	10360232	14,7648	6,0185	2,3385	68,49	373,25	8
219	47961	10503459	14,7986	6,0277	2,3404	68,80	376,68	9
220	48400	10648000	14,8324	6,0368	2,3424	69,12	380,13	22,0
221	48841	10793861	14,8661	6,0459	2,3444	69,43	383,60	1
222	49284	10941048	14,8997	6,0550	2,3464	69,74	387,08	2
223	49729	11089567	14,9332	6,0641	2,3483	70,06	390,57	3
224	50176	11239424	14,9666	6,0732	2,3502	70,37	394,08	4
225	50625	11390625	15,0000	6,0822	2,3522	70,69	397,61	5
226	51076	11543176	15,0333	6,0912	2,3541	71,00	401,15	6
227	51529	11697083	15,0665	6,1002	2,3560	71,31	404,71	7
228	51984	11852352	15,0997	6,1091	2,3579	71,63	408,28	8
229	52441	12008989	15,1327	6,1180	2,3598	71,94	411,87	9
230	52900	12167000	15,1658	6,1269	2,3617	72,26	415,48	23,0
231	53361	12326391	15,1987	6,1358	2,3636	72,57	419,10	1
232	53824	12487168	15,2315	6,1446	2,3655	72,88	422,73	2
233	54289	12649337	15,2643	6,1534	2,3674	73,20	426,38	3
234	54756	12812904	15,2971	6,1622	2,3692	73,51	430,05	4
235	55225	12977875	15,3297	6,1710	2,3711	73,83	433,74	5
236	55696	13144256	15,3623	6,1797	2,3729	74,14	437,44	6
237	56169	13312053	15,3948	6,1885	2,3747	74,46	441,15	7
238	56644	13481272	15,4272	6,1972	2,3766	74,77	444,88	8
239	57121	13651919	15,4596	6,2058	2,3784	75,08	448,63	9
240	57600	13824000	15,4919	6,2145	2,3802	75,40	452,39	24,0

241—290

M	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\log n$	πn	$\frac{\pi d^2}{4}$	d
241	58081	13997521	15,5242	6,2231	2,3820	75,71	456,17	24,1
242	58564	14172488	15,5563	6,2317	2,3838	76,03	459,96	2
243	59049	14348907	15,5885	6,2403	2,3856	76,34	463,77	3
244	59536	14526784	15,6205	6,2488	2,3874	76,65	467,59	4
245	60025	14706125	15,6525	6,2573	2,3892	76,97	471,44	5
246	60516	14886936	15,6844	6,2658	2,3909	77,28	475,29	6
247	61009	15069223	15,7162	6,2743	2,3927	77,60	479,16	7
248	61504	15252992	15,7480	6,2828	2,3945	77,91	483,05	8
249	62001	15438249	15,7797	6,2912	2,3962	78,23	486,95	9
250	62500	15625000	15,8114	6,2996	2,3979	78,54	490,87	25,0
251	63001	15813251	15,8430	6,3080	2,3997	78,85	494,81	1
252	63504	16003008	15,8745	6,3164	2,4014	79,17	498,76	2
253	64009	16194277	15,9060	6,3247	2,4031	79,48	502,73	3
254	64516	16387064	15,9374	6,3330	2,4048	79,80	506,71	4
255	65025	16581375	15,9687	6,3413	2,4065	80,11	510,71	5
256	65536	16777216	16,0000	6,3496	2,4082	80,42	514,72	6
257	66049	16974593	16,0312	6,3579	2,4099	80,74	518,75	7
258	66564	17173512	16,0624	6,3661	2,4116	81,05	522,79	8
259	67081	17373979	16,0935	6,3743	2,4133	81,37	526,85	9
260	67600	17576000	16,1245	6,3825	2,4150	81,68	530,93	26,0
261	68121	17779581	16,1555	6,3907	2,4166	82,00	535,02	1
262	68644	17984728	16,1864	6,3988	2,4183	82,31	539,13	2
263	69169	18191447	16,2173	6,4070	2,4200	82,62	543,25	3
264	69696	18399744	16,2481	6,4151	2,4216	82,94	547,39	4
265	70225	18609625	16,2788	6,4232	2,4232	83,25	551,55	5
266	70756	18821096	16,3095	6,4312	2,4249	83,57	555,72	6
267	71289	19034163	16,3401	6,4393	2,4265	83,88	559,90	7
268	71824	19248832	16,3707	6,4473	2,4281	84,19	564,10	8
269	72361	19465109	16,4012	6,4553	2,4298	84,51	568,32	9
270	72900	19683000	16,4317	6,4633	2,4314	84,82	572,56	27,0
271	73441	19902511	16,4621	6,4713	2,4330	85,14	576,80	1
272	73984	20123648	16,4924	6,4792	2,4346	85,45	581,07	2
273	74529	20346417	16,5227	6,4872	2,4362	85,77	585,35	3
274	75076	20570824	16,5529	6,4951	2,4378	86,08	589,65	4
275	75625	20796875	16,5831	6,5030	2,4393	86,39	593,96	5
276	76176	21024576	16,6132	6,5108	2,4409	86,71	598,28	6
277	76729	21253933	16,6433	6,5187	2,4425	87,02	602,63	7
278	77284	21484952	16,6733	6,5265	2,4440	87,34	606,99	8
279	77841	21717639	16,7033	6,5343	2,4456	87,65	611,36	9
280	78400	21952000	16,7332	6,5421	2,4472	87,96	615,75	28,0
281	78961	22188041	16,7631	6,5499	2,4487	88,28	620,16	1
282	79524	22425768	16,7929	6,5577	2,4502	88,59	624,58	2
283	80089	22665187	16,8226	6,5654	2,4518	88,91	629,02	3
284	80656	22906304	16,8523	6,5731	2,4533	89,22	633,47	4
285	81225	23149125	16,8819	6,5808	2,4548	89,54	637,94	5
286	81796	23393656	16,9115	6,5885	2,4564	89,85	642,42	6
287	82369	23639903	16,9411	6,5962	2,4579	90,16	646,92	7
288	82944	23887872	16,9706	6,6039	2,4594	90,48	651,44	8
289	83521	24137569	17,0000	6,6115	2,4609	90,79	655,97	9
290	84100	24389000	17,0294	6,6191	2,4624	91,11	660,52	29,0

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$	ζ
291	84681	24642171	17,0587	6,6267	2,4639	91,42	665,08	29,1
292	85264	24897088	17,0880	6,6343	2,4654	91,73	669,66	2
293	85849	25153757	17,1172	6,6419	2,4669	92,05	674,26	3
294	86436	25412184	17,1464	6,6494	2,4683	92,36	678,87	4
295	87025	25672375	17,1756	6,6569	2,4698	92,68	683,49	5
296	87616	25934336	17,2047	6,6644	2,4713	92,99	688,13	6
297	88209	26198073	17,2337	6,6719	2,4728	93,31	692,79	7
298	88804	26463592	17,2627	6,6794	2,4742	93,62	697,47	8
299	89401	26730899	17,2916	6,6869	2,4757	93,93	702,15	9
300	90000	27000000	17,3205	6,6943	2,4771	94,25	706,86	30,0
301	90601	27270901	17,3494	6,7018	2,4786	94,56	711,59	1
302	91204	27543608	17,3781	6,7092	2,4800	94,88	716,31	2
303	91809	27818127	17,4069	6,7166	2,4814	95,19	721,07	3
304	92416	28094464	17,4356	6,7240	2,4829	95,50	725,83	4
305	93025	28372625	17,4642	6,7313	2,4843	95,82	730,62	5
306	93636	28652616	17,4929	6,7387	2,4857	96,13	735,42	6
307	94249	28934443	17,5214	6,7460	2,4871	96,45	740,23	7
308	94864	29218112	17,5499	6,7533	2,4886	96,76	745,06	8
309	95481	29503629	17,5784	6,7606	2,4900	97,08	749,91	9
310	96100	29791000	17,6068	6,7679	2,4914	97,39	754,77	31,0
311	96721	30080231	17,6352	6,7752	2,4928	97,70	759,64	1
312	97344	30371328	17,6635	6,7824	2,4942	98,02	764,54	2
313	97969	30664297	17,6918	6,7897	2,4955	98,33	769,45	3
314	98596	30959144	17,7200	6,7969	2,4969	98,65	774,37	4
315	99225	31255875	17,7482	6,8041	2,4983	98,96	779,31	5
316	99856	31554496	17,7764	6,8113	2,4997	99,27	784,27	6
317	100489	31855013	17,8045	6,8185	2,5011	99,59	789,24	7
318	101124	32157432	17,8326	6,8256	2,5024	99,90	794,23	8
319	101761	32461759	17,8606	6,8328	2,5038	100,22	799,23	9
320	102400	32768000	17,8885	6,8399	2,5051	100,53	804,25	32,0
321	103041	33076161	17,9165	6,8470	2,5065	100,8	809,28	1
322	103684	33386248	17,9444	6,8541	2,5079	101,2	814,33	2
323	104329	33698267	17,9722	6,8612	2,5092	101,5	819,40	3
324	104976	34012224	18,0000	6,8683	2,5105	101,8	824,48	4
325	105625	34328125	18,0278	6,8753	2,5119	102,1	829,58	5
326	106276	34645976	18,0555	6,8824	2,5132	102,4	834,69	6
327	106929	34965783	18,0831	6,8894	2,5145	102,7	839,82	7
328	107584	35287552	18,1108	6,8964	2,5159	103,0	844,96	8
329	108241	35611289	18,1384	6,9034	2,5172	103,4	850,12	9
330	108900	35937000	18,1659	6,9104	2,5185	103,7	855,30	33,0
331	109561	36264691	18,1934	6,9174	2,5198	104,0	860,49	1
332	110224	36594368	18,2209	6,9244	2,5211	104,3	865,70	2
333	110889	36926037	18,2483	6,9313	2,5224	104,6	870,92	3
334	111556	37259704	18,2757	6,9382	2,5237	104,9	876,16	4
335	112225	37595375	18,3030	6,9451	2,5250	105,2	881,41	5
336	112896	37933056	18,3303	6,9521	2,5263	105,6	886,68	6
337	113569	38272753	18,3576	6,9589	2,5276	105,9	891,97	7
338	114244	38614472	18,3848	6,9658	2,5289	106,2	897,27	8
339	114921	38958219	18,4120	6,9727	2,5302	106,5	902,59	9
340	115600	39304000	18,4391	6,9795	2,5315	106,8	907,92	34,0

341—390

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\frac{n}{\sqrt{n}}$	$\log n$	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	d
341	116281	39651821	18,4662	6,9864	2,5328	107,1	913,27	34,1
342	116964	40001688	18,4932	6,9932	2,5340	107,4	918,63	2
343	117649	40353607	18,5203	7,0000	2,5353	107,8	924,01	3
344	118336	40707584	18,5472	7,0068	2,5366	108,1	929,41	4
345	119025	41063825	18,5742	7,0136	2,5378	108,4	934,82	5
346	119716	41421736	18,6011	7,0203	2,5391	108,7	940,25	6
347	120409	41781923	18,6279	7,0271	2,5403	109,0	945,69	7
348	121104	42144192	18,6548	7,0338	2,5416	109,3	951,15	8
349	121801	42508549	18,6815	7,0406	2,5428	109,6	956,62	9
350	122500	42875000	18,7083	7,0473	2,5441	110,0	962,11	35,0
351	123201	43243551	18,7350	7,0540	2,5453	110,3	967,62	1
352	123904	43614208	18,7617	7,0607	2,5465	110,6	973,14	2
353	124609	43986977	18,7883	7,0674	2,5478	110,9	978,68	3
354	125316	44361864	18,8149	7,0740	2,5490	111,2	984,23	4
355	126025	44738875	18,8414	7,0807	2,5502	111,5	989,80	5
356	126736	45118016	18,8680	7,0873	2,5514	111,8	995,38	6
357	127449	45499293	18,8944	7,0940	2,5527	112,2	1000,98	7
358	128164	45882712	18,9209	7,1006	2,5539	112,5	1006,60	8
359	128881	46268279	18,9473	7,1072	2,5551	112,8	1012,23	9
360	129600	46656000	18,9737	7,1138	2,5563	113,1	1017,87	36,0
361	130321	47045881	19,0000	7,1204	2,5575	113,4	1023,54	1
362	131044	47437928	19,0263	7,1269	2,5587	113,7	1029,22	2
363	131769	47832147	19,0526	7,1335	2,5599	114,0	1034,91	3
364	132496	48228544	19,0788	7,1400	2,5611	114,4	1040,62	4
365	133225	48627125	19,1050	7,1466	2,5623	114,7	1046,35	5
366	133956	49027896	19,1311	7,1531	2,5635	115,0	1052,09	6
367	134689	49430863	19,1572	7,1596	2,5647	115,3	1057,85	7
368	135424	49836032	19,1833	7,1661	2,5658	115,6	1063,62	8
369	136161	50243409	19,2094	7,1726	2,5670	115,9	1069,41	9
370	136900	50653000	19,2354	7,1791	2,5682	116,2	1075,21	37,0
371	137641	51064811	19,2614	7,1855	2,5694	116,6	1081,03	1
372	138384	51478848	19,2873	7,1920	2,5705	116,9	1086,87	2
373	139129	51895117	19,3132	7,1984	2,5717	117,2	1092,72	3
374	139876	52313624	19,3391	7,2048	2,5729	117,5	1098,58	4
375	140625	52734375	19,3649	7,2112	2,5740	117,8	1104,47	5
376	141376	53157376	19,3907	7,2177	2,5752	118,1	1110,4	6
377	142129	53582633	19,4165	7,2240	2,5763	118,4	1116,3	7
378	142884	54010152	19,4422	7,2304	2,5775	118,8	1122,2	8
379	143641	54439939	19,4679	7,2368	2,5786	119,1	1128,1	9
380	144400	54872000	19,4936	7,2432	2,5798	119,4	1134,1	38,0
381	145161	55306341	19,5192	7,2495	2,5809	119,7	1140,1	1
382	145924	55742968	19,5448	7,2558	2,5821	120,0	1146,1	2
383	146689	56181887	19,5704	7,2622	2,5832	120,3	1152,1	3
384	147456	56623104	19,5959	7,2685	2,5843	120,6	1158,1	4
385	148225	57066625	19,6214	7,2748	2,5855	121,0	1164,2	5
386	148996	57512456	19,6469	7,2811	2,5866	121,3	1170,2	6
387	149769	57960603	19,6723	7,2874	2,5877	121,6	1176,3	7
388	150544	58411072	19,6977	7,2936	2,5888	121,9	1182,4	8
389	151321	58863869	19,7231	7,2999	2,5899	122,2	1188,5	9
390	152100	59319000	19,7484	7,3061	2,5911	122,5	1194,6	39,0

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$	d
391	152881	59776471	19,7737	7,3124	2,5922	122,8	1200,7	39,1
392	153664	60236288	19,7990	7,3186	2,5933	123,2	1206,9	2
393	154449	60698457	19,8242	7,3248	2,5944	123,5	1213,0	3
394	155236	61162984	19,8494	7,3310	2,5955	123,8	1219,2	4
395	156025	61629875	19,8746	7,3372	2,5966	124,1	1225,4	5
396	156816	62099136	19,8997	7,3434	2,5977	124,4	1231,6	6
397	157609	62570773	19,9249	7,3496	2,5988	124,7	1237,9	7
398	158404	63044792	19,9499	7,3558	2,5999	125,0	1244,1	8
399	159201	63521199	19,9750	7,3619	2,6010	125,3	1250,4	9
400	160000	64000000	20,0000	7,3681	2,6021	125,7	1256,6	40,0
401	160801	64481201	20,0250	7,3742	2,6031	126,0	1262,9	1
402	161604	64964808	20,0499	7,3803	2,6042	126,3	1269,2	2
403	162409	65450827	20,0749	7,3864	2,6053	126,6	1275,6	3
404	163216	65939264	20,0998	7,3925	2,6064	126,9	1281,9	4
405	164025	66430125	20,1246	7,3986	2,6075	127,2	1288,2	5
406	164836	66923416	20,1494	7,4047	2,6085	127,5	1294,6	6
407	165649	67419143	20,1742	7,4108	2,6096	127,9	1301,0	7
408	166464	67917312	20,1990	7,4169	2,6107	128,2	1307,4	8
409	167281	68417929	20,2237	7,4229	2,6117	128,5	1313,8	9
410	168100	68921000	20,2485	7,4290	2,6128	128,8	1320,3	41,0
411	168921	69426531	20,2731	7,4350	2,6138	129,1	1326,7	1
412	169744	69934528	20,2978	7,4410	2,6149	129,4	1333,2	2
413	170569	70444997	20,3224	7,4470	2,6160	129,7	1339,6	3
414	171396	70957944	20,3470	7,4530	2,6170	130,1	1346,1	4
415	172225	71473375	20,3715	7,4590	2,6180	130,4	1352,7	5
416	173056	71991296	20,3961	7,4650	2,6191	130,7	1359,2	6
417	173889	72511713	20,4206	7,4710	2,6201	131,0	1365,7	7
418	174724	73034632	20,4450	7,4770	2,6212	131,3	1372,3	8
419	175561	73560059	20,4695	7,4829	2,6222	131,6	1378,9	9
420	176400	74088000	20,4939	7,4889	2,6232	131,9	1385,4	42,0
421	177241	74618461	20,5183	7,4948	2,6243	132,3	1392,0	1
422	178084	75151448	20,5426	7,5007	2,6253	132,6	1398,7	2
423	178929	75686967	20,5670	7,5067	2,6263	132,9	1405,3	3
424	179776	76225024	20,5913	7,5126	2,6274	133,2	1412,0	4
425	180625	76765625	20,6155	7,5185	2,6284	133,5	1418,6	5
426	181476	77308776	20,6398	7,5244	2,6294	133,8	1425,3	6
427	182329	77854483	20,6640	7,5302	2,6304	134,1	1432,0	7
428	183184	78402752	20,6882	7,5361	2,6314	134,5	1438,7	8
429	184041	78953589	20,7123	7,5420	2,6325	134,8	1445,5	9
430	184900	79507000	20,7364	7,5478	2,6335	135,1	1452,2	43,0
431	185761	80062991	20,7605	7,5537	2,6345	135,4	1459,0	1
432	186624	80621568	20,7846	7,5595	2,6355	135,7	1465,7	2
433	187489	81182737	20,8087	7,5654	2,6365	136,0	1472,5	3
434	188356	81746504	20,8327	7,5712	2,6375	136,3	1479,3	4
435	189225	82312875	20,8567	7,5770	2,6385	136,7	1486,2	5
436	190096	82881856	20,8806	7,5828	2,6395	137,0	1493,0	6
437	190969	83453453	20,9045	7,5886	2,6405	137,3	1499,9	7
438	191844	84027672	20,9284	7,5944	2,6415	137,6	1506,7	8
439	192721	84604519	20,9523	7,6001	2,6425	137,9	1513,6	9
440	193600	85184000	20,9762	7,6059	2,6435	138,2	1520,5	44,0

441—490

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\frac{s}{\sqrt{n}}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$	$d(\text{cm})$
441	194481	85766121	21,0000	7,6117	2,6444	138,5	1527,5	44,1
442	195364	86350888	21,0238	7,6174	2,6454	138,9	1534,4	2
443	196249	86938307	21,0476	7,6232	2,6464	139,2	1541,3	3
444	197136	87528384	21,0713	7,6289	2,6474	139,5	1548,3	4
445	198025	88121125	21,0950	7,6346	2,6484	139,8	1555,3	5
446	198916	88716536	21,1187	7,6403	2,6493	140,1	1562,3	6
447	199809	89314623	21,1424	7,6460	2,6503	140,4	1569,3	7
448	200704	89915392	21,1660	7,6517	2,6513	140,7	1576,3	8
449	201601	90518849	21,1896	7,6574	2,6523	141,1	1583,4	9
450	202500	91125000	21,2132	7,6631	2,6532	141,4	1590,4	45,0
451	203401	91733851	21,2368	7,6688	2,6542	141,7	1597,5	1
452	204304	92345408	21,2603	7,6744	2,6551	142,0	1604,6	2
453	205209	92959677	21,2838	7,6801	2,6561	142,3	1611,7	3
454	206116	93576664	21,3073	7,6857	2,6571	142,6	1618,8	4
455	207025	94196375	21,3307	7,6914	2,6580	142,9	1626,0	5
456	207936	94818816	21,3542	7,6970	2,6590	143,3	1633,1	6
457	208849	95443993	21,3776	7,7026	2,6599	143,6	1640,3	7
458	209764	96071912	21,4009	7,7082	2,6608	143,9	1647,5	8
459	210681	96702579	21,4243	7,7138	2,6618	144,2	1654,7	9
460	211600	97336000	21,4476	7,7194	2,6628	144,5	1661,9	46,0
461	212521	97972181	21,4709	7,7250	2,6637	144,8	1669,1	1
462	213444	98611128	21,4942	7,7306	2,6646	145,1	1676,4	2
463	214369	99252847	21,5174	7,7362	2,6656	145,5	1683,7	3
464	215296	99897344	21,5407	7,7418	2,6665	145,8	1690,9	4
465	216225	100544625	21,5639	7,7473	2,6675	146,1	1698,2	5
466	217156	101194696	21,5870	7,7529	2,6684	146,4	1705,5	6
467	218089	101847563	21,6102	7,7584	2,6693	146,7	1712,9	7
468	219024	102503232	21,6333	7,7639	2,6702	147,0	1720,2	8
469	219961	103161709	21,6564	7,7695	2,6712	147,3	1727,6	9
470	220900	103823000	21,6795	7,7750	2,6721	147,7	1734,9	47,0
471	221841	104487111	21,7025	7,7805	2,6730	148,0	1742,3	1
472	222784	105154048	21,7256	7,7860	2,6739	148,3	1749,7	2
473	223729	105823817	21,7486	7,7915	2,6749	148,6	1757,2	3
474	224676	106496424	21,7715	7,7970	2,6758	148,9	1764,6	4
475	225625	107171875	21,7945	7,8025	2,6767	149,2	1772,1	5
476	226576	107850176	21,8174	7,8079	2,6776	149,5	1779,5	6
477	227529	108531333	21,8403	7,8134	2,6785	149,9	1787,0	7
478	228484	109215352	21,8632	7,8188	2,6794	150,2	1794,5	8
479	229441	109902230	21,8861	7,8243	2,6803	150,5	1802,0	9
480	230400	110592000	21,9089	7,8297	2,6812	150,8	1809,6	48,0
481	231361	111284641	21,9317	7,8352	2,6821	151,1	1817,1	1
482	232324	111980168	21,9545	7,8406	2,6830	151,4	1824,7	2
483	233289	112678587	21,9773	7,8460	2,6839	151,7	1832,3	3
484	234256	113379904	22,0000	7,8514	2,6848	152,1	1839,8	4
485	235225	114084125	22,0227	7,8568	2,6857	152,4	1847,5	5
486	236196	114791256	22,0454	7,8622	2,6866	152,7	1855,1	6
487	237169	115501303	22,0681	7,8676	2,6875	153,0	1862,7	7
488	238144	116214272	22,0907	7,8730	2,6884	153,3	1870,4	8
489	239121	116930169	22,1133	7,8784	2,6893	153,6	1878,1	9
490	240100	117649000	22,1359	7,8837	2,6902	153,9	1885,7	49,0

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$	d
491	241081	118370771	22,1585	7,8891	2,6911	154,3	1893,4	43,1
492	242064	119095488	22,1811	7,8944	2,6920	154,6	1901,2	43,2
493	243049	119823157	22,2036	7,8998	2,6928	154,9	1908,9	43,3
494	244036	120553784	22,2261	7,9051	2,6937	155,2	1916,7	43,4
495	245025	121287375	22,2486	7,9105	2,6946	155,5	1924,4	43,5
496	246016	122023936	22,2711	7,9158	2,6955	155,8	1932,2	43,6
497	247009	122763473	22,2935	7,9211	2,6964	156,1	1940,0	43,7
498	248004	123505992	22,3159	7,9264	2,6972	156,5	1947,8	43,8
499	249001	124251499	22,3383	7,9317	2,6981	156,8	1955,6	43,9
500	250000	125000000	22,3607	7,9370	2,6990	157,1	1963,5	50,0
501	251001	125751501	22,3830	7,9423	2,6998	157,4	1971,4	44,1
502	252004	126506008	22,4054	7,9476	2,7007	157,7	1979,2	44,2
503	253009	127263527	22,4277	7,9528	2,7016	158,0	1987,1	44,3
504	254016	128024064	22,4499	7,9581	2,7024	158,3	1995,0	44,4
505	255025	128787625	22,4722	7,9634	2,7033	158,7	2003,0	44,5
506	256036	129554216	22,4944	7,9686	2,7042	159,0	2010,9	44,6
507	257049	130323843	22,5167	7,9739	2,7050	159,3	2018,9	44,7
508	258064	131096512	22,5389	7,9791	2,7059	159,6	2026,8	44,8
509	259081	131872229	22,5610	7,9843	2,7067	159,9	2034,8	44,9
510	260100	132651000	22,5832	7,9896	2,7076	160,2	2042,8	51,0
511	261121	133432831	22,6053	7,9948	2,7084	160,5	2050,8	45,1
512	262144	134217728	22,6274	8,0000	2,7093	160,8	2058,9	45,2
513	263169	135005697	22,6495	8,0052	2,7101	161,2	2066,9	45,3
514	264196	135796744	22,6716	8,0104	2,7110	161,5	2075,0	45,4
515	265225	136590875	22,6936	8,0156	2,7118	161,8	2083,1	45,5
516	266256	137388096	22,7156	8,0208	2,7126	162,1	2091,2	45,6
517	267289	138188413	22,7376	8,0260	2,7135	162,4	2099,3	45,7
518	268324	138991832	22,7596	8,0311	2,7143	162,7	2107,4	45,8
519	269361	139798359	22,7816	8,0363	2,7152	163,0	2115,6	45,9
520	270400	140608000	22,8035	8,0415	2,7160	163,4	2123,7	52,0
521	271441	141420761	22,8254	8,0466	2,7168	163,7	2131,9	46,1
522	272484	142236648	22,8473	8,0517	2,7177	164,0	2140,1	46,2
523	273529	143055667	22,8692	8,0569	2,7185	164,3	2148,3	46,3
524	274576	143877824	22,8910	8,0620	2,7193	164,6	2156,5	46,4
525	275625	144703125	22,9129	8,0671	2,7202	164,9	2164,8	46,5
526	276676	145531576	22,9347	8,0723	2,7210	165,2	2173,0	46,6
527	277729	146363183	22,9565	8,0774	2,7218	165,5	2181,3	46,7
528	278784	147197952	22,9783	8,0825	2,7226	165,9	2189,6	46,8
529	279841	148035889	23,0000	8,0876	2,7235	166,2	2197,9	46,9
530	280900	148877000	23,0217	8,0927	2,7243	166,5	2206,2	53,0
531	281961	149721291	23,0434	8,0978	2,7251	166,8	2214,5	47,1
532	283024	150568768	23,0651	8,1028	2,7259	167,1	2222,9	47,2
533	284089	151419437	23,0868	8,1079	2,7267	167,4	2231,2	47,3
534	285156	152273304	23,1084	8,1130	2,7275	167,8	2239,6	47,4
535	286225	153130375	23,1301	8,1180	2,7284	168,1	2248,0	47,5
536	287296	153990656	23,1517	8,1231	2,7292	168,4	2256,4	47,6
537	288369	154854153	23,1733	8,1281	2,7300	168,7	2264,8	47,7
538	289444	155720872	23,1948	8,1332	2,7308	169,0	2273,3	47,8
539	290521	156590819	23,2164	8,1382	2,7316	169,3	2281,8	47,9
540	291600	157464000	23,2379	8,1433	2,7324	169,6	2290,2	54,0

541—590

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\frac{1}{\sqrt{n}}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$	d
541	292681	158340421	23,2594	8,1483	2,7332	170,0	2298,7	54,1
542	293764	159220088	23,2809	8,1533	2,7340	170,3	2307,2	2
543	294849	160103007	23,3024	8,1583	2,7348	170,6	2315,7	3
544	295936	160989184	23,3238	8,1633	2,7356	170,9	2324,3	4
545	297025	161878625	23,3452	8,1683	2,7364	171,2	2332,8	5
546	298116	162771336	23,3666	8,1733	2,7372	171,5	2341,4	6
547	299209	163667323	23,3880	8,1783	2,7380	171,8	2350,0	7
548	300304	164566592	23,4094	8,1833	2,7388	172,2	2358,6	8
549	301401	165469149	23,4307	8,1882	2,7396	172,5	2367,2	9
550	302500	166375000	23,4521	8,1932	2,7404	172,8	2375,8	55,0
551	303601	167284151	23,4734	8,1982	2,7412	173,1	2384,5	1
552	304704	168196608	23,4947	8,2031	2,7419	173,4	2393,1	2
553	305809	169112377	23,5160	8,2081	2,7427	173,7	2401,8	3
554	306916	170031464	23,5372	8,2130	2,7435	174,0	2410,5	4
555	308025	170953875	23,5584	8,2180	2,7443	174,4	2419,2	5
556	309136	171879616	23,5797	8,2229	2,7451	174,7	2427,9	6
557	310249	172808693	23,6008	8,2278	2,7459	175,0	2436,7	7
558	311364	173741112	23,6220	8,2327	2,7466	175,3	2445,4	8
559	312481	174676879	23,6432	8,2377	2,7474	175,6	2454,2	9
560	313600	175616000	23,6643	8,2426	2,7482	175,9	2463,0	56,0
561	314721	176558481	23,6854	8,2475	2,7490	176,2	2471,8	1
562	315844	177504328	23,7065	8,2524	2,7497	176,6	2480,6	2
563	316969	178453547	23,7276	8,2573	2,7505	176,9	2489,5	3
564	318096	179406144	23,7487	8,2621	2,7513	177,2	2498,3	4
565	319225	180362125	23,7697	8,2670	2,7521	177,5	2507,2	5
566	320356	181321496	23,7908	8,2719	2,7528	177,8	2516,1	6
567	321489	182284263	23,8118	8,2768	2,7536	178,1	2525,0	7
568	322624	183250432	23,8328	8,2816	2,7543	178,4	2533,9	8
569	323761	184220009	23,8537	8,2865	2,7551	178,8	2542,8	9
570	324900	185193000	23,8747	8,2913	2,7559	179,1	2551,8	57,0
571	326041	186169411	23,8956	8,2962	2,7566	179,4	2560,7	1
572	327184	187149248	23,9165	8,3010	2,7574	179,7	2569,7	2
573	328329	188132517	23,9374	8,3059	2,7582	180,0	2578,7	3
574	329476	189119224	23,9583	8,3107	2,7589	180,3	2587,7	4
575	330625	190109375	23,9792	8,3155	2,7597	180,6	2596,7	5
576	331776	191102976	24,0000	8,3203	2,7604	181,0	2605,8	6
577	332929	192100033	24,0208	8,3251	2,7612	181,3	2614,8	7
578	334084	193100552	24,0416	8,3300	2,7619	181,6	2623,9	8
579	335241	194104539	24,0624	8,3348	2,7627	181,9	2633,0	9
580	336400	195112000	24,0832	8,3396	2,7634	182,2	2642,1	58,0
581	337561	196122941	24,1039	8,3443	2,7642	182,5	2651,2	1
582	338724	197137368	24,1247	8,3491	2,7649	182,8	2660,3	2
583	339889	198155287	24,1454	8,3539	2,7657	183,2	2669,5	3
584	341056	199176704	24,1661	8,3587	2,7664	183,5	2678,7	4
585	342225	200201625	24,1868	8,3634	2,7672	183,8	2687,8	5
586	343396	201230056	24,2074	8,3682	2,7679	184,1	2697,0	6
587	344569	202262003	24,2281	8,3730	2,7686	184,4	2706,2	7
588	345744	203297472	24,2487	8,3777	2,7694	184,7	2715,5	8
589	346921	204336469	24,2693	8,3825	2,7701	185,0	2724,7	9
590	348100	205379000	24,2899	8,3872	2,7709	185,4	2734,0	59,0

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\frac{s}{\sqrt{n}}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$	d
591	349281	206425071	24,3105	8,3919	2,7716	185,7	2743,3	59,1
592	350464	207474688	24,3311	8,3967	2,7723	186,0	2752,5	2
593	351649	208527857	24,3516	8,4014	2,7731	186,3	2761,8	3
594	352836	209584584	24,3721	8,4061	2,7738	186,6	2771,2	4
595	354025	210644875	24,3926	8,4108	2,7745	186,9	2780,5	5
596	355216	211708736	24,4131	8,4155	2,7752	187,2	2789,9	6
597	356409	212776173	24,4336	8,4202	2,7760	187,6	2799,2	7
598	357604	213847192	24,4540	8,4249	2,7767	187,9	2808,6	8
599	358801	214921799	24,4745	8,4296	2,7774	188,2	2818,0	9
600	360000	216000000	24,4949	8,4343	2,7782	188,5	2827,4	60,0
601	361201	217081801	24,5153	8,4390	2,7789	188,8	2836,9	1
602	362404	218167208	24,5357	8,4437	2,7796	189,1	2846,3	2
603	363609	219256227	24,5561	8,4484	2,7803	189,4	2855,8	3
604	364816	220348864	24,5764	8,4530	2,7810	189,8	2865,3	4
605	366025	221445125	24,5967	8,4577	2,7818	190,1	2874,8	5
606	367236	222545016	24,6171	8,4623	2,7825	190,4	2884,3	6
607	368449	223648543	24,6374	8,4670	2,7832	190,7	2893,8	7
608	369664	224755712	24,6577	8,4716	2,7839	191,0	2903,3	8
609	370881	225866529	24,6779	8,4763	2,7846	191,3	2912,9	9
610	372100	226981000	24,6982	8,4809	2,7853	191,6	2922,5	61,0
611	373321	228099131	24,7184	8,4856	2,7860	192,0	2932,1	1
612	374544	229220928	24,7386	8,4902	2,7868	192,3	2941,7	2
613	375769	230346397	24,7588	8,4948	2,7875	192,6	2951,3	3
614	376996	231475544	24,7790	8,4994	2,7882	192,9	2960,9	4
615	378225	232608375	24,7992	8,5040	2,7889	193,2	2970,6	5
616	379456	233744896	24,8193	8,5086	2,7896	193,5	2980,2	6
617	380689	234885113	24,8395	8,5132	2,7903	193,8	2989,9	7
618	381924	236029032	24,8596	8,5178	2,7910	194,2	2999,6	8
619	383161	237176659	24,8797	8,5224	2,7917	194,5	3009,3	9
620	384400	238328000	24,8998	8,5270	2,7924	194,8	3019,1	62,0
621	385641	239483061	24,9199	8,5316	2,7931	195,1	3028,8	1
622	386884	240641848	24,9399	8,5362	2,7938	195,4	3038,6	2
623	388129	241804367	24,9600	8,5408	2,7945	195,7	3048,4	3
624	389376	242970624	24,9800	8,5453	2,7952	196,0	3058,2	4
625	390625	244140625	25,0000	8,5499	2,7959	196,4	3068,0	5
626	391876	245314376	25,0200	8,5544	2,7966	196,7	3077,8	6
627	393129	246491883	25,0400	8,5590	2,7973	197,0	3087,6	7
628	394384	247673152	25,0599	8,5635	2,7980	197,3	3097,5	8
629	395641	248858189	25,0799	8,5681	2,7987	197,6	3107,4	9
630	396900	250047000	25,0998	8,5726	2,7993	197,9	3117,2	63,0
631	398161	251239591	25,1197	8,5772	2,8000	198,2	3127,1	1
632	399424	252435968	25,1396	8,5817	2,8007	198,5	3137,1	2
633	400689	253636137	25,1595	8,5862	2,8014	198,9	3147,0	3
634	401956	254840104	25,1794	8,5907	2,8021	199,2	3157,0	4
635	403225	256047875	25,1992	8,5952	2,8028	199,5	3166,9	5
636	404496	257259456	25,2190	8,5997	2,8035	199,8	3176,9	6
637	405769	258474853	25,2389	8,6043	2,8041	200,1	3186,9	7
638	407044	259694072	25,2587	8,6088	2,8048	200,4	3196,9	8
639	408321	260917119	25,2784	8,6132	2,8055	200,7	3206,9	9
640	409600	262144000	25,2982	8,6177	2,8062	201,1	3217,0	64,0

641—690

n	n^2	n^2	$\sqrt{n}$	$\frac{n}{\sqrt{n}}$	$\log n$	$\pi \sqrt{n}$	$\frac{\pi n^2}{4}$	d
641	410881	263374721	25,3180	8,6222	2,8069	201,4	3227,1	64,1
642	412164	264609288	25,3377	8,6267	2,8075	201,7	3237,1	2
643	413449	265847707	25,3574	8,6312	2,8082	202,0	3247,2	3
644	414736	267089984	25,3772	8,6357	2,8089	202,3	3257,3	4
645	416025	268336125	25,3969	8,6401	2,8096	202,6	3267,5	5
646	417313	269586136	25,4165	8,6446	2,8102	202,9	3277,6	6
647	418609	270840023	25,4362	8,6490	2,8109	203,3	3287,7	7
648	419904	272097792	25,4558	8,6535	2,8116	203,6	3297,9	8
649	421201	273359449	25,4755	8,6579	2,8122	203,9	3308,1	9
650	422500	274625000	25,4951	8,6624	2,8129	204,2	3318,3	65,0
651	423801	275894451	25,5147	8,6668	2,8136	204,5	3328,5	1
652	425104	277167808	25,5343	8,6713	2,8142	204,8	3338,8	2
653	426409	278445077	25,5539	8,6757	2,8149	205,1	3349,0	3
654	427716	279726264	25,5734	8,6801	2,8156	205,5	3359,3	4
655	429025	281011375	25,5930	8,6845	2,8162	205,8	3369,6	5
656	430336	282300416	25,6125	8,6890	2,8169	206,1	3379,9	6
657	431649	283593393	25,6320	8,6934	2,8176	206,4	3390,4	7
658	432964	284890312	25,6515	8,6978	2,8182	206,7	3400,5	8
659	434281	286191179	25,6710	8,7022	2,8189	207,0	3410,8	9
660	435600	287496000	25,6905	8,7066	2,8195	207,3	3421,2	66,0
661	436921	288804781	25,7099	8,7110	2,8202	207,7	3431,6	1
662	438244	290117528	25,7294	8,7154	2,8209	208,0	3442,0	2
663	439569	291434247	25,7488	8,7198	2,8215	208,3	3452,4	3
664	440896	292754944	25,7682	8,7241	2,8222	208,6	3462,8	4
665	442225	294079625	25,7876	8,7285	2,8228	208,9	3473,2	5
666	443556	295408296	25,8070	8,7329	2,8235	209,2	3483,7	6
667	444889	296740963	25,8263	8,7373	2,8241	209,5	3494,2	7
668	446224	298077632	25,8457	8,7416	2,8248	209,9	3504,6	8
669	447561	299418309	25,8650	8,7460	2,8254	210,2	3515,1	9
670	448900	300763000	25,8844	8,7503	2,8261	210,5	3525,7	67,0
671	450241	302111711	25,9037	8,7547	2,8267	210,8	3536,2	1
672	451584	303464448	25,9230	8,7590	2,8274	211,1	3546,7	2
673	452929	304821217	25,9422	8,7634	2,8280	211,4	3557,3	3
674	454276	306182024	25,9615	8,7677	2,8287	211,7	3567,9	4
675	455625	307546875	25,9808	8,7721	2,8293	212,1	3578,5	5
676	456976	308915776	26,0000	8,7764	2,8299	212,4	3589,1	6
677	458329	310288733	26,0192	8,7807	2,8306	212,7	3599,7	7
678	459684	311665752	26,0384	8,7850	2,8312	213,0	3610,3	8
679	461041	313046839	26,0576	8,7893	2,8319	213,3	3621,0	9
680	462400	314432000	26,0768	8,7937	2,8325	213,6	3631,7	68,0
681	463761	315821241	26,0960	8,7980	2,8331	213,9	3642,4	1
682	465124	317214568	26,1151	8,8023	2,8338	214,3	3653,1	2
683	466489	318611987	26,1343	8,8066	2,8344	214,6	3663,8	3
684	467856	320013504	26,1534	8,8109	2,8351	214,9	3674,5	4
685	469225	321419125	26,1725	8,8152	2,8357	215,2	3685,3	5
686	470596	322828856	26,1916	8,8194	2,8363	215,5	3696,1	6
687	471969	324242703	26,2107	8,8237	2,8370	215,8	3706,8	7
688	473344	325660672	26,2298	8,8280	2,8376	216,1	3717,6	8
689	474721	327082769	26,2488	8,8323	2,8382	216,5	3728,5	9
690	476100	328509000	26,2679	8,8366	2,8388	216,8	3739,3	69,0

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\frac{s}{\sqrt{n}}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$	d
691	477481	329939371	26,2869	8,8408	2,8395	217,1	3750,1	69,1
692	478864	331373888	26,3059	8,8451	2,8401	217,4	3761,0	2
693	480249	332812557	26,3249	8,8493	2,8407	217,7	3771,9	3
694	481636	334255384	26,3439	8,8536	2,8414	218,0	3782,8	4
695	483025	335702375	26,3629	8,8578	2,8420	218,3	3793,7	5
696	484416	337153536	26,3818	8,8621	2,8426	218,7	3804,6	6
697	485809	338608873	26,4008	8,8663	2,8432	219,0	3815,5	7
698	487204	340068392	26,4197	8,8706	2,8439	219,3	3826,5	8
699	488601	341532099	26,4386	8,8748	2,8445	219,6	3837,5	9
700	490000	343000000	26,4575	8,8790	2,8451	219,9	3848,5	70,0
701	491401	344472101	26,4764	8,8833	2,8457	220,2	3859,5	1
702	492804	345948408	26,4953	8,8875	2,8463	220,5	3870,5	2
703	494209	347428927	26,5141	8,8917	2,8470	220,9	3881,5	3
704	495616	348913664	26,5330	8,8959	2,8476	221,2	3892,6	4
705	497025	350402625	26,5518	8,9001	2,8482	221,5	3903,6	5
706	498436	351895816	26,5707	8,9043	2,8488	221,8	3914,7	6
707	499849	353393243	26,5895	8,9085	2,8494	222,1	3925,8	7
708	501264	354894912	26,6083	8,9127	2,8500	222,4	3936,9	8
709	502681	356400829	26,6271	8,9169	2,8506	222,7	3948,0	9
710	504100	357911000	26,6458	8,9211	2,8513	223,1	3959,2	71,0
711	505521	359425431	26,6646	8,9253	2,8519	223,4	3970,4	1
712	506944	360944128	26,6833	8,9295	2,8525	223,7	3981,5	2
713	508369	362467097	26,7021	8,9337	2,8531	224,0	3992,7	3
714	509796	363994344	26,7208	8,9378	2,8537	224,3	4003,9	4
715	511225	365525875	26,7395	8,9420	2,8543	224,6	4015,2	5
716	512656	367061696	26,7582	8,9462	2,8549	224,9	4026,4	6
717	514089	368601813	26,7769	8,9503	2,8555	225,3	4037,6	7
718	515524	370146232	26,7955	8,9545	2,8561	225,6	4048,9	8
719	516961	371694959	26,8142	8,9587	2,8567	225,9	4060,2	9
720	518400	373248000	26,8328	8,9628	2,8573	226,2	4071,5	72,0
721	519841	374805361	26,8514	8,9670	2,8579	226,5	4082,8	1
722	521284	376367048	26,8701	8,9711	2,8585	226,8	4094,2	2
723	522729	377933067	26,8887	8,9752	2,8591	227,1	4105,5	3
724	524176	379503424	26,9072	8,9794	2,8597	227,5	4116,9	4
725	525625	381078125	26,9258	8,9835	2,8603	227,8	4128,2	5
726	527076	382657176	26,9444	8,9876	2,8609	228,1	4139,6	6
727	528529	384240583	26,9629	8,9918	2,8615	228,4	4151,1	7
728	529984	385828352	26,9815	8,9959	2,8621	228,7	4162,5	8
729	531441	387420489	27,0000	9,0000	2,8627	229,0	4173,9	9
730	532900	389017000	27,0185	9,0041	2,8633	229,3	4185,4	73,0
731	534361	390617891	27,0370	9,0082	2,8639	229,7	4196,9	1
732	535824	392223168	27,0555	9,0123	2,8645	230,0	4208,4	2
733	537289	393832837	27,0740	9,0164	2,8651	230,3	4219,9	3
734	538756	395446904	27,0924	9,0205	2,8657	230,6	4231,4	4
735	540225	397065375	27,1109	9,0246	2,8663	230,9	4242,9	5
736	541696	398688256	27,1293	9,0287	2,8669	231,2	4254,5	6
737	543169	400315553	27,1477	9,0328	2,8675	231,5	4266,0	7
738	544644	401947272	27,1662	9,0369	2,8681	231,9	4277,6	8
739	546121	403583419	27,1846	9,0410	2,8686	232,2	4289,2	9
740	547600	405224000	27,2029	9,0450	2,8692	232,5	4300,8	74,0

741—790

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^3}{4}$	d
741	549081	406869021	27,2213	9,0491	2,8698	232,8	4312,5	74,1
742	550564	408518488	27,2397	9,0532	2,8704	233,1	4324,1	2
743	552049	410172407	27,2580	9,0572	2,8710	233,4	4335,8	3
744	553536	411830784	27,2764	9,0613	2,8716	233,7	4347,5	4
745	555025	413493625	27,2947	9,0654	2,8722	234,0	4359,2	5
746	556516	415160936	27,3130	9,0694	2,8727	234,4	4370,9	6
747	558009	416832723	27,3313	9,0735	2,8733	234,7	4382,6	7
748	559504	418508992	27,3496	9,0775	2,8739	235,0	4394,3	8
749	561001	420189749	27,3679	9,0816	2,8745	235,3	4406,1	9
750	562500	421875000	27,3861	9,0856	2,8751	235,6	4417,9	75,0
751	564001	423564751	27,4044	9,0896	2,8756	235,9	4429,7	1
752	565504	425259008	27,4226	9,0937	2,8762	236,2	4441,5	2
753	567009	426957777	27,4408	9,0977	2,8768	236,6	4453,3	3
754	568516	428661064	27,4591	9,1017	2,8774	236,9	4465,1	4
755	570025	430368875	27,4773	9,1057	2,8779	237,2	4477,0	5
756	571536	432081216	27,4955	9,1098	2,8785	237,5	4488,8	6
757	573049	433798093	27,5136	9,1138	2,8791	237,8	4500,7	7
758	574564	435519512	27,5318	9,1178	2,8797	238,1	4512,6	8
759	576081	437245479	27,5500	9,1218	2,8802	238,4	4524,5	9
760	577600	438976000	27,5681	9,1258	2,8808	238,8	4536,5	76,0
761	579121	440711081	27,5862	9,1298	2,8814	239,1	4548,4	1
762	580644	442450728	27,6043	9,1338	2,8820	239,4	4560,4	2
763	582169	444194947	27,6225	9,1378	2,8825	239,7	4572,3	3
764	583696	445943744	27,6405	9,1418	2,8831	240,0	4584,3	4
765	585225	447697125	27,6586	9,1458	2,8837	240,3	4596,3	5
766	586756	449455096	27,6767	9,1498	2,8842	240,6	4608,4	6
767	588289	451217663	27,6948	9,1537	2,8848	241,0	4620,4	7
768	589824	452984832	27,7128	9,1577	2,8854	241,3	4632,5	8
769	591361	454756609	27,7308	9,1617	2,8859	241,6	4644,5	9
770	592900	456533000	27,7489	9,1657	2,8865	241,9	4656,6	77,0
771	594441	458314011	27,7669	9,1696	2,8871	242,2	4668,7	1
772	595984	460099648	27,7849	9,1736	2,8876	242,5	4680,8	2
773	597529	461889917	27,8029	9,1775	2,8882	242,8	4693,0	3
774	599076	463684824	27,8209	9,1815	2,8887	243,2	4705,1	4
775	600625	465484375	27,8388	9,1855	2,8893	243,5	4717,3	5
776	602176	467288576	27,8568	9,1894	2,8899	243,8	4729,5	6
777	603729	469097433	27,8747	9,1933	2,8904	244,1	4741,7	7
778	605284	470910952	27,8927	9,1973	2,8910	244,4	4753,9	8
779	606841	472729189	27,9106	9,2012	2,8915	244,7	4766,1	9
780	608400	474552000	27,9285	9,2052	2,8921	245,0	4778,4	78,0
781	609961	476379541	27,9464	9,2091	2,8927	245,4	4790,6	1
782	611524	478211768	27,9643	9,2130	2,8932	245,7	4802,9	2
783	613089	480048687	27,9821	9,2170	2,8938	246,0	4815,2	3
784	614656	481890304	28,0000	9,2209	2,8943	246,3	4827,5	4
785	616225	483736625	28,0179	9,2248	2,8949	246,6	4839,8	5
786	617796	485587656	28,0357	9,2287	2,8954	246,9	4852,2	6
787	619369	487443403	28,0535	9,2326	2,8960	247,2	4864,5	7
788	620944	489303872	28,0713	9,2365	2,8965	247,6	4876,9	8
789	622521	491169069	28,0891	9,2404	2,8971	247,9	4889,3	9
790	624100	493038000	28,1069	9,2443	2,8976	248,2	4901,7	79,0

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$	d
791	625681	494913671	28,1247	9,2482	2,8982	248,5	4914,1	79,1
792	627264	496798088	28,1425	9,2521	2,8987	248,8	4926,5	79,2
793	628849	498677257	28,1603	9,2560	2,8993	249,1	4939,0	79,3
794	630436	500566184	28,1780	9,2599	2,8998	249,4	4951,4	79,4
795	632025	502459875	28,1957	9,2638	2,9004	249,8	4963,9	79,5
796	633616	504358336	28,2135	9,2677	2,9009	250,1	4976,4	79,6
797	635209	506261573	28,2312	9,2716	2,9015	250,4	4988,9	79,7
798	636804	508169592	28,2489	9,2754	2,9020	250,7	5001,4	79,8
799	638401	510082399	28,2666	9,2793	2,9025	251,0	5014,0	79,9
800	640000	512000000	28,2843	9,2832	2,9031	251,3	5026,5	80,0
801	641601	513922401	28,3019	9,2870	2,9036	251,6	5039,1	80,1
802	643204	515849608	28,3196	9,2909	2,9042	252,0	5051,7	80,2
803	644809	517781627	28,3373	9,2948	2,9047	252,3	5064,3	80,3
804	646416	519718464	28,3549	9,2986	2,9053	252,6	5076,9	80,4
805	648025	521660125	28,3725	9,3025	2,9058	252,9	5089,6	80,5
806	649636	523606616	28,3901	9,3063	2,9063	253,2	5102,2	80,6
807	651249	525557943	28,4077	9,3102	2,9069	253,5	5114,9	80,7
808	652864	527514112	28,4253	9,3140	2,9074	253,8	5127,6	80,8
809	654481	529475129	28,4429	9,3179	2,9079	254,2	5140,3	80,9
810	656100	531441000	28,4605	9,3217	2,9085	254,5	5153,0	81,0
811	657721	533411731	28,4781	9,3255	2,9090	254,8	5165,7	81,1
812	659344	535387928	28,4956	9,3294	2,9096	255,1	5178,5	81,2
813	660969	537367797	28,5132	9,3332	2,9101	255,4	5191,2	81,3
814	662596	539353144	28,5307	9,3370	2,9106	255,7	5204,0	81,4
815	664225	541343375	28,5482	9,3408	2,9112	256,0	5216,8	81,5
816	665856	543338496	28,5657	9,3447	2,9117	256,4	5229,6	81,6
817	667489	545338513	28,5832	9,3485	2,9122	256,7	5242,4	81,7
818	669124	547343432	28,6007	9,3523	2,9128	257,0	5255,3	81,8
819	670761	549353259	28,6182	9,3561	2,9133	257,3	5268,1	81,9
820	672400	551368000	28,6356	9,3599	2,9138	257,6	5281,0	82,0
821	674041	553387661	28,6531	9,3637	2,9143	257,9	5293,9	82,1
822	675684	555412248	28,6705	9,3675	2,9149	258,2	5306,8	82,2
823	677329	557441767	28,6880	9,3713	2,9154	258,6	5319,7	82,3
824	678976	559476224	28,7054	9,3751	2,9159	258,9	5332,7	82,4
825	680625	561515625	28,7228	9,3789	2,9165	259,2	5345,6	82,5
826	682276	563559976	28,7402	9,3827	2,9170	259,5	5358,6	82,6
827	683929	565609283	28,7576	9,3865	2,9175	259,8	5371,6	82,7
828	685584	567663552	28,7750	9,3902	2,9180	260,1	5384,6	82,8
829	687241	569722789	28,7924	9,3940	2,9186	260,4	5397,6	82,9
830	688900	571787000	28,8097	9,3978	2,9191	260,8	5410,6	83,0
831	690561	573856191	28,8271	9,4016	2,9196	261,1	5423,7	83,1
832	692224	575930368	28,8444	9,4053	2,9201	261,4	5436,7	83,2
833	693889	578009537	28,8617	9,4091	2,9206	261,7	5449,8	83,3
834	695556	580093704	28,8791	9,4129	2,9212	262,0	5462,9	83,4
835	697225	582182875	28,8964	9,4166	2,9217	262,3	5476,0	83,5
836	698896	584277056	28,9137	9,4204	2,9222	262,6	5489,1	83,6
837	700569	586376253	28,9310	9,4241	2,9227	263,0	5502,3	83,7
838	702244	588480472	28,9482	9,4279	2,9232	263,3	5515,4	83,8
839	703921	590589719	28,9655	9,4316	2,9238	263,6	5528,6	83,9
840	705600	592704000	28,9828	9,4354	2,9243	263,9	5541,8	84,0

841—890

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\frac{8}{\sqrt{n}}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$	d
841	707281	594823321	29,0000	9,4391	2,9248	264,2	5555,0	84,1
842	708964	596947688	29,0172	9,4429	2,9253	264,5	5568,2	2
843	710649	599077107	29,0345	9,4466	2,9258	264,8	5581,4	3
844	712336	601211584	29,0517	9,4503	2,9263	265,2	5594,7	4
845	714025	603351125	29,0689	9,4541	2,9269	265,5	5607,9	5
846	715716	605495736	29,0861	9,4578	2,9274	265,8	5621,2	6
847	717409	607645423	29,1033	9,4615	2,9279	266,1	5634,5	7
848	719104	609800192	29,1204	9,4652	2,9284	266,4	5647,8	8
849	720801	611960049	29,1376	9,4689	2,9289	266,7	5661,2	9
850	850 722500	614125000	29,1548	9,4727	2,9294	267,0	5674,5	85,0
851	724201	616295051	29,1719	9,4764	2,9299	267,4	5687,9	1
852	725904	618470208	29,1890	9,4801	2,9304	267,7	5701,2	2
853	727609	620650477	29,2062	9,4838	2,9309	268,0	5714,6	3
854	729316	622835864	29,2233	9,4875	2,9315	268,3	5728,0	4
855	731025	625026375	29,2404	9,4912	2,9320	268,6	5741,5	5
856	732736	627222016	29,2575	9,4949	2,9325	268,9	5754,9	6
857	734449	629422793	29,2746	9,4986	2,9330	269,2	5768,3	7
858	736164	631628712	29,2916	9,5023	2,9335	269,5	5781,8	8
859	737881	633839779	29,3087	9,5060	2,9340	269,9	5795,3	9
860	860 739600	636056000	29,3258	9,5097	2,9345	270,2	5808,8	86,0
861	741321	638277381	29,3428	9,5134	2,9350	270,5	5822,3	1
862	743044	640503928	29,3598	9,5171	2,9355	270,8	5835,9	2
863	744769	642735647	29,3769	9,5207	2,9360	271,1	5849,4	3
864	746496	644972544	29,3939	9,5244	2,9365	271,4	5863,0	4
865	748225	647214625	29,4109	9,5281	2,9370	271,7	5876,5	5
866	749956	649461896	29,4279	9,5317	2,9375	272,1	5890,1	6
867	751689	651714363	29,4449	9,5354	2,9380	272,4	5903,8	7
868	753424	653972032	29,4618	9,5391	2,9385	272,7	5917,4	8
869	755161	656234909	29,4788	9,5427	2,9390	273,0	5931,0	9
870	870 756900	658503000	29,4958	9,5464	2,9395	273,3	5944,7	87,0
871	758641	660776311	29,5127	9,5501	2,9400	273,6	5958,4	1
872	760384	663054848	29,5296	9,5537	2,9405	273,9	5972,0	2
873	762129	665338617	29,5466	9,5574	2,9410	274,3	5985,7	3
874	763876	667627624	29,5635	9,5610	2,9415	274,6	5999,5	4
875	765625	669921875	29,5804	9,5647	2,9420	274,9	6013,2	5
876	767376	672221376	29,5973	9,5683	2,9425	275,2	6027,0	6
877	769129	674526133	29,6142	9,5719	2,9430	275,5	6040,7	7
878	770884	676836152	29,6311	9,5756	2,9435	275,8	6054,5	8
879	772641	679151439	29,6479	9,5792	2,9440	276,1	6068,3	9
880	880 774400	681472000	29,6648	9,5828	2,9445	276,5	6082,1	88,0
881	776161	683797841	29,6816	9,5865	2,9450	276,8	6096,0	1
882	777924	686128968	29,6985	9,5901	2,9455	277,1	6109,8	2
883	779689	688465387	29,7153	9,5937	2,9460	277,4	6123,7	3
884	781456	690807104	29,7321	9,5973	2,9465	277,7	6137,5	4
885	783225	693154125	29,7489	9,6010	2,9469	278,0	6151,4	5
886	784996	695506456	29,7658	9,6046	2,9474	278,3	6165,3	6
887	786769	697864103	29,7825	9,6082	2,9479	278,7	6179,3	7
888	788544	700227072	29,7993	9,6118	2,9484	279,0	6193,2	8
889	790321	702595369	29,8161	9,6154	2,9489	279,3	6207,2	9
890	792100	704969000	29,8329	9,6190	2,9494	279,6	6221,1	89,0

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\frac{n}{\sqrt{n}}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$	d
891	793881	707347971	29,8496	9,6226	2,9499	279,9	6235,1	69,1
892	795664	709732288	29,8664	9,6262	2,9504	280,2	6249,1	2
893	797449	712121957	29,8831	9,6298	2,9509	280,5	6263,1	3
894	799236	714516984	29,8998	9,6334	2,9513	280,9	6277,2	4
895	801025	716917375	29,9166	9,6370	2,9518	281,2	6291,2	5
896	802816	719323136	29,9333	9,6406	2,9523	281,5	6305,3	6
897	804609	721734273	29,9500	9,6442	2,9528	281,8	6319,4	7
898	806404	724150792	29,9666	9,6477	2,9533	282,1	6333,5	8
899	808201	726572699	29,9833	9,6513	2,9538	282,4	6347,6	9
900	810000	729000000	30,0000	9,6549	2,9542	282,7	6361,7	90,0
901	811801	731432701	30,0167	9,6585	2,9547	283,1	6375,9	1
902	813604	733870808	30,0333	9,6620	2,9552	283,4	6390,0	2
903	815409	736314327	30,0500	9,6656	2,9557	283,7	6404,2	3
904	817216	738763264	30,0666	9,6692	2,9562	284,0	6418,4	4
905	819025	741217625	30,0832	9,6727	2,9566	284,3	6432,6	5
906	820836	743677416	30,0998	9,6763	2,9571	284,6	6446,8	6
907	822649	746142643	30,1164	9,6799	2,9576	284,9	6461,1	7
908	824464	748613312	30,1330	9,6834	2,9581	285,3	6475,3	8
909	826281	751089429	30,1496	9,6870	2,9586	285,6	6489,6	9
910	828100	753571000	30,1662	9,6905	2,9590	285,9	6503,9	91,0
911	829921	756058031	30,1828	9,6941	2,9595	286,2	6518,2	1
912	831744	758550528	30,1993	9,6976	2,9600	286,5	6532,5	2
913	833569	761048497	30,2159	9,7012	2,9605	286,8	6546,8	3
914	835396	763551944	30,2324	9,7047	2,9609	287,1	6561,2	4
915	837225	766060875	30,2490	9,7082	2,9614	287,5	6575,5	5
916	839056	768575296	30,2655	9,7118	2,9619	287,8	6589,9	6
917	840889	771095213	30,2820	9,7153	2,9624	288,1	6604,3	7
918	842724	773620632	30,2985	9,7188	2,9628	288,4	6618,7	8
919	844561	776151559	30,3150	9,7224	2,9633	288,7	6633,2	9
920	846400	778686800	30,3315	9,7259	2,9638	289,0	6647,6	92,0
921	848241	781229961	30,3480	9,7294	2,9643	289,3	6662,1	1
922	850084	783777448	30,3645	9,7329	2,9647	289,7	6676,5	2
923	851929	786330467	30,3809	9,7364	2,9652	290,0	6691,0	3
924	853776	788889024	30,3974	9,7400	2,9657	290,3	6705,4	4
925	855625	791453125	30,4138	9,7435	2,9661	290,6	6720,1	5
926	857476	794022776	30,4302	9,7470	2,9666	290,9	6734,6	6
927	859329	796597983	30,4467	9,7505	2,9671	291,2	6749,2	7
928	861184	799178752	30,4631	9,7540	2,9675	291,5	6763,7	8
929	863041	801765089	30,4795	9,7575	2,9680	291,9	6778,3	9
930	864900	804357000	30,4959	9,7610	2,9685	292,2	6792,9	93,0
931	866761	806954491	30,5123	9,7645	2,9689	292,5	6807,5	1
932	868624	809557568	30,5287	9,7680	2,9694	292,8	6822,2	2
933	870489	812166237	30,5450	9,7715	2,9699	293,1	6836,8	3
934	872356	814780504	30,5614	9,7750	2,9703	293,4	6851,5	4
935	874225	817400375	30,5778	9,7785	2,9708	293,7	6866,1	5
936	876096	820025856	30,5941	9,7819	2,9713	294,1	6880,8	6
937	877969	822656953	30,6105	9,7854	2,9717	294,4	6895,6	7
938	879844	825293672	30,6268	9,7889	2,9722	294,7	6910,3	8
939	881721	827936019	30,6431	9,7924	2,9727	295,0	6925,0	9
940	883600	830584000	30,6594	9,7959	2,9731	295,3	6939,8	94,0

941—990

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\frac{8}{\sqrt{n}}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$	d
941	885481	833237621	30,6757	9,7993	2,9736	295,6	6954,6	94,1
942	887364	835896888	30,6920	9,8028	2,9741	295,9	6969,3	2
943	889249	838561307	30,7083	9,8063	2,9745	296,3	6984,1	3
944	891136	841232384	30,7246	9,8097	2,9750	296,6	6999,0	4
945	893025	843906625	30,7409	9,8132	2,9754	296,9	7013,8	5
946	894916	846590536	30,7571	9,8167	2,9759	297,2	7028,7	6
947	896809	849278123	30,7734	9,8201	2,9763	297,5	7043,5	7
948	898704	851971392	30,7896	9,8236	2,9768	297,8	7058,4	8
949	900601	854670349	30,8058	9,8270	2,9773	298,1	7073,3	9
950	902500	857375000	30,8221	9,8305	2,9777	298,5	7088,2	95,0
951	904401	860085331	30,8383	9,8339	2,9782	298,8	7103,1	1
952	906304	862801408	30,8545	9,8374	2,9786	299,1	7118,1	2
953	908209	865523177	30,8707	9,8408	2,9791	299,4	7133,1	3
954	910116	868250664	30,8869	9,8443	2,9795	299,7	7148,0	4
955	912025	870983875	30,9031	9,8477	2,9800	300,0	7163,0	5
956	913936	873722816	30,9192	9,8511	2,9805	300,3	7178,0	6
957	915849	876467493	30,9354	9,8546	2,9809	300,7	7193,1	7
958	917764	879217912	30,9516	9,8580	2,9814	301,0	7208,1	8
959	919681	881974079	30,9677	9,8614	2,9818	301,3	7223,2	9
960	921600	884736000	30,9839	9,8648	2,9823	301,6	7238,2	96,0
961	923521	887503681	31,0000	9,8683	2,9827	301,9	7253,3	1
962	925444	890277128	31,0161	9,8717	2,9832	302,2	7268,4	2
963	927369	893056347	31,0322	9,8751	2,9836	302,5	7283,5	3
964	929296	895841344	31,0483	9,8785	2,9841	302,8	7298,7	4
965	931225	898632125	31,0644	9,8819	2,9845	303,2	7313,8	5
966	933156	901428696	31,0805	9,8854	2,9850	303,5	7329,0	6
967	935089	904231063	31,0966	9,8888	2,9854	303,8	7344,2	7
968	937024	907039232	31,1127	9,8922	2,9859	304,1	7359,4	8
969	938961	909853209	31,1288	9,8956	2,9863	304,4	7374,6	9
970	940900	912673000	31,1448	9,8990	2,9868	304,7	7389,8	97,0
971	942841	915498611	31,1609	9,9024	2,9872	305,0	7405,1	1
972	944784	918330048	31,1769	9,9058	2,9877	305,4	7420,3	2
973	946729	921167317	31,1929	9,9092	2,9881	305,7	7435,6	3
974	948676	924010424	31,2090	9,9126	2,9886	306,0	7450,9	4
975	950625	926859375	31,2250	9,9160	2,9890	306,3	7466,2	5
976	952576	929714176	31,2410	9,9194	2,9894	306,6	7481,5	6
977	954529	932574833	31,2570	9,9227	2,9899	306,9	7496,9	7
978	956484	935441352	31,2730	9,9261	2,9903	307,2	7512,2	8
979	958441	938313739	31,2890	9,9295	2,9908	307,6	7527,6	9
980	960400	941192000	31,3050	9,9329	2,9912	307,9	7543,0	98,0
981	962361	944076141	31,3209	9,9363	2,9917	308,2	7558,4	1
982	964324	946966168	31,3369	9,9396	2,9921	308,5	7573,8	2
983	966289	949862087	31,3528	9,9430	2,9926	308,8	7589,2	3
984	968256	952763904	31,3688	9,9464	2,9930	309,1	7604,7	4
985	970225	955671625	31,3847	9,9497	2,9934	309,4	7620,1	5
986	972196	958585256	31,4006	9,9531	2,9939	309,8	7635,6	6
987	974169	961504803	31,4166	9,9565	2,9943	310,1	7651,1	7
988	976144	964430272	31,4325	9,9598	2,9948	310,4	7666,6	8
989	978121	967361669	31,4484	9,9632	2,9952	310,7	7682,1	9
990	980100	970299000	31,4643	9,9666	2,9956	311,0	7697,7	99,0

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\log n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$	d
991	982081	973242271	31,4802	9,9899	2,9961	311,3	7713,2	99,1
992	984064	976191488	31,4960	9,9733	2,9985	311,6	7728,8	99,2
993	986049	979146657	31,5119	9,9766	2,9969	312,0	7744,4	99,3
994	988036	982107784	31,5278	9,9800	2,9974	312,3	7760,0	99,4
995	990025	985074875	31,5436	9,9833	2,9978	312,6	7775,6	99,5
996	992016	988047936	31,5595	9,9866	2,9983	312,9	7791,3	99,6
997	994009	991026973	31,5753	9,9900	2,9987	313,2	7806,9	99,7
998	996004	994011992	31,5911	9,9933	2,9991	313,5	7822,6	99,8
999	998001	997002999	31,6070	9,9967	2,9996	313,8	7838,3	99,9
1000	1000000	1000000000	31,6228	10,0000	3,0000	314,2	7854,0	100,0

2. Tähtsama d jäävsuurus ed

Suu- rus.	n	$\log n$	Suu- rus.	n	$\log n$	Suu- rus.	n	$\log n$
π	3,1415927	0,49715	g	9,81	0,99167	$\sqrt[3]{3} : \pi$	0,984745	0,99332-1
2π	6,2831853	0,79918	g^2	96,2361	1,98334	$1 : 2g$	0,050968	0,70790-2
3π	9,4247780	0,97427	$\sqrt{g}$	3,1320919	0,49583	$2\sqrt{g}$	6,264184	0,79686
$\pi : 2$	1,5707963	0,19612	$\pi : \sqrt{2}$	2,221442	0,34663	$\sqrt[3]{2}g$	4,429447	0,64635
$\pi : 3$	1,0471976	0,02003	$2\sqrt{\pi}$	3,544908	0,54960	$\pi\sqrt{g}$	9,839757	0,99298
$\pi : 4$	0,7853982	0,89509-1	$\sqrt[3]{2\pi}$	2,506628	0,39909	$\pi\sqrt[3]{2}g$	13,91536	1,14350
π^2	9,8696044	0,99430	$\sqrt{\pi : 2}$	1,253314	0,09806	$\pi : \sqrt{g}$	1,003033	0,00132
π^3	31,006277	1,49145	$\sqrt[3]{2 : \pi}$	0,797885	0,90194-1	$\pi : \sqrt[3]{2}g$	0,709252	0,85090-1
$\sqrt{\pi}$	1,7724539	0,24857	$\sqrt[3]{3 : \pi}$	0,977205	0,98998-1	e	2,718282	0,43429
$\sqrt[3]{\pi}$	1,4645919	0,16572	$\sqrt[3]{2\pi}$	1,845261	0,26606	e^2	7,389056	0,86859
$4\pi^2$	39,478418	1,59636	$\sqrt{\pi : 2}$	1,162447	0,06537	$1 : e$	0,367879	0,56571-1
$\pi^2 : 4$	2,4674011	0,39224	$\sqrt{\pi : 4}$	0,922635	0,96503-1	$1 : e^2$	0,135335	0,13141-1
$\pi\sqrt{2}$	4,4428829	0,64767	$\sqrt[3]{2 : \pi}$	0,860254	0,93463-1	$\sqrt{e}$	1,648721	0,21715
						$\sqrt[3]{e}$	1,395612	0,14476

3. Mõnede murdude ruut- ja kuupjuured.

n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
0,01	0,100	0,215	0,25	0,500	0,630	$\sqrt[3]{1/4}$	0,500	0,630	$\sqrt[3]{1/8}$	0,612	0,721
0,02	0,141	0,271	0,3	0,548	0,669	$\sqrt[3]{1/10}$	0,866	0,909	$\sqrt[3]{1/16}$	0,791	0,955
0,03	0,173	0,311	0,4	0,632	0,737	$\sqrt[3]{1/10}$	0,408	0,550	$\sqrt[3]{1/16}$	0,935	0,956
0,04	0,200	0,342	0,5	0,707	0,794	$\sqrt[3]{1/10}$	0,913	0,941	$\sqrt[3]{1/16}$	0,333	0,481
0,05	0,224	0,368	0,6	0,775	0,843	$\sqrt[3]{1/10}$	0,378	0,523	$\sqrt[3]{1/16}$	0,471	0,608
0,06	0,245	0,391	0,7	0,837	0,888	$\sqrt[3]{1/10}$	0,535	0,659	$\sqrt[3]{1/16}$	0,667	0,763
0,07	0,265	0,412	0,75	0,867	0,909	$\sqrt[3]{1/10}$	0,655	0,754	$\sqrt[3]{1/16}$	0,745	0,822
0,08	0,283	0,431	0,8	0,894	0,928	$\sqrt[3]{1/10}$	0,756	0,830	$\sqrt[3]{1/16}$	0,882	0,916
0,09	0,300	0,448	0,9	0,949	0,965	$\sqrt[3]{1/10}$	0,845	0,894	$\sqrt[3]{1/16}$	0,289	0,427
0,1	0,316	0,464	$\sqrt[3]{1/2}$	0,577	0,693	$\sqrt[3]{1/10}$	0,926	0,950	$\sqrt[3]{1/16}$	0,645	0,747
0,2	0,447	0,585	$\sqrt[3]{1/2}$	0,816	0,874	$\sqrt[3]{1/10}$	0,354	0,500	$\sqrt[3]{1/16}$	0,764	0,886

Tabelit 2. täien-
dada järgmisega:

$1 : \pi = 0,318310$;

$\log(1 : \pi) =$

$= 0,50285 - 1$;

$1 : \pi^2 = 0,101321$;

$\log(1 : \pi^2) =$

$= 0,00570 - 1$;

$1 : \pi^3 = 0,032252$;

$\log(1 : \pi^3) =$

$= 0,50856 - 2$.

Sellesse tabe-

lisse on paiguta-

tud sageli esi-

nevate suuruste

arvtähendused ja

nende log, kus π

tähendab Ludolfi

arvu, g maakera

gravitatiivset kii-

rendust (g Tal-

linnas $= 9,819$

m/sek², Tartus,

9,818 m/sek². g

väärtusi vt. ees-

pool „Pendli vii-

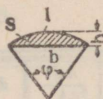
peseadused“ all)

ja e naturaalo-

garitmide alust.

4. Segmendi kaar, kõõl, kõrgus ja pindala, kui $r = 1$.

Tabeli kasutamise-
ne. 1. Leida seg-
mendi või sektori



Tähised: l segmendi (või sektori) kaare pikkus;
 b kõõlu pikkus; h segmendi kõrgus;
 S segmendi pindala; φ^0 kesknurk.

kaar l , kui $r = 12$ cm,
 $\varphi = 115^0$. Lk. 23 (φ^0)
lahtrist otsime arvu
115 ja tema vastu (l)
lahtrist leiame arvu
2,007, mida korru-
tame 12-ga, saame

$l = 12 \cdot 2,007 =$
 $= 24,084 \approx 24,1$ (cm).

2. Leida kõõl b , kui
 $r = 15$ mm ja $\varphi = 34^0$.

Lk. 22 (φ^0) lahtrist
otsime arvu 34 ja
selle vastu b lahtrist
leiame 0,585, mida
korrutame 15, saa-
me $b = 15 \cdot 0,585 =$
 $= 8,78$ (mm).

3. Leida
segmendi kõrgus h ,
kui $r = 20$ dm ja
 $\varphi = 47^0$. Lk. 22 (φ)

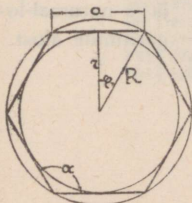
lahtr. otsime arvu 47
ja tema vastu nel-
jandast lahtrist leia-
me 0,083, mida kor-
rutame 20, saame

$h = 20 \cdot 0,083 =$
 $= 1,66$ (dm).

4. Leida
segmendi S , kui $r =$
 $= 25$ cm ja $\varphi = 85^0$.

Lk. 22, φ lahtrist ot-
sime arvu 85 ja selle
vastu S lahtrist leia-
me 0,2457, mida kor-
rutame 25^2 , saame:
 $S = 25^2 \cdot 0,2457 =$
 $= 153,56$ (cm²).

φ^0	l	b	h	$\frac{h}{b}$	S	φ^0	l	b	h	$\frac{h}{b}$	S
1	0,018	0,018	0,0000	0,002	0,0000	51	0,890	0,861	0,097	0,113	0,0565
2	0,035	0,035	0,0002	0,004	0,0000	52	0,908	0,877	0,101	0,115	0,0599
3	0,052	0,052	0,0003	0,006	0,0000	53	0,925	0,892	0,105	0,118	0,0632
4	0,079	0,070	0,0008	0,009	0,0000	54	0,943	0,908	0,109	0,120	0,0657
5	0,087	0,087	0,0010	0,011	0,0001	55	0,960	0,924	0,113	0,122	0,0704
6	0,105	0,105	0,0014	0,013	0,0001	56	0,977	0,939	0,117	0,124	0,0742
7	0,122	0,122	0,0019	0,015	0,0002	57	0,995	0,954	0,121	0,126	0,0781
8	0,140	0,140	0,0024	0,017	0,0002	58	1,012	0,970	0,125	0,129	0,0821
9	0,157	0,157	0,0031	0,019	0,0003	59	1,030	0,985	0,130	0,132	0,0863
10	0,175	0,174	0,0038	0,021	0,0004	60	1,047	1,000	0,134	0,134	0,0906
11	0,192	0,192	0,0046	0,024	0,0006	61	1,065	1,015	0,138	0,136	0,0950
12	0,209	0,209	0,0055	0,026	0,0008	62	1,082	1,030	0,143	0,138	0,0996
13	0,227	0,226	0,0064	0,028	0,0010	63	1,100	1,045	0,147	0,140	0,1043
14	0,244	0,244	0,0075	0,030	0,0012	64	1,117	1,060	0,152	0,143	0,1091
15	0,262	0,261	0,0086	0,033	0,0015	65	1,135	1,075	0,157	0,146	0,1141
16	0,279	0,278	0,0097	0,035	0,0018	66	1,152	1,089	0,161	0,148	0,1192
17	0,297	0,296	0,0110	0,037	0,0022	67	1,169	1,104	0,165	0,150	0,1244
18	0,314	0,313	0,0123	0,039	0,0026	68	1,187	1,118	0,171	0,153	0,1298
19	0,332	0,330	0,0137	0,041	0,0030	69	1,204	1,133	0,176	0,156	0,1353
20	0,349	0,347	0,0152	0,044	0,0035	70	1,222	1,147	0,181	0,158	0,1410
21	0,367	0,365	0,0168	0,046	0,0041	71	1,239	1,161	0,186	0,160	0,1468
22	0,384	0,382	0,0184	0,048	0,0047	72	1,257	1,176	0,191	0,162	0,1528
23	0,401	0,399	0,0201	0,050	0,0053	73	1,274	1,190	0,196	0,165	0,1589
24	0,419	0,416	0,0219	0,052	0,0061	74	1,292	1,203	0,201	0,168	0,1651
25	0,436	0,433	0,0237	0,054	0,0069	75	1,309	1,218	0,207	0,170	0,1715
26	0,454	0,450	0,0256	0,056	0,0077	76	1,327	1,231	0,212	0,172	0,1781
27	0,471	0,467	0,0276	0,058	0,0086	77	1,344	1,245	0,217	0,174	0,1848
28	0,489	0,484	0,0297	0,061	0,0096	78	1,361	1,259	0,223	0,177	0,1916
29	0,506	0,501	0,0319	0,063	0,0107	79	1,379	1,272	0,228	0,180	0,1986
30	0,524	0,518	0,0341	0,066	0,0118	80	1,396	1,286	0,234	0,182	0,2057
31	0,541	0,535	0,0364	0,068	0,0130	81	1,414	1,299	0,240	0,184	0,2130
32	0,559	0,551	0,0387	0,070	0,0143	82	1,431	1,312	0,245	0,187	0,2204
33	0,576	0,568	0,0412	0,072	0,0157	83	1,449	1,325	0,251	0,190	0,2280
34	0,593	0,585	0,0437	0,075	0,0171	84	1,466	1,338	0,257	0,192	0,2358
35	0,611	0,601	0,0463	0,077	0,0186	85	1,484	1,351	0,263	0,194	0,2437
36	0,628	0,618	0,0489	0,079	0,0203	86	1,501	1,364	0,269	0,197	0,2517
37	0,646	0,635	0,0517	0,081	0,0220	87	1,518	1,377	0,275	0,200	0,2599
38	0,663	0,651	0,0549	0,083	0,0238	88	1,536	1,389	0,281	0,202	0,2682
39	0,681	0,668	0,0574	0,084	0,0257	89	1,553	1,402	0,287	0,205	0,2768
40	0,698	0,684	0,0603	0,086	0,0277	90	1,571	1,414	0,293	0,207	0,2854
41	0,716	0,700	0,0633	0,088	0,0298	91	1,588	1,427	0,299	0,210	0,2942
42	0,733	0,717	0,0664	0,092	0,0320	92	1,606	1,439	0,305	0,212	0,3032
43	0,751	0,733	0,0696	0,095	0,0343	93	1,623	1,451	0,312	0,215	0,3123
44	0,768	0,749	0,0728	0,097	0,0366	94	1,641	1,462	0,318	0,218	0,3215
45	0,785	0,765	0,0761	0,099	0,0392	95	1,658	1,475	0,324	0,220	0,3309
46	0,803	0,782	0,080	0,101	0,0418	96	1,676	1,486	0,331	0,222	0,3405
47	0,820	0,798	0,083	0,103	0,0445	97	1,693	1,498	0,337	0,225	0,3502
48	0,838	0,814	0,087	0,106	0,0473	98	1,710	1,509	0,344	0,228	0,3601
49	0,855	0,829	0,090	0,109	0,0503	99	1,728	1,521	0,351	0,231	0,3701
50	0,873	0,845	0,094	0,111	0,0533	100	1,745	1,532	0,357	0,233	0,3803



Korrapärane hulknurk. n — külgede arv;
(joon. kõrval.)

- 1) $\varphi = 180^0 : n$; 2) $a = \sqrt{R^2 - r^2} = 2R \sin \varphi =$
 $= 2r \tan \varphi$; 3) $\alpha = 180^0 - 2\varphi$; 4) Ümbermõõt $= na$;
- 5) $S = \frac{1}{2} n R^2 \sin 2\varphi = n r^2 \tan \varphi = \frac{1}{4} n a^2 \cot \varphi$.

φ°	l	b	h	$\frac{h}{b}$	S	φ°	l	b	h	$\frac{h}{b}$	S
101	1,160	1,040	0,304	0,290	0,090	141	2,201	1,850	0,600	0,325	0,9150
102	1,780	1,554	0,371	0,238	0,4010	142	2,478	1,891	0,674	0,356	0,9314
103	1,798	1,565	0,378	0,240	0,4117	143	2,496	1,897	0,683	0,360	0,9470
104	1,815	1,576	0,384	0,244	0,4224	144	2,513	1,902	0,691	0,363	0,9627
105	1,833	1,587	0,391	0,246	0,4333	145	2,531	1,907	0,700	0,367	0,9786
106	1,850	1,597	0,398	0,249	0,4444	146	2,548	1,913	0,708	0,370	0,9945
107	1,868	1,608	0,405	0,252	0,4556	147	2,566	1,918	0,716	0,373	1,0105
108	1,885	1,618	0,412	0,255	0,4670	148	2,583	1,923	0,724	0,377	1,0265
109	1,902	1,628	0,419	0,257	0,4784	149	2,601	1,927	0,733	0,380	1,0428
110	1,920	1,638	0,426	0,260	0,4901	150	2,618	1,932	0,741	0,383	1,0590
111	1,937	1,648	0,434	0,263	0,5019	151	2,635	1,936	0,750	0,387	1,0753
112	1,955	1,658	0,441	0,266	0,5138	152	2,653	1,941	0,758	0,390	1,0917
113	1,972	1,668	0,448	0,268	0,5259	153	2,670	1,945	0,767	0,394	1,1082
114	1,990	1,677	0,455	0,271	0,5381	154	2,688	1,949	0,775	0,398	1,1247
115	2,007	1,687	0,463	0,274	0,5504	155	2,705	1,953	0,784	0,401	1,1413
116	2,025	1,696	0,470	0,277	0,5629	156	2,723	1,956	0,792	0,405	1,1580
117	2,042	1,705	0,478	0,280	0,5755	157	2,740	1,960	0,801	0,408	1,1747
118	2,059	1,714	0,485	0,283	0,5883	158	2,758	1,963	0,809	0,412	1,1915
119	2,077	1,723	0,493	0,286	0,6012	159	2,775	1,967	0,818	0,416	1,2084
120	2,094	1,732	0,500	0,289	0,6142	160	2,793	1,970	0,826	0,419	1,2252
121	2,112	1,741	0,508	0,291	0,6273	161	2,810	1,973	0,835	0,423	1,2422
122	2,129	1,749	0,515	0,294	0,6406	162	2,827	1,975	0,844	0,427	1,2592
123	2,147	1,758	0,523	0,297	0,6540	163	2,845	1,978	0,852	0,431	1,2763
124	2,164	1,766	0,531	0,300	0,6676	164	2,862	1,981	0,861	0,434	1,2934
125	2,182	1,774	0,538	0,303	0,6813	165	2,880	1,983	0,870	0,438	1,3105
126	2,199	1,782	0,546	0,306	0,6951	166	2,897	1,985	0,878	0,442	1,3277
127	2,217	1,790	0,554	0,309	0,7090	167	2,915	1,987	0,887	0,446	1,3449
128	2,234	1,798	0,562	0,312	0,7230	168	2,932	1,989	0,896	0,450	1,3621
129	2,252	1,805	0,570	0,315	0,7372	169	2,950	1,991	0,904	0,454	1,3794
130	2,269	1,813	0,577	0,318	0,7514	170	2,967	1,992	0,913	0,458	1,3967
131	2,286	1,820	0,585	0,321	0,7658	171	2,985	1,994	0,922	0,462	1,4140
132	2,304	1,827	0,593	0,325	0,7803	172	3,002	1,995	0,930	0,466	1,4314
133	2,321	1,834	0,601	0,328	0,7950	173	3,019	1,996	0,939	0,470	1,4488
134	2,339	1,841	0,609	0,331	0,8097	174	3,037	1,997	0,948	0,474	1,4662
135	2,356	1,848	0,617	0,334	0,8245	175	3,054	1,998	0,956	0,478	1,4836
136	2,374	1,854	0,625	0,337	0,8395	176	3,072	1,999	0,965	0,483	1,5010
137	2,391	1,861	0,634	0,340	0,8546	177	3,089	1,999	0,974	0,487	1,5185
138	2,409	1,867	0,642	0,344	0,8697	178	3,107	1,999	0,982	0,491	1,5359
139	2,426	1,873	0,650	0,347	0,8850	179	3,124	1,999	0,991	0,496	1,5533
140	2,444	1,879	0,658	0,350	0,9003	180	3,142	2,000	1,000	0,500	1,5708

Ringi sektori ja segmendi valemid.

1) Ringi sektori ja segmendi kaar $l = \pi r \varphi^0 : 180 = 0,017453 r \varphi^0 \approx$

$\approx \sqrt{b^2 + 16/3 h^2};$
 $r = 1/8(b^2 + 4h^2) : h;$

Huygens'i valem:
 $l = 1/3(8b_1 - b)$, kus b_1 on poole kaare kõõl.

2) Sektori $S = 1/2lr = \pi r^2 \varphi^0 : 360 = 0,0087 r^2 \varphi^0;$

3) Segmendi $S = 1/2lr - 1/2b(r-h) = 1/2r^2(\frac{\pi \varphi^0}{180} - \sin \varphi);$

4) Kõõlu pikkus
 $b = 2\sqrt{h(2r-h)} = 2r \sin 1/2 \varphi;$

5) Segmendi kõrgus $h = r - \sqrt{r^2 - 1/4 b^2} = r(1 - \cos 1/2 \varphi) = 1/2 b \tan 1/4 \varphi = 2r \sin^2 1/4 \varphi;$

6) $\varphi = l : r = \varphi^0 \pi : 180$. kui $l=r$, siis $\varphi \approx 57^\circ 17' 44,8''$ (radiaan).

Korrapärase hulknurga S , a ja r olenevus üksteisest. (joon. lk. 22).

Tabeli kasutamine. Leida korrap. 6-nurga S , kui $r=20$ cm; n lahtrist otsime arvu 6 ja tema vastu $S : a^2$ võtame arvu 2,5981 ja korrutame seda 20^2 , leiame, et $S = 2,5981 \cdot 20^2 = 2,5981 \cdot 400$. Samuti leiame ka teised suurused.

n	$\frac{S}{a^2}$	$\frac{S}{R^2}$	$\frac{S}{r^2}$	$\frac{R}{a}$	$\frac{R}{r}$	$\frac{a}{R}$	$\frac{a}{r}$	$\frac{r}{R}$	$\frac{r}{a}$	φ
3	0,4930	1,2090	5,1962	0,5774	2,0000	1,7321	3,4641	0,5000	0,2887	120°
4	1,0000	2,0000	4,0000	0,7071	1,4142	1,4142	2,0000	0,7071	0,5000	90°
5	1,7205	2,3776	3,6327	0,8507	1,2361	1,1766	1,4531	0,8080	0,6882	72°
6	2,5981	2,5981	3,4641	1,0000	1,1547	1,0000	1,1547	0,8660	0,8660	60°
7	3,6339	2,7364	3,3710	1,1524	1,1099	0,8678	0,9631	0,9010	1,0383	51°25',7
8	4,8284	2,8281	3,3137	1,3066	1,0824	0,7654	0,8284	0,9239	1,2071	45°
9	6,1818	2,8925	3,2767	1,4619	1,0642	0,6840	0,7279	0,9397	1,3737	40°
10	7,6942	2,9389	3,2492	1,6180	1,0515	0,6180	0,6498	0,9511	1,5388	36°
12	11,196	3,0000	3,2154	1,9319	1,0353	0,5178	0,5359	0,9659	1,8600	30°
15	17,642	3,0505	3,1893	2,4049	1,0223	0,4168	0,4251	0,9781	2,3523	24°
16	20,109	3,0615	3,1828	2,5529	1,0196	0,3902	0,3978	0,9808	2,5137	22°30'
20	31,569	3,0902	3,1677	3,1967	1,0125	0,3129	0,3168	0,9877	3,1569	18°
24	45,575	3,1058	3,1597	3,8306	1,0086	0,2611	0,2638	0,9914	3,7979	15°
32	81,225	3,1214	3,1517	5,1011	1,0048	0,1960	0,1970	0,9952	5,0766	11°15'
48	183,08	3,1316	3,1461	7,6449	1,0021	0,1308	0,1311	0,9979	7,6285	7°30'
64	325,65	3,1365	3,1441	10,190	1,0012	0,0981	0,0983	0,9988	10,178	5°37',5

5. Trigonomeetriliste funktsioonide loomulikke väärtusi:

sin 0°—45° ja cos 45°—90°.

Tabeli kasustamine.

1. Leida sin 25°40'.
Otsime tabeli esimesest lahtrist (kraad) arvu 25 ja läheme horisontaalrida mööda paremale poole kuni kuuenda lahtrini (40'), millest leiame 0,43313, mis on otsitava nurga sin; järelikult
sin 25°40' = 0,43313.

2. Samast tabelist leiame ka cos üle 45°, kus minutid lugeda alt! Leida cos 67°20'. Otsime tabeli viimsest lahtrist (kraad) arvu 67 ja läheme horisontaalrida mööda vasakule 3-da lahtrini (20') alt vaadata! ja leiame 0,38537, järelikult
cos 67°20' = 0,38537.

Tähele panna! cos 45°, 46°, 47° jne. nurga funkt. leidmiseks tuleb võtta cos 44°60', 45°60', 46°60' jne.

3. Kui tabelis pole nurga funkt. väärtust, näit. sin 23°28', siis leitakse see interpoleerimisega järgmiselt:

Võtame
sin 23°30' = 0,39875
ja sin 23°20' = 0,39608
vahe 10' = 0,00267

1' vahe = 0,000267
8' — = 0,000267 · 8 ≈
≈_A 0,00214.

Kraad	Siinus						Kraad
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	
0	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01454	89
1	0,01745	0,02036	0,02327	0,02618	0,02908	0,03199	88
2	0,03490	0,03781	0,04071	0,04362	0,04653	0,04943	87
3	0,05234	0,05524	0,05814	0,06105	0,06395	0,06685	86
4	0,06976	0,07266	0,07556	0,07846	0,08136	0,08426	85
5	0,08716	0,09005	0,09295	0,09585	0,09874	0,10164	84
6	0,10453	0,10742	0,11031	0,11320	0,11609	0,11898	83
7	0,12187	0,12476	0,12764	0,13053	0,13341	0,13629	82
8	0,13917	0,14205	0,14493	0,14781	0,15069	0,15356	81
9	0,15643	0,15931	0,16218	0,16505	0,16792	0,17078	80
10	0,17365	0,17651	0,17937	0,18224	0,18509	0,18795	79
11	0,19081	0,19366	0,19652	0,19937	0,20222	0,20507	78
12	0,20791	0,21076	0,21360	0,21644	0,21928	0,22212	77
13	0,22495	0,22778	0,23062	0,23345	0,23627	0,23910	76
14	0,24192	0,24474	0,24756	0,25038	0,25320	0,25601	75
15	0,25882	0,26163	0,26443	0,26724	0,27004	0,27284	74
16	0,27564	0,27843	0,28123	0,28402	0,28680	0,28959	73
17	0,29237	0,29515	0,29793	0,30071	0,30348	0,30625	72
18	0,30902	0,31178	0,31454	0,31730	0,32006	0,32282	71
19	0,32557	0,32832	0,33106	0,33381	0,33655	0,33929	70
20	0,34202	0,34475	0,34748	0,35021	0,35293	0,35565	69
21	0,35837	0,36108	0,36379	0,36650	0,36921	0,37191	68
22	0,37461	0,37730	0,37999	0,38267	0,38537	0,38805	67
23	0,39073	0,39341	0,39608	0,39875	0,40141	0,40408	66
24	0,40674	0,40939	0,41204	0,41469	0,41734	0,41998	65
25	0,42262	0,42525	0,42788	0,43051	0,43313	0,43575	64
26	0,43837	0,44098	0,44359	0,44620	0,44880	0,45140	63
27	0,45399	0,45658	0,45917	0,46175	0,46433	0,46690	62
28	0,46947	0,47204	0,47460	0,47716	0,47971	0,48226	61
29	0,48481	0,48735	0,48989	0,49242	0,49495	0,49748	60
30	0,50000	0,50252	0,50503	0,50754	0,51004	0,51254	59
31	0,51504	0,51753	0,52002	0,52250	0,52498	0,52745	58
32	0,52992	0,53238	0,53484	0,53730	0,53975	0,54220	57
33	0,54464	0,54708	0,54951	0,55194	0,55436	0,55678	56
34	0,55919	0,56160	0,56401	0,56641	0,56880	0,57119	55
35	0,57358	0,57596	0,57833	0,58070	0,58307	0,58543	54
36	0,58779	0,59014	0,59248	0,59482	0,59716	0,59949	53
37	0,60182	0,60414	0,60645	0,60876	0,61107	0,61337	52
38	0,61566	0,61795	0,62024	0,62251	0,62479	0,62706	51
39	0,62932	0,63158	0,63383	0,63608	0,63832	0,64056	50
40	0,64279	0,64501	0,64723	0,64945	0,65166	0,65386	49
41	0,65606	0,65825	0,66044	0,66262	0,66480	0,66697	48
42	0,66913	0,67129	0,67344	0,67559	0,67773	0,67987	47
43	0,68200	0,68412	0,68624	0,68835	0,69046	0,69256	46
44	0,69466	0,69675	0,69883	0,70091	0,70298	0,70505	45
45	0,70711						44

Kosinus

Järelikult sin 23°28' = 0,39608 + 0,00214 = 0,39822.

Siinuslause: $a : \sin \alpha = b : \sin \beta = c : \sin \gamma$.

6. Trigonomeetriliste funktsioonide loomulikke väärtusi:

cos 0°—45° ja sin 45°—90°.

Kraad	Kosinus					
	0'	10'	20'	30'	40'	50'
0	1,00000	1,00000	0,99998	0,99996	0,99993	0,99989
1	0,99985	0,99979	0,99973	0,99966	0,99958	0,99949
2	0,99939	0,99929	0,99917	0,99905	0,99892	0,99878
3	0,99863	0,99847	0,99831	0,99813	0,99795	0,99776
4	0,99756	0,99736	0,99714	0,99692	0,99668	0,99644
5	0,99619	0,99594	0,99567	0,99540	0,99511	0,99482
6	0,99452	0,99421	0,99390	0,99357	0,99324	0,99290
7	0,99255	0,99219	0,99182	0,99144	0,99106	0,99067
8	0,99027	0,98986	0,98944	0,98902	0,98858	0,98814
9	0,98769	0,98723	0,98676	0,98629	0,98580	0,98531
10	0,98481	0,98430	0,98378	0,98325	0,98272	0,98218
11	0,98163	0,98107	0,98050	0,97992	0,97934	0,97875
12	0,97815	0,97754	0,97692	0,97630	0,97566	0,97502
13	0,97437	0,97371	0,97304	0,97237	0,97169	0,97100
14	0,97030	0,96959	0,96887	0,96815	0,96742	0,96667
15	0,96593	0,96517	0,96440	0,96363	0,96285	0,96206
16	0,96126	0,96046	0,95964	0,95882	0,95799	0,95715
17	0,95630	0,95545	0,95459	0,95372	0,95284	0,95195
18	0,95106	0,95015	0,94924	0,94832	0,94740	0,94646
19	0,94552	0,94457	0,94361	0,94264	0,94167	0,94068
20	0,93969	0,93869	0,93769	0,93667	0,93565	0,93462
21	0,93358	0,93253	0,93148	0,93042	0,92935	0,92827
22	0,92718	0,92609	0,92499	0,92388	0,92276	0,92164
23	0,92050	0,91936	0,91822	0,91706	0,91590	0,91472
24	0,91355	0,91236	0,91116	0,90996	0,90875	0,90753
25	0,90631	0,90507	0,90383	0,90259	0,90133	0,90007
26	0,89879	0,89752	0,89623	0,89493	0,89363	0,89232
27	0,89101	0,88968	0,88835	0,88701	0,88566	0,88431
28	0,88295	0,88158	0,88020	0,87882	0,87743	0,87603
29	0,87462	0,87321	0,87178	0,87036	0,86892	0,86748
30	0,86603	0,86457	0,86310	0,86163	0,86015	0,85866
31	0,85717	0,85567	0,85416	0,85264	0,85112	0,84959
32	0,84805	0,84650	0,84495	0,84339	0,84182	0,84025
33	0,83867	0,83708	0,83549	0,83389	0,83228	0,83066
34	0,82904	0,82741	0,82577	0,82413	0,82248	0,82082
35	0,81915	0,81748	0,81580	0,81412	0,81242	0,81072
36	0,80902	0,80730	0,80558	0,80386	0,80212	0,80038
37	0,79864	0,79688	0,79512	0,79335	0,79158	0,78980
38	0,78801	0,78622	0,78448	0,78261	0,78079	0,77897
39	0,77715	0,77531	0,77347	0,77162	0,76977	0,76791
40	0,76604	0,76417	0,76229	0,76041	0,75851	0,75661
41	0,75471	0,75280	0,75088	0,74896	0,74703	0,74509
42	0,74314	0,74120	0,73924	0,73728	0,73531	0,73333
43	0,73135	0,72937	0,72737	0,72537	0,72337	0,72136
44	0,71934	0,71732	0,71529	0,71325	0,71121	0,70916
45	0,70711					

Tabeli kasustamine.

1. Leida cos 36°20'.
Tabeli esimesest laht-
rist (kraad) otsime arvu
36 ja temast paremal
horisontaalreas neljan-
dast lahtrist (20') leiame
0,80558; tähendab,
cos 36°20' = 0,80558.

2. Samast tabelist
leiame ka sin üle 45°,
minutid lugeda alt, kus
sin 45°, 46°, 47° jne.
leidmiseks tuleb võtta
sin 44°60', 45°60',
47°60' jne.

3. Kui tabelis pole
nurga cos väärtust, siis
selle leidmiseks tarvi-
tame interpoleerimist.
Näide: leida cos 23°14'.
Võtame

$$\cos 23^{\circ}10' = 0,91936$$

$$\cos 23^{\circ}20' = 0,91822$$

$$\text{vahe } 10' = 0,00114$$

$$1' \text{ vahe} = 0,000114$$

$$4', - = 4 \cdot 0,000114 = \\ = 0,000456 \approx 0,00046.$$

$$\text{Järelikult } \cos 23^{\circ}14' = \\ = 0,91936 - 0,00046 = \\ = 0,91890.$$

Märkmeid:

1) Kui $\vartheta = 90^{\circ} \pm \alpha$,
siis $\sin \vartheta = \cos \alpha$ ja $\cos \vartheta =$
 $= \mp \sin \alpha$;

2) Kui $\vartheta = 180^{\circ} \pm \alpha$,
siis $\sin \vartheta = \mp \sin \alpha$;
 $\cos \vartheta = -\cos \alpha$; kui $\vartheta =$
 $= 270^{\circ} \pm \alpha$, siis $\sin \vartheta =$
 $= -\cos \alpha$; $\cos \vartheta =$
 $= \pm \sin \alpha$.

$$\text{Kosinuslause: } a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha; \quad b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos \beta; \\ c^2 = a^2 + b^2 - 2bc \cos \gamma.$$

7. Trigonomeetriliste funktsioonide loomulikke väärtusi:

tan 0°—45° ja cot 45°—90°.

Tabeli kasustamine.

1. Leida tan 42°30'.
Esimesest lahtrist otsi-
me arvu 42 ja temast
paremal viiendast laht-
rist leiame 0,91633;
seega tan 42°30' =
= 0,91633.

2. Samast tabelist
leiame cot üle 45°,
minutid lugeda alt, kus
cot 45°, 46° jne. leid-
miseks tuleb võtta cot
44°60', 45°60' jne.

3. Kui tabelis pole
nurga tan, siis selle
leidmiseks tuleb tarvi-
tada interpoleerimist,
nagu lk. 24.

Märkmeid:

1) Kui $\vartheta = 90 \pm \alpha$,
siis $\tan \vartheta = \mp \cot \alpha$;
 $\cot \vartheta = \mp \tan \alpha$;

2) Kui $\alpha = 180 \pm \alpha$,
siis $\tan \vartheta = \pm \tan \alpha$;
 $\cot \vartheta = \pm \cot \alpha$;

3) Kui $\vartheta = 270 \pm \alpha$,
siis $\tan \vartheta = \mp \cot \alpha$ ja
 $\cot \vartheta = \mp \tan \alpha$.

Tangenslause:

$$(a+b) : (a-b) = \frac{\tan \frac{1}{2}(\alpha + \beta)}{\tan \frac{1}{2}(\alpha - \beta)}.$$

Kraad	Tangens						
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	
0	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01455	89
1	0,01746	0,02036	0,02328	0,02619	0,02910	0,03201	88
2	0,03492	0,03783	0,04075	0,04366	0,04658	0,04949	87
3	0,05241	0,05533	0,05824	0,06116	0,06408	0,06700	86
4	0,06993	0,07285	0,07578	0,07870	0,08163	0,08456	85
5	0,08749	0,09042	0,09335	0,09629	0,09923	0,10216	84
6	0,10510	0,10805	0,11099	0,11394	0,11688	0,11983	83
7	0,12278	0,12574	0,12869	0,13165	0,13461	0,13758	82
8	0,14054	0,14351	0,14648	0,14945	0,15243	0,15540	81
9	0,15838	0,16137	0,16435	0,16743	0,17033	0,17333	80
10	0,17633	0,17933	0,18233	0,18534	0,18835	0,19136	79
11	0,19438	0,19740	0,20042	0,20345	0,20648	0,20952	78
12	0,21256	0,21560	0,21864	0,22169	0,22475	0,22781	77
13	0,23087	0,23393	0,23700	0,24008	0,24316	0,24624	76
14	0,24933	0,25242	0,25552	0,25862	0,26172	0,26483	75
15	0,26795	0,27107	0,27419	0,27732	0,28046	0,28360	74
16	0,28675	0,28990	0,29305	0,29621	0,29938	0,30255	73
17	0,30573	0,30891	0,31210	0,31530	0,31850	0,32171	72
18	0,32492	0,32814	0,33136	0,33460	0,33783	0,34108	71
19	0,34433	0,34758	0,35085	0,35412	0,35740	0,36068	70
20	0,36397	0,36727	0,37057	0,37388	0,37720	0,38053	69
21	0,38386	0,38721	0,39055	0,39391	0,39727	0,40065	68
22	0,40403	0,40741	0,41081	0,41421	0,41763	0,42105	67
23	0,42417	0,42791	0,43136	0,43481	0,43828	0,44175	66
24	0,44523	0,44872	0,45222	0,45573	0,45924	0,46277	65
25	0,46631	0,46985	0,47341	0,47698	0,48055	0,48414	64
26	0,48773	0,49134	0,49495	0,49858	0,50222	0,50587	63
27	0,50953	0,51319	0,51688	0,52057	0,52427	0,52798	62
28	0,53171	0,53545	0,53920	0,54296	0,54673	0,55051	61
29	0,55431	0,55812	0,56194	0,56577	0,56962	0,57348	60
30	0,57735	0,58124	0,58513	0,58905	0,59297	0,59691	59
31	0,60086	0,60483	0,60881	0,61280	0,61681	0,62083	58
32	0,62487	0,62892	0,63299	0,63707	0,64117	0,64528	57
33	0,64941	0,65355	0,65771	0,66189	0,66608	0,67028	56
34	0,67451	0,67875	0,68301	0,68728	0,69157	0,69588	55
35	0,70021	0,70455	0,70891	0,71329	0,71769	0,72211	54
36	0,72654	0,73100	0,73547	0,73996	0,74447	0,74900	53
37	0,75355	0,75812	0,76272	0,76733	0,77196	0,77661	52
38	0,78129	0,78598	0,79070	0,79544	0,80020	0,80498	51
39	0,80978	0,81461	0,81946	0,82434	0,82923	0,83415	50
40	0,83910	0,84407	0,84906	0,85408	0,85912	0,86419	49
41	0,86929	0,87441	0,87955	0,88473	0,88992	0,89515	48
42	0,90040	0,90569	0,91099	0,91633	0,92170	0,92709	47
43	0,93252	0,93797	0,94345	0,94896	0,95451	0,96008	46
44	0,96569	0,97133	0,97700	0,98270	0,98843	0,99420	45
45	1,00000						44
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	Kraad

Koefangens

8. Trigonomeetriliste funktsioonide loomulikke väärtusi:
cot 0°—45° ja tan 45°—90°.

Kraad	Kootangens						(
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	
0	∞	343,77371	171,88540	114,58865	85,93979	68,75009	89
1	57,28996	49,10388	42,96408	38,18846	34,36777	31,24158	88
2	28,63625	26,43160	24,54176	22,90377	21,47040	20,20555	87
3	19,08114	18,07498	17,16934	16,34986	15,60478	14,92442	86
4	14,30067	13,72674	13,19688	12,70621	12,25051	11,82617	85
5	11,43005	11,05943	10,71191	10,38540	10,07803	9,78817	84
6	9,51436	9,25530	9,00983	8,77689	8,55555	8,34496	83
7	8,14435	7,95302	7,77035	7,59575	7,42871	7,26873	82
8	7,11537	6,96823	6,82694	6,69116	6,56055	6,43484	81
9	6,31375	6,19703	6,08444	5,97576	5,87080	5,76937	80
10	5,67128	5,57638	5,48451	5,39552	5,30928	5,22566	79
11	5,14455	5,06584	4,98940	4,91516	4,84300	4,77286	78
12	4,70463	4,63825	4,57363	4,51071	4,44942	4,38960	77
13	4,33148	4,27471	4,21933	4,16530	4,11256	4,06107	76
14	4,01078	3,96165	3,91364	3,86671	3,82083	3,77595	75
15	3,73205	3,68909	3,64705	3,60588	3,56557	3,52609	74
16	3,48741	3,44951	3,41236	3,37594	3,34023	3,30521	73
17	3,27085	3,23714	3,20406	3,17159	3,13972	3,10842	72
18	3,07768	3,04749	3,01783	2,98868	2,96004	2,93189	71
19	2,90421	2,87700	2,85023	2,82391	2,79802	2,77254	70
20	2,74748	2,72281	2,69853	2,67462	2,65109	2,62791	69
21	2,60509	2,58261	2,56046	2,53865	2,51715	2,49597	68
22	2,47509	2,45451	2,43422	2,41421	2,39449	2,37504	67
23	2,35585	2,33693	2,31826	2,29984	2,28167	2,26374	66
24	2,24604	2,22857	2,21132	2,19430	2,17749	2,16090	65
25	2,14451	2,12832	2,11233	2,09654	2,08094	2,06553	64
26	2,05030	2,03526	2,02039	2,00569	1,99116	1,97680	63
27	1,96261	1,94858	1,93470	1,92098	1,90741	1,89400	62
28	1,88073	1,86760	1,85462	1,84177	1,82906	1,81649	61
29	1,80405	1,79174	1,77955	1,76749	1,75556	1,74375	60
30	1,73205	1,72047	1,70901	1,69766	1,68643	1,67530	59
31	1,66428	1,65337	1,64256	1,63185	1,62125	1,61074	58
32	1,60033	1,59002	1,57981	1,56969	1,55966	1,54972	57
33	1,53987	1,53010	1,52043	1,51084	1,50133	1,49190	56
34	1,48256	1,47330	1,46411	1,45501	1,44598	1,43703	55
35	1,42815	1,41934	1,41061	1,40195	1,39336	1,38484	54
36	1,37638	1,36800	1,35968	1,35142	1,34323	1,33511	53
37	1,32704	1,31904	1,31110	1,30323	1,29541	1,28764	52
38	1,27994	1,27230	1,26471	1,25717	1,24969	1,24227	51
39	1,23490	1,22758	1,22031	1,21310	1,20593	1,19882	50
40	1,19175	1,18474	1,17777	1,17085	1,16398	1,15715	49
41	1,15037	1,14362	1,13694	1,13029	1,12369	1,11713	48
42	1,11061	1,10414	1,09770	1,09131	1,08496	1,07864	47
43	1,07237	1,06613	1,05994	1,05378	1,04766	1,04158	46
44	1,03552	1,02952	1,02355	1,01761	1,01170	1,00583	45
45	1,00000						44
∅	50'	50'	40'	30'	20'	10'	Kraad

Tangens

Tabeli kasutamine. 1. Leida cot 37°50'. Otsime esimesest lahtrist arvu 37 ja temast paremal horisont-real seitsmendast lahtrist leiame 1,28764, järelikut cot 37°50' = 1,28764. 2. Samast tabelist leiame ka tan üle 45°. 3. Kui tabelis pole vastava nurga cot, siis leiame selle interpolatsiooniga, nagu lk. 25.

9. Trigonomeetriliste suuruste logaritmid.

Tab. kasustamine.

1. Leida sin, cos, tan ja cot logaritmid nurgale 22°15'. Kõrvaloleva tab. nurga laht-rist otsime nurga 22°15' ja selle vast-
tu horisontaalre-
leame vastavad
logaritmid. Järeli-
kult lg sin 22°15'
= 1,5782; lg tan
22°15' = 1,6118 jne.

2. Tabelis puu-
duva trig. funkts.
lg leame interpo-
leerimisega. Näide:
leida lg sin 39°51';
võtame

lg sin 40° = 1,8081
ja lg
sin 39°45' = 1,8058
vahe 15' — 0,0023

Antud nurga ja
tabelist võetud vä-
hema nurga vahe
= 6' (39°51' —
— 39°45'). Koosta-
me kolmlause:

$$\left. \begin{array}{l} 15' - 0,0023 \\ 6' - x \end{array} \right\} \\ 0,0023 \cdot 6 \\ x = \frac{15}{15} =$$

= 0,0009; järelikult
lg sin 39°51' =
= 1,9058 + 0,0009
= 1,8067. Samuti
leitakse ka cos,
tan ja cot logarit-
mid, kus cos ja
cot puhul tuleb
leituda vahe lahu-
tada tabelist võe-
tud logaritmist.

Nurk	sin	tg	ctg	cos	
15'	3 6398	3 6398	2 3802	0000	45'
30'	3 9408	3 9409	2 0591	0000	30'
45'	2 1169	2 1170	1 8830	0000	15'
1° 0'	2 2419	2 2419	1 7581	1 9999	89° 0'
15'	2 3388	2 3389	1 6611	1 9999	45'
30'	2 4179	2 4181	1 5819	1 9999	30'
45'	2 4848	2 4851	1 5149	1 9998	15'
2° 0'	2 5428	2 5431	1 4569	1 9997	88° 0'
15'	2 5939	2 5943	1 4057	1 9997	45'
30'	2 6397	2 6401	1 3599	1 9996	30'
45'	2 6810	2 6815	1 3185	1 9995	15'
3° 0'	2 7188	2 7194	1 2800	1 9994	87° 0'
15'	2 7535	2 7542	1 2458	1 9993	45'
30'	2 7857	2 7865	1 2135	1 9992	30'
45'	2 8156	2 8165	1 1835	1 9991	15'
4° 0'	2 8436	2 8446	1 1554	1 9989	86° 0'
15'	2 8699	2 8711	1 1289	1 9988	45'
30'	2 8946	2 8960	1 1040	1 9987	30'
45'	2 9181	2 9196	1 0804	1 9985	15'
5° 0'	2 9403	2 9420	1 0580	1 9983	85° 0'
15'	2 9614	2 9633	1 0367	1 9982	45'
30'	2 9816	2 9836	1 0164	1 9980	30'
45'	1 0008	1 0030	9970	1 9978	15'
6° 0'	1 0192	1 0216	9784	1 9976	84° 0'
15'	1 0369	1 0395	9605	1 9974	45'
30'	1 0539	1 0567	9433	1 9972	30'
45'	1 0702	1 0732	9268	1 9970	15'
7° 0'	1 0859	1 0891	9109	1 9968	83° 0'
15'	1 1011	1 1045	8955	1 9965	45'
30'	1 1157	1 1194	8806	1 9963	30'
45'	1 1299	1 1338	8662	1 9960	15'
8° 0'	1 1436	1 1478	8522	1 9958	82° 0'
15'	1 1568	1 1613	8387	1 9955	45'
30'	1 1697	1 1745	8255	1 9952	30'
45'	1 1822	1 1873	8127	1 9949	15'
9° 0'	1 1943	1 1997	8003	1 9946	81° 0'
15'	1 2061	1 2118	7882	1 9940	45'
30'	1 2176	1 2236	7764	1 9940	30'
45'	1 2288	1 2351	7649	1 9937	15'
10° 0'	1 2397	1 2463	7537	1 9934	80° 0'
15'	1 2503	1 2573	7427	1 9930	45'
30'	1 2606	1 2680	7320	1 9927	30'
45'	1 2707	1 2784	7216	1 9923	15'
11° 0'	1 2806	1 2887	7113	1 9919	79° 0'
15'	1 2902	1 2987	7013	1 9916	78° 45'

Nurk	sin	tg	ctg	cos	
11° 30'	1 2997	1 3085	6915	1 9912	30'
45'	1 3089	1 3181	6819	1 9908	15'
12° 0'	1 3179	1 3275	6725	1 9904	78° 0'
15'	1 3267	1 3367	6633	1 9900	45'
30'	1 3353	1 3458	6542	1 9896	30'
45'	1 3438	1 3546	6454	1 9892	15'
13° 0'	1 3521	1 3634	6366	1 9887	77° 0'
15'	1 3602	1 3719	6281	1 9883	45'
30'	1 3682	1 3804	6196	1 9878	30'
45'	1 3760	1 3886	6114	1 9874	15'
14° 0'	1 3837	1 3968	6032	1 9869	76° 0'
15'	1 3912	1 4048	5952	1 9864	45'
30'	1 3986	1 4127	5873	1 9859	30'
45'	1 4059	1 4204	5796	1 9854	15'
15° 0'	1 4130	1 4281	5719	1 9849	75° 0'
15'	1 4200	1 4356	5644	1 9844	45'
30'	1 4269	1 4430	5570	1 9839	30'
45'	1 4337	1 4503	5497	1 9834	15'
16° 0'	1 4403	1 4575	5425	1 9828	74° 0'
15'	1 4469	1 4646	5354	1 9823	45'
30'	1 4533	1 4721	5284	1 9817	30'
45'	1 4597	1 4795	5215	1 9812	15'
17° 0'	1 4659	1 4858	5147	1 9806	73° 0'
15'	1 4721	1 4921	5079	1 9800	45'
30'	1 4781	1 4987	5013	1 9794	30'
45'	1 4841	1 5053	4947	1 9788	15'
18° 0'	1 4900	1 5118	4882	1 9782	72° 0'
15'	1 4958	1 5182	4818	1 9776	45'
30'	1 5015	1 5245	4755	1 9770	30'
45'	1 5071	1 5308	4692	1 9763	15'
19° 0'	1 5126	1 5370	4630	1 9757	71° 0'
15'	1 5181	1 5431	4569	1 9750	45'
30'	1 5235	1 5491	4509	1 9743	30'
45'	1 5288	1 5551	4449	1 9737	15'
20° 0'	1 5341	1 5611	4389	1 9730	70° 0'
15'	1 5392	1 5669	4331	1 9723	45'
30'	1 5443	1 5727	4273	1 9716	30'
45'	1 5494	1 5785	4215	1 9709	15'
21° 0'	1 5543	1 5842	4158	1 9702	69° 0'
15'	1 5592	1 5898	4102	1 9694	45'
30'	1 5641	1 5954	4046	1 9687	30'
45'	1 5689	1 6009	3991	1 9679	15'
22° 0'	1 5736	1 6064	3936	1 9672	68° 0'
15'	1 5782	1 6118	3882	1 9664	45'
30'	1 5828	1 6172	3828	1 9656	67° 30'

Märge: Vastupidistel toimistel leame antud funkts. lg vastavad nurgad.

10. Trigonomeetriliste suuruste logaritmid.

III.

Nurk	sin	tg	ctg	cos	
22° 45'	1 5874	1 6226	3774	1 9648	15'
23° 0'	1 5919	1 6279	3721	1 9640	67° 0'
15'	1 5963	1 6331	3669	1 9632	45'
30'	1 6007	1 6383	3617	1 9624	30'
45'	1 6050	1 6435	3565	1 9616	15'
24° 0'	1 6093	1 6486	3514	1 9607	66° 0'
15'	1 6135	1 6537	3463	1 9599	45'
30'	1 6177	1 6587	3413	1 9590	30'
45'	1 6219	1 6637	3363	1 9582	15'
25° 0'	1 6259	1 6687	3313	1 9573	65° 0'
15'	1 6300	1 6736	3264	1 9564	45'
30'	1 6340	1 6785	3215	1 9555	30'
45'	1 6379	1 6834	3166	1 9546	15'
26° 0'	1 6418	1 6882	3118	1 9537	64° 0'
15'	1 6457	1 6930	3070	1 9527	45'
30'	1 6495	1 6977	3023	1 9518	30'
45'	1 6533	1 7025	2975	1 9508	15'
27° 0'	1 6570	1 7072	2928	1 9499	63° 0'
15'	1 6607	1 7118	2882	1 9489	45'
30'	1 6644	1 7165	2835	1 9479	30'
45'	1 6680	1 7211	2789	1 9469	15'
28° 0'	1 6718	1 7257	2743	1 9459	62° 0'
15'	1 6752	1 7302	2698	1 9449	45'
30'	1 6787	1 7348	2652	1 9439	30'
45'	1 6821	1 7393	2607	1 9429	15'
29° 0'	1 6856	1 7438	2562	1 9418	61° 0'
15'	1 6890	1 7482	2518	1 9408	45'
30'	1 6923	1 7526	2474	1 9397	30'
45'	1 6957	1 7571	2429	1 9386	15'
30° 0'	1 6990	1 7614	2386	1 9375	60° 0'
15'	1 7022	1 7658	2342	1 9364	45'
30'	1 7055	1 7701	2299	1 9353	30'
45'	1 7087	1 7745	2255	1 9342	15'
31° 0'	1 7118	1 7788	2212	1 9331	59° 0'
15'	1 7150	1 7831	2169	1 9319	45'
30'	1 7181	1 7873	2127	1 9308	30'
45'	1 7212	1 7916	2084	1 9296	15'
32° 0'	1 7242	1 7958	2042	1 9284	58° 0'
15'	1 7272	1 8000	2000	1 9272	45'
30'	1 7302	1 8042	1958	1 9260	30'
45'	1 7332	1 8084	1916	1 9248	15'
33° 0'	1 7361	1 8125	1875	1 9236	57° 0'
15'	1 7390	1 8167	1833	1 9224	45'
30'	1 7419	1 8208	1792	1 9211	30'
45'	1 7447	1 8249	1751	1 9199	56° 15'
	cos	ctg	tg	sin	Nurk

IV.

Nurk	sin	tg	ctg	cos	
34° 0'	1 7476	1 8290	1710	1 9186	56° 0'
15'	1 7504	1 8331	1669	1 9173	45'
30'	1 7531	1 8371	1629	1 9160	30'
45'	1 7559	1 8412	1588	1 9147	15'
35° 0'	1 7596	1 8452	1548	1 9134	55° 0'
15'	1 7613	1 8493	1507	1 9120	45'
30'	1 7640	1 8533	1467	1 9107	30'
45'	1 7668	1 8573	1427	1 9093	15'
36° 0'	1 7692	1 8613	1387	1 9080	54° 0'
15'	1 7718	1 8652	1348	1 9068	45'
30'	1 7744	1 8692	1308	1 9052	30'
45'	1 7769	1 8732	1268	1 9038	15'
37° 0'	1 7795	1 8771	1229	1 9023	53° 0'
15'	1 7820	1 8811	1189	1 9009	45'
30'	1 7844	1 8850	1150	1 8995	30'
45'	1 7869	1 8889	1111	1 8980	15'
38° 0'	1 7893	1 8928	1072	1 8965	52° 0'
15'	1 7918	1 8967	1033	1 8950	45'
30'	1 7941	1 9006	994	1 8935	30'
45'	1 7965	1 9045	955	1 8920	15'
39° 0'	1 7989	1 9084	916	1 8905	51° 0'
15'	1 8012	1 9122	878	1 8890	45'
30'	1 8035	1 9161	839	1 8874	30'
45'	1 8058	1 9200	800	1 8858	15'
40° 0'	1 8081	1 9238	762	1 8843	50° 0'
15'	1 8108	1 9277	723	1 8827	45'
30'	1 8125	1 9315	685	1 8810	30'
45'	1 8148	1 9353	647	1 8794	15'
41° 0'	1 8169	1 9392	608	1 8778	49° 0'
15'	1 8191	1 9430	570	1 8761	45'
30'	1 8213	1 9468	532	1 8745	30'
45'	1 8234	1 9506	494	1 8728	15'
42° 0'	1 8255	1 9544	456	1 8711	48° 0'
15'	1 8276	1 9582	418	1 8694	45'
30'	1 8297	1 9621	379	1 8676	30'
45'	1 8317	1 9659	341	1 8659	15'
43° 0'	1 8338	1 9697	303	1 8641	47° 0'
15'	1 8358	1 9735	265	1 8624	45'
30'	1 8378	1 9772	228	1 8606	30'
45'	1 8398	1 9810	190	1 8588	15'
44° 0'	1 8418	1 9848	152	1 8569	46° 0'
15'	1 8437	1 9886	114	1 8551	45'
30'	1 8457	1 9924	076	1 8532	30'
45'	1 8476	1 9962	038	1 8514	15'
45° 0'	1 8495	0000	000	1 8495	45° 0'
	cos	ctg	tg	sin	Nurk

3. Leida nurk, mille lg sin = 1,6957 jne.; kõrvalolevast tabelist leiame, et selle lg vastab nurk 29° 45'.
4. Tabelis puuduva nurga leiame interpoleerimisega.

Tähele panna!
Tabelist mitteleiduvate sin ja tan nurkadele, mis < 10° ning cos ja cot nurkadele > 80°, leitakse vastavad funkts. lg teisiti. Näide:
1. Leida lg sin 5° 23'.
Antud nurga ligema suurema nurga (s. o. 5° 30') sin lg s. o. 2,9816-st lahutame sama nurga (5° 30') ja antud nurga (5° 23') minutite arvude logaritmid vahe, saame antud nurga sin logaritmi.

Tähendab, lg sin 5° 23' = lg 5° 30' — [lg(5 . 60 + 30) — lg(5 . 60 + 23)] = lg 5° 30' — (lg 330 — lg 323) = 2,9816 — (2,5185 — 2,5092) = 2,9816 — 0,0093 = 2,9723.

2. Leida lg cos 88° 9'; lg cos 88° 9' = lg sin 1° 51' = lg sin 2° — (lg 120 — lg 111) = 2,5428 — (2,0792 — 2,0453) = 2,5089.

Märge: Tabeleis trükitud tg asemel lugeda tan ja ctg asemel cot.

11. Kerade ruumalad läbimõõtudele $d = 1$ kuni 200.

d	$\frac{\pi}{6} d^3$	d	$\frac{\pi}{6} d^3$	d	$\frac{\pi}{6} d^3$	d	$\frac{\pi}{6} d^3$	d	$\frac{\pi}{6} d^3$
1	0,523599	41	36086,95	81	278261,8	121	927587,2	161	2185125
2	4,168790	42	38792,39	82	288695,6	122	950775,8	162	2226094
3	14,13717	43	41629,77	83	299387,0	123	974347,7	163	2267574
4	33,51032	44	44602,24	84	310339,1	124	998305,9	164	2309565
5	65,44985	45	47712,94	85	321555,1	125	1022654	165	2352071
6	113,0973	46	50965,01	86	333038,2	126	1047394	166	2395096
7	179,5944	47	54361,60	87	344791,4	127	1072531	167	2438642
8	268,0826	48	57905,84	88	356817,9	128	1098066	168	2482713
9	381,7035	49	61600,87	89	369120,9	129	1124004	169	2527311
10	523,5988	50	65449,85	90	381703,5	130	1150347	170	2572441
11	696,9100	51	69455,91	91	394568,9	131	1177098	171	2618104
12	904,7787	52	73622,18	92	407720,1	132	1204260	172	2664305
13	1150,347	53	77951,81	93	421160,3	133	1231838	173	2711046
14	1436,755	54	82447,92	94	434892,8	134	1259833	174	2758331
15	1767,146	55	87113,75	95	448920,5	135	1288249	175	2806162
16	2144,660	56	91952,32	96	463246,7	136	1317090	176	2854543
17	2572,441	57	96966,83	97	477874,5	137	1346357	177	2903477
18	3053,628	58	102160,4	98	492807,0	138	1376055	178	2952967
19	3591,364	59	107536,2	99	508047,4	139	1406187	179	3003006
20	4188,790	60	113097,3	100	523598,8	140	1436755	180	3053628
21	4849,048	61	118847,0	101	539464,3	141	1467763	181	3104805
22	5575,280	62	124788,2	102	555647,2	142	1499214	182	3156551
23	6370,626	63	130924,3	103	572150,5	143	1531112	183	3208669
24	7238,229	64	137258,2	104	588977,4	144	1563457	184	3261761
25	8181,231	65	143793,3	105	606131,0	145	1596256	185	3315231
26	9202,772	66	150532,6	106	623614,5	146	1629511	186	3369282
27	10305,99	67	157479,1	107	641431,0	147	1663224	187	3423919
28	11494,04	68	164636,2	108	659583,7	148	1697398	188	3479142
29	12770,05	69	172006,9	109	678075,6	149	1732038	189	3534956
30	14137,17	70	179594,4	110	696910,0	150	1767146	190	3591364
31	15598,53	71	187401,8	111	716090,0	151	1802725	191	3648369
32	17157,28	72	195432,2	112	735618,6	152	1838778	192	3705973
33	18816,57	73	203688,8	113	755499,1	153	1875309	193	3764181
34	20579,53	74	212174,8	114	775734,6	154	1912321	194	3822995
35	22449,30	75	220893,2	115	796328,3	155	1949816	195	3882419
36	24429,02	76	229847,3	116	817283,2	156	1987799	196	3942455
37	26521,85	77	239040,1	117	838602,7	157	2026271	197	4003108
38	28730,91	78	248474,9	118	860289,5	158	2065237	198	4064379
39	31059,36	79	258154,6	119	882347,3	159	2104699	199	4126272
40	33510,32	80	268082,6	120	904778,7	160	2144660	200	4188790

Eelolevate tabelite tarvitamis-seletus. Tabel I (lk. 1—21).

Tabeli esimesse lahtrisse (n) on paigutatud arvud 1—1000. Järgmisesse lahtrisse (2, 3, 4, 5, 6) on paigutatud nende ruudud, kuubid, ruutjuured, kuupjuured ja logaritmid; 9. lahtris on ringide läbimõõdud (d) ning 7. ja 8 lahtris ringide ümbermõõdud (πd) ja pindalad ($\frac{1}{4} \pi d^2$). Näide: leida arvu 456 ja temast 10, 100, 1000 jne. korda suuremate ning 10, 100, 1000 jne. korda vähemate arvude ruudud, kuubid, ruut- ja kuupjuured ning logaritmid ja leida ringide ümbermõõdud ja pindalad, kui $d = 45,6$, 456, 4,56 jne. Leidmist selgitab järgmine tabelike:

Arvud n	A r v u d e					Ringide		
	ruudud n^2	kuubid n^3	ruut-juured $\sqrt{n}$	kuupjuur. $\sqrt[3]{n}$	logaritmid $\lg n$	ümbermöödud πd	pindalad $\frac{1}{4}\pi d^2$	läbimöödud d
1	2	3	4	5	6	7	8	9
456	207936	94818816	21,3542	7,6970	2,6590	143,3	1633,1	45,6
4,56	20,7936	94,818816	2,13542	Leitakse interpol.	0,6590	1,433	0,16331	0,456
0,456	0,207936	0,094818816	Leitakse interpoli-leerimisega	0,76970	1,6590	0,1433	0,0016331	0,0456
45,6	2079,36	94818,816		interpo-leerimine	1,6590	14,33	16,331	4,56
4560	20793600	94818816000			3,6590	1433	163310	456

1. Tabelist leiame, et $456^2 = 207936$; $456^3 = 94818816$; $\sqrt[3]{456} = 7,6970$; $\lg 456 = 2,6590$; kui ringi $d = 45,6$, siis ümbermööd $\pi d = 143,3$ ja pindala $\frac{1}{4}\pi d^2 = 1633,1$. Samuti leiame tabelist vastused ka teisile küsimusile, peale nende, millede kohta on tehtud tabelis märkus. Viimaseid võime leida tabeli abil kahel viisil:

I viis — interpoleerimine: leida $\sqrt[3]{45,6}$. Toimime järgmiselt: võtame $\sqrt[3]{46} = 6,7823$ ja $\sqrt[3]{45} = 6,7082$, juurte vahe $= 0,0741$ ($6,7823 - 6,7082$). Juuritava arvu 1 võrra ($46 - 45 = 1$) suurendamisega suureneb juur $0,0741$ võrra, suurendame aga juuritavat arvu $0,6$ võrra ($45,6 - 45 = 0,6$), suureneb juur $0,6 \cdot 0,0741 = 0,0445$ võrra, järelikult $\sqrt[3]{45,6} = 6,7082 + 0,0445 = 6,7527$; samuti $\sqrt[3]{0,456} = 0,67527$ jne.

II viis: $\sqrt[3]{45,6} = \sqrt[3]{456} : \sqrt[3]{10} = 21,3542 : 3,1623 = 6,7527$ jne.

2. Ruut- ja kuupjuur enam kui kolmekohalisest täisarvust või kümnendmurrust (nullid teiste numbrite ees või taga ei loeta kohtade hulka). Näide: $\sqrt{207936}$. Et leida ruutjuur antud arvust, otsime teda 2. lahtrist (n^2), juure leiame 1. lahtrist; selgub, et $\sqrt{207936} = 456$. Kui ei leidu 2. ja 3. lahtris arvu, millest otsime ruut- või kuupjuurt, siis leitakse otsitavad juured interpoleerimisega. Näide: leida $\sqrt{6741}$. Võtame 2. lahtrist (lk. 2), temale lähima suurema, s. o. 6889, ja — vähema arvu, s. o. 6724, nende vahe $= 165$, antud arvu ja tabelist võetud vähema arvu vahe 17 ($6741 - 6724 = 17$) jagame 165 -ga $17 : 165 = 0,103$, jagatise liidame $\sqrt{6724} = 82$ -ga, järelikult $\sqrt{6741} = 82 + 0,103 = 82,103$. Samuti leiame ka kuupjuure 6741 -st.

3. Kui on teada ringi ümbermööd $1433,3$ või pindala $1633,1$, võime leida d : otsime vastavad arvud 7. või 8. lahtrist ja d leiame 9. lahtrist, tähendab ümbermöödule $1433,3$ ja pindalale $1633,1$ vastab läbimööd $45,6$. Kui nimetatud lahtritest ei leidu antud arvu, siis d leitakse interpoleerimisega.

4. Nelja- ja enamkohalise arvu $\lg$ (neljas koht ei ole 0), näit $\lg 4567$, leitakse interpoleerimisega, võttes 4560 ja 4570 logaritmid.

5. Antud logaritmile arvu leidmine. Näide: leida arv, mille $\lg = 2,5690$: otsime 6. lahtrist ($\lg n$) arvu $2,6590$ ja tema vastu 1. lahtrist leiame 456 ; kui 6. lahtris ei ole antud $\lg$, siis leitakse vastav arv interpoleerimisega.

II. Aritmeetika.

1. Lihtmurrud. a) Taandamine: $\frac{26}{39} = \frac{26:13}{39:13} = \frac{2}{3}$ b) Eendamine: $\frac{2}{5} = \frac{2 \cdot 30}{5 \cdot 30} = \frac{60}{150}$ c) Segaarvu muutmine liigmurruks: $3\frac{2}{5} = \frac{3 \cdot 5 + 2}{5} = \frac{17}{5}$ d) Täisarvu kõrvaldamine liigmurrust: $\frac{29}{4} = 29:4 = 7\frac{1}{4}$; e) Tehted murdu-
dega α) liitmine: $\frac{1}{2} + \frac{2}{3} + \frac{3}{4} = \frac{1 \cdot 6}{12} + \frac{2 \cdot 4}{12} + \frac{3 \cdot 3}{12} = \frac{6}{12} + \frac{8}{12} + \frac{9}{12} = \frac{6+8+9}{12} = \frac{23}{12} = 1\frac{11}{12}$; β) lahutamise: $\frac{3}{4} - \frac{2}{3} = \frac{3 \cdot 3}{12} - \frac{2 \cdot 4}{12} = \frac{9-8}{12} = \frac{1}{12}$; γ) korru-
tamine: 1) $\frac{7}{8} \cdot 5 = \frac{7 \cdot 5}{8} = \frac{35}{8} = 4\frac{3}{8}$; 2) $8 \cdot \frac{2}{3} = \frac{8 \cdot 2}{3} = \frac{16}{3} = 5\frac{1}{3}$; 3) $\frac{4}{7} \cdot \frac{5}{9} = \frac{4 \cdot 5}{7 \cdot 9} = \frac{20}{63}$; 4) $2\frac{1}{2} \cdot 3\frac{2}{3} = \frac{5}{2} \cdot \frac{11}{3} = \frac{5 \cdot 11}{2 \cdot 3} = \frac{55}{6} = 9\frac{1}{6}$; δ) jagamine: 1) $5 : \frac{2}{3} = \frac{5 \cdot 3}{2} = \frac{15}{2} = 7\frac{1}{2}$; 2) $\frac{5}{7} : 3 = \frac{5}{7 \cdot 3} = \frac{5}{21}$; 3) $\frac{2}{7} : \frac{5}{9} = \frac{2 \cdot 9}{7 \cdot 5} = \frac{18}{35}$; 4) $2\frac{1}{5} : 4\frac{2}{3} = \frac{11}{5} : \frac{14}{3} = \frac{11 \cdot 3}{5 \cdot 14} = \frac{33}{70}$; f) Antud arvust osa leidmine: leida $\frac{2}{3}$ arvust 35; $\frac{2}{3} 35\text{-st} = \frac{2}{3} \cdot 35 = \frac{2 \cdot 35}{3} = \frac{70}{3} = 23\frac{1}{3}$; g) Arvu leidmine osa järgi: leida
arv x , kui $\frac{4}{5} x = 15$; $x = 15 : \frac{4}{5} = \frac{15 \cdot 5}{4} = \frac{75}{4} = 18\frac{3}{4}$.

2. Kümnnendmurrud. a) Muuta $\frac{3}{4}$ ja $\frac{1}{6}$ kümnnendmurruks; selleks jagame murru lugejat nimetajaga: $3:4 = 0,75$ ja $1:6 = 0,1666\dots = 0,167$ (peenusega kuni 0,001); või 0,17 (peen. 0,01) või 0,2 (peen. 0,1).
b) Muuta 0,4, 0,05, 2,08 lihtmurruks: $0,4 = \frac{4}{10} = \frac{2}{5}$; $0,05 = \frac{5}{100} = \frac{1}{20}$;
 $2,08 = 2\frac{8}{100} = 2\frac{2}{25}$;

c) Tehted kümnnendmurdudega toimetatakse samuti kui tehted täisarvudega. α) liitmine: $15,2 + 0,54 + 0,008 = 15,748$; β) lahutamine: $4,5 - 2,753 = 1,747$; γ) korrutamine: $5,4 \cdot 0,012 = 0,0648$; δ) jagamine 1) $0,15 : 2,5$; muudame jagaja täisarvuks, saame $1,5 : 25 = 0,06$. 2) $1,38 : 1,1 = 13,8 : 11 = 1,25$ (peen. 0,01).

3. Võrdelised ja pöördvõrdelised suurused (olenevused).

Kui ühe suuruseväärtuse suurendamisel (või vähendamisel) 2, 3, 4, 5 ... n korda suureneb (või väheneb) ka teise suuruseväärtus sama palju kordi, siis need kaks suurust nimetatakse võrdeliseks; kui aga teise suuruseväärtus väheneb (või suureneb) sama arv kordi, siis neid nimetatakse pöördvõrdeliseks suuruseks. Näit.: Võrdelised suurused: kaubahulk ja kaubamaksus (kui 4 kg kaupa maksab kr. 15, siis 8 kg sama kaupa maksab kr. 30, 12 kg — kr. 45 jne.) töötasu ja tööaeg, käidud tee ja aeg, intressid kapitalilt ja protsent, hammasratta läbimõõt ja hammaste arv jne. 2. Pöördvõrdelised suurused: kiirus ja aeg (kui meie kiirust suu-

rendame, siis sama tee ära käimiseks on vaja vähem aega, näit.: kui kiirus = 5 km tunnis, siis 50 km käimiseks on vaja 10 tundi, suurendame aga kiirust 2 korda, väheneb aeg 2 korda, 10 tunni asemel vaja aega ainult 5 t. jne.), rihmaseibi läbimõõt ja pööretearv minutis, gaasi ruumala ja rõhk, samal temperatuuril keha ruumala ja tema erikaal jne.

Ülaltoodud suurustevahelist olenevust nimetatakse **lineaarseks olenevuseks**. Kui ühe suuruse väärtust suurendada (või vähendada) 2, 3, 4, 5... n korda, suureneb (või väheneb) teise suuruse väärtus 2^2 , 3^2 , 4^2 , 5^2 ... n^2 korda; seesugust olenevust nimetatakse **ruutolenevuseks** näit.: ringi läbimõõt — d ja pindala S (kui ringi d suurendada 3 korda, siis S suureneb 9 korda jne.), korrapäraste hulknurkade küljed ja vastavad pindalad, kiirus ja õhutakistus, tsentrifugaaltung ja kiirus jt.

4. Võrded (proportsioonid).

Üldseletusi: Kahe arvu jagatist nimetatakse **geomeetriliseks suhteks**, näit. 12 ja 3 suhe = 4 (12:3); 3 ja 12 suhe = $\frac{1}{4}$ (3:12) jne. Kaks võrdset geom. suhet moodustavad geom. võrde või **proportsiooni**, näit. 6:3 = 10:5, kus 6 ja 5 on välis-, 3 ja 10 siseliikmed. Võrde omadus: **Välisliikmete korrutis = siseliikmete korrutisega**, s. o. 6.5 = 3.10, see omadus võimaldab kolme antud liikme abil leida neljas tundmatu liige (x); näit. $x:5 = 6:2$, $x = 5.6:2 = 15$ jne., üldiselt kui $a:b = c:d$, siis $a.d = b.c$ ja $a = b.c:d$; $d = b.c:a$; $b = a.d:c$ ja $c = a.d:b$. Antud võrdest (proportsioonist) võime tuletada uusi: $(a \pm b):b = (c \pm d):d$; $(a \pm c):c = (b \pm d):d$; $(a \pm c):(b \pm d) = c:d$; $(ma \pm nb):(pa \pm qb) = (mc \pm nd):(pc \pm qd)$ ja $(ma + nc + pe \dots):(mb + nd + pf \dots) = a:b = c:d = e:f$.

5. Võrdeline jagamine. 1) Jagada 500 võrdeliselt 2, 3 ja 5-ga, s. o. $x_1:x_2:x_3 = 2:3:5$; leiame osade summa $2+3+5=10$; 1 osa = $500:10=50$. $x_1=2.10=100$; $x_2=3.50=150$ ja $x_3=5.50=250$. 2) Jagada 115 võrdeliselt $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ ja $\frac{3}{4}$; $x_1:x_2:x_3 = \frac{1}{2}:\frac{2}{3}:\frac{3}{4} = \frac{6}{12}:\frac{8}{12}:\frac{9}{12} = 6:8:9$; siit analoogiliselt eelmisele näitele leiame, et $x_1=30$; $x_2=40$ ja $x_3=45$.

6. Pöördvõrdeline jagamine. 1) Jagada 620 pöördvõrdeliselt 2, 3 ja 5, see tähendab, et $x_1:x_2:x_3 = \frac{1}{2}:\frac{1}{3}:\frac{1}{5} = \frac{15}{30}:\frac{10}{30}:\frac{6}{30} = 15:10:6$; $15+10+6=31$; 1 osa = $620:31=20$; $x_1=15.20=300$; $x_2=10.20=200$; $x_3=6.20=120$. 2) Jagada 363 pöördvõrdeliselt $\frac{2}{3}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$; $x_1:x_2:x_3 = \frac{2}{3}:\frac{5}{6}:\frac{3}{4} = \frac{4}{6}:\frac{5}{6}:\frac{3}{4} = \frac{40}{60}:\frac{50}{60}:\frac{45}{60} = 40:50:45$; siit leiame, et $x_1=135$; $x_2=108$; $x_3=120$.

7. Keskmisi suurusi. a) Kahe arvu a ja b α) aritmeetiline keskmine $x = \frac{1}{2}(a+b)$; β) geomeetiline keskm. (või keskmine proportsionaalne) $x = \sqrt{ab}$; b) Mitme (n) arvu $a_1, a_2, a_3 \dots a_n$ keskmisi: α) aritmeetiline $x_n = (a_1 + a_2 + a_3 + \dots a_n):n$, β) geomeetiline: $x_g = \sqrt[n]{a_1.a_2.a_3 \dots a_n}$;

8. Protsentide ja intresside arvutusi.

Protsent. Tähis p , märk: $\%$; 0,01 arvust on $\frac{1}{100}$, 0,02 arvust on $\frac{2}{100}$ jne. Näiteks: $\frac{1}{100}$ kr. 3572. — = 0,01.kr. 3572 = kr. 35,72. Et leida $\frac{3}{100}$, $\frac{5}{100}$, $\frac{8}{100}$, $\frac{p}{100}$ jne. mõnesugusest arvust, tuleb leida esiteks $\frac{1}{100}$ ja siis saadud arv korrutada 3-ga, 5-ga, 8-ga või p -ga jne., nii näit. $\frac{3}{100}$ kr. 3572 = $35,72.3 = \text{kr. } 107,16$ ja $\frac{p}{100}$ samast arvust = $\text{kr. } 35,72p$. Üldvalem: kui a on $\frac{p}{100}$ arvust A , siis nende suuruste vahel on järgmine

olenevus: $a = 0,01 Ap$. (1). Siit leiame, et $p = a : 0,01A = (a : A) \cdot 100 = 100a : A$, (2) ja $A = a : 0,01p = 100a : p$, (3). Näiteid: 1. Mitu % on 15 75-st; $p = (15 : 75) \cdot 100 = 1500 : 75 = 20$ (20%). 2. Leida arv, mille 8% = 40; $A = 100 \cdot 40 : 8 = 500$. Märg: Kapitalelt (tähis k) saadud % nimetatakse **intressiks** (hoiuse summad jm.), tähis i , või **dividendiks** — väärtipabereilt — või **diskontoks** — vekseilt. Promill, märk %; 0,001 arvust on 1‰, 0,002 = 2‰ jne. **Lihtprotsendid**. Intresside valemid (dividend. ja diskonto) $i = 0,01 kpt$, kus t tähistab aastaid; kui t tähistab kuid, siis $i = 0,01 kpt : 12$; kui päivi, siis $i = 0,01 kpt : 360 = 0,01 kt : D$, kus $D = 360 : p$ on alatine jagaja.

kui $p = 2$	2,5	3	4	4,5	3	6	7,5	8	9	10	12	15
siis $D = 180$	144	120	90	80	72	60	48	45	40	36	30	24

Lihtprotsendid. Kui saadud intressid liita iga aasta lõpul kapitalile K , siis t aasta pärast saame lõppkapitali $K_t = K(1 + 0,01 p)^t$ või, võttes $1 + 0,01 p = q$, saame $K_t = Kq^t$. Siit leiame, et $t = (\lg K_t - \lg K) : \lg q$ (aastat); kapitali kahekordistamisaeg = $\lg 2 : \lg q$, kolmekordistamisaeg = $\lg 3 : \lg q$ jne. t aasta pärast maksmisele kuuluva kapitali K_t praegune tegelik väärtus $K = K_t : q^t$. **Allpool $q-1$ sama väärtus**. Tähtaegsed maksud: 1) Kui t aastat järjest iga aasta alul pannakse hoiule K krooni p protsendiga, siis t aasta lõpuks saame kapitali $K_t = Kq(q^t - 1) : (q - 1)$. 2) Kui aasta alul on tehtud pikaajaline laen K ja iga aasta lõpul tasutakse A , siis $Kq^t = A(q^t - 1) : (q - 1)$, millest leiame, et igaaastane kustutus ehk nn. annuiteet $A = Kq^t(q - 1) : (q^t - 1)$ või $p_1 = 100(q - 1)q^t : (q^t - 1)$, kus p_1 on täieliku kustuse suurus, väljendatud % algkapitalist. 3) Et saada t aastat järjest A krooni ($A =$ osa kapit. + intr.) iga aasta lõpul, peab hoiule andma $p\%$ -ga kapitali $K = A(q^t - 1) : q^t(q - 1)$.

Märg: Intresside arvutamisel loetakse kuus 30 ja aastas 360 päeva.

Näiteid: 1. Materjali osteti 320 kg, löikeiks läks 5%. Mitu kg (a) läks löikeiks? $a = 0,01 \cdot 320 \cdot 5 = 3,2 \cdot 5 = 16$ (kg). 2. Tööstuses on 80 töolist, kellest 16 on naist. Mitu protsenti (p) on naisi? $p = (16 : 80) \cdot 100 = 1600 : 80 = 20$ (%). 3. Puitmaja amortisatsioon (mahakirjutus) = kr. 360, mis on 2% maja väärtusest. Kui suur on maja väärtus? $A = (360 : 2) \cdot 100 = 36000 : 2 =$ kr. 18000 4. Kuupalju saame intr. (i) hoiuse summalt kr. 3250, mis on pandud panka 5% 2 aastaks. $i = 0,01 \cdot 3250 \cdot 5 \cdot 2 =$ kr. 325. Sama kapitali 2 kuu $i = (0,01 \cdot 3250 \cdot 5 \cdot 2) : 12 =$ kr. 27,08 ja 24 päeva $i = (0,01 \cdot 5 \cdot 24) : 360 = (0,01 \cdot 3250 \cdot 24) : 72 =$ kr. 10,83; 5. Leida kr. 360 vekslidiskonto 4 kuu eest 7,5%-ga; $i =$ disk. = $0,01 \cdot 360 \cdot 7,5 \cdot (4 : 12) =$ kr. 9. [Märkmeid: 1. Vekslidiskontole lisandub juurde veel 50 senti postikuludid, mida nimetatakse **portoks**. 2. Käesoleval ajal Eestis 3-kuuliste vekslite diskonto % on 7. Leida kr. 360 3-kuulise vekslidiskonto; 3 kuu ($3 k = 1/4$ aastat) disk. = $7\% : 4 = 1,75\% = 1\% + 0,5\% + 0,25\%$. Järelikult kr. 360 disk. = $3,6 + 1,8 + 0,9 = 6,3$ (kr.); ühes portoga kr. 6,80]; 6. Tööstuse inventari väärtus = kr. 35000 ja see on kindlustatud 1,2‰-ga. Kui suur on kindlustuspreemia? Preemia = $0,001 \cdot 35000 \cdot 1,2 =$ kr. 42.— 7. Kui suur on 9‰-line intress kapit. kr. 500 20 päeva eest? $i = 0,01 kt : D = 0,01 \cdot 500 \cdot 20 : 40 =$ kr. 25. Märg: Järgmiste ülesannete lahendamisel kasutada $q^t = (1 + 0,01 p)^t$ tabelit. 8. Kui suur on 10 a. pärast kr. 500 lõppkapital, mis antud hoiule 5%? $K_t = 500 \cdot 1,05^{10}$. Tabelist q^t leiame, et $1,05^{10} = 1,629$, järelikult $K_t = 1,629 \cdot 500 =$ kr. 814,50. 9. Kui suure kapit. peame panema hoiule, et 5 a. pärast saada kr. 500, arvestades 6%. $K = 500 : 1,06^5 = 500 : 1,3382 =$ kr. 373,64. 10. Kui suure kapit. saame 10 a. lõpul, kui iga aasta alul anda hoiule kr. 100 5%-ga? $K_{10} = 100 \cdot 1,05 \cdot (1,05^{10} - 1) : (1,05 - 1) = 100 \cdot 1,05 \cdot 0,6290 : 0,05 =$ kr. 1320,90. 11. Kuupalju peame maksma iga

aasta 20-aastase 4% pikaalgse laenu kr. 8000 eest. Annuiteet $A = 8000 \cdot 1,04^{20} \cdot (1,04 - 1) : (1,04^{20} - 1) = 8000 \cdot 2,1911 \cdot 0,04 : 1,1911 \approx$ kr. 588,6. Sama ülesande võime lahendada ka annuiteedi-tab. abil (vt. seletus tabelil).
12. Kui suure kapit. peame paigutama hoiule 3% -ga, et 10 a. järgemööda saaks ühes $\%$ -ga iga aasta lõpul kr. 300? $K = 300 \cdot (1,03^{10} - 1) : 1,03^{10} \cdot (1,03 - 1) = 300 \cdot 0,344 : 1,344 \cdot 0,03 \approx$ kr. 2580.—.

Protsent sajalt. Tähised: A_s — suurendatud, A — otsene arv, a — suurendus, p — $\%$ määr. $A_s = 0,01A(100 + p) = a(100 + p) : p$; $A = 100 \cdot A_s : (100 + p)$; $a = A_s p : (100 + p)$. Näiteid: a) Kauba omahind on kr. 50. Mis hinna eest peame seda kaupa müüma, et saada 10% kasu? $A_s = 0,01 \cdot 50 \cdot (100 + 10) = 0,01 \cdot 50 \cdot 100 =$ kr. 55.— b) Kaup on müüdud kr. 920 eest, kusjuures on saadud kasu 15% . Kui suur on omahind? $A = 100 \cdot 920 : (100 + 15) = 100 \cdot 920 : 115 =$ kr. 800.— c) Kuupalju saadakse kasu kr. 550 eest müüdud kaubalt, kui kasu $\%$ on 10? $a = 550 \cdot 10 : (100 + 10) = 550 \cdot 10 : 110 =$ kr. 50.—. Protsent sajasse. Tähised: A_v — vähendatud, A — otsene arv, a — vähendus; $A_v = 0,01A(100 - p) = a(100 - p) : p$; $A = 100A_v : (100 - p)$; $a = A_v p : (100 - p)$. Näiteid: a) Veekose teoreetiline võimsus on 300 hj; kadu turbiinis 15% . Mitu hj saame tegelikult? $A_v = 0,01 \cdot 300 \cdot (100 - 15) = 3 \cdot 85 = 255$ hj. b) α) Kirjastaja soovib saada raamatu eest kr. 4,80; mis hinna eest peab ta müüma raamatu kaupmehele, andes temale hinnaalandust 20% ? $A = 100 \cdot 4,8(100 - 20) = 100 \cdot 4,8 : 80 =$ kr. 6. β) Kaup müüdi 10% kahjuga kr. 180 eest. Leida omahind. $A = 100 \cdot 180 : (100 - 10) = 100 \cdot 180 : 90 =$ kr. 200.—. c) Kuupalju saadakse kahju kr. 190 eest müüdud kaubalt, kui kahju $\%$ on 5? $a = 190 \cdot 5 : (100 - 5) = 190 \cdot 5 : 95 =$ kr. 10.—.

Tabel qt = $(1 + 0,01 p)^t$

Aastad	1,02 ^t (2 ⁰ %)	1,025 ^t (2,5 ⁰ %)	1,03 ^t (3 ⁰ %)	1,035 ^t (3,5 ⁰ %)	1,04 ^t (4 ⁰ %)	1,045 ^t (4,5 ⁰ %)	1,05 ^t (5 ⁰ %)	1,055 ^t (5,5 ⁰ %)	1,06 ^t (6 ⁰ %)
1	1,0200	1,0250	1,0300	1,0350	1,0400	1,0450	1,0500	1,0550	1,0600
2	1,0404	1,0506	1,0609	1,0712	1,0816	1,0920	1,1025	1,1130	1,1236
3	1,0612	1,0769	1,0927	1,1087	1,1249	1,1412	1,1576	1,1742	1,1910
4	1,0824	1,1038	1,1255	1,1475	1,1699	1,1925	1,2155	1,2388	1,2625
5	1,1041	1,1314	1,1593	1,1877	1,2167	1,2462	1,2763	1,3060	1,3362
6	1,1262	1,1597	1,1941	1,2293	1,2653	1,3023	1,3401	1,3788	1,4185
7	1,1487	1,1887	1,2299	1,2723	1,3159	1,3609	1,4071	1,4547	1,5036
8	1,1717	1,2184	1,2668	1,3168	1,3686	1,4221	1,4775	1,5347	1,5938
9	1,1951	1,2489	1,3048	1,3629	1,4233	1,4861	1,5513	1,6191	1,6895
10	1,2180	1,2801	1,3439	1,4106	1,4802	1,5520	1,6289	1,7081	1,7908
11	1,2434	1,3121	1,3842	1,4590	1,5395	1,6229	1,7103	1,8021	1,8983
12	1,2682	1,3449	1,4258	1,5111	1,6010	1,6959	1,7959	1,9012	2,0122
13	1,2936	1,3785	1,4685	1,5630	1,6651	1,7722	1,8856	2,0058	2,1329
14	1,3195	1,4120	1,5126	1,6187	1,7317	1,8519	1,9799	2,1161	2,2609
15	1,3459	1,4483	1,5570	1,6753	1,8009	1,9353	2,0789	2,2325	2,3965
16	1,3728	1,4845	1,6047	1,7330	1,8720	2,0224	2,1829	2,3553	2,5404
17	1,4002	1,5216	1,6528	1,7947	1,9479	2,1134	2,2920	2,4848	2,6928
18	1,4282	1,5597	1,7024	1,8575	2,0252	2,2085	2,4066	2,6215	2,8543
19	1,4568	1,5987	1,7535	1,9225	2,1068	2,3079	2,5260	2,7656	2,0256
20	1,4859	1,6386	1,8061	1,9898	2,1911	2,4117	2,6533	2,9178	2,2071

Tabeli kasustamine. Leida $(1,04)^{10}$. Esimesest lahtrist (t) otsime arvu 10 ja tema vastu horisontaalreas 4% lahtris leiame arvu 1,4802, järelikult $(1 + 0,04)^{10} = (1,04)^{10} = 1,4802$.

1 kr. igaaastane kustutus ehk annuiteet (A).

Aastate arv <i>t</i>	P r o t s e n d i m ä ä r									
	3	3½	4	4½	5	6	7	8	10	12
1	1.030	1.035	1.040	1.045	1.050	1.060	1.070	1.080	1.100	1.120
2	0.522	0.526	0.530	0.533	0.537	0.545	0.553	0.560	0.576	0.592
3	0.353	0.356	0.360	0.363	0.367	0.374	0.381	0.388	0.402	0.416
4	0.269	0.272	0.275	0.278	0.282	0.288	0.295	0.301	0.315	0.329
5	0.218	0.221	0.224	0.227	0.230	0.237	0.243	0.250	0.263	0.277
6	0.184	0.187	0.190	0.193	0.197	0.203	0.209	0.216	0.229	0.243
7	0.160	0.163	0.166	0.169	0.172	0.179	0.185	0.192	0.205	0.219
8	0.142	0.145	0.148	0.151	0.154	0.161	0.167	0.174	0.187	0.211
9	0.128	0.131	0.134	0.137	0.140	0.147	0.152	0.160	0.173	0.188
10	0.117	0.120	0.123	0.126	0.129	0.135	0.149	0.152	0.162	0.177
11	0.108	0.111	0.114	0.117	0.120	0.126	0.133	0.140	0.153	0.168
12	0.100	0.103	0.106	0.109	0.112	0.119	0.125	0.132	0.146	0.161
13	0.0940	0.0970	0.100	0.103	0.106	0.112	0.119	0.126	0.140	0.156
14	0.0885	0.0915	0.0946	0.0978	0.101	0.107	0.114	0.121	0.135	0.151
15	0.0837	0.0868	0.0899	0.0931	0.0963	0.102	0.109	0.116	0.131	0.147
16	0.0759	0.0826	0.0858	0.0890	0.0922	0.0989	0.105	0.112	0.127	0.143
17	0.0759	0.0790	0.0821	0.0854	0.0886	0.0954	0.102	0.109	0.124	0.140
18	0.0727	0.0758	0.0789	0.0822	0.0855	0.0923	0.099	0.166	0.121	0.138
19	0.0698	0.0729	0.0761	0.0794	0.0827	0.0896	0.0967	0.104	0.119	0.136
20	0.0672	0.0704	0.0736	0.0768	0.0802	0.0871	0.0943	0.101	0.117	0.134
21	0.0648	0.0680	0.0712	0.0746	0.0779	0.0850	0.0922	0.099	0.115	0.132
22	0.0627	0.0659	0.0691	0.0725	0.0759	0.0830	0.0904	0.0980	0.114	0.131
23	0.0608	0.0640	0.0673	0.0706	0.0741	0.0812	0.0887	0.0964	0.112	0.130
24	0.0590	0.0622	0.0655	0.0689	0.0724	0.0796	0.0874	0.0949	0.111	0.128
25	0.0574	0.0606	0.0640	0.0674	0.0709	0.0782	0.0858	0.0936	0.110	0.127
26	0.0559	0.0592	0.0625	0.0660	0.0695	0.0769	0.0845	0.0925	0.109	0.127
27	0.0545	0.0578	0.0612	0.0647	0.0682	0.0756	0.0834	0.0914	0.108	0.126
28	0.0532	0.0566	0.0600	0.0635	0.0671	0.0745	0.0823	0.0904	0.107	0.125
29	0.0521	0.0554	0.0588	0.0624	0.0660	0.0735	0.0814	0.0896	0.106	0.125
30	0.0510	0.0543	0.0578	0.0613	0.0650	0.0726	0.0805	0.0888	0.106	0.124
31	0.0499	0.0533	0.0568	0.0604	0.0641	0.0717	0.0797	0.0881	0.104	0.124
32	0.0490	0.0524	0.0559	0.0595	0.0632	0.0710	0.0790	0.0874	0.104	0.123
33	0.0481	0.0515	0.0551	0.0587	0.0624	0.0702	0.0784	0.0868	0.104	0.123
34	0.0473	0.0507	0.0543	0.0579	0.0617	0.0695	0.0777	0.0863	0.104	0.123
35	0.0465	0.0499	0.0535	0.0572	0.0610	0.0689	0.0772	0.0858	0.103	0.122

Tabeli kasustamine. Kui suur on annuiteet, et tasuta Kr. 10 000 ehituslaen 20 aasta jooksul 3,5%? Tabeli esimesest lahtrist otsime arvu 20 ja tema vastu 3,5% lahtrist leiame arvu 0,0704, mida korrutame 10 000, saame: 0,0704 · 10 000 = Kr. 704.—.

III. Algebra.

1. Algebraised tehted. a) **Liitmine.** $(+a) + (+b) = a + b$; $(+a) + (-b) = a - b$; $(-a) + (+b) = -a + b$; $(-a) + (-b) = -a - b$. b) **Lahutamine.** $(+a) - (+b) = a - b$; $(+a) - (-b) = a + b$; $(-a) - (+b) = -a - b$; $(-a) - (-b) = -a + b$. c) **Korrutamine.** $(+a) \cdot (+b) = +ab$; $(+a) \cdot (-b) = -ab$; $(-a) \cdot (+b) = -ab$; $(-a) \cdot (-b) = +ab$; $a^m \cdot a^n = a^{m+n}$; $(a+b-c)m = am + bm - cm$; $(a+b)(c-d) = ac + bc - ad - bd$; $(a+b)(a-b) = a^2 - b^2$; $(a-b)(a^2 + ab + b^2) = a^3 - b^3$; $(a+b)(a^2 - ab + b^2) = a^3 + b^3$. d) **Jagamine.** $(+a) : (+a) = +1$; $(-a) : (-a) = +1$; $(+a) : (-a) = -1$; $a^m : a^n = a^{m-n}$; $a^0 = 1$; $a^{-n} = 1 : a^n$; $(a+b) : c = a : c + b : c$; $(a-b) : c = a : c - b : c$.

m korda

e) **Astendamine.** $a \cdot a \cdot a \dots a = a^m$; $(abc)^m = a^m \cdot b^m \cdot c^m$; $(a^m)^n = a^{mn}$; $(a^{-m})^n = (1 : a^m)^n = 1 : (a^m)^n = 1 : a^{mn}$; $(abc)^{-m} = a^{-m} \cdot b^{-m} \cdot c^{-m}$; $(a : b)^m = a^m : b^m$; $(a : b)^{-m} = a^{-m} : b^{-m} = b^m : a^m = (b : a)^m$; $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$; $(a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3$; $(a + b + c)^2 = a^2 + b^2 + c^2 + 2ab + 2bc + 2ac$.

f) **Juurimine.** $\sqrt{a^2} = \pm a$; $(\sqrt{a})^m = a$; $\sqrt{abc} = \sqrt{a} \cdot \sqrt{b} \cdot \sqrt{c}$; $\sqrt{a : b} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}}$; $\sqrt[3]{a} = a^{\frac{1}{3}}$; $\sqrt{a} + \sqrt{b} = \sqrt{a + b + 2\sqrt{ab}}$; $\sqrt{-1} = i$ (imaginaararv). Kui $a > b$, siis (ligikaudu) $\sqrt{a^2 + b^2} = 0,96a + 0,398b$, kusjuures viga on vähem kui 40% tõeliskust väärtusest. Kui $a > b > c$, siis ligikaudu $\sqrt{a^2 + b^2 + c^2} = 0,939a + 0,389b + 0,297c$, kusjuures viga on vähem kui 60% tõeliskust väärtusest.

g) **Newton'i binoom.** $(a \pm b)^n = a^n \pm na^{n-1}b + \frac{n(n-1)}{1 \cdot 2} a^{n-2}b^2 \pm \frac{n(n-1)(n-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} a^{n-3}b^3 + \dots + b^n$.

h) **Logaritmimine.** $a = b^n$; $c = bp$; $n = \lg a$, $p = \lg c$; $\lg b = 1$ (b — alus); $\lg(ab) = \lg a + \lg b$; $\lg(a : b) = \lg a - \lg b$; $\lg a^n = n \cdot \lg a$; $\lg \sqrt{a} = \lg a : 2$; $\lg 1000 = 3$; $\lg 100 = 2$; $\lg 10 = 1$; $\lg 1 = 0$; $\lg 0,1 = -1$; $\lg 0,01 = -2$ jne. Negatiivarvudel pole logaritme.

2. **Võrrandid.** a) **Esimese astme võrrandid.** 1. Ühe tundmatuga: $x \pm a = b$; $x = b \mp a$; $ax = b$; $x = b : a$; $x : a = b$; $x = ab$; $ax + b = c$; $x = (c - b) : a$. 2. Kaks võrrandit kahe tundmatuga. $ax + by = c$, $a_1x + b_1y = c_1$; $x = (cb_1 - bc_1) : (ab_1 - ba_1)$; $y = (ac_1 - ca_1) : (ab_1 - ba_1)$.

b) **Ruutvõrrandid.** 1. Puudulikud: $x^2 - a = 0$; $x = \sqrt{a}$; $ax + b - c = 0$; $x = \sqrt{(c - b) : a}$. 2. Täielikud: $ax^2 + bx + c = 0$; $x = (-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}) : 2a$; $x^2 + px + q = 0$; $x = -1/2p \pm \sqrt{(1/2p)^2 - q}$.

c) **Biruutvõrrand.** $ax^4 + bx^2 + c = 0$; $x = \sqrt{(-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}) : 2a}$. Juurte omadusi: 1) $x_1 + x_2 = -p = -b : a$; 2) $x_1 \cdot x_2 = q = c : a$.

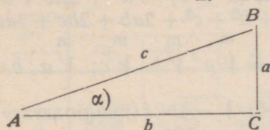
d) **Kuupvõrrandid.** Kui üldkujulises võrrandis $x^3 + ax^2 + bx + c = 0$ võtta $x = y - 1/3a$, siis saame võrrandi: $y^3 + 3py + 2q = 0$. Kui 1) $q^2 + p^3 > 0$, siis saame ühe reaalse juure $y_1 = \sqrt[3]{-q + \sqrt{q^2 + p^3}} + \sqrt[3]{-q - \sqrt{q^2 + p^3}}$, Kar-daani valemi järgi; y_2 ja y_3 on imaginaarsed juured. 2) Kui $q^2 + p^3 < 0$, siis kõik juured on reaalsed ja sel juhul kasustatav trigonomeetriline lahendus: $\cos \varphi = -q : \sqrt{-p^3}$, siis $y_1 = 2\sqrt{-p} \cdot \cos 1/3\varphi$; $y_2 = -2\sqrt{-p} \cdot \cos(1/3\varphi + 60^\circ)$ ja $y_3 = -2\sqrt{-p} \cdot \cos(1/3\varphi - 60^\circ)$; 3) Kui $q^2 + p^3 = 0$, siis võrrandil kaks isesugust reaalkuurt (üks neist kahene): $y_1 = 2\sqrt{-q}$, $y_2 = y_3 = -\sqrt{-q}$.

3. **Read.** a) **Aritmeetiline rida:** esimene liige a_1 , vahe d , liikmete arv n , viimane liige a_n , liikmete summa S ; $a_n = a_1 + d(n - 1)$; $S = 1/2(a_1 + a_n)n = 1/2[2a_1 + d(n - 1)]n$.

b) **Geomeetriline rida:** esimene liige a_1 , rea tegur q , liikmete arv n , viimane liige a_n , liikmete summa S ja rea korrutis Π ; $a_n = a_1q^{n-1}$; $S = (a_nq - a_1) : (q - 1) = a_1(q^n - 1) : (q - 1)$; $\Pi = \sqrt{(a_1 \cdot a_n)^n}$. Lõpmatult ka-haneva geom. rea liikmete summa: $\lim S = a_1 : (1 - q)$.

IV. Trigonomeetria.

1. Trigonomeetrilised funktsioonid.



$a : c = \sin \alpha$, lühidalt $\sin \alpha$; $b : c = \cos \alpha$, lühidalt $\cos \alpha$; $a : b = \tan \alpha$, lühidalt $\tan \alpha$; $b : a = \cot \alpha$, lühidalt $\cot \alpha$.

Märge: $\sin \alpha = \cos \beta$; $\cos \alpha = \sin \beta$, $\tan \alpha = \cot \beta$ ja $\cot \beta = \tan \alpha$.

2. Trigonomeetriliste funktsioonide olenevus üksteisest.

$\sin \alpha =$	$\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$	$\frac{\tan \alpha}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$	$\frac{1}{\sqrt{1 + \cot^2 \alpha}}$
$\cos \alpha =$	$\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$	$\frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$	$\frac{\cot \alpha}{\sqrt{1 + \cot^2 \alpha}}$
$\tan \alpha =$	$\frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}$	$\frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha}$	$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{1}{\cot \alpha}$
$\cot \alpha =$	$\frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sin \alpha}$	$\frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}$	$\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{1}{\tan \alpha}$

3. Kahe nurga summa ja vahe $\sin$, $\cos$, $\tan$ ja $\cot$. $\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$; $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$; $\tan(\alpha \pm \beta) = \frac{\tan \alpha \pm \tan \beta}{1 \mp \tan \alpha \tan \beta}$; $\cot(\alpha \pm \beta) = \frac{\cot \alpha \cot \beta \mp 1}{\cot \beta \pm \cot \alpha}$.

4. Kahe nurga $\sin$, $\cos$, $\tan$ ja $\cot$ summa avaldamine korrutisena. $\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$; $\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \sin \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$; $\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$; $\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \sin \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$; $\tan \alpha \pm \tan \beta = \sin(\alpha \pm \beta) : \cos \alpha \cos \beta$; $\cot \alpha \pm \cot \beta = \sin(\beta \pm \alpha) : \sin \alpha \sin \beta$.

5. Kahekordse nurga $\sin$, $\cos$, $\tan$ ja $\cot$. $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$; $\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$; $\tan 2\alpha = 2 \tan \alpha : (1 - \tan^2 \alpha)$; $\cot 2\alpha = (\cot^2 \alpha - 1) : 2 \cot \alpha$.

6. Poolnurga $\sin$, $\tan$ ja $\cot$. $\sin \frac{1}{2} \alpha = \sqrt{(1 - \cos \alpha) : 2} = \sqrt{(p-b)(p-c) : bc}$; $\cos \frac{1}{2} \alpha = \sqrt{(1 + \cos \alpha) : 2} = \sqrt{p(p-a) : bc}$; $\tan \frac{1}{2} \alpha = \sqrt{(1 - \cos \alpha) : (1 + \cos \alpha)} = \sin \alpha : (1 + \cos \alpha) = (1 - \cos \alpha) : \sin \alpha = \sqrt{(p-b)(p-c) : (p-a)p}$; $\cot \frac{1}{2} \alpha = \sqrt{(1 + \cos \alpha) : (1 - \cos \alpha)} = (1 + \cos \alpha) : \sin \alpha = \sin \alpha : (1 - \cos \alpha) = \sqrt{p(p-a) : (p-b)(p-c)}$, kusjuures a, b ja c on kolmnurga küljed ja $p = \frac{1}{2}(a + b + c)$.

7. Kolmnurkade lahendamise. a) antud: a, b, γ . Kasustame tangenslauset (lk. 26): $\tan \frac{1}{2}(\alpha - \beta) = [(a - b) : (a + b)] \tan \frac{1}{2}(\alpha + \beta)$ ja koosinuslauset (lk. 25): $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma$. b) antud: α, β, c . Kasustame siinuslauset (lk. 24): $a = c \sin \alpha : \sin \gamma$. c) antud: a, b, c . Kasustame poolnurga funktsioone: $\sin \frac{1}{2} \alpha = \sqrt{(p-b)(p-c) : bc}$ ja $\cos \frac{1}{2} \alpha = \sqrt{p(p-a) : bc}$. d) antud: a, b, α . Kasust. siinuslauset $\sin \beta = b \sin \alpha : a$; kui $a \geq b$, siis on 1 lahendus, kui $a < b$, siis — 2 lahendust.

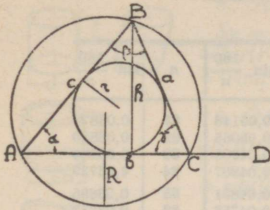
8. Sfääriline kolmnurk. a) nurkade summa: $\pi < \alpha + \beta + \gamma < 3\pi$; b) külgede summa: $0 < a + b + c < 2\pi$; c) siinuslause: $\sin a : \sin \alpha = \sin b : \sin \beta = \sin c : \sin \gamma$; d) koosinuslause: $\cos a = \cos b \cos c + \sin b \cdot \sin c \cos \alpha$; $\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos \beta$; $\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos \gamma$.

V. Geomeetria.

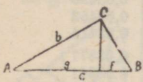
1. Planimeetria valemid.

Tähised: S — pindala; h — kõrgus; R — ümberjoonestatud ja r — sissejoonestatud ringi raadiused, α , β ja γ sisenurgad.

1. Kolmnurk. $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$; $\angle BCD = \alpha + \beta$; $p = \frac{1}{2}(a + b + c)$; $S = \frac{1}{2}bh = \frac{1}{2}ab \sin \gamma = c^2 \sin \alpha \sin \beta : 2 \sin \gamma = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} = abc : 4R = pr$.



2. Täisnurkne kolmnurk.



$$c^2 = a^2 + b^2 \quad (\text{Püthagorase lause}).$$

$$h^2 = gf; \quad b^2 = cg;$$

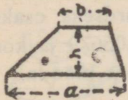
$$a^2 = cf;$$



3. Nelinurk.

$$S = \frac{1}{2}(h + h_1)d = \frac{1}{2}dd_1 \sin \alpha.$$

Parallelogr. $S = bh$.



4. Trapets.

$$S = \frac{1}{2}(a + b)h.$$

5. Korrapäratu hulknurga pindala leiame, kui ta jaotame diagonaalidega kolmnurgiks ja arvutame iga kolmnurga pindala eraldi. Saadud kolmnurkade pindalade summa moodustab hulknurga pindala.

6. Korrapärane hulknurk (vt. lk. 22, tabel lk. 23).



7. Ring.

$$d = 2r. \text{ Ümbermõõt } C = \pi d = 2\pi r.$$

$$S = \frac{1}{4}\pi d^2 = \pi r^2 = 0,7854 d^2.$$

8. Ringi sektori ja segmendi valemid vt. lk. 23.



9. Ringrõngas (toru).

$$R = \pi(R^2 - r^2) = \frac{1}{4}\pi(D^2 - d^2) = 2\pi\rho\delta, \text{ kus } \delta = (R - r^*) \text{ ja } \rho = \frac{1}{2}(R + r)$$

*) allpool ρ ja δ samad väärtused.



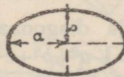
10. Ringrõnga osa.

$$S = \frac{1}{2}h(L + l) = \pi\varphi(R^2 - r^2) : 360 = \pi\varphi\rho\delta : 360, \quad \varphi — \text{kesknurk}.$$

11. Ellips.

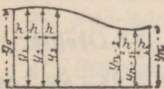
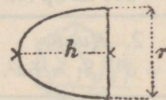
$$\text{Ümbermõõt } = \pi(a + b); \quad S = \pi ab;$$

a — suur ja b — väike pooltelg.



12. Parabool.

$$\text{Kokkusurutud kaare pikkus } L = r(1 + 8h^2 : 3r^2); \quad S = \frac{2}{3}hr.$$



13. Vabalt võetud kujundi pinna arvutamiseks ja game ta paralleeljoontega $y_0, y_1 \dots y_n$ (vt. kõrvalolev joonis) n ühelaiusiks ribakesiks h , mis joonestame nii, et võime pidada kahe ordinaadi vahel olevat kujundi äärjoont sirgeks, ja nii moodustab üksikute trapetside summa kogu pindala. Kui neid pinnaribakesi on paarisarv, siis Simpson'i valemi järgi: $S = \frac{1}{3}h[y_0 + y_n + 4(y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_{n-1}) + 2(y_2 + y_4 + y_6 + \dots + y_{n-2})]$. Kui aga ribakeste arv on paaritu, siis viimase arvutame trapetsi-valemi abil, ülejäänud $n - 1$ ribakeste pindala leidmisel tarvitame Simpson'i valemit.

Ringi jagamine n võrdseks osaks.

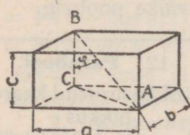
n	$\sin \frac{180}{n}$	n	$\sin \frac{180}{n}$	n	$\sin \frac{180}{n}$	n	$\sin \frac{180}{n}$	n	$\sin \frac{180}{n}$
1	0,00000	21	0,14904	41	0,07655	61	0,05148	81	0,03878
2	1,00000	22	0,14232	42	0,07473	62	0,05065	82	0,03880
3	0,86603	23	0,13617	43	0,07300	63	0,04985	83	0,03784
4	0,70711	24	0,13053	44	0,07134	64	0,04907	84	0,03739
5	0,58779	25	0,12533	45	0,06976	65	0,04831	85	0,03695
6	0,50000	26	0,12054	46	0,06824	66	0,04758	86	0,03652
7	0,43388	27	0,11609	47	0,06679	67	0,04687	87	0,03610
8	0,38268	28	0,11196	48	0,06540	68	0,04618	88	0,03568
9	0,34202	29	0,10812	49	0,06407	69	0,04551	89	0,03529
10	0,30902	30	0,10453	50	0,06279	70	0,04487	90	0,03490
11	0,28173	31	0,10117	51	0,06156	71	0,04423	91	0,03452
12	0,25882	32	0,09802	52	0,06038	72	0,04362	92	0,03414
13	0,23932	33	0,09506	53	0,05924	73	0,04302	93	0,03377
14	0,22252	34	0,09227	54	0,05814	74	0,04244	94	0,03341
15	0,20791	35	0,08964	55	0,05709	75	0,04188	95	0,03306
16	0,19509	36	0,08716	56	0,05607	76	0,04132	96	0,03272
17	0,18375	37	0,08481	57	0,05509	77	0,04079	97	0,03238
18	0,17385	38	0,08258	58	0,05414	78	0,04027	98	0,03205
19	0,16460	39	0,08047	59	0,05322	79	0,03976	99	0,03173
20	0,15643	40	0,07846	60	0,05234	80	0,03926	100	0,03141

Tabeli kasustamine. Jagada ring, mille $D = 375$ mm, 47 võrdseks osaks. Tab. n lahtrist otsime arvu 47, temast järgnevat lahtr. võtame 0,06679 ja korrutame seda 375; saame 25046, millise joonlõigu asetame ringjoont mööda.

2. Stereomeetria valemid.

Tähised: S_p ja s_p põhjade pindalad; S_t — täis- ja S_k — külgpindala, h — kõrgus, V — ruumala, P ja p põhjade ümbermõõdud.

1. Risttahukas. Põhja diagonaal
 $AC = \sqrt{a^2 + b^2}$; Diag. $AB = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$;



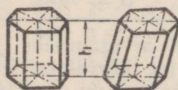
$$\tan \varphi = \sqrt{a^2 + b^2} : c;$$

$$S_t = 2(ab + ac + bc);$$

$$V = abc = S_p \cdot h.$$

2. Kuup.

$$V = a^3; S_t = 6a^2.$$



3. Prisma. $V = S_p h$;
 püstprisma $S_k = Ph$;
 $S_t = S_k + 2 S_p$.



4. Kiil.

$$V = \frac{1}{6}(2l + h)bh.$$

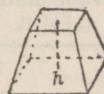


5. Püramiid.

$$S_k = \frac{1}{2}Pl;$$

l — külje apoteem; $S_t = S_k + S_p$

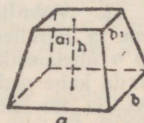
$$V = \frac{1}{3}Sh.$$



6. Tüvipüramiid. $S_k = \frac{1}{2}(P + p)l$;

$$S_t = S_k + S_p + s_p;$$

$$V = \frac{1}{3}h(S_p + s_p + \sqrt{S_p s_p}).$$



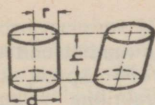
7. Obelisk.

$$S_t = S_k + S_p + s_p;$$

$$V = \frac{1}{6}h[(2a + a_1)b + (2a_1 + a)b_1] =$$

$$= \frac{1}{6}h[ab + (a + a_1)(b + b_1) + a_1b_1] \approx$$

$$\approx \frac{1}{4}h(a + a_1)(b + b_1).$$



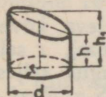
8. Ringsilinder.

$$S_k = 2\pi rh; S_t = 2\pi r(r+h); V = \pi r^2 h = \frac{1}{4}\pi d^2 h = 0,785 d^2 h.$$



9. Õõnessilinder

$$(toru). S_k = 2\pi h(R+r); V = \pi h(R^2 - r^2) = \pi h(R+r)(R-r) = 2\pi h p \delta.$$



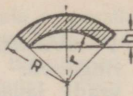
10. Kaldulõigatud silinder.

$$S_k = \pi r(h + h_1); V = \frac{1}{2}\pi r^2(h + h_1).$$



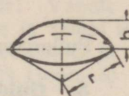
11. Silindrilõik.

$$S_k = 2\pi rh; V = \frac{2}{3}\pi r^2 h.$$



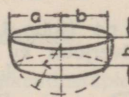
17. Õõneskera-sektor.

$$V = \frac{2}{3}\pi h(R^2 - r^2); r = 2,094 h(R^2 - r^2):r.$$



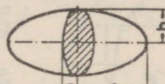
18. Kerasegment.

$$S_k = 2\pi rh; V = \frac{1}{3}\pi h^2(3r - h).$$



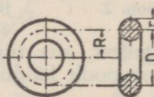
19. Kerakiht.

$$S_k = 2\pi rh; V = \frac{1}{6}\pi h(3a^2 + 3b^2 + h^2)$$



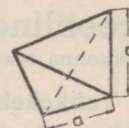
20. Ellipsoid.

$$V = \frac{4}{3}\pi abc.$$



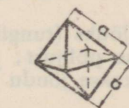
21. Silindriline rõngas.

$$S_t = 4\pi^2 Rr = 39,478 Rr = \pi^2 Dd; V = 2\pi^2 Rr^2 = 19,739 Rr^2 = \frac{1}{4}\pi^2 Dd^2 = 2,467 Dd^2.$$



22. Tetraeeder.

$$V = \frac{1}{12}a^3\sqrt{2} = 0,1179 a^3; S_t = a^2\sqrt{3} = 1,732a^2.$$



23. Oktaeeder.

$$S_t = 2a^2\sqrt{3} = 3,464a^2; V = \frac{1}{3}a^3\sqrt{2} = 0,471a^3.$$



24. Dodekaeeder.

$$S_t = 20,646a^2; V = 7,663a^3.$$



25. Ikosaeeder.

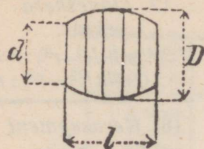
$$S_t = 5a^2\sqrt{3} = 8,661a^2; V = 2,182a^3.$$

26. Pöördellipsoid. Kui 2a — pöördtelg, siis $V = \frac{4}{3}\pi ab^2$. Kui 2b — pöördtelg, siis $V = \frac{4}{3}\pi a^2b$.

27. Pöördparaboloid. r — põhja raadius; h — kõrgus; $V = \frac{1}{2}\pi r^2 h = 1,5708 r^2 h$.

Märge: Koonuse, pöördparaboloidi, kera ja silindri võrdsete kõrgustega ruumalad suhtuvad üksteisega kui $\frac{1}{3} : \frac{1}{2} : \frac{2}{3} : 1$.

28. Vann. Põhjad — vabalt võetud ellipsid, pooltelgedega a, b ja a₁, b₁; h — kõrgus; $V = \frac{1}{6}\pi h[2(ab + a_1b_1) + ab_1 + a_1b]$.



29. Vaat.

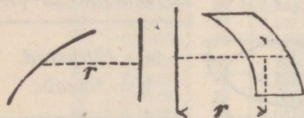
$V = \frac{1}{12}\pi l(2D^2 + d^2)$ ligikaudu, kui vaadi lauad on ringilised. $V = \frac{1}{15}\pi l(2D^2 + Dd + \frac{3}{4}d^2)$ täpselt, kui vaadi lauad on paraboolsed. Praktiline valem:

$$V = 0,087 l(2D + d^2).$$

Pulleri valem: $V = l(0,36D^2 + 0,23Dd + 0,2d^2).$

3. Guldin'i juhised.

a) Pindala kohta (joon 1). Kui l on telje ümber tiirleva kõverjoone pikkus (telg ja kõverjoon ei lõiku ja asuvad ühes tasapinnas), r selle kõverjoone raskuskeskme kaugus teljest, siis tiirlemisest saadud keha $S = 2\pi rl =$ raskuskeskme poolt käidud tee, korrutatud kõverjoone pikkusega.



Joon 1.

Joon 2.

b) Ruumala kohta (joon. 2). Kui S on telje ümber tiirleva tasapinnalise kujundi pindala (telg ja pindala ei lõiku ja asuvad ühes tasapinnas), r selle kujundi raskuskeskme kaugus teljest, siis tiirlemisest saadud keha ruumala $V = 2\pi rS$ (=kujundi raskuskeskme poolt käidud tee, korrutatud kujundi pindalaga).

Teoreetiline mehaanika.

(Keskkonna takistust ei arvestata).

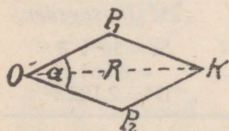
I. Tahkekehade mehaanika.

A. Staatika.

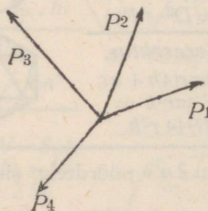
1. Jõud (tungid). Jõuks (tungiks) nimetatakse keha (liikumise või paigalseisu) oleku muutmise põhjust; jõudu mõõdetakse kaaluühikutega (kg, g jne.). Graafiliselt kujutatakse jõudu joonlõigetega.

a) Jõudude liitmine ja lahutamine.

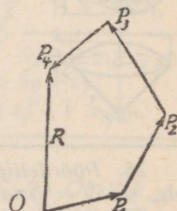
1) Jõud määratakse rakendustäpi, sihi ja suurusega. Kui 2 jõudu P_1 ja P_2 (joon. 1), n. n. komponendid, mõjuvad kehale nurgal α , siis nende resul-



Joon. 1.



Joon. 2.



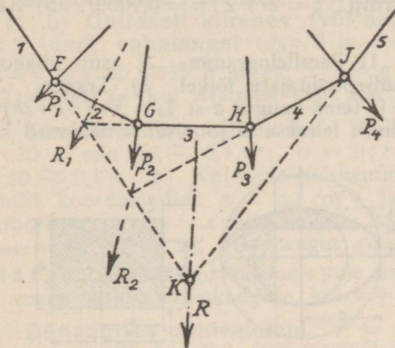
Joon. 3.

tantjõud $R = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2P_1P_2 \cos \alpha}$; kui $\alpha = 0$, siis $R = P_1 + P_2$; kui $\alpha = 90^\circ$, siis $R = \sqrt{P_1^2 + P_2^2}$; kui $\alpha = 180^\circ$, siis $R = P_1 - P_2$. Graafiliselt leitakse R jõudude parallelogrammi OP_1KP_2 või jõudude kolmnurga OP_2K kaudu; selleks

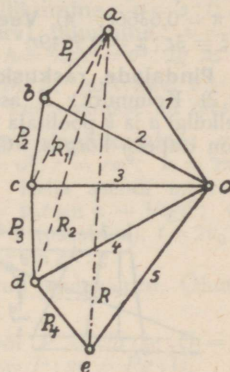
konstrueerime jõududele P_1, P_2 ja nurgale α parallelogrammi või kolmnurga. Parallelogrammi diagonaal või kolmnurga külg R annab otsitava resultantjõu suuruse ja sihi. Samuti toimub ka R lahutamine komponentideks P_1 ja P_2 . Kui kehale mõjuvad mitu ühes tasapinnas asuvat jõudu P_1, P_2, P_3, P_4 jne. (joon. 2), siis nende R leitakse järgmiselt: Vabalt võetud täpist O (joon. 3) tõmbame jõule P_1 (joon. 2) paralleeljoone ja temal mõõdame jõuga P_1 võrdse lõigu, täpist P_1 tõmbame jõule P_2 paralleeljoone ja temal mõõdame jõuga P_2 võrdse lõigu jne. Võetud täpi ja täpp P_4 (joon. 3) ühendjoon R ongi antud jõudude resultantjõud.

b) Nöörhulknurk.

Kui tungide P_1, P_2, P_3 ja P_4 (joon. 4) rakendustäpid asetsevad väljaspool joonist, siis nende R leitakse järgmiselt: täpist a (Joon. 5) tõmbame $ab \parallel P_1$, täpist $b - be \parallel P_2$, täpist $c - cd \parallel P_3$ ja täpist $d - de \parallel P_4$. Vabalt võetud täpi O



Joon. 4.



Joon. 5.

(poolus) ühendame kiirtega 1, 2, 3, 4, 5 täppidega a, b, c, d ja e . Jõul P_1 (joon. 4) võtame mingi täpi F ja tõmbame temast jooned 1 ja 2, mis on paralleelsed Oa ja Ob -le (joon. 5). Joon 2 lõikab jõu P_2 täpis G ; sellest täpist tõmbame joone $4 \parallel Od$ ja täpist J jõul P_4 joone $5 \parallel Oe$. Jooned 1 ja 5 pikendatult lõikuvad punktis K ; läbi selle punkti läheb antud jõudude resultantjõud R , mille suuruse ja sihi määrab ae (joon. 5) P_1 ja P_2 resultant $R = ac$ ja P_1, P_2 ja P_3 resultant $R_2 = ad$. Murdjoon 1, 2, 3, 4, 5 (joon. 4) nimetatakse nöörhulknurgaks. Samuti leitakse ka paralleeljõudude resultantjõud (vt. eespool „Tugevusõpetus“, Arvutusvõrrandid, p. 5. Paine).

c) Jõudude staatiline ehk pöördemoment ja jõududepaar.

Jõu P pöördemomendiks M mõnesuguse täpi O suhtes nimetatakse jõu P korrutist ristjoonega l , mis on tõmmatud antud täpist O jõule P või tema pikendusele. $M_p = \pm Pl$; l nimetatakse jõu õlaks. Moment on positiivne, kui P pöörab keha O ümber kellaosuti liikumise sihis, vastasel juhul on moment negatiivne.

1) Kui jõudu P mõõdame kilogrammidega, pikkust l sentimeetritega, siis jõu momendi ühik on 1 kgcm.

2) Resultantjõu staatiline moment = komponentide momentide summaga.

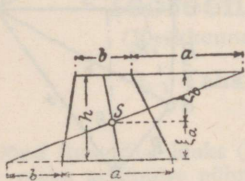
3) Keha on tasakaalus, kui temale mõjuvate jõudude momentide summa = 0.

Kaks võrdset, kuid vastassihiga paralleeljõu ($+P$ ja $-P$) moodustavad n. n. jõududepaari, mille $R = 0$. Paarimoment on jõu P korrutis jõududevahelise kaugusega l ; kui $l \neq 0$, siis jõududepaar tekitab pöörlemisliikunise.

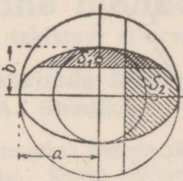
d) Raskuskese (-täpp) (tähis S).

Raskuskese on täpp, mida läbib massile mõjuvate paralleeljõudude resultant. Kui tahkekeha toetada raskuskeskmes, siis keha jääb ükskõiksesse tasakaalu. a) **Joonte raskuskese.** 1) **Sirge:** Raskuskese (S) on tema keskpaigas. 2) **Ringikaar:** S asub kaart poolitaval raadiusel r ja tema kaugus ringi kesktäpist $\xi = rb : l$, kus b on kõõlu ja l kaare pikkus. 3) **Poolring:** $\xi = 2r : \pi = 0,6366r$. 4) **Veerandring:** $\xi = 2r\sqrt{2} : \pi = 0,9003r$. 5) **Kuuendring:** $\xi = 3r : \pi = 0,9549r$.

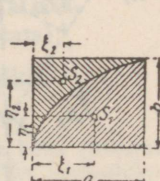
b) **Pindalade raskuskese.** 1) Parallelogramm: S asub diagonaalide lõikel. 2) Kolmnurk: S asub küljepoolitajate lõikel. 3) Trapets: S asub paralleelkülgi a ja b poolitaja sirgel ja tema kaugus a -st $\xi_a = \frac{1}{3}h \cdot (a+2b) : (a+b)$, kus h on trapetsi kõrgus. Graafiliselt leitakse S joonisel 6 näidatud konstruktsiooniga.



Joon. 6.



Joon. 7.



Joon. 8.

eerimisega. 4) **Nelinurk:** Lahutame nelinurga ühe diagonaaliga 2 kolmnurkaks raskuskeskmetega S_1 ja S_2 ja teise diag. 2 kolmn. raskuskeskmetega S_3 ja S_4 . Sirgete $S_1 S_2$ ja $S_3 S_4$ lõiketäpp S ongi nelinurga raskuskese. 5) **Segment:** S asub segmendi kaart poolitaval raadiusel r ja tema kaugus ringi kesktäpist $\xi = b^3 : 12A$, kus A — segmendi pindala, b — kõõl. 6) **Sektor:** S asub sektori kaart poolitaval raadiusel r ja tema kaugus ringi kesktäpist $\xi = 2rb : 3l$ (b — kõõlu pikkus, l — sektori kaare pikkus). 7) **Poolring:** $\xi = 4r : 3\pi = 0,4244r$. 8) **Veerandring:** $\xi = 4r\sqrt{2} : 3\pi = 0,6002r$. 9) **Kuuendring:** $\xi = 2r : \pi = 0,6366r$. 10) **Elliptiline segment:** raskuskese ühtub niisuguse ringi segmendi raskuskeskmega, mille d võrdub ellipti peateljega ja on risti segmente moodustava kõõluga (joon. 7). 11) **Parabooli pindala** (joon. 8): S_1 jaoks on $\xi_1 = 0,6a$ ja $\eta_1 = 0,375b$; S_2 jaoks on $\xi_2 = 0,3a$; $\eta_2 = 0,75b$.

c) **Kehade raskuskese.** 1) **Püstprisma ja püstsilinder:** S asub põhjade raskuskeskmeid ühendava sirge keskpaigas. 2) **Püramiid ja koonus:** S asub tipu ja põhja raskuskeskmeid ühendaval sirgel ja tema kaugus põhjast võrdub $\frac{1}{4}h$. 3) **Tüvipüramiid:** S kaugus A põhjast

$\xi = \frac{1}{4}h \cdot (A+2\sqrt{AB}+3B):(A+\sqrt{AB}+B)$. (A ja B — põhjade pindalad).
 4) **Tüvikoonus**: (R, r põhjade raadiused, S kaugus suuremast põhjast $\xi = \frac{1}{4}h \cdot (R^2+2Rr+3r^2):(R^2+Rr+r^2)$). 5) **Kerasegment**: S kaugus kera kesktpist $\xi = \frac{3}{4} \cdot (2r-h)^2:(3r-h)$. 6) **Poolkera**: $\xi = 3r:8$. 7) **Õõnespoolkera**: $\xi = \frac{3}{8} \cdot (R^4-r^4):(R^3-r^3)$. 8) **Kerasektor**: S kaugus kera kesktpist $\xi = \frac{3}{8}(2r-h)$, (h — tähistab valemis kõrgust).

B. Kinemaatika ja dünaamika.

Alljärgnevais valemis esinevate tähtede tähendusi: v_0 algkiirus (m/sek); v — lõppkiirus (m/sek); t — aeg (sek); s — käidud tee (m); a — kiirendus (m/sek²); h — kõrgus (m); g — maakera gravitatiivne kiirendus (m/sek²) (g väärtusi vt. allpool); ω — nurkkiirus; r — ringi raadius; n — pöörete arv minutis; m — mass; G — keha kaal; P — jõud; T — töö; N — võimsus; J — inertsmoment; e — erikaal, ω_0 — algnurkkiirus, D — riigi läbimõõt.

1. **Sirgjooneline liikumine.** a) **Ühtlane liikumine**: $v = s:t$; $s = vt$; $t = s:v$. b) **Ühtlaselt kiirenev (või aeglustuv) liikumine**: $v = v_0 + at$; $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$; **vabalangel** ($v_0 = 0$ ja $a = g$); $h = \frac{1}{2}gt^2 = v^2:2g \approx 0,051v^2$; $v = gt = \sqrt{2gh} \approx 4,43\sqrt{h}$ m/sek; $t = v:g = \sqrt{2h:g}$; püstviskel $v = v_0 \pm gt$; $h = v_0t \pm \frac{1}{2}gt^2$ (+ kui visatakse ülalt alla ja — kui visatakse alt üles).

2. **Kõverjooneline liikumine.** a) **Ühtlane ringliikumine**: $v = r\omega = \pi r n:30 = \pi d n:60 \approx 0,1 nr$; $\omega = v:r$; $a = v^2:r = r\omega^2$; $\omega = 2\pi n:60 = \pi n:30 \approx 0,1 n$. b) **Kaldvise** (viskenurk α). Keha asendi määravad igal momendil koordinaadid: $x = v_0t \cos \alpha$ ja $y = v_0t \sin \alpha - \frac{1}{2}gt^2$; viskeraja (trajektoori) võrrand $y = x \tan \alpha - gx^2:2v_0^2 \cos^2 \alpha$ (parabool); $t = 2v_0 \sin \alpha:g$; $h = y_{\max} = v_0^2 \sin^2 \alpha:2g$; viskekaugus $x_{\max} = v_0^2 \sin 2\alpha:g$.

Märge: Üllatoodud valemis pole arvestatud õhutakistust. Õhutakistuse puhul saame parima viskekauguse, kui $\alpha = 32^\circ$.

3. **Dünaamika põhivalemid.** $P = ma$ või $P = Ga:g$; $G = mg$, siit leiame, et $m = G:g = P:a \approx 0,102 G$, ja $a = P:m = Pg:G$.

Inerti jõud on vektor, mis arvuliselt võrdub massi ja kiirenduse korrutisega (ma) ja mille suund on vastupidine kiirenduse suunaga.

4. **Töö, võimsus, elavjõud.** Liikumishulk ($mv - mv_0$) ja impulss (Pt). a) **Töö**. $T = Ps \cos \alpha$ (α on P ja s vaheline nurk); kui $\alpha = 0$, s. o. kui tungi ja tee sihid ühtuvad, siis $T = Ps$.

Võimsuste võrdlustabel.

Kilogramm-meetrid kgm/sek	Hobujõud hj (PS)	Kilovatid KW	Inglise jalg-naelad sekundis	Inglise hobujõud HP
1	0,0133	0,0098	7,233	0,01315
75	1	0,736	548,48	0,9863
101,98	1,36	1	737,6	1,34
0,138	0,0018	0,0013	1	0,00182
76,04	1,014	0,7457	550	1

Tehniline tööühik on 1 kilogramm-meeter(kgm) = 1 kg · 1 m.

b) **Võimsus** N on ajaühikus tehtud töö; $N = T \text{ kgm} : t \text{ sek}$;

võimsusühik on 1 kgm/sek; tehniliseks võimsusühikuks on 1 **hobujõud (lüh. hj.)** =

= 75 kgm/sek. Võimsus hj-des: $N = Ps:75t = Pv:75$ (sirgjoonelisel liikumisel) ja 2) $N = \pi d P n:75 \cdot 60 = Pr n:716,2$ (kõverj. liik.), kilovattides $N = Pv:102 \text{ kW}$.

Märge: 1) hobune võib võrdse pingutusega vedada järgmisi koormaid: a) seljas 300 kg, b) halval külateel 600 kg, c) maanteel 2000 kg, d) raudrööpail 20000 kg.

2) Tugeva mehe võimsus kangil 2 minut. tööajal võib olla kuni 0,5 hj. Kaheksatunnisel tööajal on ta kasulik võimsus $\frac{1}{21}$ hj või $T = (75 : 21) \cdot 60 \cdot 60 \cdot 8 = 102857$ kJm, see on töö, mida võib saavutada 240 kcal-ga.

c) **Elavjõud** (kineetiline energia). Materjale täpi elavjõu muutumine mõnesugusel käidul teel võrdub tööga samal teel, s. o. $\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = Ps = T$; elavjõudu mõõdetakse **tööühikutega**. d) **Liikumishulk ja jõuimpulss**. Materjale täpi sirgjoonelisel liikumisel $mv - mv_0 = Pt$, s. o. liikumishulk = jõuimpulssiga.

5. Tahkekeha pöörlemine ümber paigalseisva telje.

1. **Kinemaatilised olenevused**. a) **Nurkkiirus** $\omega = \varphi : t$, kus φ — keha pöördenurk tema telje ümber radiaanides. b) **Nurkkiirendus** $\varepsilon = \omega : t$. c) Ühtlasel või muutlikul ringliikumisel $v = \omega r$ (m/sek). d) **Tangentsiaalkiirendus** $a_t = \varepsilon r$. e) Normaal- (tsentripetaal-) kiirendus $a_n = v^2 : r = \omega^2 r^2 : r = \omega^2 r$. f) Täielik kiirendus t ajamomendil $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = r\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$. Kui tahkekeha teeb n pöoret minutis, siis $\omega = v : r = 2\pi n : 60 = \pi n : 30 = 0,10472 n \approx 0,1 n$; $n = 9,549 \omega$; $\varphi = \omega t$; $\omega = \varphi : t$; $t = \varphi : \omega$; $v = \omega r = \frac{1}{30}\pi n r = \pi D n : 60 = 0,10472 nr \approx 0,1 nr$. Ringkiiruse arvvaartusi antud n ja D -le vt. tab. lk. 48.

2. **Dünaamilised olenevused**. Kui sirgjoonelise liikumise valemis asendada jõud momendiga, mass — inertsmomentiga, kiirus — nurkkiirusega, tee — pöördenurgaga, siis saame vastavad valemid pöörlemisliikumisele: a) Pöörlemisvalem (dünaamiline) $M = J\varepsilon$. b) Pöörleva keha elavjõud (kineetiline energia) $E = \frac{1}{2}J\omega^2 = \frac{1}{2}J(\pi n : 30)^2 = 0,00548 Jn^2$ (kgm). c) **Töö**, mida teeb pöörleva keha moment $T = M\varphi = M\omega t = \frac{1}{30}M\pi n t$ (kgm). e) Pöörleva keha võimsus $N = M\varphi : t = N\omega = \frac{1}{30}M\pi n = \frac{1}{30}P\pi n = Pv$ (kgm/sek) või **hj-des** $N = Pv : 75 = M\omega : 75 = M\pi n : 75 \cdot 30 = Mn : 716,2 = 0,00140 Mn$ (hj) või **kilovattides** $N = Pv : 102 = M\omega : 102 = M\pi n : 102 \cdot 30 = Mn : 974 = 0,0010267 Mn$ (kW). d) **Momentide-seadus**: $J_\omega - J_{\omega_0} = Mt$. Olenevused pöörlemomendi M , pöörde- või tõmbejõu P , võimsuse N (hj) ja pöörete-arvu n vahel: 1. $M = Pr = \frac{1}{2}PD$ (kgm); 2. Kui N on antud **hj-des**, siis $M = 2250 N : \pi n = 716,2 N : n$ (kgm). Praktiliselt võib võtta $M \approx 720 N : n$ (kgm), kus viga on 0,53%. 3. Kui N on antud **kilovattides**, siis $M = 3060 N : \pi n = 974 N : n$ (kgm). **Pöörde- või tõmbejõu P võime leida toodud valemist**. $P = M : r = 75N : v = 2250N : \pi nr = 716,2N : nr$ (kg). P vaartusi antud v ja N -ile vt. tab. lk. 48. e) **Tsentrifugaaljõud** $C = ma_n = mv^2 : r = m\omega^2 r = Gv^2 : gr = G\pi^2 n^2 : 900 g = 0,10194 Gv^2 : r = 0,001118 Grn^2$ (kg); $v = 3,13\sqrt{Cr : G}$ (m/sek) ja $n = 30\sqrt{C : Gr}$ (pöör/min.) f) **Pinge hooratta põial**. $\sigma = ev^2 : g = e\omega^2 r^2 : g = 0,001118 en^2 r^2$ (kg/m²), kus e — erikaal kg/m³, r — meetreis. Malmile ($e = 7250$ kg/m³) $\sigma = 8,1 n^2 r^2$ (kg/m²) = 0,00081 $n^2 r^2$ (kg/cm²) (r — meetreis) või $\sigma = 0,0739 v^2$ (k/cm²), (v — m/sek). i) **Tahkekeha elavjõud (E) edasi- või pöörlemisliikumisel**. $E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J\omega = \frac{1}{2}mv^2 + 0,00548 Jn^2$, kus J — inertsmoment.

3. **Inertsmoment**. Pöörleva keha inertsmoment (J) mõnesuguse telje suhtes võrdub kõikide keha massi elementide (Δm) ja nende pöörlemistelje kauguste ruutude korrutiste summaga, s. o. $J = \Sigma \Delta m r^2$, või $J = er^2 V : g$ (kgm sek² või kgcm sek²). Inertsia raadius $i = \sqrt{J : m}$, järelikult $J = mi^2 v\ddot{o}$

$J = Gi^2$; $g \approx 0,102 Gi^2 = 0,102 eVi^2$ (kgm sek²); kui G on kg ja i cm, siis $J = 0,00102 Gi^2 = 0,00102 eVi^2$ (kgcmsek²). **Hoogmoment.** Sageli masinaehituses ja elektrotehnikas kasutatakse nn. hoogmomenti. $K = GD^2$, kus D — inertsi diameeter $= 2i$ või $K = 4Gi^2$. Inerts- ja hoogmomendi vaheline ole-nevus $J = mi^2 = GD^2$: $4g = K : 4g$, siit $K = 4gJ = 39,24 J$. Ligikaudu võib lugeda $K = 40 J$ (viga $= 1,94^{0/0}$, kui $g = 9,81$ m/sek²). **Hammasratta inertsmoment** ligikaudu: 1) kodarateta ratas: $J = 1,027 \cdot 10^{-6} z^4 \varphi e$ kg cm sek²; 2) kodaratega $J = 245 \cdot 10^{-7} t^2 z^3 \varphi e$ kg cm sek², kus z hammaste arv, t — hambumissamm, $\varphi = b : t$, b — hamba laius, e — erikaal, mis malmile $= 0,00725$ kg/cm³, terasele $0,00786$ kg/cm³ ja pronksile $0,0086$ kg/cm³.

Kui on vaja leida mõnesuguse keha J , mille kaal G kg, siis peame teadma selle keha i^2 ja korrutama seda $0,102 G$; saadud arvu korrutades 40-ga saame K (allpool on antud mõnede kehade i^2).

4. Mõnede kehade i^2 J ja K määramiseks. 1. Sirgvarb, pikkusega l ja väikese ristpinnaga a) ristteljele varva keskel $i^2 = 1/12 l^2$; b) ristteljele varva otsas $i^2 = 1/3 l^2$. 2. Risttahukas, ristpind $b \times h$, pikkus l a) pikiteljele $i^2 = 1/12 (b^2 + h^2)$; b) ristteljele $\parallel h$, tema keskel $1/12 (b^2 + l^2)$; c) ristteljele tema otsas $1/12 b^2 + 1/3 l^2$. 3. Püstringsilinder, pikkus l a) pikiteljele $i^2 = 1/2 r^2$; b) ristteljele tema keskel $1/4 r^2 + 1/12 l^2$; c) ristteljele tema otsas $1/4 r^2 + 1/3 l^2$. 4. Õõnessilinder, pikkus l a) pikiteljele $i^2 = 1/2 (r_1^2 + r_2^2)$; b) ristteljele, tema keskel $1/4 (r_1^2 + r_2^2 + 1/3 l^2)$; c) ristteljele tema otsas $1/4 (r_1^2 + r_2^2) + 1/3 l^2$, kus r_1 — välis- ja r_2 — siseraadius. 5. Õõnessilinder, õhukese seinaga, raadius r a) pikiteljele $i^2 = r^2$; b) ristteljele, tema keskel $1/2 (r^2 + 1/6 l^2)$; c) ristteljele tema otsas $1/2 r^2 + 1/3 l^2$. 6. Rõngas, keskmine raadius R 1) ristlõikes ring a) pöörlemisteljele $i^2 = R^2 + 3/4 r^2$; b) diametraalsele teljele $1/2 (R^2 + 5/4 r^2)$; 2) ristlõikes ellips pooltelgedega a ja b ; $b \parallel$ pöör.-teljele a) pöörlemisteljele $i^2 = R^2 + 3/4 a^2$; b) diametraalsele — $1/2 (R^2 + 5/4 b^2)$; 3) ristlõikes ristkülik $b \times h$; $b \parallel$ pöörlemisteljele a) pikiteljele $i^2 = R^2 + 1/4 h^2$; b) diametraalsele $i^2 = 1/2 R^2 + 1/8 h^2 + 1/12 b^2$. 7. Koonus, r põhja raadius, h — kõrgus a) piki-teljele $i^2 = 3/10 r^2$; b) raskuskeset läbivale ristteljele $3/20 (r^2 + 1/4 h^2)$. 8. Kera, raad-ius r $i^2 = 2/5 r^2$. 9. Õõneskera õhukese seinaga δ ligikaudu $i^2 = 2/3 r^2$. 10. Sfääriline sektor, r — raadius, h — kõrgus sümmeetriateljele $i^2 = 1/5 (3rh - h^2)$. 11. Ellipsoid poolteljed a , b ja c ; teljele, mis ühtub a -ga, $i^2 = 1/5 (b^2 + c^2)$ telgedele, mis ühtuvad b -ga ja c -ga, saame analoogilised valemid. 12. Pöörparaboloid r — põhja raadius pikiteljele $i^2 = 1/3 r^2$.

5. Pendli viipeseadused. Kui viipenurk $\leq 8^\circ$, siis viipekestus $t = \pi \sqrt{l/g}$ (sek);

g väärtused (m/sek²) ja sekundpendli pikkus $l = gt^2 : \pi^2$ (m) mitmesugusel geogr. laiusel (g väärtusi Tallinna ja Tartu kohta vt. lk. 21).

Geogr. laius ($^\circ$) . .	0°	30°	40°	45°	50°	60°	90°
g väärtus (m/sek ²) .	9,7803	9,7932	9,8017	9,8062	9,8107	9,8191	9,8332
sek. pendli l (m) .	0,9908	0,9923	0,9935	0,9938	0,9045	0,9949	0,9966

6. Otsene tsentraalpõrge. Kui M_1 ja M_2 on kahe teineteise järele liikuvate täiesti mitte-elastsete kehade massid, c_1 esimese keha — ja c_2 teise keha kiirus enne põrget, v_1 ja v_2 vastavad kiirused pärast põrget, siis põrke-momendil ühise raskuskeskme kiirus $v = v_1 = v_2 = (M_1 c_1 + M_2 c_2) : (M_1 + M_2)$.

Tabel I. Ringkiirused. $v = 1/30 \pi r n = \pi D n : 60$ m/sek.

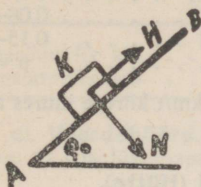
Seibi läbim. D mm	Ringkiirus v m/sek pöörete arvul $n =$													
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
200	0,52	0,63	0,73	0,84	0,94	1,05	1,15	1,26	1,36	1,47	1,57	1,67	1,78	1,89
300	0,78	0,94	1,10	1,26	1,41	1,57	1,73	1,89	2,04	2,20	2,36	2,51	2,67	2,83
400	1,05	1,26	1,47	1,68	1,89	2,09	2,30	2,51	2,72	2,93	3,14	3,35	3,56	3,77
500	1,31	1,57	1,83	2,09	2,36	2,62	2,88	3,14	3,40	3,67	3,93	4,19	4,45	4,71
600	1,57	1,88	2,20	2,51	2,83	3,14	3,46	3,77	4,08	4,40	4,71	5,03	5,34	5,66
700	1,83	2,20	2,57	2,93	3,30	3,67	4,03	4,40	4,76	5,13	5,50	5,86	6,23	6,60
800	2,10	2,51	2,93	3,35	3,77	4,19	4,61	5,03	5,44	5,86	6,28	6,70	7,12	7,54
900	2,35	2,83	3,30	3,77	4,24	4,71	5,18	5,66	6,12	6,60	7,07	7,54	8,01	8,48
1000	2,62	3,14	3,67	4,19	4,71	5,23	5,76	6,29	6,81	7,33	7,86	8,38	8,90	9,43
1100	2,88	3,45	4,03	4,61	5,18	5,76	6,34	6,91	7,49	8,06	8,64	9,21	9,79	10,5
1200	3,14	3,77	4,40	5,03	5,66	6,28	6,91	7,54	8,17	8,80	9,43	10,1	10,7	11,3
1300	3,40	4,09	4,76	5,45	6,13	6,81	7,49	8,17	8,85	9,56	10,2	10,9	11,6	12,3
1400	3,66	4,40	5,13	5,86	6,60	7,33	8,06	8,80	9,53	10,3	11,0	11,7	12,5	13,2
1500	3,93	4,71	5,50	6,28	7,04	7,85	8,64	9,43	10,2	11,0	11,8	12,6	13,4	14,1
1600	4,19	5,03	5,86	6,70	7,54	8,38	9,22	10,1	10,9	11,7	12,6	13,4	14,2	15,1
1700	4,45	5,34	6,23	7,12	8,01	8,90	9,79	10,7	11,6	12,5	13,4	14,2	15,1	16,0
1800	4,71	5,66	6,60	7,54	8,48	9,42	10,4	11,3	12,2	13,2	14,1	15,1	16,0	17,0
1900	4,07	5,97	6,96	7,96	8,95	9,95	10,9	11,9	12,9	13,9	14,9	15,9	16,9	17,9
2000	5,24	6,28	7,33	8,38	9,43	10,5	11,5	12,6	13,6	14,7	15,7	16,7	17,8	18,9
2200	5,76	6,91	8,06	9,22	10,4	11,5	12,7	13,8	15,0	6,1	17,3	18,4	19,6	20,7
2400	6,28	7,54	8,80	10,1	11,3	12,6	13,8	15,1	16,3	17,6	18,9	20,1	21,4	22,6
2600	6,80	8,17	9,53	10,9	12,3	13,6	15,0	16,3	17,7	19,1	20,0	21,8	23,1	24,2
2800	7,33	8,80	10,3	11,7	13,2	14,7	16,1	17,6	19,1	20,5	22,0	23,5	24,9	26,4
3000	7,85	9,43	11,0	12,6	14,1	15,7	17,3	18,9	20,4	22,0	23,6	25,1	26,7	28,3
3250	8,50	10,2	11,9	13,6	15,3	17,0	18,7	20,4	22,1	23,8	25,5	27,2	28,9	30,6

Tabel II. Pöörde- või tõmbejõud. $P = 75 N_{Hj} : v = 102 N_{KW} : v$.

Hj arv	Tõmbejõud P kg kiirusel v m/sek.													
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	15	12,5	10,7	9,4	8,3	7,5	6,8	6,3	5,5	5,4	5	4,7	4,4	4,2
2	30	25,0	21,4	18,8	16,7	15,0	13,6	12,5	11,5	10,7	10	9,4	8,8	8,3
3	45	37,5	32,1	28,2	25,0	22,5	20,4	18,8	17,3	16,0	15	14,1	13,2	12,5
4	60	50	42,8	37,5	33,4	30,0	27,3	25,0	23,0	21,4	20	18,8	17,6	16,7
5	75	62,5	53,5	46,9	41,6	37,5	34,0	31,2	28,8	26,8	25	23,5	22,0	20,8
6	90	75	64,2	56,3	50,0	45,0	40,8	37,5	34,6	32,0	30	28,1	26,4	25,0
7	105	87,5	75	65,7	58,3	52,5	47,6	43,7	40,4	37,4	35	32,8	30,8	29,0
8	120	100	85,6	75	66,6	60,0	54,4	50,0	46,0	43,0	40	37,5	35,2	33,3
9	135	112,5	96,3	84,5	75,0	67,5	61,2	56,2	52,0	48,0	45	42,3	39,6	37,4
10	150	125	107	94	83,3	75,0	68,2	62,5	58,0	53,6	50	47,0	44,0	41,6
12	180	150	128	113	100	90	82	75	69	64	60	56	53	50
14	210	175	150	131	117	105	95	88	81	75	70	66	62	58
16	240	200	171	150	133	120	109	100	92	86	80	75	71	67
18	270	225	193	169	150	135	123	112	104	06	90	84	80	75
20	300	250	214	188	167	150	136	125	105	107	100	94	88	83
30	450	375	321	282	250	225	204	188	173	161	150	141	132	125
40	600	500	428	375	334	300	273	250	231	214	200	188	177	167
50	750	625	535	469	416	375	340	312	288	268	250	236	220	208
60	900	750	642	563	500	450	408	375	346	320	300	282	264	250
70	1050	875	750	657	583	525	476	437	404	374	355	329	308	290
80	1200	1000	856	750	666	600	544	500	460	430	400	376	352	333
90	1350	1125	963	845	750	675	612	562	520	480	450	423	396	374
100	1500	1250	1070	940	833	750	682	625	580	536	500	470	440	416
125	1875	1563	1340	1172	1041	938	853	781	724	670	625	588	550	521
150	2250	1875	1605	1409	1250	1125	1022	937	868	804	750	706	660	626

D. Rakendusmehaanika.

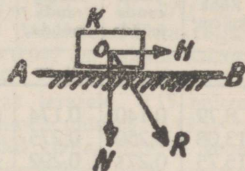
I. Hõõre (tähis H) on neljane: a) seisu-, b) liuge-, c) veerde- (ehk rull-) ja d) keerde- (ehk kuul-) hõõre.



Joon. 9.

a) **Seisuhõõre.** Piirnurka ρ_0 , milleni võib kallutada tasapinda AB , ilma et temal asuv keha K maha libiseks, nimetatakse seisuhõõrdenurgaks, ja $\tan \rho = \mu_0$ nimet. seisuhõõrde-teguriks (joon. 9). Hõõre $H = N \tan \rho_0 = \mu_0 N$, kus N on normaalrõhk.

b) **Liugehõõre.** Kui keha K (joon. 10), mille normaalrõhk tasapinnale $AB = N$, liugub mööda seda tasapinda, siis igal momendil on vaja ületada nn. hõõrdetakistus $H = \mu N$, kus



Joon. 10.

μ on liugehõõrde-tegur. Tungide H ja N resultant R alati moodustab normaaliga nurga $HOR = \rho$, n. n. hõõrdenurga, mille $\tan = \mu$; (tähend. $\tan \rho = \mu$). μ oleneb:

1) hõõrduvate kehade ainest, 2) nende pindade ehitusest või olekust, 3) määrdeainest, 4) rõhust pinnaühikule, 5) hõõrduvate kehade liikumiskiirusest ja 6) temperatuurist.

1. Seisu- ja liugehõõrde-tegurid (μ_0 ja μ) väikesile rõhkudele (0,96 kuni 1,37 kg/cm²) Moren'i ja t. järgi.

Hõõrduvad kehad	Pindade olek	Hõõrdeteg.		Hõõrduvad kehad	Pindade olek	Hõõrdeteg.	
		μ	μ_0			μ	μ_0
Pronks pronksile .	kuiv	0,2	—	Härjanahk tammele	veega	0,29	0,79
" malmile .	"	0,21	—	Nahkr. malmseibile	kuiv	0,56	—
" rauale . . .	kerge	0,16	—	" "	k. määre	—	0,28
Malm malmile . .		0,15	0,16	" "	veega	0,36	0,38
Raud . . .	kuiv	0,18	0,19	" " normaalmaäre	—	—	0,12
" rauale . . .	"	0,14	—	" tammseibile	kuiv	0,27	—
" " . . .	k. määre	—	0,13	" " "	k. määre	—	0,47
Teras terasele . .	kuiv	—	0,15	Härjanahk kolbides	kuiv	0,56	—
Malm tammele . .	"	0,49	—	" "	veega	0,36	0,62
" " . . .	veega	0,22	0,65	" "	n. määre	0,15	0,12
Raud " . . .	kuiv	0,44	—	Teras jääle . . .	kuiv	0,014	0,027
" " . . .	veega	0,22	0,65	Kivi või tellis tellisele	"	$\mu_0 =$	
Tamm " parall.	kuiv	0,48	0,62	värskel segul .	"	0,50—0,70	
" " risti .	"	0,34	0,54	Kivi rauale . . .	"	0,42—0,49	
Härjanahk tammele	"			" puidule . . .	"	0,46—0,60	
(nahk serviti)	"	0,33	0,43	Kivimüüritis betoonile	"	—	0,76

2. Veoriistade hõõrdetegurid μ .

a) **Saanid (reed):** Puitjalased siledast kivist- või puit-teel määrimata $\mu = 0,38$; kuiva seebiga määritult $\mu = 0,15$; rasvaga määritult $\mu = 0,07$. Puitjalased lumel ja jääl $\mu = 0,035$; rautatud jalased lumel ja jääl $\mu = 0,02$.

b) Raudrehvidega vankreile on üldhõrdetegur μ ligikaudu järgmine:

Terasrööpail (vaguneile) 0,005—0,008	Heal šosseel (maant.) . 0,016—0,028
Heal asfaltteel 0,01	Porisel šosseel 0,035
Heal kivitänaval 0,015—0,02	Külateel 0,08—0,16
Halval kivitänaval 0,033	Pudeval liival 0,15—0,30
Puittänaval 0,018	Vedurite $\mu = 0,08$

c) Kummirehvidega vankrid: automobiilidel 25 km/t kiiruse juures asfaltteel $\mu = 0,021—0,031$.

3. Liugehõrde-tegurid Renni järgi (Hütte).

Rõhk kg/cm ²	Raud rauda mööda	Malm rauda mööda	Teras malmi mööda	Messing malmi mööda	Rõhk kg/cm ²	Raud rauda mööda	Malm rauda mööda	Teras malmi mööda	Messing malmi mööda
$\mu =$					$\mu =$				
8,79	0,140	0,174	0,166	0,157	23,62	0,312	0,333	0,347	0,215
13,08	0,250	0,275	0,300	0,225	26,22	0,350	0,351	0,351	0,206
15,75	0,271	0,292	0,333	0,219	27,42	0,376	0,363	0,353	0,205
18,28	0,285	0,321	0,340	0,214	31,50	0,395	0,365	0,354	0,208
20,95	0,297	0,329	0,344	0,211	34,10	0,403	0,366	0,356	0,221
					36,76	0,409	0,366	0,357	0,223

4. μ olenevus kiirusest v km/t (Hütte).

Raudbandaazid raudrööpail (Poirée)(vaguni kaal 3400-8400 kg)	$v = 16,56$ $\mu = 0,209$	26,28	31,68	51,48	72,00	79,20
		0,206	0,171	0,145	0,136	0,112
Malmpiduri klotsid terasbandaa- zidel (Galton)	$v =$ algus $\mu = 0,339$	8,05	16,09	40,03	72,36	96,48
		0,273	0,242	0,166	0,127	0,074
Terasbandaazid terasrööpail (Galton)	$v =$ algus $\mu = 0,242$	10,93	21,8	43,9	65,8	87,6
		0,088	0,072	0,07	0,057	0,038

Terasest valatud piduriklotside ja terasbandaazide μ leitakse valemi järgi $\mu = \beta (1 + 0,0112 v) : (1 + 0,06 v)$, kus v on kiirus km/t ja $\beta = 0,45$ kuivile ja $\beta 0,25$ märjele pinnule.

5. Hõrdetegurid pidureile.

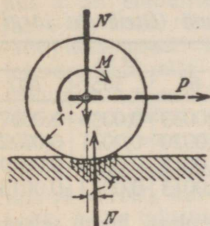
Kiiruseile 1—20 m/sek μ ligikaudu muutmatu rõhkudel 0,5—10 kg/cm².

Hõõrduvad ained	Pukspuu	Tamm	Pappel	Künnapuu	Paju
Malm	0,29—0,37	0,30—0,34	0,35—0,40	0,36—0,37	0,46—0,47
Raud	0,54	0,51—0,40	0,65—0,60	0,60—0,49	0,63—0,60

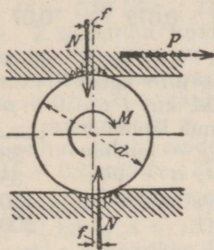
6. Hõõrdetegur käiadele.

	Malm	Teras	Raud	Väntvõlli üld- hõõrdetegur võetakse keskmiselt 0,05
Jämesõmerlik käi . .	0,21—0,24	0,29	0,41—0,46	
Peensõmerlik käi . .	0,75	0,94	1,0	

c) **Veerdehõõre.** Kui silinder veereb liugeta, tema normaalrõhk = N (joon. 11.) ja liikumapanev jõud on P , siis $Pr = M = Nf$ ja $P = Nf : r$ (f senti-meetrites on veerdehõõrde-tegur). Kui tung P mõjub



Joon. 11.



Joon. 12.

joonisel 12 näidatud viisil, siis: $Pd = 2Nf$ ja $P = 2Nf : d$.

Veerdehõõrde-tegurid:

$f = 0,047$ cm bakaut bakautile;
0,005 cm — raud rauale või
teras terasele, 0,15 puitrullid
pehmele puidule, 0,13 — puit-
rullid kivile, 0,24 — veoauto
kummirehvid heale maanteele,
1—1,5 — kummirehvid rohtu-
nud pinnale ja 0,0005—0,01
karastatud terasrullidele või
kuulidele laagreis.

1. **Rull-laagri hõõre.** $M_h = 1,2Pfd_0 : d = \mu_1 Pr$ kgcm; $\mu_1 = 1,2D_0 f : rd$.

Veerdehõõrde-teguri f väärtusi.

$p = 5P : dbi$	3	5	7,5	10	15
$f =$	0,0045	0,0034	0,0027	0,0023	0,0018

Märge: Valemis ja tabelis tähistavad $d = 2r$ rulli läbimõõtu (cm), b — rulli pikkust (cm), i — rullide arvu, D_0 — rullide telgede liikumisringi läbimõõtu (cm).

2. μ_1 väärtusi Stribecki järgi.

Rõngasmäärde valgemetall-laagrid, tapi $d = 70$ mm, pikkus $l = 70$ mm, määrideõli temp. 25°.

v m/sek =	$p^1) = 1$	2,25	4,0	9,0	16,0	25,0	36,0	49,0
7,7	—	0,0573	0,04	0,0209	0,0136	0,0112	—	—
4,03	0,067	0,048	0,0355	0,02	0,0128	0,0102	0,0087	0,0077
2,78	0,05	0,039	0,0288	0,0168	0,0114	0,0091	0,0080	0,0071
1,39	0,0415	0,0302	0,0213	0,0126	0,0085	0,0070	0,0063	0,0059
0,70	0,028	0,0212	0,0156	0,0091	0,0064	0,0052	0,0048	0,0045
0,23	0,018	0,0108	0,0081	0,0051	0,0035	0,0030	0,0027	0,0026
0,12	0,013	0,0072	0,0052	0,0032	0,0025	0,0021	0,0020	0,0020

¹⁾ $p = P : dl$.

3. Tapi- ja laagrihõõre. Silindertapi hõõrdemoment $M = \mu_1 P r$ kgcm ja hõõrdetöö sekundis $T_h = M \omega = M \pi n : 30$ kgcm/sek, kus P — tapi üldrõhk (kg), r — tapi raadius, n — pöörete arv min., μ_1 — tapi hõõrdetegur, mis oleneb rõhust tapile P , tapi ringkiirusest, määrendeolist ja laagri kujust: kooniliste tappide puhul keskmine $r = \frac{1}{2}(r + R)$.

4. Tapi hõõrdetegur μ_1 (harilikul määrimisel).

Hõõrduvad kehad	Pronks		Malm		Raud	
	pronksile	malmile	malmile	bakautile	malmile või pronksile	bakautile
$\mu_1 =$	0,1	0,09	0,075	0,07	0,003—0,03	0,11

d) Keerde- (kuul-) hõõre. Kuullaagri hõõrdemoment $M_h \approx 1,2 P f D_0 : d = \mu_1 P r$ kgcm ja hõõrdetöö $T_h = 1,2 P f D_0 \pi n : 30 d$, kus P — surve laagri rõngale (kg), d — kuuli läbimõõt (cm), r — vooli raadius (cm), D_0 — kuulide kesktäppide liikumisringi läbimõõt, n — pöörete arv minutis ja μ_1 — kuullaagri hõõrdetegur (vt. tabel).

μ_1 väärtusi (Stribecki järgi)

P	n =		
	65	385	780
380	0,0033	0,0035	0,0037
850	0,0020	0,0021	0,0022
1100	0,0017	0,0018	0,0019
3000	0,0013	0,0013	0,0013

II. Keskkonna takistus (H_k). Kui S m² pindalaga plaat liikub seisvas keskkonnas kiirusega v m/sek, siis tema $H_k = \phi e S v^2 : 2g$, kus ϕ katseline tegur, mis muutub 1—3 piires. Üldjuhul, kui keha liigub kiirusega v m/sek keskkonnas, millel oma sama- või vastassuunaline liikumiskiirus c , ja S on keha projektsiooni pind normaalpinnale, siis $H_k = \xi S (v \mp c)$; — võetakse siis, kui v ja c on sama-, ja +, kui nad on vastassuunalised. G. Golombo järgi on ξ järgmised väärtused:

Liikuv keha		Liikuv keha	
1. Liikumine vees.		2. Liikumine õhus.	
1. Plaat $\perp$ liikumisele . . .	65—70	1. Plaat risti liikumisele	
2. Prisma või silinder telg liikumisele	45—60	0,1—1 m ²	0,075
3. Prisma või silinder eest teravad	12—15	2. Nelinurkne plaat paksusega 3—25 mm: 50 × 800 mm	0,082
4. Kera või silinder sfäärilise otsaga	15	sama 50 × 400 mm . . .	0,0808
5. Laev kitsas jões või kanal	12—15	3. Silindrid ja prismad telgedega liikumissuunas, pikkus 1—3 keskmist raadiust	0,071-0,05
6. Harilik mere- või järvelaev	7—10	4. Kumer poolsfäär	0,017
7. Kiir-merelaev	3—5	5. Nõgus poolsfäär	0,084
		6. Ellipsoidid, pikkusega 2-3 d	0,006-0,003
		7. Dirizaablid	0,015-0,004

III. Veovahendite takistus. Kui H_v on veovahendite takistus, Q — tema kaal ühes koormaga, siis $H_v = \mu Q$ (μ väärt. vt. lk. 49 ja 50) tasasel pinnal ja $H_v = Q(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$ või $H_v : \cos \alpha = Q(\mu + \tan \alpha)$; kui tõus on väikene, siis $\cos \alpha \approx 1$ ja $H_v \approx Q(\mu \pm \tan \alpha) = Q(\mu \pm i)$, kus i tõus tuhandikes, + võetakse ülesminekul ja — allatulekul. Kui $H_v < 0$, siis allatulekul vaja tõmbe asemel pidurdada koormat.

1. **Auto üldtakistus** $H_v = 2000 (m + \mu_1 d) Q : (r_1 + r_2) + 0,08 S v^2 \pm Q i$, kus r_1 on esimeste ja r_2 tagumiste rataste läbim., d — tapi läbim., μ_1 — tapi hõõrdetegur ($\approx 0,04$), m — tegur, mis oleneb teeoludest ja auto konstruktsioonist (keskmiselt $m = 0,035$), S — tuule mõju all olev pind m^2 , v — kiirus m/sek, Q — kogukaal tonnides. Lihtsam valem: $H_v = 25Q + 0,006 S v^2 \pm Q i$, kus K — kg, Q — tonnides, S — m^2 ja v — kiirus km/tund.

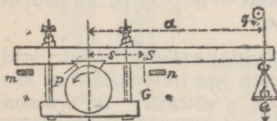
Katsetega on leitud, et auto $\mu = 21 - 31$ kg tonnile heal asfaltteel 25 km/t. kiirusel.

2. **Veduri tõmbejõud**. Kui d on veduri kaksiksilindrite või kompaundveduri suurema silindri läbimõõt cm, p_i — keskmine ind. rõhk. at., s — kolvikäik cm, D — vedavratta läbimõõt cm, siis kaksiksilindritega veduri indikatoorne tõmbejõud $P_i = 0,97 l d^2 p_i : D$, või üldiselt $P_i = 0,97 n l d^2 p_i : D$, kus n on silindrite arv. 2 silindriga kompaundveduri puhul $n = 1$. Kui p_m — on katta rõhk manomeetri järgi at, siis võib võtta (regulaator täiesti lahti) keskmiselt: 1) ühekordse paisumisega vedureile $p_i = 0,55 p_m$ — reisi-jaterongivedureile ja $p_i = 0,6 p_m$ — kaubarongivedureile, 2) kompaundvedureile: $p_i = 0,45 p_m$ — reisi-jate- ja $p_i = 0,5 p_m$ — kaubarongivedureile. Ülekuumendatud auru puhul tuleb neid norme suurendada 20%—25% võrra. Tõmbemoodul $M = 0,97 n l d^2 p_m : 2D$.

3. **Rongitakistus**. Määratakse Clark'i valemiga $H_v = (2,4 + V^2 : A + i + h_0) Q$, kus $A = 1000$, kui $V < 70$ km/t, $A = 1300$, kui $V > 70$ km/t, V — kiirus km/t, h_0 — takistus kõveral. Ameerikas kasustatakse kaubarongide jaoks nn. Baldwin'i valemit: $H_v = (1,5 + \frac{1}{20} V + i + h_0) Q$; takistus kõveral määratakse valemiga: $h_0 = 500 : (R - 55)$ kg/t, kus $R < 300$ m ja $h_0 = 650 : (R - 55)$ kg/t, kui $R \geq 300$ m. Meie rööpaile $h_0 = 750 : R$ kg/t, kus R on kõveruse raadius.

IV. **Masinate (mootorite) kasutegur**. Igalt masinalt (mootorilt) saadud tööd nimetatakse efektiivseks tööks T_e ja — võimsust — efektiivseks võimsuseks N_e , kuna töö ja võimsus, mida ta peaks andma teoreetiliselt, nimet. teoreetiliseks tööks T ja vastavalt võimsuseks N . Masina töökasutegur $\eta_t = T_e : T$ ja võimsuskasutegur $\eta = N_e : N$. Tähistades võimsuse kadu N_0 , leiame võimsusekaduteguri $\eta_0 = N_0 : N_e = (N - N_e) : N_e = N : N_e - 1 = 1 : \eta - 1 = (1 - \eta) : \eta$; siit leiame, et $\eta = 1 : (1 + \eta_0)$. Kui mõni masin koosneb mitmest lihtmasinast isesuguste kasuteguritega, siis üldkasutegur = nende korrutisega.

V. **Masinate efektiivse töö T_e mõõtmine**. Masina efekt. töö mõõtmiseks tarvitatakse enamasti pidurtungimõõtmist, nn. Prony' pidurit (joon. 13), mis pannakse katsutava masina völli ümber. Et pöörlev völli seda pidurit enesega ümber ei viiks, pannakse tema alla pukid m ja n . On G kangi kaal, S raskuskese, siis määratakse esiti Gs , piduri klotsi ja völli vahele asetatakse tera, ja raskus q valitakse nii suur, et pidurkang oleks horisontaalseisus, siis $Gs = qa$, ja $T_e = \frac{1}{30} \pi n (Qa \pm Gs) = \frac{1}{30} \pi n a (Q \pm q)$, ja efekt. võimsus $N_e = \frac{1}{30} \pi n a (Q \pm q) : 75$ hj = $na (Q \pm q) : 716,2$ hj.



Joon. 13.

VI. **Mõningaid andmeid kasutegurite kohta**. 1. Soojusmootori mehaaniline kasutegur $\eta_m = N_e : N_i$, kus N_e on efekt. ja N_i indikatoorne võimsus; N_i arvutatakse indik. diagrammi abil (vt. tagapool „Soojusmootorid“); keskmiselt $\eta_m = 80 - 90\%$.

2. **Mootori soojuse** kasutegur η_s näitab $\%$ -des, palju on kasustatud mootoris juhitud auru- või põletissoojusest (põletis = põletusaine) $\eta_s = 652 : BK$, kus $632 = 75 \cdot 3600 : 427$ on efekt. hj-tunnile (hj-te) ekvivalentne soojushulk, B — 1 hj-te vajalik auru või põletise hulk kg-des. K — põletise madalam kalorsus (= kütteväärtus) või ühe kg auru soojussisaldus.

a) **Kondensatsiooniga aurmootorite (masinate)** η_s : $\alphakompaundmootor (katla rõhk P_k 20 at), $\eta_s = 15-18\%$; β) **kõrgsurve-aurmootor** (P_k 30–60 at) $\eta_s = 20-21\%$; γ) **aurturbiin** (P_k 20–25 at) $\eta_s = 17-21\%$, kui $P_k = 35$ at, siis $\eta_s = 23\%$; δ) **aurvedur** vabal heitel (v. h.) $\eta_s = 8-10\%$. b) **Sisepõlemootorid**: α) **suur gaasmootor** $\eta_s = 28-32\%$; β) **diiselmootor** $\eta_s = 33-38\%$. Kui äraminevat soojust kasustatakse soojendamiseks, keetmiseks, väiksemate jõumasinate, nagu aurvasarad, pumbad, aurturbii-
nid jm. käitamiseks, siis saame vastavalt soojusmajanduslikud kasutegurid: a, α) kuni $\approx 75\%$; β) — $\sim 80\%$; b, α) $40-70\%$ ja β) kuni $\sim 85\%$.$

3. **Aurukatla** kasutegur η_k näitab $\%$ -des, palju on kasustatud küttekoldesse viidud põletisest; **paigalseisvate katelde** $\eta_k = 70-80\%$, **vedurite** — $55-75\%$.

4. **Aurmootorite** ökonoomiline (täielik) kasutegur $\eta = \eta_m \cdot \eta_s \cdot \eta_k$. Kui 500 hj kompaundmootori $\eta_m = 78\%$, $\eta_s = 15\%$ ja $\eta_k = 80\%$, siis $\eta = 0,88 \cdot 0,15 \cdot 0,8 = 0,106 = 10,6\%$.

5. **Sisepõlemootori** $\eta = \eta_m \cdot \eta_s$. Kui 3000 hj diiselmootori $\eta_m = 85\%$, $\eta_s = 33\%$, siis $\eta = 0,85 \cdot 0,33 \approx 28\%$.

6. Elektrimasinate kasutegurid.

a) Alalisvoolu-generaator			b) Alalisvoolu-mootor		
Generaatori võimsus kW	1 hj annab vatte W	η	Mootori võimsus hj	1 hj tarvitab vatte W	η
10	625	0,85	1	1000	0,74
50	655	0,89	10	875	0,94
100	670	0,91	100	805	0,91
Suurem. gener.		0,92	Keskmiselt		0,83
Keskmiselt . .		0,88			

Märkmeid: 1) Et leida elektrimasina kasutegurit, tuleb tegelikult saadud või tarvitatud vattide arv jagada 736-ga. Näide: 10 kW generaator $\eta = 625 : 736 \sim 0,85 \sim 85\%$.

2) Vahelduvvoolumasinate kasutegurid on umbes sama suured.

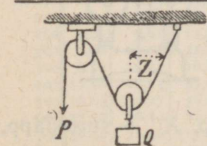
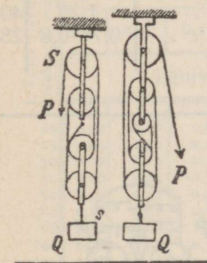
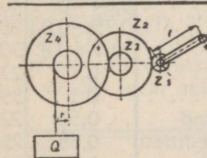
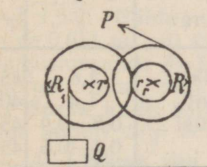
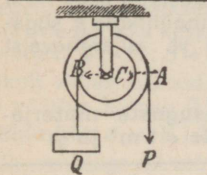
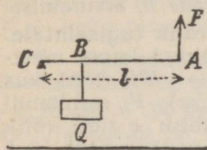
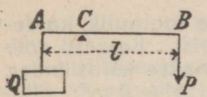
plokkide — $93-97\%$; halvastimääritud η on $3-4\%$ vähem. 11. **Kruvi** (täisnurk-ükskäikkeere) $\eta = 35-45\%$. Suure surve kruvipresside — $= 27\%$. 12. **Hammastaste** — $= 90-98\%$. 13. **Rihmade** ja kõite η : α) **uued**, hästi pingutatud rihmade — $= 97-98,5\%$, β) hästi sissetõõtatud — $98,5-99,25\%$, γ) uute traatkõite — $= 99,95-99,98\%$, δ) **kanep- või puuvillikõite** — $= 99,6-99,85\%$. 14. **Vesiturbiinide** $\eta = 75-80\%$; **vesirastaste** — $= 60-75\%$. 15. **Toahjud** $\eta = 6-8\%$.

7. **Elektritransformaatori** kasuteg. $= 82-98\%$, olenedes võimsusest ja koormisest.

8. **Plii- (= seatina-) akude** **ampertundide** $\eta \sim 90\%$, **pinge** — $\sim 78-85\%$ ja **vatt-tundide** — $\sim 70\%$ 1 tunnilisel ning — $\sim 75\%$ 3–4 t. tühendamisel.

9. **Töomasinate** η : a) **Vee-pumbad**: α) **tsentrifugaal**-60–70%, β) **kolb** — $80-93\%$; b) **Tõstekraanad**: α) **lift** — $25-50\%$, β) **liikuvad montaažkraanad** 55–60% ja γ) suurte pukkidel asuvad **kraanad** 70–80%; c) **Ventilaatorid**: α) **väikesed** — $30-50\%$, β) **suured** 40–75%.

10. **Polüspastide** kasut. leidmiseks tuleb iga hästimääritud kinnisplokkide η võtta $91-96\%$ vaba-



VII. Lihtmasinad.

1. Kang. a) I liik:
 $P \cdot BC = Q \cdot AC$; $P = Q \cdot AC : BC$ ja
 $Q = P \cdot BC : AC$;
 $AC = Pl : (Q + P)$;
 $BC = Ql : (Q + P)$.

b) II liik:
 $P \cdot AC = Q \cdot BC$;
 $P = Q \cdot BC : AC$;
 $Q = P \cdot AC : BC$;
 $AC = Q \cdot AB : (Q + P)$.

2. Pöör.
 $P : Q = BC : AC$;
 $P = BC \cdot Q : AC$;
 $Q = AC \cdot P : BC$;
 $BC = AC \cdot P : Q$;
 $AC = BC \cdot Q : P$.

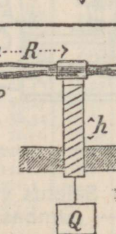
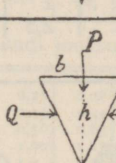
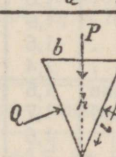
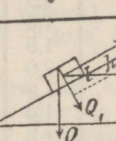
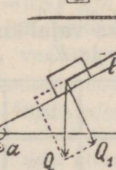
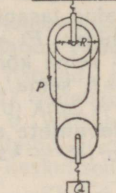
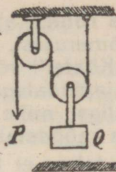
3. Hammasrattad.
 a) P ja Q olenevus
 raadiustest.
 $PRR_1 = Qrr_1$;
 $P = rr_1Q : RR_1$;
 $Q = RR_1P_1 : rr_1$.

b) P ja Q olenevus
 hammaste arvust.
 $P = QrZ_1Z_3 : lZ_2Z_4$;
 $Q = PlZ_2Z_4 : rZ_1Z_3$;

4. Pollspast.
 S — tungi ja s —
 koorma teepikkus,
 n — plokkide arv.
 $P = Q : n$ ja
 $Q = nP$;
 $s = S : n$ ja
 $S = ns$.

5. I liiki plokk
 (joonis puudub).
 $P = Q$.

6. II liiki plokk.
 $P = Q : 2 \cos Z$;
 $Q = 2P \cos Z$.



6-a. II liiki plokk
 $P = \frac{1}{2}Q$; $Q = 2P$;
 $PS = sQ$;
 S — tungi ja
 s — koorma tee.
 Iga ploki kasu-
 tegur = 0,95.

7. Diferentsiaal-
 plokk.
 $P = Q(R-r) : 2R$;
 $O = 2PR : (R-r)^*$;
 Keskmise kasu-
 tegur $n = 0,5$.

8. Kaldpind.
 a) $P \parallel$ kaldpinna-
 $P = Oh : l = O \sin \alpha$
 ja $O = Pl : h =$
 $P : \sin \alpha$; $O =$
 $= Ob : l = O \cos \alpha$;
 Hõõrde puhul:
 $P = (\mu \cos \alpha +$
 $+ \sin \alpha) O, ^*)$;
 Paigalhoid $P =$
 $(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) O$;

b) $P \parallel$ alusele;
 $P = Oh : b = O \tan \alpha$;
 $O = Pb : h = P \cot \alpha$.

9. Kiil.
 a) $O \perp$ kiilu pin-
 nale. $Pl = Ob$;
 $P = Ob : l$; $O = Pl : b$.
 b) $O \parallel$ kiilu alu-
 sele. $Ph = Ob$;
 $P = Ob : h$ $O = Ph : b$

10. Kruvi.
 $P \cdot 2\pi R = Oh$;
 $P = Oh : 2\pi R$;
 $O = 2\pi R P : h$.
 Hõõrde puhul:
 $r(h + 2\pi r \mu) O$
 $P = \frac{r(h + 2\pi r \mu) O}{R(2\pi r - \mu h)}$
 kus r — kruvi
 keskm. läbimõõt

*) Trükitehnihilisil põhjusil tarvitatud Q asemele O.

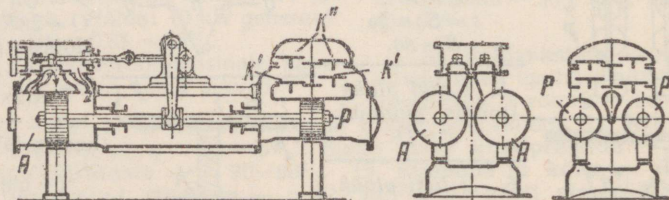
VIII. Pudevainete rõhk. a) Kuhjatud pudevainete loomulik kaldenurk φ oleneb aine sõmerusest, niiskusest ja temperatuurist. Kergesti võib seda nurka määrata Kõhler'i võttega: rõhtpinnale pannakse kardsilinder, kõrgusega 1 m ja põhjapindalaga 1 m², järelilikult silindri $V = 1$ m³; silinder täidetakse materjaliga, mille kaldenurka vaja teada, ja siis tõstetakse ta ettevaatlikult ära ja mõõdetakse saadud koonuse kõrgus h , arvutamisel on võimalik kindlaks teha, et $\tan \varphi = \sqrt[3]{h^3}$. b) **Maa rõhk tugiseintele.** Kui maa on ülalt piiratud tasapinnaga, siis tema omarõhk 1 laiuse meetrile määratakse valemiga: $P_1 = \frac{1}{2}eh^2 \tan^2(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi) = eh^2K$ (t/m), kus e — erikaal t/m³, h — seina kõrgus, $K = \frac{1}{2} \tan^2(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi)$; P_1 resultandi rakendustäpp asub $\frac{1}{3}h$ seina alusest. Kasuliku koormise q t/m² rõhk $P_2 = qh \tan^2(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi) = 2qhK$ (t/m); P_2 resultandi rakendustäpp asub $\frac{1}{2}h$ seina alusest. c) **Pudevainete rõhk silodes.** Seina pinnaühikule h sügavusel rõhk $p = eh \tan^2(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi)$. K , e ja φ väärtusi vt. alljärgnevaist tabelleist.

Maarõhu määramiseks vajalikud konstandid
 e , φ ja K .

Täiteaine	e t/m ³	φ°	K
Jäme liiv, kuiv	1,5	35	0,136
Peenike liiv, kuiv	1,6	35	0,136
Liiv loomuliku niisk.	1,8	40	0,108
„ küllastat.	2,0	25	0,203
Kruus, kuiv	1,8	38	0,122
„ märg	1,9	25	0,203
Paekivi, nurgeline	1,8	45	0,086
„ ümargune	1,9	30	0,167
Kivikillustik	1,6	35	0,140
Täitemaa, kuiv, kohe	1,4	40	0,108
„ loomul. niiske	1,6	45	0,08
„ kuiv, tambitud	1,7	43	0,1
Savi, kuiv, kohe	1,6	45	0,1
„ märg, kohe	2	23	0,22
„ loomul. niiske	2,5	70	0,016

Mitmesuguste materjalide e t/m³ ja φ .

Aine	e	φ
Killustik	1,6	45
Tsement	1,4	40
Gaasisüsi	0,8—0,9	45
Koks	0,4—0,6	45
Tuhk	0,64—0,72	40
Nisu	0,75—0,84	28
Rukis	0,7—0,8	30
Oder	0,7	27
Kaer	0,5	35
Linnased	0,53	22
Linaseemned	0,68	25
Herned	0,8	25
Sool	1,25	40
Mais	0,7—0,8	28



Vortingtonpump. Seletus vt. lk. 61. K' — imiklapp, K'' — suruklapp, A — aurusilinder, P — pumbasilinder.

II. Hüdromehaanika.

1. **Hüdrostaatika.** a) Anuma põhja- või seinarõhk $P = She$; S — põhja või seiniosa pindala, h — vedelikusamba kõrgus (seinaosa puhul — keskmine kõrgus ja e vedeliku erikaal. b) Ühendatud anumad: $h_1 : h_2 = e_2 : e_1$. c) Arhimedeese seadus: Altrõhk (raskuse näivkaotus) $P = Ve$ (V — keha ruumala).

2. **Hüdrodünaamika.** a) Vedeliku väljavoolu kiirus $v = \sqrt{2gh}$ (Bernulli võrrand). b) Teoreetiliselt väljavoolanud vedeliku hulk $O^*) = vS = 0,785d^2v = S\sqrt{2gh}$ m³/sek, kus S mulgu ristpind, mille kaudu vesi voolab. Tegelikult on see hulk vähem, sest: 1) vedeliku väljavoolu kiirus v_1 tegelikult on väiksem teoreetilisest kiirusest v , Weisbach'i järgi $v_1 : v = \varphi =$ kiirustegur, mis keskmiselt $= 0,97$, 2) joa ristpind S_1 on vähem mulgu ristpinnast S ; $S_1 : S = \alpha =$ joa surutegur, mis keskmiselt $= 0,64$, nii et tegelikult väljavoolanud veehulk $O_1 = \alpha\varphi S\sqrt{2gh} = \mu S\sqrt{2gh}$, kus $\mu = \alpha\varphi = O_1 : O$. μ väärtus kõigub 0,5 ja 1 vahel ja oleneb joa kokkusuruvusest. c) Toru läbimõõt $d = \sqrt{1,274O : v}$. Kui vee kiirus veevargis $v = \sim 0,85$ m/sek, siis veehulga O m³/sek jaoks tarvilik toru siseläbimõõt $d = \sqrt{1,274O : 0,85} = \sqrt{1,5O}$. Näide: $O = 0,3$ m³/sek, $v = \sim 0,85$ m/sek, $d = \sqrt{1,5 \cdot 0,3} = \sim 0,671$ m. d) Lubatav voolamiskiirus v m/sek-tes: veel 0,7–1,5 m/sek, valgustusgaasil 2–3 m/sek (väikesel rõhul, muidu enam), õhul 7–10 m/sek (kõrgel rõhul, näit. kompressoritel, muidu vähem), aarul 15–30 m/sek. e) Surve kadu torus $h_k = \lambda lv^2 : 2gd$, kus l — toru pikkus (m), λ Dupuit (loe düüpi) järgi $= 0,0303$.

f) **Liikuva vee võimsus.** 1) Kui langeva vee hulk on O m³/sek ja langekõrgus h m, siis teoreetiliselt saadud vee võimsus $N = 1000 Oh$ kgm/sek $= 1000 Oh : 75$ (hj). 2) Torus kiirusega v (m/sek) voolaval veehulgal O m³/sek on võimsus $N = \frac{1}{2}mv^2 = 1000 Ov^2 : 2g = 1000 Oh$ kgm/sek, kus $h = v^2 : 2g$ ja m sekundmass.

Toru sisemine läbim. d mm-tes	Vedeliku voolamiskiirus v m/sek.												
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	
	Läbivoolava vedeliku hulk sekundi jooksul liitrites.												
20	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,22	0,25	0,28	0,31	0,47	0,63	
25	0,05	0,10	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34	0,39	0,44	0,49	0,73	0,98	
30	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,63	0,7	1,06	1,41	
40	0,12	0,25	0,37	0,50	0,62	0,75	0,88	1,00	1,13	1,25	1,88	2,51	
50	0,16	0,32	0,49	0,65	0,81	0,97	1,14	1,3	1,46	1,63	2,45	3,27	
60	0,28	0,56	0,84	1,13	1,41	1,69	1,97	2,26	2,54	2,82	4,24	5,65	
80	0,50	1,00	1,50	2,01	2,51	3,01	3,51	4,02	4,52	5,02	7,54	10,03	
100	0,78	1,57	2,35	3,14	3,92	4,71	5,49	6,28	7,06	7,85	11,78	15,70	
150	1,76	3,53	5,30	7,06	8,83	10,60	12,37	14,13	15,9	17,67	26,50	35,34	
200	3,14	6,28	9,42	12,56	15,7	18,85	21,99	25,13	28,27	31,41	47,12	62,83	
250	4,9	9,81	14,72	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,17	49,08	73,63	98,17	
300	7,06	14,13	21,20	28,27	35,34	42,41	49,48	56,54	63,61	70,68	106,0	141,3	
350	9,62	19,24	28,86	38,48	48,1	57,72	67,34	76,96	86,59	96,21	144,3	192,4	
400	12,56	25,13	37,69	50,26	62,83	75,39	87,96	100,5	113,1	125,6	188,5	251,3	
500	19,63	39,27	58,90	78,54	98,17	117,8	137,4	157	176,7	196,3	294,5	392,7	
600	28,27	56,54	84,82	113,1	141,3	169,6	197,9	226,1	254,4	282,7	424,1	565,4	
700	38,48	76,96	115,4	153,9	192,4	230,9	269,3	307,8	346,3	384,8	577,2	769,6	
800	50,26	100,5	150,8	201	251,3	301,5	351,8	402,1	452,3	502,6	753,9	1005	
900	63,61	127,2	190,8	254,4	318	381,7	445,3	508,9	572,5	636,1	954,2	1272	
1000	78,54	157	235,6	314,1	392,7	471,2	549,7	628,3	706,8	785,4	1173	1570	

*) Trükitehnilisil põhjusil tarvitatud Q asemele O .

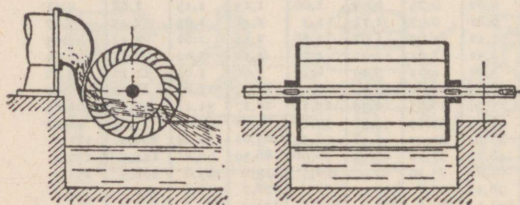
3. **Hüdraulsed mootorid.** Siia kuuluvad: 1) **vesirattad** ja 2) **vesiturbiinid**: 1) **Vesirattad** liigitatakse: **alt-**, **pealt-** ja **keskvoolurattaiks** selle järgi, kuidas vesi voolab rattale. Tarvitatakse vähemais tööstusis (veskid, vanutamistööstused jt.) jõuallikana, kuid uuemal ajal neid asetatakse vesiturbiiniga. 2) **Vesiturbiinid.** Nende peaosad: juhtratas vee juhtimiseks

Vesirataste iseloomustavaid andmeid.

Liik	Surve kõrgus H m	Veekulu Q l/sek	Kasutegur	Ringkiirus v m/sek	Ratta läbimõõt D
Pealt- Keskelt- Alt-	3—12 0,5—1,5 0,1—1	75—800 100—3000 100—4000	0,6—0,84 0,4—0,5 0,3—0,35	1,3—2,0 1,75—2,2 $0,4\sqrt{2gH}$	$H - 4$ 3—5H 4—7,5

ja tööratas veesurve ja -liikumiskiiruse muutmiseks kasulikuks tööks. Veejoo toime kohaselt turbiinis nad jagatakse: 1) **vabajoo-** ehk **aktiiv-** ja 2) **survejoo-** ehk **reaktiivturbiineks**. 1) **Aktiivturbiines** vee staatiline rõhk, nn. potentsiaalne energia juhtrattas, muundub vee kiiruseks (kineetiliseks energiaks); vesi vabajooana ainult õhurõhul juhatakse juhtrattast tööratasse ja paneb ta pöörlema. Turbiini hea omadus on see, et teda võib kohaldada vastavate sulgsiibrite abil vajanduvale veehulgale või võimsusele. Siia liiki kuuluvad pelton- ja banki-turbiinid. 2) **Reaktiivturbiines** vee staatiline rõhk muundub vee kiiruseks osalt juht- ja osalt tööratas ja vee-äravoolutoru ehk imitoru peab lõppema allpool äravoolukanali veepinna välisõhu sissepääsu vältimiseks. Siia liiki kuuluvad: vananenud tüüpi furneron- ja uuemat — fraansis- ja kaplanturbiinid; Eestis tarvitatakse eeskätt fraansisturbiine. Turbiinid jagatakse veel: aksiaal-, radiaal- ja tangentsiaal-turbiineks selle järgi, milline on vee juurdevoolu suund tööratasse, kas rööbiti, risti või kaldu turbiini võllile. 1) **Pelton-turbiini** või tangentsiaalrattast tarvitatakse laialt seal, kus on suured surved ja vähe vett. 2) **Fraansisturbiinid** (joon. 15) liigitatakse: tasa-, normaals-, kiir- ja ülikiirkäigu-turbiineks, mis peamiselt oleneb tööratas kujust. Kasutatakse väikeste ja keskmiste rõhkude puhul ja väga suuris piires muutuvaile rõhkudele; näit. Dnjepri hüdrojaama iga turbiini võimsus on 90000 hj, 37,5 m survel ja 88,25 pöör./min. 3) **Kaplanturbiin** kuulub nn. propeller-turbiinide hulka ja tema töölabidaid saab pöörata vastava seadise abil väljastpoolt, mis võimaldab tema reguleerimist veesurve või koormise muutmisel; kaplanturbiinid samal veesurvel on kiiremad fraansisturbiinest.

4. **Bankiturbiin** on laiade labidatega rõhtteljega rattas (joon. 14), kus vesi mõjub kaheldi: liikumisel väljast sisse ja pärast liikumisel seest välja. Selle turbiini pöörete arv on suur ja kasutegur kõrge (katseil $\eta = 0,87—0,90$) ja teda võib otse ühendada elektrigeneraatoriga.

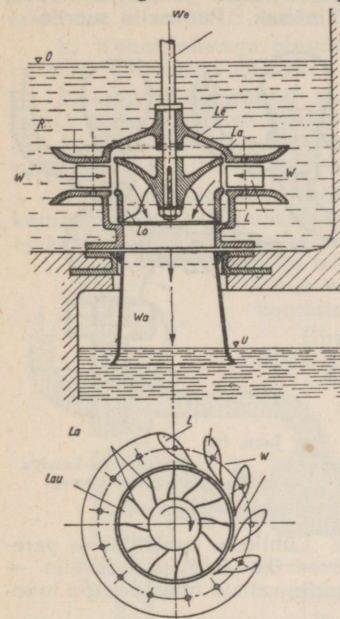


Joon. 14.

Turbiini võimsus ja käigutegur. Turbiinide omavaheliseks võrdlemiseks kasutatakse nn. käigutegurit n_s , mis on turbiini pöörete arv, kui

1 m veesurvega saavutatakse 1 hj; $n_s = n\sqrt{N}:H\sqrt{H}$, kus n on turbiini pöörete arv, H — veesamba kõrgus m, järelilikult n_s on n , N ja H funktsioon ja turbiin võib olla tasakäiguga, kui ta töötab kõrge veesamba juures. Näide: 1) Leida fraansisturbiini n_s , kui $H=10,5$ m, $n=75$ ja ta annab 10000 hj;

$$n_s = 75 \cdot \sqrt{10000 : 10,5\sqrt{10,5}} = 396.$$



Joon. 15. Fraansisturbiin.

Turbiini võimsus $N=1000QH\eta$; 75 hj, kus Q — veekulu m^3 /sek ja H kõrgus m. Ligikaudu $\eta = \eta_h\eta_m$, kus η_m hüdraulne, η_m mehaaniline kasutegur. Praegusis turbiinseadeldis $\eta_h = 0,9-0,92$ ja $\eta_m = 0,97-0,98$, kust leiame, et $\eta = 87,91$. Täpsemalt $\eta = \eta_h\eta_m(1-q:Q)$, kus q — veekadu m^3 ; $q:Q = 0,02-0,06$; η_h arvutatakse järgmiselt: $\eta_h = 0,82 + 0,0008\eta_s$, kui $\eta_s < 100$, $\eta_h = 0,9$, kui $100 < \eta_s < 250$ ja $\eta_h = 1,00 - 0,0004\eta_s$, kui $\eta_s > 250$. Eelarutamiseks võib q võtta 0,75 ja sel juhul $N = 10QH$ hj, s. o. iga m^3 /sekund 1 m surve puhul annab 1 hj.

Fraansisturbiin (joon. 15). We — völli generaatorisse, ∇O — ülemine veepeegelpind, Le — juhtratas, La — tööratas labidega, Lau — labidad, W — vee sissevool, L — juhtratta labidad, Wa — vee äravool, ∇U — alumine veepeegelpind.

Mõningaid praegusaja turbiinide näiteid.

Tähised: H — surve kõrgus m, Q — veekulu, n — pöörete arv min., N — võimsus, n_s — käigu kõrgus, GD^2 — generaatori hoogmoment, L — turb. ja gener. telgede vahe, B — masinasaali laius.

Turbiini liik	H m	Q m^3 /sek	n p/min.	N hj	n_s	GD^2 kgm^2	L m	B m
1. pelton-püstteljega . . .	250	4,18	430	11700	47	69	9,5	9,5
rõht-	250	4,15	375	11700	41	120	12,0	12,0
2. fraansis-püst-	240	5,0	750	13000	93	21,5	7,0	9,5
rõht-	13,9	11,0	375	1672	403	13,5	6,0	8,0
3. propeller-püst-	9,0	—	500	430	665	—	3,6	4,8
"	6,9	—	250	1000	707	20	5,5	6,0
4. kaplan-püst-	9,0	4,6	500	447	688	—	6,5	4,5
"	6,9	14,0	250	1056	727	21	9,0	7,5

4. Pumbad. I. Plunžer- (kolb-). 1) Produktiivsus. Kui Q on tõstetav veehulk m^3/sek , S — kolvi pindala m^2 , s — kolvikäik m , n — edasi-tagasi käikude (pöörete arv) min., $v = sn : 30$ keskmine kolvikiirus, α — pumba täitetus, siis lihttoime- ja diferentsiaalpumbile $Q = \frac{1}{2}\alpha Sv = \alpha Ssn : 60 m^3/\text{sek}$; kaheli-toimega pumbile $Q = \alpha Sv = \alpha Ssn : 30 m^3/\text{sek}$. Parimaile suurile —

$\alpha = 0,97 - 0,99$; häile keskmi-
sile — $0,9 - 0,95$, väikesile —
 $0,85 - 0,90$, vanule kulunud pum-
bile — $0,5 - 0,4$. Kolvi kesk-
mine kiirus m/sek : $0,1$ — käsi-,
 $0,3 - 0,6$ tasakäivusega, $0,6 - 1,2$ —
keskmise käivusega — ja $1,3 - 2$
kiirkäivusega pumbile. Kolvi

käigu ja läbimõõdu vaheline
olenevus: kui $n \approx 80$ ja H
 $50 m$, siis $s = 2 - 3D$; $50 - 300 m$
puhul $s = 3 - 6D$ ja kui $H =$
 $300 - 1000 m$, siis $s = 6 - 8D$;

kui $n = 100 - 300$ (kiirkäigupum-
bad), siis $s \leq 5D$. Keskmine
vee kiirus imitorus: $v_i = 1,2 -$
 $0,5 m/\text{sek}$, olenedes toru pik-
kusest, ja surutorus: $v_s = 1 - 2$
 m/sek . 2) Võimsus $N = QHe : 75\eta$

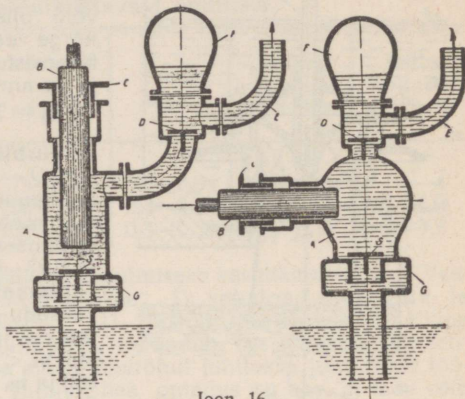
hj, kus H on imi- H_i ja suru-
kõrguste H_s summa. Külma vee
jaoks ($e = 1000 kg/m^3$) $N =$
 $= 13,33 QH : \eta$ hj. Üldkasutegur $\eta = \alpha\eta_h\eta_m$. Lühikese torustiku ja pare-
male pumbile — $0,9 - 0,98$, häile pumbile — $0,8 - 0,85$ ja odavaile —
 $0,65 - 0,75$; käsipumbile — $0,5$. Pumba mootorite valikul tuleb pumba moo-
tori võimsusele N juurde lisada:

kui $N \leq 1$	1—2	2—5	5—10	>10	hj
100—150	50—100	20—50	15—30	10—15	%

3) Kolb- (plunžer-) pumpi liigi-
tatakse tegevusviisilt: a) liht-, b) ka-
helitoimega ja c) diferentsiaalpum-
biks; konstruktsioonilt: a) ketas-,
b) umbkolbpumbiks (plunžerpum-
bad). Lihttoimega pumbad ühe käigu korral ainult kas imevad või suru-
vad (joon. 16). Kaheli-toimega pumbad ühe käigu korral imevad ja suru-
vad vedelikku (joon. 17). Ühtlaselt

töötavad kaksik- ja kolmikpumbad,
mis pole muud kui 2 või 3 lihttoi-
mega pumba, milliste võimsus on
 $10 - 45 m^3/\text{tund}$ H kuni 220 ja $n =$
 $= 85 - 130$ min juures.

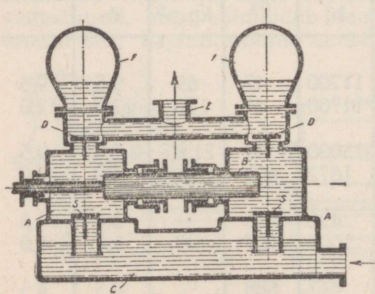
a) Lihttoimega plunžerpumbad.
(joon. 16). Mõlemail pumbil tähistavad:
 A — pumbakambrit, B — plunžerit
(umbkolbi), C — survepuksi, D — surve-
klappe, E — väljavoolutoru, F — suru-
tuulekatelt, G — imituule-katelt, S —
imiklappi. Töökäik: Kui kolb liigub



Vertikaal-kolviga
plunžerpump.

Joon. 16.

Horisontaal-kolviga
plunžerpump.



Joon. 17.

väljapoole pumbakambrist, siis kambris tekib tühi ruum, mistõttu õhurohu survele avaneb imiklapp *S* ja vesi tungib pumbakambrisse. Kui nüüd lükata kolb tagasi, siis sulgub veerõhu tõttu imiklapp, avaneb suruklapp *D* ja vesi voolab välja pumbakambrist: osa veest läheb tuulekambrisse ja teine osa torustiku *E* kaudu tarvitajaile.

b) Kahelitoimega plunžerpump (joon. 17) pole muud kui kaks kokkupandud lihttoimega pumpa. Töökäik analoogne lihttoimega pumbale.

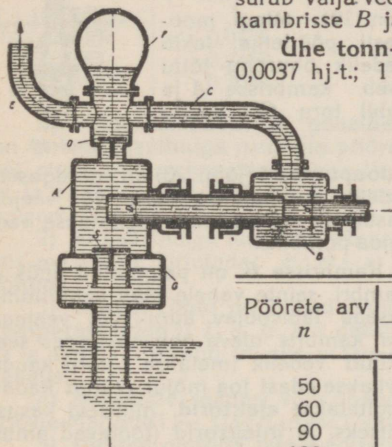
Diferentsiaalpumbad suruvad iga käigu ja imevad iga kahe käigu juures (joon. 18); neil on kaks klappi *SK* ja *D* ja pikk umbkolb (plunžer), mis koosneb kahest osast: läbim. *D* ja *d*, kusjuures kolvi pindalad peavad suhtuma kui 1:2, et saavutada ühtlast rõhku surutorus.

Diferentsiaalpumba töökäik (joon. 17). Kui kolb liigub paremale, siis kambris *A* tekib tühiruum, ja vesi, avades imiklapi *S*, tungib kambrisse, samal ajal kolb tõrjub välja vee kambrist *B*, kusjuures osa veest läheb tuulekambrisse *F* ja teine osa torustikku *E*. Kolvi tagasilükkumisel ta surub välja vee kambrist *A*, kusjuures osa veest läheb kambrisse *B* ja osa veest — torustikku.

Ühe tonn-meetri (t. m) vedeliku tõstmiseks vaja
0,0037 hj-t.; 1 hj-t = 270 t. m, 1 kWh = 367 t. m.

Pumpade imikõrgus oleneb õhurohust, vedeliku kiirusest torus, energiamulust takistusele torustikus ja vedeliku aurude tihedusest antud temp.

Praktiline pumpade imikõrguse m
olenevus vee temp. ja pumba pöörete arvust.



Joon. 18.

Pöörete arv <i>n</i>	Temperatuur					
	0°	20°	30°	40°	50°	60°
50	7	6,5	6	5,5	4	2,5
60	6,5	6	5,5	5	3,5	2
90	5,5	5	4,5	4	2,5	1
120	4,5	4	3,5	3	1,5	0,5
150	3,5	3	2,5	2	0,5	0
180	2,5	2	1,5	1	0	0

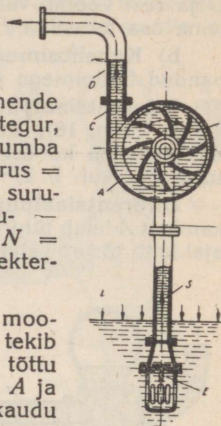
Nagu tabelist näha, väheneb imikõrgus temp. tõusuga. Suurim praktiline imikõrgus külmale veele = 7 m.

Mõningaid andmeid vortingtonpumbile.
(Töörõhk kuni 20 at.)

Auru- silindri <i>d</i> mm	Pumba- silindri <i>d</i> mm	Käigu pikkus mm	Käikude arv min	Toodang m³/tund
255	127	255	75—125	26—43
355	178	255	75—125	51—85
610	305	457	40—80	144—288

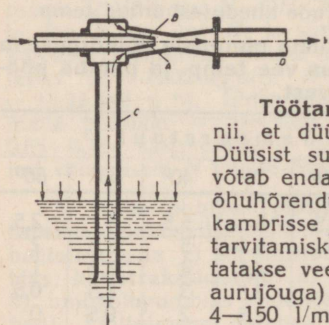
II. Vortingtonpump koosneb kahest aurusiilindrist, mille kolvivarred on pumba kolvivarte pikendised (joon. lk. 56). Vedeliku kiirus surutorus on ühtlane, nad on lihtsa ehitusega, kuid ebaökonomoosed, kuna nad töötavad paisumata auruga. Joonis vt. lk. 56.

III. Tsentrifugaalpumbad. Olenedes vee tõstekõrgusest H need pumbad liigitatakse: madal- $H \leq 15$ m, 2) kesk- $H \leq 40$ ja 3) kõrgrõhu- või turbiinpumbiks. Nad võivad olla ühe- ja mitmeastmelised, kui $H > 60$. Nad koosnevad labidaiga töörrattast ja kerast; töörratta pöörlemisel vedelik imetakse ratta keskkohast pumpa ja surutakse töörrattaga torustikku. Madal- ja keskrõhupumpade $\eta = 0,4-0,65$. Turbiinpumbad on varustatud juhtlabidaiga, ja vedelik satub pumpa nende kaudu, mille tõttu suureneb pumba võimsus ja kasutegur, mis sel puhul $= 0,65-0,85$. Mitmeastmelise turbiinpumba surukõrgus ulatub üle 2000 m. Vedeliku kiirus imitorus $= 2-4$ m/sek, alumises osas $1-1,5$ m/sek. Vedeliku kiirus surutorus: madalrõhupumbas $- 2-3$ m/sek, kõrgrõhu- $3-4$ m/sek. **Võimsus.** Pumbale vajalik võimsus $N = QHe : 75\eta$ hj. Pumba käitamiseks on kohane elektermootor või aurturbiin.



Joon. 19.

Tsentrifugaalpumba töökäik (joon. 19): Mingi mootoriga pannakse labidasratas B kiiresti pöörlema, tekib kambris A õhuhõrendus, kusjuures vedelik õhurõhu tõttu avab klapi E , toru S mööda tõuseb kambris A ja sealt edasi surutakse labidasratta abil toru CD kaudu tarvitajale.



Joon. 20.

IV. Joapumbad (joon. 20) on seesugused, kus vedelik pumbatakse auru- või veejoa abil, vastavalt sellele nad liigitatakse vee- ja aurujoa-pumbiks.

Töötamisviis: Kambris B on paigutatud düüs A nii, et düüsi ja kambris seinte vahele jääb vabaruumi. Düüsi suure kiirusega läbivoolav auru- või veejuga võtab endaga kaasa kambris oleva õhu, tekitades seal õhuhõrenduse, mistõttu vedelik imetakse C -toru kaudu kambris ja sealt viiakse edasi joa mõjul D -toru kaudu tarvitamiskohta. Liigitatakse **ejektoreid**, milliseid kasutatakse veepumpamiseks, ja **injektorid** (töötavad ainult aurujõuga) aurukatelde toitmiseks. Injektori võimsus: $4-150$ l/min, imikõrgusel $1-2$ m ja aururõhul katlas $9-10$ at toitevee temp. $30-40^\circ\text{C}$. Leiutas Giffard 1858. a.

Materjale keemilisile pumbile

Pumbatav vedelik	Materjal	Pumbatav vedelik	Materjal
Leelisvesi	Malm	Leeline	Vask
Soolane vesi	Pronks	Soolane leeline	Pronks
Kaltsium-bisulfit	Pronks	Lubjapiim	Malm
Süsihapunaatrium	Malm	Mitmesugused õlid	Malm
Kloorkaltsium	Email	Soolalahus	Vask
Kloorvesi	d-o	Sooda	Malm
Lubjavesi	Malm	Väävlishappe	Pronks

Hapete-pumbiks tarvitatakse malmi tugeva ränisisaldavusega. Samuti ka fosforpronksi, kõva pliidi, eriterast, kõva kautšukki ja portselani.

III. Gaasidemehaanika.

1. **Üldomadused.** Kõiki gaasilisi aineid on võimalik veeldada kas jahutamisega või rõhuga. Veeldumispääri lähedal olevaid gaasilisi aineid nimet. aurudeks, ülekuumendatud gaasilisi aineid lihtsalt gaasideks.

a) **Gaaside rõhku mõõdetakse:** 1) Veesamba mm või m; 2) elavhõbeda (Hg) -samba mm või cm; 3) kg/m^2 , (tähis P) ja kg/cm^2 , (tähis p); 4) naeladega/toll² ja 5) atmosfääridega. 1-meetriline (uus) atmosfäär (at) = = 1 kg/cm^2 .

Mitmesuguste rõhkude võrdlustabel.

Atmosfäärid (vanad)	Veesamba meetrid või 0,1 at (uut atm.)	Elavhõbeda- samba mm Hg	Elavhõbeda- samba tollid toll Hg	Ingl. naelad ruutollile ingl. n/toll ²
1	10,333	760	29,92	14,7
0,0968	1	73,55	2,896	1,422
0,0013	0,0136	1	0,0394	0,0193
0,0333	0,3453	25,4	1	0,4912
0,0680	0,7031	51,712	2,0359	1

b) **Paisumisseadus ja gaaside oleku võrrandid.** 1) **Jääval temp.** on antud gaasihulga ruumala pöördvõrdeline rõhuga, s. o. $v_1 : v_2 = p_2 : p_1$, või $p_1 v_1 = p_2 v_2 = \text{konstant}$ (Boyle-Mariotte'i loe: boil-marioti, seadus), kus v_1 ja v_2 tähistavad 1 kg gaasi ruumala m^3 , p_1 ja p_2 — absoluutset rõhku ¹⁾ kg/cm^2 .

2) Et gaasihulga ruumala vähendamisel suureneb tema erikaal e kg/m^3 , siis me võime kirjutada: $e_1 : e_2 = p_1 : p_2$, s. o. **gaasi erikaal on võrdeline rõhuga.**

3) **Jääval rõhul on antud gaasihulga ruumala võrdeline absoluutse temperatuuriga** ²⁾ T , s. o. kui gaasihulga ruumala temperatuuril t_1 võrdub v_1 ja temp. t_2 võrdub v_2 , siis $v_1 : v_2 = T_1 : T_2$ Gay-Lussac'i, (loe: gee-lüssaki) seadus.

4) Mõlemaid seadusi võib ühendada, ja siis saame: $v_1 p_1 : T_1 = v_2 p_2 : T_2$ (Boyle-Mariotte'i — Gay Lussac'i valem).

5) **Üldised gaaside oleku võrrandid:** a) $p v = R T$ ja b) $p V = G R T$ kusjuures R — gaaside konstant, V — gaaside ruumala m^3 ja G on gaasi kaal (kg); $G = p V : R T$.

6) Gaaside konstant $R = (c_p - c_v) A = 848 : \mu$, kus μ = molek.-kaal; $A = 427 \text{ kgm}$; c_p ³⁾ väärtusi vt. lk. , p. 4, 7 lahter.

7) Kui gaasi erikaal p_1 ja T_1 juures on e_1 , siis p_2 ja T_2 juures $e_2 = e_1 p_2 T_1 : p_1 T_2$.

c) **Õhu koostis:** 1) kaaluline: 23,1% O + 75,55 N + 0,05% CO₂ + 1,3% A; 2) mahuline 20,9% O + 78,13% N + 0,03% CO₂ + 0,94% A.

2. **Staatika.** Õhurõhk merepinnal (baromeetri seis) on keskmiselt 760 mm Hg = 10333 (kg/m^2); olenedes atmosfääri mõjudest kõigub õhurõhk 720—800 mm piires, seega kõikumus on $\pm 5,25\%$.

¹⁾ Absoluutse rõhu 0 täpp vastab absoluutsele tühjusele kinnises elavhõbeda-baromeetritorus. ²⁾ $T = 273 \pm t$. ³⁾ c_p tähistab gaaside erisoojust alatisel rõhul, c_v — erisoojust alatisel mahul.

Kõrgus merepinnast ja vastav õhurõhk mm-tes. $t_k = 0$.

Kõrgus m	Õhurõhk mm Hg	Kõrgus m	Õhurõhk mm Hg	Kõrgus m	Õhurõhk mm Hg	Kõrgus m	Õhurõhk mm Hg
0	760	1000	674	6000	370	15000	124
100	751	1500	635	7000	328	20000	68
200	742	2000	598	8000	291	30000	29
300	733	3000	530	9000	258	40000	6
400	724	4000	470	10000	229	50000	1
500	716	5000	417				

3. **Õhulaeva tõstejõud.** Kui V tähistab õhulaeva gaasi ruumala m^3 , e' — gaasi erikaalu, e — õhu erikaalu, $a = e - e'$ gaasi ruumala ühiku tõstejõudu (kg/m^3), siis õhulaeva tõstejõud $A = Va$ (kg); kui G on õhulaeva oma kaal (kg), siis ta võib võtta endaga kaasa koorma $K = A - G$ (kg).

760 mm Hg õhurõhul 0° temp. ja kuiva õhu puhul (õhu erikaal $e_0 = 1,293$ (kg/m^3)) on: valgustusgaasi $e'_0 = 0,67 - 0,45$ (kg/m^3) ja $a_0 = 0,62 - 0,82$; puhta vesiniku $e'_0 = 0,0896$, $a_0 = 1,203$; hariliku vesiniku $e'_0 = 0,15$ ja $a_0 = 1,1$. Õhu erik. et t temp. ja õhurõhul H mm, $et = 0,001293 H : (1 + 0,00367 t) \cdot 760$.

4. **Tuule rõhk ja õhu takistus.** a) **Pind on risti tuule sihiga.** Kui tuule rõhk P (kg) on risti pinnale S (m^2), tuule kiirus v (m/sek), ψ — katsealine tegur, mis muutub 1–3 piires, $e - 1$ m^3 õhu kaal (kg), siis $P = \psi e S v^2 : 2g$ (kg) ja õhu rõhk p 1 m^2 on: $p = P : S = \psi e v^2 : 2g$ (kg). Õhu-kesile siledaile plaadele, pindalaga $S = 0,1$ (m^2), saame järgmised valemid: $P = 0,122 S v^2$ ja $p = 0,122 v^2$, kus $\psi = 1,86$ ja $e = 1,293$ (kg/m^3). Järgmine tabelike näitab p olenevust v -st:

$v =$	2	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42
$p =$	0,5	1,1	4,4	9,9	17,6	27,6	39,7	54	70,6	80,3	110,2	133,4	158,7	186,3	215,1

b) **Pind on kaldu tuule sihiga.** Kui tuul rõhub pinnale S , α nurga all (p väärtused vt. eespool tabelist), siis P arvutatakse kaheldi: 1) $P = S p \sin^2 \alpha$ või 2) $P = S p \sin \alpha$. Kui õhk seisab ja pind S liigub kiiruga v (m/sek), siis arvatakse tekkivat õhu takistust p. p. a) ja b) antud valemite abil.

5. **Beaufort'i (loe: bofoor'i) tuule rõhu ja kiiruse astmik.**

Tuule kõvus pallides	Tuule nimetus	Tuule		Tuule kõvus pallides	Tuule nimetus	Tuule	
		keskm. kiirus m/sek	rõhk kg/m^2			keskm. kiirus m/sek	rõhk kg/m^2
1	Tasane tõmme	3,6	1,5	7	Kõva tuul . . .	17,9	38,7
2	Tasane tuul . .	5,8	4,1	8	Tormine tuul . .	21,5	55,6
3	Kerge tuul . . .	8,0	7,7	9	Torm	25,0	75,6
4	Mõõdukas tuul	10,3	12,6	10	Kõva torm . . .	29,1	102,5
5	Värske tuul . .	12,5	18,9	11	Raske torm . .	33,5	135,7
6	Kange tuul . . .	15,2	27,9	12	Raju (orkaan) .	40,2	195,5

6. Tuulerõhk katusele ja seinale.

	Katuse kalde-nurk	Kõrgus maapinnast			Märkmeid	
		< 15 m	15	25 m		> 25 m
		Tuulerõhk kg/m ²				
Seinad		100	125	150	Horisontaalne rõhk	
Katused	<5	0			Rõhk risti katusepinnaga. Vahepealsete katuste kalde-nurkadel leitakse tuulerõhk intropoleerim. Lahtiste katuste aluseil arvestatakse tuulerõhku ka seest välja-poole ja alt ülesse 60 kg/m ² .	Merekaldal 25% (e-50) võrra rohkem.
	5	10				
	15	35				
	30	65				
	45	90				
	60	110				

7. **Tuulmootorid** jagunevad 2 liiki: 1) **tiib-**, rõht- või pisut kaldteljega ja 2) **karussellmootorid**, püstteljega; kasutamist leiavad peamiselt 1. liiki turbiinid, sest nad on võrdlemisi kerge kaaluga ja suure efektiivsusega. Tiibturbiine on 2 liiki: 1) **hulkstiibsed**, suure algpöördemomendiga ja tasase käiguga; kasustatakse seal, kus vaja käivitada masinaid koor-misel, nagu veepumbad jt.; 2) **vähetiibsed**, mis annavad väikese algmo-mendi ja on kiirkäigulised; kasustatakse tuulelektriseadeldis. Tiibade läbim. harilikult 2—15 m.

8. **Võimsuse arvutamine:** $N = eSv^3\psi : 2.75g$ hj, kus S — tuulratta tuule mõju all olev pindala, $S = \frac{1}{4}\pi D^2$, kui D on ratta läbimõõt, v — tuule kiirus m/sek, ψ — tuule kasutamistegur, e — õhu erikaal kg/m³, $e : g$ — õhu tihedus (erimass); võttes $e : g = 0,125$ kg. sek/m⁴ (150°C ja 760 mm) saame $N = 0,000833 Sv^3\psi$ hj. E. Fatejevi järgi $\psi = 0,17 - 0,46$, näit. neli-tiibse hollandi tuuliku jaoks $\psi = 0,17$ (tasapindsed tiivad) ja $\psi = 0,31$ (krüvilised tiivad). Kasulik võimsus masina töövõllil $N = \eta N = 0,000833 Sv^3\psi\eta$ hj, kus $\eta = 0,5 - 0,7$.

9. Tuulmootorite (-turbiinide) võimsus N hj-des.

„Herkules“-tuulmootor				Taani firma „Agrikko“ kuustiibsed tuulmootorid							
Ratta läbim. m	Tuule kiirus v m/sek			Ratta läbim. m	Tuule kiirus v m/sek						
	5	7	8		4	5	6	7	8	9	10
2,5	0,3	0,83	1,24	5	0,64	1,20	2,10	3,30	4,90	7,10	9,70
3	0,42	1,17	1,74	6,5	1,10	2,10	3,10	5,70	8,50	12,10	16,70
4	0,72	2	3	7,7	1,50	2,80	5,00	8,00	11,90	17,00	23,40
5	1,1	3	4,6	10,0	2,10	4,20	7,20	11,40	17,00	24,30	33,30
6	1,6	4,3	6,5	11,0	3,20	6,30	10,80	17,10	25,60	36,50	50,00

Näide: Kui tuule kiirus on 7 m/sek, siis „Herkules“ 5 m läbim. tuulmootori võimsus $N = 3$ hj.

10. **Tuulmootori ehituse põhireeglid:** 1) Madalaim tiiva täpp peab olema 2—3 m kõrgem ehitisist, puist ja teisist kõrgeist kohist, mis on 250—300 m turbiinist eemal. 2) Turbiinil peab olema õieti ehitatud pikse-kaitse. 3) Turbiini konstruktsioon peab vastu pidama suurimale tormile.

Materjalid.

I. Tähtsamate ainete füüsikalisi omadusi.

1. Üldseletusi. 1) Aine aatom on tema väikseim keemiliselt jagamatu osake. **Aatomikaal** näitab, mitu korda antud aine aatom on vesiniku aatomist raskem; vesiniku aatomi raskus = 1. Uuemat ajal võetakse võrdlusaluseks hapniku aatom, mille kaal = 16. Aatomite tähisiks nn. **sümboleiks** ehk **keemiliseks märgeks** on nende ladinakeelsete nimetiste suur algtäht või algtäht ühes mõne teise tähega elemendi nimetisest (vt. elementide tabel). Elementide aatomkaalud alltoodud tabelleis ühtuvad Rahvusvahelise Aatomkaalude Komisjoni 1937. a. tabeliga. 2) **Molekul** on aatomeist koosnev väikseim aine osake, millel on veel kõik aine füüsikalised ja keemilised omadused. **Molekulikaal** näitab antud kaalu hapniku suhtes. Kui on teada molekuli koostis aatomeist, siis võime leida molekulkaalu; näiteks, väävelhappe molekul sisaldab 2 vesiniku aatomit ($a - k = 1$), 1 aat. väävlit ($a - k - 32$) ja 4 aat. hapniku ($a - k = 16$); järelikult väävelhappe molekulkaal = $= 2 \cdot 1 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 = 98$. Molekuli tähistatakse valemiga, milles aatomite sümbolitega on näidatud tema koostis, näit. sama väävelhappe molekuli (seega ka väävelhappe) valem on H_2SO_4 . 3) **Erikaal** $e = P : V$, kus P on aine kaal tonnides, kg-des või g-des ja V ruumala m^3 -tes, dm^3 -tes või cm^3 -des. Temperatuuril t $e_t = e_0 : (1 + \gamma t)$, kus e_0 — erik. 0^0 ja γ ruumpaisumistegur. 4) Seletusi paisumisteg. erisoojuse jne. vt. tagapool „Soojusõpetus“; eritakistuse ja temp. teguri kohta on seletusi „Elektrotehnika“. 5) Tabeleis, lk. 68 ja 69 on antud tegurid suurendatult 10^n korda; et näit. saada alumiiniumi paisumistegurit, tnleb 0,237 jagada 10^4 , seega $\beta^{al} = 0,0000237$, hõbeda soojusejuhtivus $\lambda = 101 : 10^2 = 1,01$ jne.

2. Perioodiliste elementide tabel.

Perioodi nr.	Rida	Rühm I a b	Rühm II a b	Rühm III a b	Rühm IV a b	Rühm V a b	Rühm VI a b	Rühm VII a b	Rühm VIII 0
I	1	1 H							2 He
II	2	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
III	3	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
IV	4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe 27 Co [28 Ni]
	5	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
V	6	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Ma	44 Ru 45 Rh [46 Pd]
	7	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 J 54 X e	
VI	8	55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 (P?)	62 Sm 63 Eu 64 Gd [65 Tb 66 Dy]
	9	67 Ho 68 Er	69 Tu	70 Yb	71 Cp	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re
	10	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	A 85 —	86 Em
VII	11	87 —	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U		

3. Elementide füüsikalisi omadusi.

Puuduvate elementide omadusi vt. järgmine tabel lk. 68 ja 69.

Element	Süm- bol	Aatomi- kaal	Eri- kaal	Sula- mis- täpp	Keemis- täpp (760mm)	Avastamis- aeg	Element	Süm- bol	Aatomi- kaal	Eri- kaal	Sula- mis- täpp	Keemis- täpp (760mm)	Avastamis- aeg
Alabanium .	Am	215	—	—	—	1938	Praseodüüm	Pr	140,92	6,5	940	—	1885
Arseen . . .	As	74,91	5,72	817	630 ¹⁾	1260	Raadium . .	Ra	225,97	—	700	—	1898
Baarium . .	Ba	137,36	3,6	658	1537	1808	Roodium .	Rh	102,91	12,3	1970	—	1804
Berüllium .	Be	9,02	1,85	1280	—	1798	Rubiidium .	Rb	85,44	1,52	39,0	696	1861
Boor	B	10,82	1,73	2300	—	1808	Ruteenium .	Ru	101,7	12,26	>1950	—	1845
Broom . . .	Br	79,916	3,14	—7,3	58,7	1828	Räni	Si	28,06	2,35	~1414	2400	1823
Düsproosium	Dy	162,46	—	—	—	1886	Samaarium .	Sm	150,43	7,8	~1350	—	1875
Erbium . . .	Er	165,20	4,77	—	—	1843	Seleen . . .	Se	78,96	4,80	220,2	688	1817
Fluor	F	19,00	1,11 ²⁾	—223	—188	1886	Skandium .	Sc	45,10	—	—	—	1879
Fosfor . . .	P	31,02	1,83	44	280,5	1669	Strontsium .	Sr	87,63	2,60	797	1366	1808
Gallium . .	Ga	69,72	5,9	29,75	2300(?)	1875	Tallium . .	Tl	204,39	11,85	302	1306	1861
Germaanium	Ge	72,60	5,40	958+5	—	1886	Telluur . .	Te	127,61	6,24	452,5	1390	1798
Heelium . .	He	4,002	0,122 ³⁾	—272 ⁴⁾	—268,8	1868	Titaan . .	Ti	47,90	4,50	~1800	—	1879
Indium . . .	In	114,76	7,25	154	—	1861	Toorium .	Th	232,12	11,5	1842	—	1828
Jood	J	126,92	4,942	113,5	184,35	1812	Tseerium .	Ce	140,13	6,8	630	—	1860
Kroom . . .	Cr	52,01	7,1	1765	~2200	1797	Tseesium .	Cs	132,91	1,87	28,5	670	1803
Lantaan . .	La	138,92	6,15	810	—	1839	Tsirkoonium	Zr	91,22	6,53	1860	—	1790
Litium . . .	Li	6,940	0,534	180	1336	1817	Uraan . . .	U	238,14	18,7	~1300	—	1789
Mangaan .	Mn	54,93	7,3	~1250	1900	1774	Vanaadium .	V	50,95	5,7	1715	—	1830
Molübdeen .	Mo	96,0	10,2	2500	~3560	1778	Virgiinium .	Vi	220	—	—	—	1938
Neon	Ne	20,183	0,695 ⁵⁾	—248,6	—545,9	1898	Uterbium .	Yb	173,04	—	—	—	1907
Neodüüm .	Nd	144,27	7,0	840	—	1885	Utrium . .	Y	88,92	4,6	—	—	1794
Nioobium .	Nb	93,3	8,56	1950	—	—	Emanatsioon	Em	222	—	—	—	1900

1) sublim.-täpp, 2) ³⁾ vedel, 4) 26 at juures, 5) õhu suhtes.

4. Tahkeainete (ja mõnede elementide) füüsikalisi omadusi.

Aine nimi	Avastamis-aeg	Sümbol	Aatomikaal	Erikaal g/cm ³	Paisumistegur 10 ⁻⁶ 0°—100° C	Erisoojus 18° C juures	Soojuse juhtivus 10 ⁻² , 18°	Sulamis-		Keemistäpp	Eritakistus 18° C juures	
								täpp °C	soojus Kcal/kg		$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	Temp. tegur 10 ³ α
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Alumiinium	1827	Al	26,97	2,65—2,80	0,237	0,214	48	658	100	~2000	0,032	3,6
Antimon	V.-aeg*)	Sb	121,76	6,65—6,72	0,157	0,05	40	630	24,3	1440	0,45	4,1
Eboniit				1,15	0,84	0,34			2,77		1 · 10 ²²	
Grafiit		C	12	2,17—2,3	0,019—0,029	0,16	3,7	3500			20—100	0,2—0,8
Höbe	V.-aeg	Ag	107,880	10,50	0,197	0,056	101	960,5	24	~2000	0,0163	4,1
Iiriidium		Ir	193,1	22,42	0,066	0,032	14	2350			0,053	
Jää				0,917	0,51	0,5	0,6	0	79,65		10 ¹⁸	
Kaalium	1897	K	39,096	0,86	0,83	0,18	23	62,5	15,7	762	7,1	5,8
Kadmium		Cd	112,41	8,54—8,67	0,526	0,056	22	321	13,7	770	0,076	4,0
Kaltsium	1808	Ca	40,08	1,55	0,149	0,14		851		1249	4,6	3,6
Klaas, flint				2,9—3,5	0,079	0,12	0,16				8 · 10 ¹⁹	
Klaas, kroon				2,4—2,8	0,09	0,16	0,16				2 · 10 ¹⁷	
Konstantaan				8,88	0,152	0,098	5,4				0,49	0,005
Koobalt	1735	Co	58,94	8,8	0,126	0,104		1480	68	~2375	9,7	6,6
Kuld	V.-aeg	Au	197,2	18,88—19,33	0,143	0,0312	70	1063	16	2677	0,023	4,0
Kvarts + teljele		SiO ₂	60,06	2,65	0,142	0,19	1,6	1470		2590	3 · 10 ²⁰	
Kvarts teljele				0,08	0,114		3,3				1 · 10 ¹⁸	
Malm				7,03—7,87	0,260	0,25	12	1135—1220	23—34			
Magnesium	1808	Mg	24,32	1,74	0,0917	0,0917	58	650	58	1120	0,043	4,0
Messing				8,44—8,7	0,188—0,193	0,290	26	900			0,074	2
Naatrium	1807	Na	22,997	0,97	0,72	0,108	32	97,5	31,7	880	4,3	5,5
Nikkel	1751	Ni	58,69	8,6—8,9	0,130	0,108	14	1450	65	2340	0,012	6,6
Osmium	1805	Os	191,5	22,5	0,068	0,031		2500			60	4,2
Pallaadium	1803	Pd	106,7	10,9—12,16	0,137	0,057	16,8	1557	36,3		11	3,5
Parafiin				0,87—0,91	1,07—4,7	0,775	0,05	38—56	35,1		1 · 10 ²⁰	
Plaatina	1750	Pt	195,23	21,37	0,090	0,032	16,60	1771	27,2	3800	0,110	3,9
Plii (seatina)		Pb	207,22	11,34	0,289	0,031	8,30	327	5,37	1540	0,21	4,2
Portselan				2,3—2,5	0,05	0,258	0,25	3030			3 · 10 ¹⁸	
Raud	V.-aeg	Fe	55,84	7,85—7,88	0,117	0,114	14	1530	23—33	2450	0,10—0,13	6,5
Tantaal	1802	Ta	181,4	16,6	0,66	0,033	13	3030			0,155	3,5
Teemant				3,51	0,012	0,112					1 · 10 ¹⁸	
Tina	V.-aeg	Sn	118,70	7,28	0,305	0,054	15,7	231,9	13,8	2275	0,11—0,14	4,6
Tsink	15 saj.	Zn	65,38	6,9—7,19	0,693	0,093	26,50	419,4	23	907	0,061	3,7
Vaha				0,96—0,97	2,3—15,2	0,092		63	42,3		2 · 10 ¹⁹	
Vask	V.-aeg	Cu	63,57	8,3—8,95	0,162	0,030	92	1083	43	2360	0,0174	4,1
Vismut	15 saj.	Bi	209,00	9,80	0,134	0,037	1,9	271	12,5	~1500	1,16	4,5
Volfraam	1783	W	184,0	19,1	0,044	0,037	38	3380		4830	0,055	4,1
Väävel (monokl.)	V.-aeg	S	32,06	1,96	1,18	0,181	0,05	118,95	10,8	444,55	1 · 10 ²¹	
Vudi-sulam				9,7		0,04	30	65,5	8,4		0,54	2

*) V.-aeg = vana-aeg.

5. Mõnede vedelike füüsikalisi omadusi.

Aine nimi	Keemiline valem	Aatomi- (molek.-)	Eri-	Paisu- mistegur	Eri- soojus	Sulamis- (kõvas- tumis-)		Keemis-		Kriitiline	
		kaal	0° C	10 ³ γ	18° C	temp.	soojus	temp.	soojus	temp.	rõhk
Alkohol (metüül-)	CH ₃ O	32,03	0,790	1,186	0,600	-98		65	262	240	78,5
" (etüül-, haril.)	C ₂ H ₅ O	46,05	0,789	1,049	0,593	-114		78	216	243	63
" (amüül-)	C ₆ H ₁₂ O	88,10	0,810	0,089	0,693			130	120		
Aniliin	C ₆ H ₇ N	93,06	1,022	0,083		-6	21	184	109	426	52,4
Atseton	C ₃ H ₆ O	58,05	0,792	1,348	0,521	-94	—	56	125	233	52
Bensool	C ₆ H ₆	78,05	0,879	1,177	0,415	5,5	30,6	80	95	289	47,9
Bensiin			0,65—0,75	1,38	0,524	-150		80—100			
Eeter (etüül-)	C ₄ H ₁₀ O	74,08	0,714	1,513	0,552	-118	27,4	34,8		193,8	35,6
Elavhõbe	Hg	200,6	13,546	0,182	0,033	-38,89	2,75	357	68,7		
Glütserin	C ₃ H ₈ O ₃	92	1,26	0,51	0,576	-20	47,50	290			
Kloroform	CHCl ₃	119,39	1,488	1,107	0,233	-63	18,3	602	61,2	260	54,9
Nitrobensool	C ₆ H ₅ O ₂ N	123,05	1,203	0,083	0,354	9—21	22,30	211	79,2		
Oliiviõli			0,918	0,72	0,471	-20		300			
Petroot			0,79—0,82	0,96	0,498			200—250			
Täpentin	C ₁₀ H ₁₆		0,858	0,94	0,430	-10		156			
Toluool	C ₇ H ₈	92,06	0,867	1,09	0,414	-95		111	86,2	320,6	41,6
Vesi	H ₂ O	18,016	0,9168	0,18	0,999	0	79,6	100	539,9	374	217,5
Väävelsüsinik	CS ₂	76,12	1,27	1,140	0,238	-11		46	84	273	72,9
Äädikahape	C ₂ H ₄ O ₂	60,03	1,049	1,100	0,473	17	46,25	118	97	321,6	57,1

6. Mõnede gaaside füüsikalisi omadusi.

Gaas	Sümbol	Aatomi- (molek.) kaal	1 m³	Tihedus	Keskmine paisumisteg. 10³γ 0°–100°	Erisoojus Cp 0°–100°	Cp Cv	Kriitiline olek		Vedel olek			Külmumistäpp
			kaal kg 0° ja 760 mm	kuiva õhu suhtes 0° ja 760 mm				Temp.	Rõhk	Keemistäpp	Keemissoojus	Tihedus	
Õhk			1,2928	1,100	3,675	0,243	1,403	–140,7	37,2	–192	49		
Vesinik	H	1,0078	0,08985	0,06950	3,611	3,41	1,408	–240	13,2	–253	114	0,07	–259,2
Heelium	He	4,002	0,1787	0,1378	3,663	1,25	1,63	–268	2,3	–269	55	0,122	272 (26at)
Lämmastik	N	14,008	1,2505	0,9672	3,668	0,249	1,389	–147	34,6	–195,7	47,7	0,879	–210,1
Hapnik	O	16,000	1,4292	1,1055	3,674	0,218	1,398	–119	51	–183	51	1,20	–219
Kloor	Cl	35,457	3,2140	2,490	3,833	0,124	1,365	144	78	–33,9	62,4	1,57	–100,5
Süsihapugaas	CO₂	44	1,9768	1,5291	3,71	0,221	1,30	31	75	–78,5	137	1,53tabk.	–57
Ammoniaak	NH₃	17,032	0,7708	0,5962	3,86	0,520	1,262	132	116	–33,4	321	0,638	–77,7
Metaan	CH₄	16,03	0,7168	0,5545	3,69	0,531	1,316	–82,5	47	–161,4		0,48	–184
Lämmast.-hape.	NO	30,01	1,3402	1,0367	3,719	0,242	1,38	–93	73	–150		1,27	–163,7
Väävlisapend.	SO₂	64,07	2,9266	2,638	3,903	0,154	1,256	157	80	–10	66	1,46	–76
Väävelvesinik	H₂S	34,09	1,5392	1,1906		0,245	1,337	100	92	–52	135,8	0,96	–83
Argon	Ar	39,944	1,7809	1,3778	3,678	0,127	1,667	–122	50	–190	37,6	1,41	–190

7. Tähtsamate ainete erikaale.

Ahaat	2,5—2,8
Alabaster	2,3—2,8
Alumiinium, taotud	2,75
„ valatud	2,56
„ valtsitud	2,68
Antratsiit	1,40—1,70
Antimonlääk	4,70—4,85
Argetaan	8,4—8,7
Asbest	2,10—2,8
„ -papp	1,2
Babiit	7,10
Baariumnitraat	3,24
„ -sulfaat	4,50
Basalt	2,8—3,2
Broomkaalium	2,76
„ -hõbe	6,47
Deltametall	8,6
Dolomiit	2,9
Ehituskivid, keskmiselt	2,5
Elavhõbeoksüüd	11,2
Elevandiluu	1,83—1,92
Fosfor, punane	2,20
„ kristall-	2,34
Galmei	4,1—4,5
Granaat	3,4—4,3
Gutaperts	0,96—0,99
Indigo	0,77
Joodtina	6,10
„ -kaalium	3,12
„ -hõbe	5,68
Kaali (K ₂ O)	2,32
Kalaluu	1,24
Kamper	0,99
Kampol	1,07
Kartul	1,06—1,13
Kaoliin	2,10
Kautsuk	0,92—0,96
Kiltkivi	2,65—2,7
Kivisüsi	1,2—1,5
Klaas, akna-	2,40—2,60
„ kristall-	2,89
„ peegli-	2,37—2,72
„ pudeli-	2,60—2,73
„ roheline	2,64
Kloorhõbe AgCl	5,56
Koks	1,40
„ vaheruumiga	0,55
Kondid	1,7—2,0
Kriit	1,8—2,71
Kõrvakivi	1,3

Laava	2,823
Loomarasv	0,93
Lubjapagu	2,62—2,72
Lumi, värske	0,125
„ vajunud	0,8
Maarjajää kiltkivi	2,24
Magnetrauakivi	4,90
Merivaht	0,99—1,28
Merivaik	1,0—1,1
Naatron (Na ₂ O)	2,27
Naftaliin (C ₁₀ H ₈)	1,145
Nahk, toores	1,02
„ kuiv	0,86
Nisu	1,35
Pigikivi	6,50—6,60
Pilliroosuhkur	1,61
Pimsskivi	0,40—0,90
Pliiokstüüd	9,28
„ -süsihapu	6,43
„ -lääk	7,4
„ -suhkur 15 ⁰ C	2,395
Pruun rauakivi	3,80—4,20
„ kivisüsi	1,2—1,5
Puna-tinamaak	5,95
„ vasemaak	5,70—6,00
Puidud, õhus-kuiv. (vt. ka lk. 93):	
Apelsinipuu	0,705
Granaadipuu	1,354
Kookospuu	0,736
Korgipuu	0,24
Kreeka pähklipuu	0,671
Küpressipuu	0,644
Leedripuu	0,695
Lodjapuu	0,770
Lärjepuu	0,52
Mooruspuu	0,897
Mustpuu	1,19
Oliivipuu	0,927
Punasaar	0,75—0,85
Roheline puu	1,21
Roosipuu	1,031
Sandlipuu	0,8—1,1
Seedripuu, harilik	0,596
„ india	1,315
Sidrunipuu	0,726
Viinapuu	1,327
Viirpuu	0,91
Puuvill	1,47—1,50
Põldpagu	2,50—2,60
Raskepagu	4,56

Rasv	0,92—0,95	Tsement	1,15—1,77
Rasvakivi	2,6—2,8	Tsinklälk	4,01
Rauamaak	4,94—5,26	Tsinkoksüüd	5,60
Rukis	0,68—0,79	Kinnaver (tsinnober)	8,12
Ränikivi	2,3	Kinnaver-oksüüd	6,90
Sarv	1,69—1,83	Tulekivi	2,58
Seleen-tina	8,20—8,80	Tärklis (tükis)	1,5
Serpentiin	2,6	Vaik, kuuse-	1,073
Siid (toor-)	1,56	Messing	8,40
Steariin	0,97	„ -kard	8,52
Suhkur, valge	1,606	„ -traat	8,43
šamott	1,85—2,2	Vaseläik	8,70
Talk	0,94—0,95	Vaseoksüüd	6,43
Teras, karastatud	7,82	Viinakivi	1,85
„ karastamata	7,8	Vilgukivi	2,65—3,2
„ tiigel-	7,92	Vill (lamba-, õhukuiv)	1,32
„ valatud	7,86	Vormiliiv, kinnitambit	1,65
Titaanraud	4,62—4,89	Väävelantimoon $Sb_2 S_3$	4,65
Topaas	3,50—4,01	„ -tina PbS	7,1

8. Vedelike erikaale.

Järvevesi 15 ⁰ C	1,028	Rapsiõli, 15 ⁰ C	0,913
Keedusoolalahus (küllast. 18 ⁰ C)	1,21	Salpeeterhape, 49,4 B 15 ⁰ C	1,520
Kiviõli	0,75—0,84	Soolhape 24 B 15 ⁰ C	1,520
Kreosoot	1,04	Süsihape, kokkurõhut.	0,830
Merivaiguõli	0,80	Tõrv, (kivisöest)	1,15
Merevesi	1,03	Vein	0,99—1
Nafta, 19 ⁰ C	0,758	Vesi, destill. 4 ⁰ C	1,000
Piim, värske 15 ⁰ C	1,028	Vesiklaas	1,25
Puskariõli	0,82—0,83	Väävelhape 66 ⁰ B 15 C ⁰	1,842
Puuõli 12 ⁰ C	0,919	Õlu	1,03

Vedelike erikaalude (e) leidmine Baumè (loe: bomee) areomeetri kraadide järgi 17,5⁰ C juures: $e = 146,78 : (146,78 + n)$, kus $+n$ tähistab veest kergemate ja $-n$ veest raskemate vedelike areomeetri-kraadide arvu. Näide: Kui suur on väävelhappe erikaal, milles Baumè areomeeter näitab 56,8⁰? (Baumè lühendus Bè või B); $e = 146,78 : (146,78 - 56,8) = 1,63$.

Nõutava kangusega lahuse valmistamine kahest antud lahusest. (Ristarvutus.)

Näiteid:

1) Antud lahused 12,5% ja 10,6%.
Valmistada lahus 11,1%.

10,6 → 12,5—11,1=1,4 osa 10,6%

↙ 11,1 ↗

12,5 → 11,1—10,6=0,5 osa 12,5%

2) Antud väävelhape 15⁰B ja 9⁰B.
Koostada lahus 10,5⁰B.

9 → 15—10,5=4,5 osa 9⁰B

↙ 10,5 ↗

15 → 10,5—9=1,5 osa 15⁰B

Märge: Osad võetakse kaaluliselt või ruumiliselt selle järgi, kuidas on antud lahuste kangus.

9. Mitmesuguste ehitisainete ja põletiste kaale.

	ühes m ³ kg		ühes m ³ kg
a) Kivid.			
Alabastri- või kipsikivi	1900—2300	Maa, savi-liivane, tihe	2500—2700
Alabaster või kips:		Muld (põllu, maapõues)	1520
tambitud	1230	„ (põllu, kaevatud)	1140
sõelutud	1260	„ turba	500—800
Alabastri- või kipsisegu		„ savine, maapõues	1600
liivata: märg	1600	„ savine, kaevatud .	1370
kivinenud	1410	Mustmuld	810—840
Betoon, kruusaga, gra-		Muda, vedel, kaevatud .	1220
niitkillustikuga	2200	„ kuivanud	1640
Betoon telliskillustik . .	1800	Mätas	1350
„ samast materjal.		Savi, maapõues	1690—1930
rauaga	2400	„ väljavõetud	1300—1540
„ sõeslakiga	1000		
Graniit, sieniit, gneiss	2390—3000	c) Põletised.	
Katusekivi, savist (1000	1020—1150	Haod, aasta seisnud . .	160
kaalub 327—369 kg) . .		„ toored	250
Kriit, tükes	1200—1280	Kase- ja leppapuit, kuiv	500
Liivakivi	2280—2430	„ „ toores	630
Lubjakivi (paekivi), tihe	2000—2660	Okaspuit, aasta seisnud	380
Lubi, kustutamata	800—930	„ „ toores	460—500
Lubi, kustutat. (pulbris)	500—810	Põlevkivi tükes, kuiv .	850
Lubjasegu 1:2; 1:3 . . .	1630—1940	„ „ niiske	900
Marmor	2500—2840	Süsi, okaspuidust . . .	170
Mergel	2560	„ tamme-	245
Müüritis graniidist . . .	2800	„ kase-	225
„ tihedast paek.	3000	„ kivi-	1130
„ poorilisest „	2500	„ antratsiit-	1400—1800
„ liivakivist „	2400	Turvas, kuiv	400
„ tellisest	1800	„ 30 % niiskusega	455
„ klinkrist	1900	„ niiske	800
„ pooril. tellisest	1100		
„ auktellisest	1300	d) Mitmesugused	
„ silikaatkivist	1800	ained.	
Paekivi, 0,3 tühjusega . .	1690	Asfalt	900—1500
Savikildkivi	2760	Pigi	1160
Tellis, poolik	1260—1350	Põlevkiviõli, toores . .	1000
Tellis 26×13,4×6,7 cm . .	1620	Sammal	135
Tellis, nõrgalt põletatud	1050—1390	Sõnnik	750—950
„ (klinker)	1520—2020	Tsement	1500
Tsement	920—1250	Tuhk	900
Tuff	1210—1380	Turbapuru	230
		Tõrv, vedel	890
b) Maa mitmesugune			
Kruus, graniidi-	1850	Väävel, loomul. kristall.	1960—2060
„ segu-	1600	„ tükes	2000
Liiv, kuiv, puhas	1370—1620	„ pulbris	780
„ niiske	1400—1820	Õled ja heinad	45—100
		Õlid: puu-, lina-, kanepi-	940

10. Ehitiskonstruktsioonide omakaal.

Konstruktsioonid	kg/m ²	Konstruktsioonid	kg/m ²
a) Puitlaed.		Valuasfaldist	
Talad 18×25 cm, vahed 1 m	30	Saviplaatidest	20
„ 13×25 cm, „ 0,8 m	27	Paekivist	25
Iga 5 cm vähema talade- vahe juures, enam . . .	2	1 mm kiht linoleumi . . .	1,3
Põrandaalused 10×10 cm, vahedega 1 m	7	e) Krohv ja traatkrohv.	
Põrand, 2,5 cm paks . . .	16	Pillirookrohv ühes pillir. .	20
„ 3,5 cm „	23	Iga 1 cm paks kiht krohvi:	
Poola lagi 2,5 cm laudadest, 8—10 cm savi- ja õle- kihiga	164	Lubjaseguga	17
Krohvimatid ja krohv . .	20	Segaseguga	19
b) Betooniaed (talade kaaluta).		Tsemendiseguga	21
6 cm paksune raudarma- tuuriga ühes 14 cm koks- tuhakihi ja 3,5 cm puitpõrandaga	290	Kipsiseguga	10
10 cm raudbetoon ühes 5 cm paksuse liivakihi ja 2,5 cm paksuse tsement-as- faltpõrandaga	430	Raabitiskrohv	15
c) Lae-täiteained.		Tsement-traatkrohv . . .	24
Iga 1 cm paks kiht täidet.		f) Katused.	
Liiva või savi	16	Kaal ühes sarikate ja alus- materjaliga (sarikate vahe keskm. 1,25 m).	
Põlevkivi või kokstuhka .	7	Hollandi kividest	80
Katlaräbu (-šlakk) . . .	10	Tsement- või tasasest savi- kivist	65
Turbapuru	2,3	Tsingitud raudkarrast . .	35
d) Kivipõrandad ja -katted.		Lainjaskarrast	25
Iga 1 cm paks kiht täidet.		Pappkatus, ühekordne . .	35
Tsemendist	22	„ kahekordne	55
Kipsist	21	Asfaltkatus: 3-kordne tõr- vatud papp, 7 cm paks liiva- või savikiht, sarikad 14×18 cm	180
		Puit-tsem. — 7 cm kruusa- kihiga	180
		Sindelkatus	35
		Pilliroogkatus	80
		Õlgkatus	75

11. Ruumide kasulik koormis: a) põõninguil 100 kg/m², b) elukor-
tereis 200 kg/m², c) bürois, ametiasutis, kauplusis, jms. ruumes, mil-
lede põranda $S \leq 50 \text{ m}^2$ — 200 kg/m², d) nende trepikodades 350 kg/m²,
e) samus ruumes, millede põranda $S > 50 \text{ m}^2$ — 350 kg/m², f) muuseumes,
kustinäitusis, saunus, söögimajus, restoranis, kooliruumes 350 kg/m²,
g) kirikuis, teatris, kinodes, rahvamajus, võimlais, töökodades ja eel-
nimet. ruumide trepikodades 500 kg/m², h) arhivaalide- ja raamatute-
hoiuruumes 1000 kg/m².

12. Lumerõhk katusepinna horisont.-projektsioonile. $P = 75 \cos \alpha$,
kus α on katuse kaldenurk, s. o. nurk katusepinna horisondi vahel.
Keskmiselt 45° juures $P = 50 \text{ kg/m}^2$; nurga vähenemisel suureneb rõhk
1 kg võrra iga kraadi kohta. Kui $\alpha = 20^\circ, 30^\circ, 45^\circ$, siis vastavalt
 $P = 75, 65$ ja 50 kg/m^2 . Kui $\alpha > 45^\circ$, siis $P = 0$.

II. Tähtsamaid keemilisi ühendeid,

nende keemiline ja praktikas tarvitataw nimi, keemiline valem, keskmine molekulkaal (mk.), erikaal (e) g/cm³, sulamistäpp (st.) ja milleks peamiselt kasustatakse.

a) Anorgaanilised ühendid.

1. **Alumiinium Al** — oksüüd, korund (mirkel) Al_2O_3 , mk. 102, e. 5,7, lihvikäide valmistamiseks; — **vesihapend** $\text{Al}(\text{OH})_3$, mk. 78, e. 2,42, kalliskivide valmistamiseks; — **sulfaat** $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, mk. 342, e. 1,62; — **ammoonium-sulfaat**, **ammoonium-maarjas**, $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12$ vett, mk. 463, e. 1,64; — **kaalium-sulfaat**, **kaalium-maarjas**, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12$ v. *), mk. 474,5, e. 1,75. Kolme viimast ühendit kasustatakse naha värvimis- ja konserveerimis-, metalli- ja keemiatööstuses.

2. **Ammoonium NH_4** — **nitraat**, **ammooniumsulpeeter** NH_4NO_3 , mk. 80, e. 1,77, st. 165, tarvit. lõhkeainete valm., jahutus-segudes ja hapendajana; — **sulfaat** (keskm.) NH_4SO_4 , mk. 132, e. 1,77, st. 513, tehisväetisaine; — **bikarbonaat**, **põdrasarvesool**, NH_4HCO_3 , mk. 79,06, e. 1,59, klipsetamispulber; — **kloriid**, **salmiaak**, NH_4Cl , mk. 53,5, e. 1,53, st. 184, arstimiks ja leklansee elem. valmistamiseks.

3. **Arseen As**, — **disulfiid**, **realgaar**, As_2S_2 , mk. 214, e. 3,51, st. 267, punane värv; — **trisulfiid**, auripigment As_2S_3 , mk. 246, e. 3,46, st. 310, kollane värv; — **hape** (orto-) H_3AsO_4 , mk. 142, värvi- ja nahatööstuses, puidu konserveerimisel; — **trioksiid**, **arseenik**, As_2O_3 , mk. 198, e. 3,86, mürgine lõhnata pulber, ravim (naha ja närvihaiguste vastu); — **vesinik**, AsH_3 , mk. 78, st. —114, väga mürgine gaas, 50 mg ühes m³ mõjub surmavalt.

4. **Barium Ba**, — **nitraat**, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, mk. 121,4, e. 3,24, st. 592, lõhkeainete ja ilutulestiku valm.; — **sulfaat**, BaSO_4 , mk. 233,4, e. 4,5, st. 1580, kattevärv, arstiteaduses; — **kloriid**, $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, mk. 244,3, e. 3,1, st. 960, nahatööstuses, ilutulestikus.

5. **Berüllium**, — **hapend**, **krisoberüll**, BeO , mk. 25, e. 3, st. 2500, kalliskivi, alumiiniumiga annab kerge ja elastse sulami; — **kloriid**, BeCl_2 , mk. 80, e. 1,9, st. 404, keemiatööstuses.

6. **Boor B**, — **hapend**, B_2O_3 , mk. 69,6, e. 1,84, st. 577, emailide valmist. klaasitööst.; — **hape** (orto-), H_3BO_3 , mk. 61,8, e. 1,46, desinfectsiooni-vahend.

7. **Elavhõbe Hg**, — **nitraat**, HgNO_3 , mk. 230,6, e. 4,79, met. oksüüdimisel; — **kloriid**, **kalomel**, Hg_2Cl_2 , mk. 472, e. 7,15, st. 543, ravim., ilutulest.; — **dikloriid**, **sublima**, HgCl_2 , mk. 271,5, e. 5,42, st. 275, mürk, desinfect.-vahend.

8. **Fluor F_2** , — **vesinik**, H_2F_2 , mk. 20, e. 0,99, st. —92,3, klaasile graveerimiseks.

9. **Fosfor C**, — **hape** (orto-), H_3PO_4 , mk. 98,06, e. 1,88, esineb nitrofoskas, kondes jm., keemiatööstuses.

10. **Hõbe Ag**, — **nitraat**, **põrgukivi**, AgNO_3 , mk. 170, e. 4,35, st. 208,5, värvi- ja fototööstuses; arstim.; — **bromiid**, AgBr , mk. 187,80, e. 6,42, st. 422; — **jodiid**, AgJ , mk. 234,80, e. 5,68, st. 552; — **kloriid**, AgCl , mk. 143,34, e. 5,56, st. 455, kolme viimast ühendit kasustatakse valgustundlike emulsioonide-, fotoplaatide ja filmide valmistamisel.

11. **Tina Sn**, — **sulfiid**, „kassikuld“, SnS_2 , mk. 182,84, e. 4,51, pronksid; tinatootmisel.

*) v. = vett.

12. **Kaalium K**, -nitraat, kaaliumsalpeeter, KNO_3 , mk. 101, e. 2,10, lõhke- ja väet.-ainete valmist.; -bromiid, KBr , mk. 119, e. 2,756, arstim., foto- ja keemiatööst.; -vesihapend, KOH , mk. 56,11, e. 2,12, kaal.-seebikivi; vedelate seepide valm., arstim.; -jodiid, KJ , mk. 166, e. 3,115, st. — 680, arstim.; -permanganaat, KMnO_4 , mk. 158, e. 2,703, arstim., värvimis- ja pleekimisvahend.; -sulfaat, K_2SO_4 , mk. 174,27, e. 2,67, klaasitööstuses; -karbonaat, K_2CO_3 , mk. 138,20, e. OH 20 : 2,29, metalli-, seebi-, naha- ja tekstiiltööstuses; -kloraat, berthollet sool, KClO_3 , mk. 122,56, e. 2,344, st. 370, lõhkeainete valmist.; -bikromaat, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, mk. 294,22, e. 2,70, elementide depolarisaator; -tsüaniit, tsüankaalium, KCN , mk. 65,11, e. 1,56, st. 623,5, kangemaid mürke, galvanotehnikas.

13. **Kadmium Cd**, -sulfiid, CdS , mk. 144,5, e. 4,8, kollane kattevärv.

14. **Kaltsium Ca**, -silikaat, CaSiO_3 , mk. 116,13, e. 3, st. 1510, -hapend, kustutamata lubi, CaO , mk. 56,07, e. 3,2—3,4, st. 2572, kasust. ehitusis ja tööstuses; -sulfaat, kips, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{v}$, mk. 172,16, e. 2,32, arhitekt. ornamendid, väetusaine, värvi- jt. tööst.; -karbonaat, paekivi, kriit, marmor, CaCO_3 , mk. 100,07, e. 2,71, st. 1339, hambapulber, värvi- jt. tööst.; karbiid, karbiit, CaC_2 , mk. 64,07, e. 2,22, st. 2300, met. keevit. tehnikumi „Buna“ ja bensiini valm. valgaust.; -kloriid, CaCl_2 , mk. 111, e. 2,15, st. 774, klaasi-, naha- ja keemiatööstuses.

15. **Kloor Cl**, -lubi, $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, desinf.- ja pleekimisvahend; -vesinik, soolhape, HCl , mk. 36,47, st. —144, kloriidide valm. ja keemiatööstuses.

16. **Kroom Cr**, -kaaliumsulfaat, maarjas, $\text{CrK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{v}$, mk. 499,4, e. 1,84, st. 89, tekst.-, naha- ja värvitööst.

17. **Koobalt Co**, -nitraat, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{v}$, mk. 291, e. 1,87, salatintide valmist.

18. **Liitium Li**, -kloriid, LiCl , mk. 42,40, e. 2,068, st. 606, ilutulestiku valmist. ja arstimeis.

19. **Lämmastik N**, -alahapend, naerugaas, N_2O , mk. 44, e. v : 1,226, st. —90,7, arstim.; -hape, salpeeterhape, HNO_3 , mk. 63, e. 1,53, st. —41,3, met. grav., dünaamiidi, tehissiidi ja aniliinvärvi valmist.

20. **Mangaan Mn**, -ühlapend, MnO_2 , mk. 87, e. 5,03, kloori ja hapniku valmist. (katalisaator).

21. **Naatrium Na**, -nitraat, tsilialsalpeeter, NaNO_3 , mk. 85, e. 2,25, st. 308, tehisväetise, püssirohu valmist. ja liha konserv.; -tetraboraat, booraks, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{v}$, mk. 381,43, e. 1,72, st. 741, met. keevit., naha-, tekst.-, elektritööst.; seebid; -vesihapend, seebikivi, NaOH , mk. 40, seebiga igas keemiatööst.; -silikaat, vesiklaas, Na_2SiO_3 , mk. 122,03, e. 2,4, st. 1088, seebi- ja tsemenditööst.; sulfiid, $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{v}$, mk. 240,21, riidevärvim., nahatööstuses; -sulfaat, glaubrisool, $\text{NaSO}_4 \cdot 10\text{v}$, mk. 322,23, e. 1,46, riidevärvim.; -bikarbonaat, söögisooda, NaHCO_3 , mk. 84, e. 2,21, naha- ja toiduainete-tööstuses; -karbonaat, kaltsineeritud sooda, Na_2CO_3 , mk. 106,16, e. 1,5, igasuguseis keemiatööstuses; -kloriid, keedusool, NaCl , mk. 58,46, e. 2,17, st. 800, seebikivi, pesu- ja söögisooda valm., maitseaine.

22. **Nikkel Ni**, -nitraat, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{v}$, mk. 290,79, e. 2,05, st. $(3\text{H}_2\text{O})$: 95; -sulfaat, $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{v}$ vett, mk. 280,86, e. 1,98, mõlemaid metallide galvaanilisel nikeldamisel.

23. **Plaatina Pt**, -kloor, vesinikhape, $(\text{PtCl}_6)\text{H}_2 \cdot 6\text{v}$, mk. 518, peegli- ja fototööstuses; pruunid toonid.

24. **Plii Pb**, -oksüüd, pliimennik, Pb_3O_4 , mk. 685, e. 9,07, punane värv; akude valmist. + pool.; -karbonaat, pliivalge, PbCO_3 , mk. 267,26, e. 6,5, st. 300, kattevärv.

25. **Raud Fe, -sulfaat, rauavitriol**, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{v}$, mk. 278, e. 1,89, tindi valmist. ja värvitööstuses; **-disulfiid, püriit**, FeS_2 , mk. 120, väävelhappe valmist.

26. **Silliitsium Si, räni, -karbiid, karborund**, SiC , mk. 40,06, e. 3,12, liivapaberi ja lihvkäiade valmist.; **-hapend, liiv, kvarts, tridimiit**, SiO_2 , mk. 60,06, e. 2,65, st. 1470, klaasitööst. ja keemias.

27. **Strontsium Sr, -vesihapend**, $\text{Sr}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{v}$, mk. 265,74, e. 1,40, suhkrutööstuses; **-sulfaat**, SrSO_4 , mk. 183,67, e. 3,8, st. 1600, valge kattevärv; **-kloriid**, $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{vett}$, mk. 266,64, e. 1,96, st. 870, ilutulestikus, punane tuli.

28. **Titaan-oksüüd TiO_2** , mk. 79,9, e. 3,9, parim valge kattevärv sise- ja välistöiks.

29. **Tsüaan CN, -sinihape HCN**, mk. 27, e. (v) 0,691, st. —13, galvanotehnikas, keemiatööst. sünteesis, kõva mürk.

30. **Tsink Zn, -hapend**, ZnO , mk. 81,37, e. 5,42, st. 1800, tsinkvalge, valge kattevärv seesmisiks töiks; **-sulfiid**, ZnS , mk. 97,44, e. 4,06, st. 1800, tsingiläik, valge kattevärv; **-sulfaat**, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{v}$, mk. 287,6, e. 1,96, arstim; **-kloriid**, ZnCl_2 , mk. 136,29, e. 2,92, st. 365, jootevedeliku valmist.

31. **Uraan U, -hapend**, U_3O_8 , mk. 842,42, e. 8,2, kattevärvitööst. ja raadiumi saamiseks.

32. **Vask Cu, -nitraat**, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{v}$, mk. 242, e. 2,05, galvanotehnikas; **-hapend**, CuO , mk. 80, e. 6,40, st. 1148, vasetootmiseks; **-sulfaat, vasevitriol**, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{v}$, mk. 250, e. 2,29, galv.-tehn., desinf., kahj. tom.; **-alusliskarbonaat**, $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, mk. 221,16, e. 3,85, met. oksüdeerim.

b) Orgaanilisi ühendeid (kt. = keemistäpp).

Akroleiin, $\text{CH}_2\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$, mk. 56,0, e. 0,841, st. vedel, kt. 52, tehisvaikude sünteesis. **Amüülatsetaat**, $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_5\text{H}_{11}$, mk. 130,11, e. 0,874, st. vedel, kt. 137—145, filmitööstuses. **Atsetaldehüüd**, $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$, mk. 44,03, e. 0,782, st. —123, kt. 20, org. sünteesis. **Atsetüleen**, C_2H_2 , mk. 26,02, st. —81, kt. —84, valgustuseks, metallide keevit. **Atropiin**, $\text{C}_{17}\text{H}_{23}\text{O}_3\text{N}$, mk. 289,0, st. 115, arstimiks. **Bensaldesüüd**, $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$, mk. 106,05, e. 1,046, st. —26, kt. 179, org. süntees ja lõhkeaine. **Bensoehape**, $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$, mk. 122,05, e. 1,266, st. 121, kt. 249, desinfects.-vahend. **Butüüleeter**, $(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{O}$, mk. 130,14, e. 0,769, st. vedel, kt. 141, lakkide valmist. **Dultsiit**, $\text{C}_6\text{H}_8(\text{OH})_6$, mk. 182,11, e. 1,466, st. 188, arstim. **Dekstriin**, $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_x$, mk. 162,08, x, e. 1,038, sideaine. **Dinitrotoluool**, $\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_2\text{CH}_3$, mk. 182,06, st. 60, lõhkeaine. **Etüülatsetaat**, $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$, mk. 88,06, e. 0,901, st. —83, kt. 77, nitrotselluloosi lahustaja. **Fenool**, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, mk. 94,05, e. 1,060, st. 41, kt. 181, desinfects. **Fenoolftaleiin**, $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$, mk. 318,11, st. 253, indikaator. **Formaldehüüd**, HCHO , mk. 30,02, e. 0,815, st. —92, kt. —21, keemiatööstusis. **Fosgeen**, COCl_2 , mk. 98,92, e. 1,420, st. —118, kt. 8, keemiatööstuses, sõjatehnikas. **Glükool**, $\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH}$, mk. 62,05, e. 1,109, st. —12, kt. 197, org. süntees. **Hüdrokiinon**, $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$, mk. 110,05, e. 1,36, st. 172, kt. 285, fotograafias. **Indigo**, $\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$, mk. 262,10, e. 1,350, st. 390, sublim., värvaine. **Jodoform**, CHJ_3 , mk. 393,77, e. 4,008, st. 119, sublim., arstim. **Kamper**, $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$, mk. 152,13, e. 0,811, st. 180, kt. 209, arstim. **Kiniin**, $\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{O}_2\text{N}_2\text{H}_2\text{O}$, mk. 324,21, st. 57, arstim. **Kinoon**, $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2$, mk. 108,03, e. 1,310, st. 116, sublim., värvitehn. **Kloorbensool**, $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$, mk. 112,50, e. 1,106, st. —45, kt. 132, desinf. **Kodeiin**, $\text{C}_{18}\text{H}_{23}\text{NO}_4$, mk. 317,19, e. 1,31, st. 155 (mürk), arstim. **Kofeiin**, $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$, mk. 104,11, e. 1,23, st. 236,

kt. sublim., arstim. **Kokaiin**, $C_{28}H_{29}NO_5$, mk. 303,18, st. 98, arstim. **Kolesteriin**, $C_{27}H_{45}OH$, mk. 386,8, e. 1,067, st. 148, kt. 360, kosmeetikas. **Kresool** (orto-), $CH_3C_6H_4OH$, mk. 108,06, e. 1,046, st. 30, kt. 190, desinf. kunstmas-side valmist. **Ksülool** (orto-), $(CH_3)_2C_6H_4$, mk. 106,08, e. 0,863, st. —27, kt. 141, org. süntees, lakkide lahjendajad ja aniliinvärvide toormaterjal. **Kusiaine**, NH_2CONH_2 , mk. 60,05, e. 1,335, st. 133, esimene sünt. org. aine. **Kusihape**, $C_5H_4N_4O_8$, mk. 168,06, e. 1,855, org. süntees. **Mentool**, $C_{10}H_{20}O$, mk. 156,16, e. 0,879, st. 43, kt. 212, arstim. **Metüüloranž**, $(CH_3)_2NC_6H_4N = NC_6H_4SO_3Na$, indikaator. **Morfium**, $C_{17}H_{19}O_3N + H_2O$, mk. 303,18, e. 1,32, st. 230, arstim. **Naftaliin**, $C_{10}H_8$, mk. 128,06, e. 1,145, st. 80, kt. 218, org. süntees. **Naftool**, $C_{10}H_7OH$, mk. 144,06, e. 1,217, st. 122, kt. 286, desinf., org. süntees. **Nitroglütseriin**, $C_3H_5(ONO_2)_3$, mk. 227,06, e. 1,596, st. 13, kt. 257, lõhkeaine. **Oleiinhape**, $C_{17}H_{33}COOH$, mk. 282,27, e. 0,898, st. 14, kt. 233, seebivalmist. **Palmitiinhape**, $C_{15}H_{31}COOH$, mk. 256,26, e. 0,862, st. 62, kt. 215, seebivalmist. **Piimahape**, $CH_3CHOHCOOH$, mk. 327,05, st. 26, laguneb, nahatõöstuses. **Pikriinhape**, $C_6H_2(NO_2)_3OH$, mk. 229,05, e. 1,769, st. 122, lõhkeaine. **Püridiin**, C_6H_5N , mk. 79,05, e. 0,981, st. —42, kt. 116, ekstraheerimisvedelik. **Pürogallool**, $C_6H_3(OH)_3$, mk. 126,05, e. 1,453, st. 132, kt. 293, ilmuti värvaine fotograafias. **Resortsiin**, $C_6H_4(OH)_2$, mk. 110,05, e. 1,283, st. 111, kt. 277, desinf. **Sahhariin**, $C_{12}H_{22}O_{11}$, mk. 183,12, st. 223, arstim. **Salitsüülhape**, $C_6H_4OHCOOH$, mk. 138,05, e. 1,484, st. 55, subl., desinf. **Sipelgahape**, $HCOOH$, mk. 46,02, e. 1,220, st. 8, kt. 101, värvi- ja nahatõöstuses. **Santoniin**, $C_{15}H_{18}O_3$, mk. 246,14, e. 1,187, st. 169, subl., ussirohi, arstim. **Suhkur. viinam.**, $C_6H_{12}O_6 + H_2O$, mk. 198,11, e. 1,56, st. 82. **Suhkur, pilliroo-**, $C_{12}H_{14}O_8(OH)_3$, mk. 342,18, e. 1,588, st. 160, laguneb. **Steariinhape**, $C_{17}H_{35}COOH$, mk. 284,29, e. 0,941, st. 69, kt. 232, seebivalm. **Strünniin**, $C_{21}H_{22}O_2N_2$, mk. 334,19, e. 1,359, st. 268, kt. 270, arstim. **Tanniin**, e. 1,35, laguneb, parkaine, tindi valmistamiseks. **Tselluloos**, $(C_6H_{10}O_5)_x$, keemiatõöstuses. **Tetrakloorsüsinik**, CCl_4 , mk. 153,84, e. 1,594, st. —23, kt. 77, keemiatõöst. **Tümoool**, $C_{10}H_{10}O$, mk. 150,11, e. 0,969, st. 51, kt. 232, kosmeetikas. **Urotropiin**, $(CH_2)_6N_4$, mk. 140,13, arstim. **Vanilliin**, $C_8H_8O_3$, mk. 152,06, st. 81, maitseaine. **Viinahape**, $C_4H_6O_6$, mk. 150,05, e. 1,760, st. 170, org. süntees. **Viinamarjasuhkur**, $C_6H_{12}O_6 + H_2O$, mk. 198,11, e. 1,560, st. 82, org. süntees. **Eosiin**, $C_{20}O_6H_3Br$, mk. 647,74, kosmeetikas, fototehnika. **Oblikahape**, $(COOH)_2H_2O$, mk. 126,05, e. 1,653, st. 189, subl., keemiatõöstuses.

III. Tähtsamaid terase- ja malmisorte DIN-normide järgi.

Praktiliselt on raske piiri tõmmata sepitsetatava „raua“ ja „terase“ vahel, seepärast tehnikas uuemal ajal nimetatakse rauaks puht-keemilist elementi (Fe); selle ühendeid süsinikuga või teiste lisanditega nimetatakse **teraseks**. Saksa Normidekomisjon, kes lõi nn. DIN-normid, nimetas:

1) **Teraseks** (Stahl) igasuguse sepitsetatava raua, mis ei vaja järeltöötamist. 2) **Valuteraseks** (Flusstahl) vedelast olekust saavutatud terast ja 3) **Keete- või pudeldusteraseks** (Schweiss- oder Puddelstahl) tainalisest olekust saavutatud terase. Ka käesolevas käsiraamatus on edaspidi tarvitatud sama terminoloogiat. Terasesortide märkimisviis DIN järgi.

Näiteid: 1) St 34.13 (Loe: Teras 34 — 13) tähistab valatud terast, mille vähim tõmbetugevus $\sigma_t = 34 \text{ kg/mm}^2$ DIN 1613 järgi, kuhu kuulub kruvi- ja neediteras. 2) St C 35.61 (Loe: Teras C 35 — 61) tähistab valatud terast keskmise süsinikusisaldavusega 0,35%, DIN 1661 järgi (parentadatud).

Teraseleki tähistatakse järgmiselt: B — bessemer-, Th — toomas-, M — martään-, T — tiigel-, S-M — siimens-martään- ja E — elektriteras.

Lühendeid fassongterase ja kardade märkimises (DIN 1350 järgi).

Märk	Tähistab	Märk	Tähistab
⌈ 40	TT — terast, 40 cm kõrge	⌊ 10.5	T — terast, mille b = 10 ja h = 5 cm.
⌈ 20	U — " 20 cm "	⌊ 80.80.10	Nurkterast, mille b = 80 ja d = 10 mm.
⌈ 12	Z — " 12 cm "	⌊ 40.60.7	Nurkterast, mille B = 60, b = 40 ja d = 7 mm.
∅ 10	Umarterast 10 mm läbim.		
△	Poolümarterast		
=	Lapikümarterast		
Bl 8	Karda 8 mm paks	□ 80.10	Lapikterast, mille laius = 80 mm ja paksus 10 mm.

1. Valatud teras. Sepistatud või valtsitud, parendamata DIN 1611.

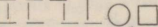
Sordi märk	C sisaldav. %	σ_t tõmbet. kg/mm ²	$\varphi^{0/0}$ pikene-mine	Omadusi	Tarvitamine
St 00.11	—	—	—	—	Lihtsamate esemete osad, nagu aia- ja trepikäsipuude varvad jm.
St 37.11	—	37—45	20	Harilik Th või S.-M. teras; iga kord hästi ei keevitu.	Teras ehituskonstruksioonid ja fassongteras.
St 34.11	0,12	34—42	25	Tules keevitav.	Kruvid, pingerõngas, varvas-tik-kangid,apid, poldid jt.
St 42.11	0,25	42—50	20	Tules raskesti keevit.	Vändad, völldid, teljed, varvad jm.
St 50.11	0,35	50—60	18	Vähe karastatud. Tules ei keevitu.	Völldid, kolvid, hammas-rattad.
St 60.11	0,45	60—70	14	Karastatav, parenda-tav.	Kiilud, tihvtid, teod, press-spindlid.
St 70.11	0,60	70—85	10	Kõrgesti karastatav, parendatav.	Völldid, presstornid, vormid.

2. Valatud teras, sepistatud ehk valtsitud, keevitav ja parendatav teras DIN 1661.

Sordi märk	C sisaldav.	σ_t kg/mm ²	$\varphi^{0/0}$	Kasustamine
St C 10.61	0,06—0,13	≈ 38	25	} Keevitav kõrgeväärtsuslik teras, suur- ja peenmasinaehituses.
St C 16.61	0,11—0,18	≈ 42	23	
St C 35.61	≈ 0,35	{ 50—60 ¹⁾	19	} Parendatud teras väikese ristpinnaga, masinate peaosad.
		{ 55—65 ²⁾	18	
St C 60.61	60	{ 70—85 ¹⁾	13	
		{ 75—90 ²⁾	12	

¹⁾ hõõgutatud, ²⁾ parendatud.

3. Fassong- varbteras, DIN 1612.

Sordi märk	σ_t kg/mm ²	$\varphi^0/0$	Kasutamine
St 00.12	mitte >50	—	
St 37.12	37—45	20	jt. teraste valm.

4. Kruvi- ja neediteras, DIN 1613.

Sordi märk	σ_t kg/mm ²	$\varphi^0/0$	Kasutamine
St 38.13	38—45	20	Kruvide valm.
St 34.13	34—42	25	Neetide "

5. Nikkel- ja kroomnikkelteras DIN 1662.

Sordi märk	Keemiline koostis 0/0					Hõõgut. σ_t kg/mm ²	Karast. σ_t kg/mm ²	φ	Omadusi
	C	Ni	Cr	Mg	Si				
EN 15 . . .	0,10÷0,17	1,5±0,25	0,2	0,5	0,35	55	60—89	15—8	} Keevita- tav
ECN 35 . . .	0,10÷0,17	3,5±0,25	0,75±0,2	0,5	0,35	75	90—120	12—6	
VCN 15 W . . .	0,25÷0,32	1,5±0,25	0,5±0,2	0,4÷0,8	0,35	70	65—75	16—13	} Paren- dataav
VCN 25 h . . .	0,32÷0,40	2,5±0,25	0,75±0,2	0,4÷0,8	0,35	75	75—85	14—10	
VCN 45 . . .	0,30÷0,40	4,5±0,25	1,3±0,2	0,4÷0,8	0,35	90	100—115	10—6	

6. Terasevalu, DIN 1681.

Sordi märk	σ_t	$\varphi^0/0$	Kasutamine
Stg 38.81	38	20	Üldmasinaehituses
Stg 38.81 D			Elektrimasinaehituses
Stg 45.81	45	16	Üldmasinaehituses
Stg 45.81 D			Elektrimasinaehituses
Stg 50.81	50	19	Veduri- jn vaguniehituses
Stg 60.81	60	8	Üldmasinaehituses

7. Malm DIN 1691.

Sordi märk	Nimetus	σ_t kg/m ²	Kasutamine
—	Ehitus- ja kauba- malm	—	Postid, ahjud, küttekehad, muhv- ja flantstorud ja nende osad.
Ge 12.91		12	Üldmasina- ja laevaehituses.
Ge 14.91	Masina- malm	14	Tööstusmasina-osad.
Ge 18.91		18	Tööstusmasinad.
Ge 26.91		26	Moot.-silindrid, kolvirõngad, kolvid jm.

8. Kroom- ja molübdeenteras.

Sordi märk	Keemiline koostis 0/0					Oma- dusi	Kasusta- mine
	C	Ni	Cr	Mg	Si		
EC 60	0,12÷0,18	0,6÷0,9	—	0,4÷0,6	0,35	Keevit.	Igasugused kõr- ge erikoormise- ga osad veoriis- tule, diiselmoo- tor ei ole teisile masinaosile
EC Mo 80	0,13÷0,17	0,8÷1,2	0,2÷0,3	0,7÷1,0	0,35	"	
VC Mo 125	0,22÷0,29	0,9÷1,2	0,15÷0,25	0,5÷0,8	0,35	Parend	
VC Mo 135	0,30÷0,37	0,9÷1,2	0,15÷0,25	0,5÷0,8	0,35		

9. Kõrgeprotsendilisi kiirteraseid ja terase valik.

Terased	Koostis 0/0-des							
	C	W	Mo	Cr	V	Co	Si	Mn
Isekarastuv- . . .	1,2—2,4	5—10	—	0,05—3	—	—	1—3	0,5—1
Tailori kiir- . . .	1,8	8	—	3,8	—	—	0,3	0,15
Uuemaid kiir- . .	0,5—0,8	14—24	0—3	3—7	0—1,8	0—5	0,1—0,4	0,2—0,4

Lisandite tähtsus: 1) **Volfram (W)** annab terasele püsiva kõvuse. 2) **Molübdeen (Mo)** — tarvitatakse volframi aseinena: 1 osa Mo asendab 2—3 osa W. 3) **Kroom (Cr)** annab terasele vastava kõvuse vähesel süsiniku-tarvitamisel. 4) **Vanaadium (V)** kergendab puhta ja tiheda terase valmistamist, suurendab sitkust ja püsivust lõikamisel. 5) **Koobalt (Co)** suurendab püsivust lõikamisel. 6) **Räni (Si)** vähendab gaaside tekkimist vedelterases, millega suureneb terasevalu tihedus; vähendab keevitumist. 7) **Mangaan (Mn)** suurendab kõvust, sitkust ja vastupidavust, soodustab väävlit ja hapniku eraldumist sulaterasest. Kiirlõike-terasest valmistatakse: mitmet liiki liht- ja fassongterad, freesid (näritsad), spiraal- ja senkpuurid, hõõritsad, matriitsid, sisepõlemootoriteklapid jm. Märge. Terasel liigi määramist sädemeprooviga vt. lk. 91.

10. Terasel valik tööriistule. a) **Süsinikteras:** Terasel koostis: 1) **0,6 — 0,75% C** valmistatakse: meislid, noad, kuumtöö-templid, vorm-vasarad, väikesed külmtöö-meislid, spiraalvedurid, vetruvad osad, nagu survepadrunid, kangid jm. 2) **0,75 — 0,9% C** sepatemplid, käärid, käsi-meislid, külmtöö-sepameislid, vagunivedrud, puidusaad jm. 3) **0,9 — 1,1% C:** templid, matriitsad, vedurivedrud, kärnid, kruvitsad, viilid, saed, kivi-puurid jm. 4) **1,1 — 1,3% C:** freesid, metalli-ümarsaad, spiraal-, senk- ja keermepuurid, keermepakid, poolümarmeislid, hõõritsad, puidu- ja metalli-lõiketerad, viilid, kuulid, tihvtid, mõõtkaliibrid jm. 5) **1,3 — 1,5% C:** kaabitsad, treiterad, habemenoad, klaasipuudid, kirurgiriistad, saeviilid, graveerterad. b) **Eriterased:** 1. **Volframteras:** 1) **0,5 — 1,5% W** ja **1 — 1,3% C** — kõvaterase lõiketerad, freesid, puurid jm. 2) **2 — 4% W** ja **1,2 — 1,4% C** väga kõvadeks fassonglõiketeradeks revolverpinges ja automaadeks jm. 3) **4 — 8% W** ja **0,9 — 1% C** — väga kõvade esemete treiteradeks, nagu kõva malm, vaguni pidurataste bandaažid jm. 4) **8 — 10% W** ja **0,6 — 0,7% C** — vormid kuumpressimiseks, karastata-vaile tõmbmatriitsele. 2. **Kroomteras:** 1) **0,5 — 1,5% Cr** ja **0,3 — 0,5% C** — meislid, templid jm. 2) **1,5 — 2,5% C** ja **1 — 1,2% C** — kuullaagrite kuulid ja kuulirööpad, õliskarastatavad tööriistad, samuti lõike- (trei-) terad. 3) **3 — 4% Cr** ja **0,9 — 1% C** — väga kõvad terasvõllid. 4) **11 — 12% Cr** ja **0,3 — 0,4% C** — sisepõlemootorite-klapid. 5) **12 — 14% Cr** ja **1,5 — 2,5% C** — templid, matriitsid, jm. 3. **Kroomvolframteras:** 1) **0,4 — 0,5% Cr**, **6 — 7% W** ja **0,9 — 1,1% C** tõmbpingiõõsid. 2) **1 — 2% Cr**, **2 — 4% W** ja **0,4 — 0,6% C** käsi- ja pneumaatmeislid, mittekarastatavad kuumpressimis-matriitsid. 3) **3% Cr**, **10% W** ja **0,8% C** — õhus karastatavad tööriistad ja väikesed vormid. 4. **Kroomnikkelteras** **4 — 5% Ni**, **1 — 1,5% Cr** ja **0,15 — 0,4% C** — parendatavad kuumpressimis-vormid. 5. **Räniteras:** 1) **1 — 1,5% Si**, **0,5 — 0,7% C** — vedrud, vetruvad osad ja vormid. 2) **2% Si**, **0,3 — 0,4% C** — meislid. 6. **Stelliit:** **35 — 65% Co**, **25 — 35% Cr**, **9,3 — 15% W**, **0,5 — 2% C**, **0,1 — 0,25 Mn**, **5 — 10% Fe** ja mõnes sordis **12% Mo**, evib suurt kõvust, kõrget sulamistem-p. ja head keemilist vastupidavust; tarvit. kiirlõiketerade, keemiliste nõude jt. val-mistamiseks. 7. **Vidia:** **84% W**, **6% Co**, **1% Fe**, **7% C** ja **2% teisi** lisandeid. Ta on peaaegu teemandi kõvune, millest ka ta nimi: „Wie Diamant“ = nagu teemant. Tarvit. kiirlõiketerade valmistamiseks.

IV. Tehniliselt tähtsamaid sulameid.

1. Vasesulameid teiste metalliga.

Sulami nimi	Vask	Tsink	Tina	Plii	Sulami nimi	Vask	Tsink	Nikkel	Plii
a) Vask peamine. Pronksid:									
	Koostis %/o-des								
1. Masina-	85	~4	10	<1,5	Uushõbe	50	30	20	—
2. Laagri-	82	Ni0,5	1	16,5	Argentaan	55,5	29	15,5	—
3. Vaskraha-	95	1	4	—	Alfeniid	50	25	25	—
4. Kuju-	86	4	7	3	Alpaka	60	20	20	—
5. Kuld-	90,5	3	6,5	—	Nikkelvask	79	Fe 4	15	Mn 2
6. Kolvirõngaste-	84	4	8	—	Nikkelmess. Fe 0,5%	50	39,4	10	0,1
7. Jaapani-	81,6	3,6	4,6	10,2	Monelmetall	30	—	70	—
8. Fosfor-	86—90	0—4	7—11	P 0,1-1	Nikkelraha	75	—	25	—
9. Nikkel-	50—70	—	Ni 50—30	—	b) Alumiiniumi- sulameid				
10. Alumiinium-	91	—	Al 9	—		Vask	Tsink	Nikkel	Alum.
11. Damaskus-	77	—	10,6	12,4	Nikkelalumiinium	—	—	76,4	23,6
Deltametall Fe 1%	56	40	Mn 1	2	Autodemetall Sn 5%	3,5	7,5	0,5	8,5
Tombak	88	12	—	—	Magnoolium	—	Mg 20	—	80
Lehekuld	78	18	2	2	c) Tinaantimoon- sulameid.				
Messing	80—57	20—43	—	—		Vask	Antim	Tina	Plii
„ valge	50—20	50—80	—	—	Tapilaagrite-metall	—	9,5	38,2	58,3
Sterrometall	60,7	36,9	1,4	—	Veduritelgede-	6	11	83	—
Punavalu	82—86	0—6	16—8	0—0,1	Kolvirõngaste-	6	16	78	—
Kõva punav. Fe 5%	70	9	9	7	Trükitähtede-	—	23	2	75
Alum.-messing	80	12	Al 8	—	Britannia-	2,7	8,7	88,6	—
Stefensoni-sulam	79	5	8	8	Babiit-	1,2—6	11—18	10—82	0,3-83
Lafondi-sulam	82	3	15	—	Valge-	1,5—6	12—15	10—80	2-73,5
					Antifriktisoon-	5	10	—	85

2. Pronksid ja punavalu DIN 1705 järgi.

Nimi	Sordi märk	Koostis %/o				σ_t kg/mm ²	$\varphi^0/0$	Tarvitamine
		Cu	Sn	Zn	Pb			
Valu- pronks 20	GBz 20	80	20	—	—	15	—	Tugilaagrid, lihvplaadid, kellad.
Valu- pronks 10	GBz 10	90	10	—	—	10	15	Masina-, armatuuri- ja aparaadi-valmistamisel.
Punavalu 10	Rg 10	86	10	4	—	20	10	Samaks otstarbeks nagu eelpool ja peale selle to- rustiku-osade valmistam.
Punavalu 8	Rg 8	82	8	7	3	15	6	Masina-armatuurid, mis si- ledaks töödeldakse.
Punavalu 4	Rg 4	93	4	2	1	20	25	Toruäärikud ja teised kõ- vajoot-esemed.
Plii-tina- pronks 10	Bl-Bz 10	86	10	—	4	18	15	Elektrimasinate laagrid.

3. Kolbide-metalle: 1) Alusiil: Al 80⁰/o; Si 20⁰/o; e = 2,7. 2) Bohnalite: Al 87,5—89,9⁰/o; Cu 11—9⁰/o; Mg 0,5—0,1⁰/o; Fe 1⁰/o; e = 2,8—3,1. 3) „Y“-sulam (sepistatud alumiinium): Al 92,5⁰/o, Cu 4⁰/o, Ni 2⁰/o, Mg 1,5⁰/o; e = ca 2,8, tõmbetugevus 24 kg/mm² säilitab oma vastupidavuse ka kuume-nemisel. Laagrimetall. „Karoprons“: Cu 91⁰/o, Sn ca 8,5⁰/o, P ca 0,3⁰/o tõmbetugev. 40—55 kg/mm², e = ca 8,9.

4. Kergeid metalle (alumiiniumisulameid).

Sulami nimi	Koostis 0/0-des	Eri- kaal	Sulamis- täpp	Elastsus- moodul	Tõmbetuge- vus kg/mm ²
Duralumiin	Al 95; Mg 0,5; Mn 0,25—1; Cu 3,5—4,5;	2,8	650	7000—7500	pehme: 24 kõva: 42 parend.:48
Lautaal	Al 94; Cu 4; Si 2;	2,75	650		pehme: 20-25 parend.:38-48
Silumiin (Alpax) .	Al 86,5; Si 13; Fe 0,5;	2,66	575	6000—6500	pehme: 16 kõva: 25
Elektron	Mg 95; Zn 3; Si 2;	1,8	640	valatud: 4000 tõmmat.:4500 7000—7100	pehme: 28-32 kõva: 34-40
K-S. sulam (Karl Schmidt)	Al 74—80; Si 20—12; Cu 6—8;	2,73	650		

a) Pehmejoodised 5. Joodised. b) Kõvajoodiseid

Koostis 0/0		Sulamis- täpp	Tarvitatakse	Koostis 0/0		Sulamis- täpp	Tarvitatakse
Tina	Plii			Vask	Tsink		
25	75	268°	Tinatorude jootmisel.	42	58	820°	Messingi jootm., mis sisaldab 60% ja enam Cu. 67% ja enam Cu sisaldava messingi jootmisel. Vase sulam., mis sisaldavad üle 68% Cu jootm. Vase, punavalu, pronkside, liintsae jm. jootm. (0,5% Sb) Raua jootm.
30	70	257°	Kardsepa-tõil.	45	55	835°	
33	67	250°	Tsink- ja tsingitud karra jootmisel.	51	49	850°	
40	60	235°	Messing- ja valgekarra jootmisel.	54	46	875°	
50	50	213°	Kergesti sulavate metallide jootmisel.	65	34,5	910°	
60	40	184°	Sõõglnõude ja arstiriistade tinutamisel.				
90	10	218°					

1) Pehme joodis alum.-pronksile sisaldab 57% Zn ja 43% Cd; 2) Alumiiniumijoodis sisaldab 67% Al, 21% Sn ja 12% Cu.

c) Kiirjoodised

d) Hõbejoodiseid.

Koostis 0/0-des			Sulamis- täpp	Koostis 0/0-des			Sulamis- täpp	Tarvitatakse
Tina	Plii	Vis- mut		Hõbe	Vask	Tsink		
15	25	60	125	4	50	46	855	58% ja enam sisaldava messingi ning vask- ja pronksosade jootm. Elektrijuhmete jootmisel, et vähendada takistust jootekohal.
25	22	53	113	12	36	51,5	785	
15,5	32	52,5	96	25	40	34,5	765	
				45	30	25	720	

6. Kergesti sulavaid metalle.

Sulami nimi	Tina	Plii	Vis- mut	Sulamis. temp. °C	Eri- soojus
Roose-metall	25	25	50	94	0,0552
Sulam klišeile	Kadm°/o 22,2	22,2	55,6	105	
Vudimetall (Woodi-metall)	12,5	25	50	60	0,0352
Lipovitz'i metall	10	13,3	26,7	70	0,0345

V. Tehnilisi tabelid.

Fassongterase, karra, traadi ja naelte mõõdud ja kaal.

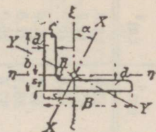
Tabeleis tähistavad: S — ristpinda cm^2 , G — 1 meetri kaalu kg-des ,
 J — inertsmomenti ja W — vastupanumomenti (indeksid J ja W juures x , y
ja teised näitavad, millise telje suhtes on moment võetud.) Edasi vt. lk. 88.

Tabel I. Isekülgne nurkteras.

Normaalpikkus 4–12 m.

Maksimaalpikkus 12–16 m.

$$B:b = 1^{1/2}:1.$$



№	b	B	d	S	G	s_1	s_2	J_x	J_y	J_{xi}	W_x	J_{yi}	W_y
	mm			cm^2	kg/m	cm	cm	cm^4	cm^4	cm^4	cm^3	cm^4	cm^3
2/3	20	30	3	1,42	1,12	0,99	0,49	1,42	0,28	1,25	0,622	0,45	0,298
	20	30	4	1,85	1,45	1,03	0,54	1,82	0,33	1,60	0,810	0,56	0,380
3/4 ^{1/2}	30	45	4	2,87	2,25	1,48	0,74	6,63	1,19	5,77	1,91	2,05	0,907
	30	45	5	3,53	2,77	1,52	0,78	8,01	1,44	6,99	2,35	2,46	1,11
4/6	40	60	5	4,79	3,76	1,95	0,97	19,8	3,66	17,3	4,27	6,2	2,05
	40	60	7	6,55	5,14	2,04	1,05	26,3	4,63	23,0	5,81	8,0	2,71
5/7 ^{1/2}	50	75	7	8,33	6,54	2,47	1,24	53,1	9,58	46,3	9,20	16,4	4,36
	50	75	9	10,5	8,27	2,56	1,32	65,4	11,9	57,1	11,6	20,2	5,49
6 ^{1/2} /10	65	100	9	14,2	11,1	3,31	1,59	160	26,8	141	21,1	46,0	9,37
	65	100	11	17,1	13,4	3,40	1,67	189	32,9	167	25,3	55,1	11,4
8/12	80	120	10	19,1	15,0	3,92	1,95	317	56,8	276	34,1	98	16,2
	80	120	12	22,7	17,8	4,00	2,02	370	67,5	323	40,4	115	19,2
10/15	100	150	12	28,7	22,5	4,89	2,42	747	134	649	64,0	232	30,6
	100	150	14	33,2	26,1	4,97	2,50	854	153	743	74,1	264	35,2

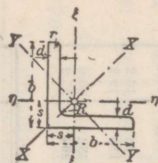
$$B:b = 2:1.$$

№	b	B	d	S	G	s_1	s_2	J_x	J_y	J_{xi}	W_x	J_{yi}	W_y
	mm			cm^2	kg/m	cm	cm	cm^4	cm^4	cm^4	cm^3	cm^4	cm^3
2/4	20	40	3	1,72	1,35	1,43	0,44	2,96	0,31	2,80	1,09	0,475	0,305
	20	40	4	2,25	1,77	1,47	0,48	3,78	0,40	3,58	1,42	0,603	0,397
3/6	30	60	5	4,29	3,37	2,15	0,68	16,5	1,71	15,6	4,05	2,61	1,13
	30	60	7	5,85	4,59	2,24	0,76	21,8	2,28	20,7	5,51	3,41	1,52
4/8	40	80	6	6,89	5,41	2,85	0,88	47,6	4,99	45,0	8,74	7,63	2,45
	40	80	8	9,01	7,07	2,94	0,96	60,8	6,41	57,6	11,4	9,65	3,17
5/10	50	100	8	11,5	9,03	3,59	1,12	123	12,8	116	8,1	19,6	5,05
	50	100	10	14,1	11,07	3,67	1,20	150	14,6	141	22,3	23,5	6,19
6 ^{1/2} /13	65	130	10	18,6	14,6	4,65	1,45	339	35,4	320	38,3	54,2	10,7
	65	130	12	22,1	17,35	4,75	1,53	395	41,3	373	44,0	62,9	13,7
8/16	80	160	12	27,5	21,6	5,72	1,77	762	79,4	719	70,0	122	19,6
	80	160	14	31,8	25,0	5,81	1,85	875	86,0	822	80,7	139	22,6
10/20	100	200	14	40,3	31,64	7,12	2,18	1754	182	1654	128	283	36,1
	100	200	16	45,7	35,87	7,20	2,26	1973	205	1862	146	316	40,8

Tabel II. Vördkölgnе nurkteras.

Normaalpikkus 4—12 m.

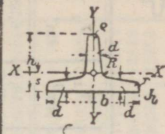
Maksimaalpikkus 12—16 m.



№	b	d	S	G	s	I_x	I_y	I_ξ $= I_\eta$	W_ξ $= W_\eta$
	mm		cm ²	kg/m	cm	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ³
1 ^{1/2}	15	3	0,82	0,64	0,48	0,24	0,06	0,15	0,15
	15	4	1,05	0,83	0,51	0,29	0,08	0,19	0,19
2	20	3	1,12	0,88	0,60	0,62	0,15	0,39	0,28
	20	4	1,45	1,14	0,64	0,77	0,19	0,48	0,35
2 ^{1/2}	25	3	1,42	1,12	0,73	1,27	0,81	0,79	0,45
	25	4	1,85	1,45	0,76	1,61	0,40	1,01	0,58
3	30	4	2,27	1,78	0,89	2,85	0,76	1,81	0,86
	30	6	3,27	2,57	0,96	3,91	1,06	2,49	1,22
3 ^{1/2}	35	4	2,67	2,10	1,00	4,68	1,24	2,96	1,18
	35	6	3,87	3,04	1,08	6,50	1,77	4,14	1,71
4	40	4	3,08	2,42	1,12	7,09	1,86	4,48	1,55
	40	6	4,48	3,52	1,20	9,98	2,67	6,33	2,26
	40	8	5,80	4,55	1,23	12,4	3,38	7,89	2,90
4 ^{1/2}	45	5	4,30	3,38	1,28	12,4	3,25	7,83	2,43
	45	7	5,86	4,60	1,36	16,4	4,39	10,4	3,31
	45	9	7,34	5,77	1,44	19,8	5,40	12,6	4,12
5	50	5	4,80	3,77	1,40	17,4	4,59	11,0	3,05
	50	7	6,56	5,15	1,49	23,1	6,02	14,6	4,15
	50	9	8,24	6,47	1,56	28,1	7,67	17,9	5,20
5 ^{1/2}	55	6	6,31	4,95	1,56	27,4	7,24	17,3	4,40
	55	8	8,23	6,46	1,64	34,8	9,35	22,1	5,72
	55	10	10,07	7,90	1,72	41,4	11,27	26,3	6,98
6	60	6	6,91	5,42	1,69	36,1	9,43	22,8	5,28
	60	8	9,03	7,09	1,77	46,1	12,1	29,1	6,88
	60	10	11,07	8,69	1,85	55,1	14,6	34,9	8,40

№	b	d	S	G	s	I_x	I_y	I_ξ $= I_\eta$	W_ξ $= W_\eta$
	mm		cm ²	kg/m	cm	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ³
6 ^{1/2}	65	7	8,70	6,83	1,85	53,0	13,8	33,4	7,2
	65	9	10,98	8,62	1,93	65,4	17,2	41,3	9,0
	65	11	13,17	10,37	2,00	76,8	20,7	48,8	10,8
7	70	7	9,4	7,38	1,97	67,1	17,6	42,4	8,4
	70	9	11,9	9,34	2,05	83,1	22,0	52,6	10,6
	70	11	14,3	11,23	2,13	97,6	26,0	61,8	12,7
7 ^{1/2}	75	8	11,5	9,00	2,13	93,3	24,4	58,9	11,0
	75	10	14,1	11,07	2,21	113	29,8	71,4	13,5
	75	12	16,7	13,08	2,29	130	34,7	82,4	15,9
8	80	8	12,3	9,63	2,26	115	29,6	72,3	12,6
	80	10	15,1	11,86	2,34	139	35,9	87,5	15,5
	80	12	17,9	14,03	2,41	161	43,0	102,0	18,3
9	90	9	15,5	12,2	2,54	184	47,8	116	17,9
	90	11	18,7	14,7	2,62	218	57,1	138	21,6
	90	13	21,8	17,1	2,70	250	65,9	158	25,1
10	100	10	19,2	15,0	2,82	280	73,3	177	25
	100	12	22,7	17,8	2,90	328	86,2	207	29
	100	14	26,2	20,5	2,98	372	98,3	235	34
11	110	10	21,2	16,6	3,07	379	98,6	239	30
	110	12	25,1	19,7	3,15	444	116	280	36
	110	14	29,0	22,7	3,21	505	133	319	41
12	120	11	25,4	19,9	3,36	541	140	340	39
	120	13	29,7	23,3	3,44	625	162	394	46
	120	15	33,9	26,7	3,51	705	186	446	53
13	130	12	30,0	23,5	3,64	750	194	472	50
	130	14	34,7	27,2	3,72	856	223	540	58
	130	16	39,3	30,8	3,80	959	251	605	66
14	140	13	35,0	27,5	3,92	1014	262	638	64
	140	15	40,0	31,4	4,00	1148	298	723	72
	140	17	45,0	35,3	4,08	1276	334	805	81
15	150	14	40,3	31,6	4,2	1343	347	845	78
	150	16	45,7	35,9	4,3	1507	391	949	89
	150	18	51,0	40,2	4,4	1665	438	1052	99
16	160	15	46,1	36,1	4,5	1745	453	1099	96
	160	17	51,8	40,7	4,6	1945	506	1226	108
	160	19	57,5	45,2	4,6	2137	558	1348	118

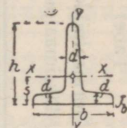
Tabel III. T-teras.



a) Laijalgne
b : h = 2 : 1.

	b	h	d	S	G	s	I_x	W_x	I_y	W_y
	mm			cm ²	kg/m	cm	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³
6/3	60	30	5,5	4,64	3,68	0,87	2,58	1,11	8,62	2,87
7/3½	70	35	6	5,94	4,69	0,77	4,49	1,65	15,1	4,32
8/4	80	40	7	7,91	6,21	0,88	7,81	2,50	28,5	7,13
9/4½	90	45	8	10,2	8,00	1,00	12,7	3,64	46,1	10,2
10/5	100	50	8,5	12,0	9,44	1,09	18,7	4,78	67,7	13,5
12/6	120	60	10	17,0	13,3	1,30	38,0	8,09	137	22,8
14/7	140	70	11,5	22,8	17,9	1,51	68,9	12,6	258	36,9
16/8	160	80	13	29,5	23,1	1,72	117	18,6	422	52,8
18/9	180	90	14,5	37,0	29,0	1,93	185	25,1	670	74,4
20/10	200	100	16	45,4	35,6	2,14	277	35,3	1000	100

Nº	b	h	d	S	G	s	I_x	W_x	I_y	W_y
	mm			cm ²	kg/m	cm	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³
2/2	20	20	3	1,12	0,88	0,58	0,38	0,27	0,20	0,20
2½/2½	25	25	3,5	1,64	1,29	0,73	0,87	0,49	0,43	0,34
3/3	30	30	4	2,26	1,77	0,85	1,72	0,80	0,87	0,58
3½/3½	35	35	4,5	2,97	2,33	0,99	3,10	1,23	1,57	0,90
4/4	40	40	5	3,77	2,96	1,12	5,28	1,84	2,58	1,29
4½/4½	45	45	5,5	4,67	3,66	1,26	8,13	2,51	4,01	1,78
5/5	50	50	6	5,66	4,45	1,39	12,1	3,36	6,06	2,42
6/6	60	60	7	7,94	6,23	1,66	23,8	5,48	12,2	4,05
7/7	70	70	8	10,6	8,32	1,94	44,5	8,79	22,1	6,32
8/8	80	80	9	13,6	10,7	2,22	73,7	12,8	37,0	9,25
9/9	90	90	10	17,1	13,4	2,48	119	18,2	58,5	13,0
10/10	100	100	11	20,9	16,4	2,74	179	24,6	88,3	17,7
12/12	120	120	13	29,6	23,2	3,28	366	42,0	178	29,7
14/14	140	140	15	39,9	31,3	3,80	660	64,7	330	47,2

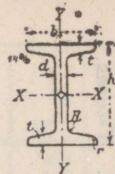


Kõrgejalgne
b : h_a = 1 : 1.

d	seinapaksus mm-tes										
mm	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	4,0	5,0
10	0,305	0,390	0,479	0,571	0,667	0,766	0,868	0,974	1,084	1,331	1,556
12	0,361	0,460	0,563	0,669	0,778	0,891	1,007	1,127	1,251	1,508	1,779
14	0,417	0,529	0,646	0,766	0,889	1,026	1,146	1,280	1,417	1,702	2,001
16	0,472	0,599	0,729	0,863	1,000	1,141	1,285	1,433	1,584	1,897	2,224
18	0,528	0,669	0,813	0,960	1,112	1,266	1,424	1,556	1,721	2,092	2,446
20	0,583	0,738	0,896	1,058	1,223	1,391	1,563	1,739	1,918	2,286	2,669
30	0,861	1,086	1,313	1,544	1,779	2,017	2,259	2,503	2,752	3,199	3,761
40	1,139	1,433	1,730	2,031	2,335	2,643	2,954	3,268	3,586	4,173	4,895
50	1,417	1,781	2,147	2,517	2,891	3,268	3,640	4,033	4,420	5,146	6,005
60	1,695	2,128	2,564	3,004	3,447	3,894	4,344	4,797	5,254	6,119	7,117
70	1,974	2,476	2,971	3,491	4,003	4,519	5,039	5,577	6,088	7,092	8,229
80	2,252	2,803	3,398	3,977	4,559	5,145	5,734	6,326	6,922	8,065	9,341
90	2,530	3,171	3,815	4,464	5,115	5,770	6,429	7,091	7,757	9,038	10,45
100	2,808	3,518	4,223	4,950	5,671	6,396	7,124	7,856	8,591	10,07	11,57

Tabel IV.

Venitatud vasktorude kaal.
1 m kaal kg, d-toru siseläbim.



Tabel VI.

Mitmesuguste traatide kaal.

Kaliibri Nr	Jämedus mm-tes	10,000 m kaal kg-es
100	10	6008
94	9,4	5309
88	8,8	4633
82	8,2	4040
76	7,6	3470
70	7,0	2944
65	6,5	2539
60	6,0	2163
55	5,5	1818
50	5,0	1502
46	4,6	1271
42	4,2	1060
38	3,8	868
34	3,4	695
31	3,1	577
28	2,8	471
25	2,5	376
22	2,2	291
20	2,0	240
18	1,8	195
16	1,6	154
100	10	6008
94	9,4	5309
88	8,8	4633
82	8,2	4040
76	7,6	3470
70	7,0	2944
65	6,5	2539
60	6,0	2163
55	5,5	1818
50	5,0	1502
46	4,6	1271
42	4,2	1060
38	3,8	868
34	3,4	695
31	3,1	577
28	2,8	471
25	2,5	376
22	2,2	291
20	2,0	240
18	1,8	195
16	1,6	154
100	10	6008
94	9,4	5309
88	8,8	4633
82	8,2	4040
76	7,6	3470
70	7,0	2944
65	6,5	2539
60	6,0	2163
55	5,5	1818
50	5,0	1502
46	4,6	1271
42	4,2	1060
38	3,8	868
34	3,4	695
31	3,1	577
28	2,8	471
25	2,5	376
22	2,2	291
20	2,0	240
18	1,8	195
16	1,6	154

Tabel V. I-raud

Normaalpikkus 4—12 m.

Maksimaalpikkus 14—20 m.

Nr	h	b	d	t	S	G	I_x	W_x	I_y	W_y	Nr
	mm				cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³	
8	80	42	3,9	5,9	7,57	5,95	77,7	19,4	6,28	2,99	8
9	90	46	4,2	6,3	8,99	7,06	117	25,9	8,76	3,81	9
10	100	50	4,5	6,8	10,6	8,33	170	34,1	12,2	4,86	10
11	110	54	4,8	7,2	12,3	9,65	238	43,3	16,2	5,99	11
12	120	58	5,1	7,7	14,2	11,2	327	54,5	21,4	7,38	12
13	130	62	5,4	8,1	16,1	12,7	435	67,0	27,4	8,85	13
14	140	66	5,7	8,6	18,2	14,3	572	81,7	35,2	10,7	14
15	150	70	6,0	9,0	20,4	16,0	734	97,9	43,7	12,5	15
16	160	74	6,3	9,5	22,8	17,9	933	117	54,5	14,7	16
17	170	78	6,6	9,9	25,2	19,8	1165	137	68,5	17,1	17
18	180	82	6,9	10,4	27,9	21,8	1444	161	81,3	19,8	18
19	190	86	7,2	10,8	30,5	23,9	1759	185	97,2	22,6	19
20	200	90	7,5	11,3	33,4	26,3	2139	214	117	25,9	20
21	210	94	7,8	11,7	36,3	28,5	2558	244	137	29,3	21
22	220	98	8,1	12,2	39,5	31,0	3055	278	162	33,1	22
23	230	102	8,4	12,6	42,6	33,5	3605	314	188	36,9	23
24	240	106	8,7	13,1	46,1	36,1	4239	353	220	41,6	24
25	250	110	9,0	13,6	49,7	38,9	4954	396	255	46,4	25
26	260	113	9,4	14,1	53,3	41,9	5735	441	287	50,6	26
27	270	116	9,7	14,7	57,1	44,8	6623	491	325	56,0	27
28	280	119	10,1	15,3	61,0	47,9	7575	541	363	60,8	28
29	290	122	10,4	15,7	64,8	50,9	8619	594	403	66,1	29
30	300	125	10,8	16,2	69,0	54,1	9785	652	449	71,9	30
32	320	131	11,5	17,3	77,7	61,0	12493	781	554	84,6	32
34	340	137	12,2	18,3	86,7	68,0	15670	922	672	98,1	34
36	360	143	13,0	19,5	97,0	76,2	19576	1088	817	114	36
38	380	149	13,7	20,5	107	83,9	23978	1262	972	131	38
40	400	155	14,4	21,6	118	92,4	29173	1459	1158	149	40
42 ^{1/2}	425	163	15,3	23,0	132	104	36956	1739	1433	176	42 ^{1/2}
45	450	170	16,2	24,3	147	116	45888	2040	1722	203	45
47 ^{1/2}	475	178	17,1	25,6	163	128	56410	2375	2084	234	47 ^{1/2}
50	500	185	18,0	27,0	179	141	68736	2750	2470	267	50
55	550	200	19,0	30,0	212	167	99054	3602	3486	349	55

Tabel VIII.

Pliitorude ja -traatide kaal.

Tabelis on antud toru 1 ja traadi 10 m kaal kg-des.

b) traadid

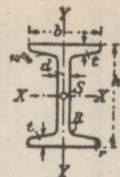
a) torud

10 m kaal kg-des	Jämedus mm-tes	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
10 m kaal kg-des	Jämedus mm-tes	0,09	0,20	0,38	0,56	0,80	1,09	1,42	1,80	2,22	2,68
10 m kaal kg-des	Jämedus mm-tes	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10 m kaal kg-des	Jämedus mm-tes	3,22	4,35	5,70	7,23	8,90	10,8	12,8	15,0	17,4	20,0

Tabel VII. I-teras.

Normaalpikkus 4 – 12 m.

Maksimaalpikkus 14 – 20 m.

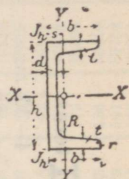


№	h	b	s ₁	s ₂	t	S	G	J _x	J _y	W _x	W _y
	mm										
18	180	180	9,0	16,72	8,5	59,9	47,0	3512	1073	390	119
20	200	200	9,5	18,12	8,5	70,4	55,3	5171	1568	517	167
22	220	220	10,0	19,5	9,0	82,6	64,8	7379	2216	671	201
24	240	240	10,5	20,85	10,0	96,8	76,0	10260	3043	855	254
25	250	250	10,9	21,7	10,5	105,1	82,5	12066	3575	965	286
26	260	260	11,7	22,9	11,0	115,6	90,7	14352	4261	1104	328
27	270	270	11,95	23,6	11,25	123,2	96,7	16529	4920	1224	365
28	280	280	12,35	24,4	11,5	131,8	103,4	19052	5671	1361	405
29	290	290	12,7	25,2	12,0	141,1	110,8	21866	6417	1508	443
30	300	300	13,25	26,25	12,5	152,1	119,4	25201	7494	1680	500
32	320	300	14,1	27,0	13,0	160,7	126,2	30119	7867	1882	524
34	340	300	14,6	27,5	13,4	167,4	131,4	35241	8097	2073	540
36	360	300	16,15	29,0	14,2	181,5	142,5	42479	8793	2360	586
38	380	300	17,0	29,8	14,8	191,2	150,1	49496	9175	2605	612
40	400	300	18,2	31,0	15,5	203,6	159,8	57834	9721	2892	648
42 ^{1/2}	425	300	19,0	31,75	16,0	213,9	167,9	68249	10078	3212	672
45	450	300	20,3	33,0	17,0	229,3	180,0	80887	10668	3595	711
47 ^{1/2}	475	300	21,35	34,0	17,6	242,0	190,0	94811	11142	3992	743
50	500	300	22,6	35,2	19,4	261,7	205,5	111283	11718	4451	781
55	550	300	24,5	37,0	20,6	288,0	226,1	145957	12582	5308	839
60	600	300	24,7	37,2	20,8	300,5	236,0	179303	12672	5977	845
65	650	300	25,0	37,5	21,1	314,5	246,9	217402	12814	6690	854
70	700	300	25,0	37,5	21,1	325,2	255,3	258106	12818	7374	854
75	750	300	25,0	37,5	21,1	335,7	263,4	302560	12823	8068	855
80	800	300	26,0	38,5	21,5	354,9	278,6	360486	13269	9012	885
85	850	300	26,0	38,5	21,5	365,6	287,0	414887	13274	9762	885
90	900	300	26,0	38,5	21,5	376,4	295,5	473964	13279	10533	885
95	950	300	27,0	39,5	21,9	396,2	311,0	550974	13727	11600	915
100	1000	300	27,0	39,5	21,9	407,2	319,7	621287	13732	12425	915

Algas vt. lk. 81. Märkimäid: a) Fassongterast saadakse taotavate teras-pakkude vältaval ümbertöötamisel aurhaamri all ja kaliibritud valtside vahel, mille tõttu seda nimetatakse ka valtsteraseks. Peaaegu kõik fassongterase-sordid valmistatakse valatud terasest ($e = 7,85$).

b) Fassongterasel kuni 2000 mm kõrgusega tuleb arvestada veaga ± 2 mm ja peale 200 mm veaga ± 3 mm.

c) Et võiksime tarvitada tabelleis olevaid terase kaale teisile materjalele tuleb neid korrutada: **malmi** puhul **0,931-ga**, **bessemer-terase** — **1,0039-ga**, **vase** — **1,144-ga**, **messingi** — **1,0963-ga**, **tsingi** — **0,919-ga** ja **plii** puhul **1,4653-da**. Üldiselt võrdub 1 cm² ristpinnaga 10 m pikkuse lati või tala kaal selle metalli erikaaluga kg/dm³; nii näiteks kaalub 10 m terastala, mille $S = 107$ cm², $107 \times 7,85$ kg = 839,95 kg.



Tabel IX. **U-teras** (künateras).

Normaalpikkus 4—10 m.

Maksimaalpikkus 12—16 m.

Nr	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>t</i>	<i>S</i>	<i>G</i>	<i>s</i>	<i>I_x</i>	<i>W_x</i>	<i>I_y</i>	<i>W_y</i>
	mm				cm ²	kg/m	cm	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³
3	30	33	5	7	5,44	4,27	1,31	6,39	4,26	5,33	2,68
4	40	35	5	7	6,21	4,88	1,33	14,1	7,10	6,68	3,06
5	50	38	5	7	7,12	5,59	1,37	26,4	10,6	9,12	3,75
6 ^{1/2}	65	42	5,5	7,5	9,03	7,10	1,42	57,5	17,7	14,1	5,06
8	80	45	6	8	11,0	8,65	1,45	106	26,5	19,4	6,37
10	100	50	6	8,5	13,5	10,6	1,55	206	41,1	29,3	8,50
12	120	55	7	9	17,0	13,4	1,60	364	60,7	43,2	11,1
14	140	60	7	10	20,4	16,0	1,75	605	86,4	62,7	14,8
16	160	65	7,5	10,5	24,0	18,8	1,84	925	118	85,3	18,3
18	180	70	8	11	28,0	21,9	1,92	1354	150	114	22,4
20	200	75	8,5	11,5	32,2	25,3	2,01	1911	191	148	27,0
22	220	80	9	12,5	37,4	29,4	2,14	2690	245	197	33,6
24	240	85	9,5	13	42,3	33,2	2,23	3598	300	248	39,6
26	260	90	10	14	48,3	37,9	2,36	4823	371	317	47,8
28	280	95	10	15	53,3	41,9	2,53	6276	450	399	57,2
30	300	100	10	16	58,8	46,1	2,70	8026	535	495	67,8

Tabel X. Tsinkkarra mõõdud ja kaal. (Belgia tsingimääraja järgi).

Nr.	Paks. mm	1 m ² Kaal kg	Nr.	Paks. mm	1 m ² Kaal kg	Nr.	Paks. mm	1 m ² Kaal kg	Nr.	Paks. mm	1 m ² Kaal kg
1	0,05	0,35	9	0,45	3,15	16	1,08	7,56	23	2,14	14,98
2	0,10	0,70	10	0,50	3,50	17	1,21	8,47	24	2,32	16,24
3	0,15	1,05				18	1,34	9,38	25	2,50	17,50
4	0,20	1,40	11	0,58	4,06	19	1,47	10,29	26	2,68	18,76
5	0,25	1,75	12	0,66	4,62	20	1,60	11,20			
6	0,30	2,10	13	0,74	5,18						
7	0,35	2,45	14	0,82	5,74	21	1,78	12,46			
8	0,40	2,80	15	0,95	6,65	22	1,96	13,72			

Paksus ribidega mm-tes	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
Kaal pro m ² kg-des	46,5	50,5	55,5	58,5	62	66	70	74	78

Tabel XIII. Ruut-, kuuskant- ja ümarteras.
Ühe meetri kaal kg-des; d — jämedus mm.

d	□	○	○	d	□	○	○	d	□	○	○
5	0,196	0,170	0,154	50	19,625	16,995	15,413	180	254,340	220,265	199,758
6	0,283	0,245	0,222	52	21,226	18,383	16,671	185	268,668	232,638	211,010
7	0,385	0,333	0,302	54	22,891	19,824	17,978	190	283,385	245,419	222,570
8	0,502	0,435	0,395	56	24,618	21,320	19,335	195	298,496	258,506	234,438
9	0,636	0,551	0,499	58	26,407	22,870	20,740	200	314,000	271,932	246,615
10	0,785	0,680	0,617	60	28,260	24,474	22,195	205	329,896	288,927	259,100
11	0,950	0,823	0,746	62	30,175	26,133	23,700	210	346,185	299,805	271,892
12	1,130	0,979	0,888	64	32,154	26,846	24,253	215	362,866	314,251	284,994
13	1,327	1,149	1,042	66	34,195	29,614	26,856	220	379,940	329,037	298,404
14	1,539	1,332	1,208	68	36,298	31,436	28,509	225	397,406	344,164	312,168
15	1,766	1,530	1,387	70	38,465	33,312	30,210	230	415,265	359,631	326,134
16	2,010	1,740	1,578	72	40,694	35,243	31,961	235	433,516	375,437	340,420
17	2,269	1,965	1,782	74	42,987	37,228	33,762	240	452,160	391,583	355,128
18	2,543	2,203	1,998	76	45,342	39,267	35,611	245	471,196	408,068	370,077
19	2,834	2,454	2,226	78	47,759	41,361	37,510	250	490,625	424,894	385,336
20	3,140	2,719	2,466	80	50,240	43,509	39,458	255	510,446	442,060	400,930
21	3,462	2,998	2,719	85	56,716	49,118	44,545	260	530,660	459,565	416,779
22	3,799	3,280	2,984	90	63,585	55,067	49,940	265	551,266	477,411	432,963
23	4,153	3,596	3,261	95	70,846	61,355	55,643	270	572,265	495,597	449,456
24	4,522	3,916	3,551	100	78,500	67,983	61,654	275	593,656	514,022	466,257
25	4,906	4,249	3,853	105	86,546	74,951	67,973	280	615,440	532,988	483,365
26	5,307	4,596	4,168	110	94,985	82,260	74,601	285	637,618	552,193	500,773
27	5,723	4,956	4,495	115	103,816	89,908	81,537	290	660,185	571,738	518,508
28	6,154	5,380	4,834	120	113,040	97,896	88,781	295	683,146	591,623	536,542
29	6,602	5,717	5,185	125	122,656	106,224	96,334	300	706,500	611,848	554,884
30	7,065	6,118	5,549	130	132,665	114,891	104,195	305	730,246	632,413	573,534
32	8,038	6,961	6,313	135	143,066	123,899	112,364	310	754,385	653,319	592,493
34	9,075	7,859	7,127	140	153,860	133,247	120,841	315	778,916	674,563	611,759
36	10,174	8,811	7,990	145	165,046	143,934	129,627	320	803,840	696,148	631,334
38	11,335	9,817	8,903	150	176,625	152,962	138,721	325	829,156	718,071	651,248
40	12,560	10,877	9,865	155	188,596	163,329	148,123	330	854,865	740,336	671,109
42	13,847	11,922	10,876	160	200,960	174,036	157,834	335	880,966	762,940	691,909
44	15,198	13,162	11,936	165	213,716	185,084	167,852	340	907,460	785,885	712,717
46	16,611	14,385	13,046	170	226,866	196,471	178,179	345	934,346	809,169	733,834
48	18,086	15,663	14,205	175	240,406	208,198	188,815	350	961,625	832,793	755,259

Tabel XIV. Mitmesuguste kardade 1 m² kaal kg-des.
Ühe m² suuruse ja 1 mm paksuse karra kaal vastab käesoleva metalli eri-
kaalule (kg/dm³).

Paksus mm	Taotav teras	Malm	Va- la- tud teras	Vask	Mes- sing	Alu- miinium	Tsink	Plii
1	7,78	7,25	7,37	8,90	8,55	2,68	7,12	11,4
2	15,56	14,50	15,74	17,80	17,10	5,36	14,25	22,8
3	23,34	21,75	23,61	26,70	26,70	8,04	21,37	34,2
4	31,12	29,00	31,48	35,60	35,60	10,72	28,50	45,6
5	38,90	36,25	39,35	44,50	44,50	13,40	35,62	57,0
6	46,48	43,50	47,22	53,40	53,40	16,08	42,75	68,4
7	54,46	50,75	55,09	62,30	62,30	18,76	49,37	79,8
8	62,24	58,00	62,96	71,20	71,20	21,44	57,00	91,2
9	70,02	65,25	70,83	80,10	80,20	24,12	64,12	102,6
10	77,80	72,50	78,70	89,00	89,00	26,80	71,25	114,0
11	85,58	79,75	86,57	97,90	99,90	29,48	78,37	125,4
12	93,36	87,00	94,44	106,80	106,80	32,16	85,50	136,8
13	101,14	94,35	102,31	115,70	115,70	34,84	92,62	148,2
14	108,92	101,50	110,18	124,60	124,60	37,52	99,75	159,6
15	116,70	108,75	118,05	133,50	133,50	40,22	106,87	171,0
16	124,48	116,00	125,92	142,40	142,40	42,88	114,00	182,4
17	132,26	123,85	133,79	151,30	151,30	45,56	121,12	193,8
18	140,04	130,50	141,66	160,20	160,20	48,24	128,25	205,2
19	147,82	137,75	149,53	169,10	169,10	50,92	135,37	216,6
20	155,60	145,00	157,40	178,00	178,00	53,60	142,50	228,0

Tab. XV. E. T. K. naelad. *)

Kasti märk (Kasti kaal 15 kg)	Näidis mõõdi mm	100 ts. kaal gr	Kasti märk (Kasti kaal 15 kg)	Näidis mõõdi mm	100 ts. kaal gr
7x6	5,15 3280gr	457	1 1/2 x 16	1 1/2	1,65 90 gr
7x7	4,57 2576	582	1 1/2 x 17	1 1/2	1,47 71
6x7	4,57 2208	679	1 1/2 x 12	1 1/2	2,77 208
6x8	4,19 2040	335	1 1/2 x 13	1 1/2	2,41 175
5x7	4,57 1840	815	1 1/2 x 14	1 1/2	2,11 130
5x8	4,19 1700	882	1 1/2 x 15	1 1/2	1,88 95
5x9	3,76 1450	1034	1 1/2 x 16	1 1/2	1,65 78
4x9	3,76 1080	1293	1 1/2 x 17	1 1/2	1,47 62
4x10	3,40 950	1579	1 1/2 x 12	1 1/2	2,77 175
4x11	3,05 760	1973	1 1/2 x 13	1 1/2	2,41 142
3 1/2 x 10	3,40 831	1805	1 1/2 x 14	1 1/2	2,11 105
3 1/2 x 11	3,05 665	2255	1 1/2 x 15	1 1/2	1,88 80
3x10	3,40 712	2106	1 1/2 x 16	1 1/2	1,65 67
3x11	3,05 570	2631	1 1/2 x 17	1 1/2	1,47 55
3x12	2,77 420	3571	1x15	1	1,68 63
2 1/2 x 12	2,77 346	4335	1x16	1	1,65 55
2 1/2 x 13	2,41 288	5172	1x17	1	1,47 47
2 1/2 x 14	2,11 206	7282	1 1/2 x 13	1 1/2	2,41 140
2 1/2 x 15	1,88 176	8523	1x13	1	2,41 130
2 1/2 x 16	1,58 145	10345	1x14	1	2,11 83
2 1/2 x 17	1,65 116	12931	1x15	1	2,11 65
2x12	2,77 278	5396	1x16	1	2,41 63
2x13	2,41 231	6484	1x17	1	2,11 55
2x14	2,11 166	9036	1x13	1	2,41 130
2x15	1,88 127	11811	1x14	1	2,41 104
2x16	1,65 103	14563	1x15	1	2,11 94
2x17	1,47 79	18987	1x16	1	2,11 83
1 1/2 x 14	2,11 140	10714	1x17	1	1,88 95
1 1/2 x 15	1,88 113	13274	1x15	1	1,88 75

Tab. XVI. Malmtorud. 1 m kaal kg.

Toru sise- läbim.	Seinapaksus mm							
	1	5	6	8	10	12	15	20
25	0,59	3,42	4,22	6,01	7,98	10,01	13,67	20,50
30	0,71	3,99	4,92	6,92	9,11	11,48	15,38	22,78
35	0,82	4,56	5,60	7,26	10,25	12,85	17,08	25,05
40	0,93	5,13	6,29	8,75	11,39	14,21	18,79	27,33
45	1,05	5,70	6,97	9,66	12,53	15,58	20,50	29,61
50	1,16	6,25	7,65	10,57	13,67	17,14	22,21	31,89
55	1,39	7,40	9,02	12,39	15,94	19,68	25,62	36,44
70	1,62	8,54	10,39	14,22	18,22	22,41	29,04	40,99
80	1,84	9,68	11,75	16,04	20,50	25,25	32,46	45,56
90	2,07	10,82	13,12	17,86	22,78	27,88	35,88	50,11
100	2,30	11,96	14,48	19,68	25,06	30,61	39,29	45,29
125	2,87	14,80	17,90	24,24	30,75	37,45	47,83	60,04
150	3,44	17,65	21,32	28,79	36,45	44,28	56,38	77,44
175	4,00	20,50	24,74	33,34	42,14	51,11	64,91	88,83
200	4,58	23,34	28,15	37,90	47,82	57,94	73,45	100,2
250	5,73	29,04	34,99	47,02	59,22	71,62	90,53	122,8
300	6,86	34,73	41,84	56,07	70,61	85,27	107,6	145,7

Tabel XVII.

Lainjaskarra mõõdud ja kaal.

a) lamekard.

b) kandekard.

Profiilmõõt			Normaal- ehitus- laius L. mm	Kaal katteta kg/cm ²	Vastupanu- moment 1 m. lai- sele cm ³	Ristpinna 1 m lai- sele cm ²
Laius r. b mm	Kõrgus h mm	Paksus d mm				
60	20	1	720	10,82	5,627	13,53
76	20	1	760	9,30	5,357	11,63
100	30	1	800	9,62	8,369	12,05
100	40	1	700	10,67	12,020	13,34
135	30	1	810	9,19	7,92	11,49
150	40	1	750	9,30	10,98	11,63
150	60	2	600	21,34	35,78	26,68
90	70	2	450	34	68,58	42,50
100	50	2	600	25,12	37,77	31,40
100	60	2	500	28,32	50,43	35,40
100	80	2	400	34,74	79,96	43,40
100	100	2	400	41,12	114,93	51,40

Terase liigi määramine sädemeproovidega.



1. Valatud teras. Laie-
nevate otsadega sirgjoone-
lised sädemed väikeste
pritsmetega. Õlgkollane.

2. Tööriistateras, pa-
rendamata. Sirgjoonelised
sädemed paljude pritsme-
tega ja okastega. Valkjas-
kollane.

3. Kiirteras. Pritsme-
teta ja okasteta sirgjoone-
lised sädemed jämenevate
otsadega. Puna-kroom-kollan.

VI. Puit.

1. Tehnilisi omadusi.

a) Puidu kuivolluse erikaal on kõigil puuliigel ühesugune: 1,5—1,6; b) niiskust (vett) sisaldav. okaspuud 54—61%, pehmed lehtpuud 45—53%, kõvad lehtpuud 35—41% ja väga kõvad — 20—35%; c) kuivamisel kaotab puu 14—45% esialgsest niiskusest ja kahaneb õhukuivuseni jõudes 0,08—0,1 pikkuse sihis, 1,1—6,5% radiaalsihs ja 1,8—15% tangentsiaal-sihs; d) kõvaduse järgi jagunevad puud järgmiselt: 1) **kivikõvad**: bakaut ja mustpuu; 2) **kontkõvad**: barbaris, palm, sirel ja t.; 3) **väga kõvad**: türnpuu, kibuvits j. t.; 4) **kaunis kõvad**: saar, pirnipuu, jalakas, künnapu, pöökpuu, kask, suvikuusk (okasleht) j. t.; 5) **pehmed**: kuusk, siberikuusk, kastanipuu, lepp (sang- ja valge-), päklikpuu j. t.; 6) **väga pehmed**: mänd, pappel, haab, paju, pärn j. t.; e) mõnede puusortide tugevusest vt. tab. lk. 82; f) andmeid õhukuivade puitude erikaalu kohta vt. tab. lk. 58 ja 73.

Mõne puuliigi kestus-iga aastais.

Puud peavad olema terved ja veata.

Puuliik	Puhas õhus	Vee all	Täiesti kuivas kohas	Puuliik	Puhas õhus	Vee all	Täiesti kuivas kohas
Tamm	100	100	100	Pöökpuu ja vaher .	60	50	75
Jalakas	100	90	100	Haab	50	—	95
Mänd (vana, tõrvane)	85	100	80	Lepp	40	100	38
Suvikuusk (okasleht)	85	80	90	Kask	40	—	38
Kuusk (vana) . . .	85	100	90	Pappel, pärn ja paju	30	—	65

2. Metsamaterjali arvestamine.

1. sept. 1928. aastast valmistatakse ja müüakse riigi metsatööstuses metsamaterjalid, mis mõõdeti süldades (küttepuidud, propsid, paberipuidud, sindlipakud jne.) virnalaotult — ruumimeetrites (rm), ja mis valmistati ja müüdi kantjalgades (palgid, pakud jne.) — tihumeetrites (tm).

Tihumeeter tähendab 1 kantmeeter tihedat õhuvahedeta puitmassi ja võrdub 35,32 inglise kantjalaga, milline ka seni meil oli tarvitusel; 1 kantjalg = 0,0283 tihumeetrit; 1 kantsüld = 9,71 kantmeetrit ja sisaldab 6,8 tihumeetrit puitmassi. Palkide ja pakkude pikkus mõõdetakse meetreis ja deetsimeetreis, jämedus palgi või paku ladvapoolsest (peenemast) otsast kooreta, keskmise jämeduse kohalt täis-sentimeetreis, kusjuures poolikud sentimeetrid jäetakse arvesse võtmata. Materjalide mass arvatakse välja massitabelite alusel (vt. tab. lk. 94). Praktikas tarvitatakse veel n. n. kantjalgade-tabelit.

Küttepuidud valmistatakse halupikkusega 50 ja 75 cm. Eksporditavaid laudu müüakse standardidega. Standard on mõõduühik, mille ruumala = 165 ingl. kantjalga = 10 standard-tosinat = ca 4,67 tm.

Umbertõetatud (saetud) puit on müügil järgmisel moõdes: 1) inglissprussid: 12"×12", 13"×13", 14"×14", 15"×15", 16"×16", 17"×17" pikkusega 17—30'; 2) hollandiprussid (poomkandis): 11"×13", (kus saetud pind peab olema vähemalt 6" lai), pikkusega 17—40'; 3) kantpuidud (prussid): 7"×9", 6"×10", 10"×10", 9"×10", 8"×10", 7"×10", 6"×8", 6"×7", 6"×6", 5"×7", 5"×6", 4"×5"; 4) poolprussid: 6½"×11", 5½"×13; (Järg 94 lk.)

3. Mõningaid andmeid puude kohta.

Puuliik	Erikaal		Niiskuse- sisaldavus toorelt 0/00/o	Kahanevus kulvamisel põigiti puus kuni 0/0	Parim raieiga (aastat)
	toorelt	õhu- kuivalt			
Akaatsia	0,74—1,00	0,58—0,85	—	—	—
Eebenipuu	—	1,19—1,33	—	4,0	—
Guajakipuu (bakaut)	—	1,17—1,39	—	7,5	—
Haab	0,61—0,99	0,43—0,56	42	3,0	40—60
Jalakas	0,73—1,18	0,56—0,82	44	6,55	100—120
Jugapuu	0,97—1,10	0,74—0,94	—	—	—
Kadakas	—	0,62	—	—	—
Kask	0,80—1,09	0,51—0,77	30	6,0	40—50
Kastanipuu	0,76—1,04	0,52—0,63	29	6,0	—
Kirsipuu	0,65—1,05	0,57—0,78	—	6,9	—
Kuusk	0,40—1,07	0,35—0,6	45	3,33	80—100
Künnapuu	0,70—0,99	0,6—0,69	44	6,5	—
Lepp (sang-)	0,61—1,01	0,42—0,68	41	6,0	40—60
Mahagonipuu	—	0,56—1,06	—	1,80	—
Mänd	0,38—1,08	0,31—0,76	39	3,50	100—150
Paju	0,67—0,97	0,39—0,63	50	5,0	—
Palisandripuu	—	0,91	—	2,0	—
Pappel	0,61—1,1	0,35—0,59	40	4,33	40—60
Pirnipuu	0,36—1,07	0,64—0,73	—	6,25	—
Pihlakas	—	0,64	—	—	—
Ploomipuu	0,87—1,17	0,68—0,90	—	5,2	—
Pukspuu	1,20—1,26	0,91—1,03	—	10,2	—
Punapuu	—	0,81—0,94	—	1,1	—
Pähklipuu	0,91—0,92	0,65—0,81	—	8,0	—
Pärn	0,58—0,88	0,32—0,60	47	7,0	40—60
Pöökpuu punane	0,85—1,12	0,59—0,85	39	7,0	70
" valge	0,92—1,25	0,62—0,82	20	7,0	80
Saar	0,7—1,14	0,54—0,94	28	5,65	40—60
Siberikuusk (nulg)	0,77—1,23	0,37—0,75	37	4,1	—
Sirel	—	0,86	—	—	—
Suvikuusk	0,52—1,0	0,44—0,80	—	4,0	100—150
Tamm	0,87—1,28	0,53—1,03	35	3,5	80—150
Toomingas	0,80	0,60	40	—	—
Vahe?	0,83—1,05	0,53—0,81	27	5,4	60—70

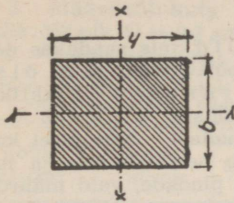
4. Palkide kantmeetrite tabel.

Läbimõõt. cm	Palkide pikkus meetrites.														
	1	1,50	2	2,50	3	3,50	4	4,50	5	5,50	6	6,50	7	7,50	8
10	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07
11	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08
12	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10
13	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	0,11	0,12
14	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13
15	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14
16	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16
17	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
18	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,20	0,22
19	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,23
20	0,03	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,20	0,22	0,24	0,25
21	0,03	0,05	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,24	0,26	0,28
22	0,04	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,30
23	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33
24	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,16	0,18	0,20	0,23	0,25	0,27	0,29	0,32	0,34	0,36
25	0,05	0,07	0,10	0,12	0,15	0,17	0,20	0,22	0,25	0,27	0,29	0,32	0,34	0,37	0,39
26	0,05	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,21	0,24	0,27	0,29	0,32	0,35	0,37	0,40	0,42
27	0,06	0,09	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,26	0,29	0,32	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46
28	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49
29	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,26	0,30	0,33	0,36	0,40	0,43	0,46	0,50	0,53
30	0,07	0,11	0,14	0,18	0,21	0,25	0,28	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,49	0,53	0,57
32	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64
34	0,09	0,14	0,18	0,23	0,27	0,31	0,36	0,41	0,45	0,50	0,54	0,59	0,64	0,68	0,73
36	0,10	0,15	0,20	0,25	0,31	0,36	0,41	0,46	0,51	0,56	0,61	0,68	0,71	0,76	0,81
38	0,11	0,17	0,23	0,28	0,34	0,40	0,45	0,51	0,57	0,62	0,68	0,74	0,79	0,85	0,91
40	0,13	0,19	0,25	0,31	0,38	0,44	0,50	0,57	0,63	0,69	0,75	0,82	0,88	0,94	1,01
42	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,50	0,55	0,62	0,69	0,76	0,83	0,90	0,97	1,04	1,11
44	0,15	0,23	0,30	0,38	0,46	0,53	0,61	0,68	0,76	0,84	0,91	0,99	1,06	1,14	1,22
46	0,17	0,25	0,33	0,42	0,50	0,58	0,66	0,75	0,83	0,91	1,00	1,08	1,16	1,25	1,33
48	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,81	0,90	1,00	1,09	1,18	1,27	1,36	1,45
50	0,20	0,30	0,39	0,49	0,59	0,69	0,79	0,88	0,98	1,08	1,18	1,28	1,37	1,47	1,57

Tabeli kasutamine: Mitu tihumeetrit sisaldab palk, mille pikkus = 6 m ja jämedus 25 cm? Esimesest lahtrist. (cm) otsime arvu 25, läheme horisontaalrida mööda paremale* ja 12. lahtrist (6 m) leiame arvu 0,29; järelkult antud palk sisaldab 0,29 tm.

Algus vt. lk. 91.

5) plangud: 3''×8'' 3''×7'' 3''×7'' 2½''×7'' 2''×7''; 6) laud: 1½'' 1¼'' 1'' 1¼'' 1½'' 1¾'' 2'' 2½'' paksud ning 4—10'' laiad; 7) latid: 1''×2'' 1½''×2'' 1¼''×2½'' 3''×3'' peale nende veel mitmesugused hõõveldatud laud, nagu põrand-, lae-, voodri- ning liistud, piirlaud jm.



7. Neljakandiliste puitpalkide inerts- ja vastupanumomendid.

h — tähistab kõrgust cm, b — laiust cm, S ristpinda cm^2 , I — inertsmomenti x ja y telje suhtes cm^4 , W — vastupanumomenti x ja y telje suhtes cm^3 .

	W_y cm^3	W_x cm^3	I_y cm^4	I_x cm^4	S cm^2	b cm	h cm
	85	85	341	341	64	8	8
	133	133	427	667	80	8	10
	167	167	833	833	100	10	10
	200	240	1 000	1 440	120	12	12
	288	288	1 728	1 728	144	12	14
	233	327	1 167	2 287	140	10	14
	336	392	2 016	2 744	168	12	16
	457	512	3 201	3 201	196	14	14
	171	341	683	2 731	128	8	18
	384	512	2 304	4 096	192	12	12
	523	597	3 659	4 779	224	14	14
	683	683	5 461	5 461	256	16	16
	192	486	768	3 888	144	8	18
	588	756	4 116	9 804	252	14	14
	768	864	6 144	7 776	324	16	16
	972	972	8 748	8 748	324	18	18
	213	600	853	5 333	160	8	20
	270	600	1 215	6 000	180	9	20
	333	667	1 667	9 333	200	10	20
	653	653	4 573	9 333	280	14	14
	653	1067	6 827	10 667	320	16	16
	1080	1200	9 720	12 000	360	18	18
	1333	1333	13 333	13 333	400	20	20
	297	726	1 336	7 986	198	9	22
	367	807	1 833	8 673	220	10	22
	939	939	7 509	14 197	352	16	16
	1188	1452	10 692	15 972	396	18	18
	1613	1613	14 667	17 747	440	20	20
	324	864	1 458	10 368	216	9	24
	400	960	2 000	11 520	240	10	24
	576	1152	3 456	13 824	288	12	24
	1296	1728	11 664	20 736	432	18	18
	1600	1920	16 000	23 040	480	20	20
	2304	2304	27 648	27 648	576	24	24
	524	1239	2 167	14 647	266	10	26
	624	1352	2 884	16 111	286	11	26
	1733	2253	17 333	17 576	312	12	26
	2496	2704	29 952	29 952	352	16	16
	2929	3397	38 081	38 081	424	20	20
	565	1438	3 106	20 123	266	11	28
	769	1699	5 126	23 781	308	13	13
	915	1829	6 403	25 611	364	14	14
	2259	2675	24 845	40 845	392	16	16
	3155	3397	41 011	47 563	424	20	20
	3659	3659	51 222	51 222	464	22	22

8. Valandi (valatise) kaalutegur (k).

Mudeli materjal	Valatise materjal	Malm	Teras	Pronks	Messing	Tsink	Valge-metall
Lepp.		12,8	14,0	14,9	14,3	12,2	13,9
Pappel.		13,6	14,8	16,5	15,0	13,0	14,7
Pärn		13,5	14,5	15,7	14,5	12,9	14,3
Kuusk		14,0	15,0	16,4	15,8	13,5	14,8
Kask		10,6	11,8	12,3	11,9	10,2	11,6
Pöök.		9,8	11,0	11,4	10,9	9,4	10,5
Pirnipuu		10,0	11,3	11,9	11,5	9,8	10,8
Tamm		9,0	10,0	10,4	10,1	8,6	9,8

Märge: Et leida valandi kaalu, peame mudeli kaalu korrutama vastava teguriga. Näide: Kui palju kaalub messingist valand, mille kasepuidust mudeli kaal = 5 kg? Valandi kaal = $11,9 \cdot 5 \text{ kg} = 49,5 \text{ kg}$.

VII. Määrdeõlid.

Määrdeõlid jaguvad 2 liiki: a) mineraalõlid, mis saadakse destilleerimisel naftajäänuseist, kivisöest, turbast ja põlevkivist, ja b) õlid, mis saadakse loomade ja taimede rasvast. Praktikas kasustatakse määrdeõlidena praegusajal mineraalõlisid.

1. **Õlitamise otstarve ja määrdeõli tehnilisi omadusi.** Õlitamisel katuvad hõõrduvad pinnad õlikorraga: õlikiht läheb nende vahele ja nad ei puutu kokku, niiviisi teostub hõõrdumine mitte pindade, vaid määrdeõliosade vahel, mille tõttu väheneb hõõrdumine, masinaosade kulumine ja hõõrdumise ületamiseks tarvilik töö.

1) **Leektäpp** määrdeõlil on temp., millel määrdeõli pinnal tekkivad aurud plahvatavad põlema, kuna õli ise ei põle. Määrdeõli kõrge leektäpp on tunnuseks, et tema koostis on ühtlane, s. o. ta ei sisalda kergesti süütuvaid oluseid, mis eriti tähtis mootorite silindriõliledele. 2) **Plahvatustäpp** — on temp., millel ta süütamisel plahvatab põlema. 3) **Püdelus** (püdeluskraad, sitkus) on arv, mis näitab, mitu korda on teatava temperatuuriga määrdeõli veest paksem. Püdelus määratakse erilise aparaadiga, n. n. püdelusmeetriga. Euroopas tarvitatakse enamasti Engler'i püdelusmeetrit, ja sellest tuleb ka nimetus „Engler'i kraad“. Püdelus tähistatakse E tähega, mille juurde alla märgitakse temp., näit. $E_{50} = 4,5$ tähendab, et õli püdelus 50°C juures on 4,5. Määrdeõli püdelusest oleneb tema omadus vastu pidada määritavate pindade vahelt väljasurumisele, mille tekitab pindadele mõjuv normaalsurve: väikese püdelusega õli surutakse laagrist välja, mille tagajärjel laagrid sisse sööbivad. Püdelus oleneb määrdeõli temperatuurist: mida kõrgem määrdeõli temp., seda väiksem ta püdelus ja ümberpöörduvalt. 4) **Tardumis- (hangumis-) täpp** — on temp., millel ta omab säärase paksuse, mis teeb võimatuks korralliku õlitamise.

Heal määrdeõlil peavad olema järgmised omadused: 1) **Väike sisehõõre**, s. o. tema osakesed peavad vabalt ümber paigutuma, mis suurendab mootori võimsust ja masina kasulikku tööd. 2) **Õli peab hästi hõõrutavate pindade külge hakkama**, ta peab korralikult eraldama hõõrduvaid pindu teineteisest ja vastu panema väljasurumisele pindade vahelt. 3) Vastavalt nõudeile peab õlil olema sellekohane leek-, plahvatus-, hangumistäpp ja püdelus. Mootorite määrdeõli leektäpp peab olema üle 175°C , plahvatustäpp üle 200°C , hangumistäpp alla 30°C ja püdelus $4-14^{\circ}\text{C}$ Engler'i järgi. 4) Õli peab olema vaba happeist ja leelisist, need tekitavad roostetumist, mis rikub lihvitud pinda. 5) Määrdeõli peab võimalikult vähe aurama. Lubatav auramiskaotus on 100°C temp. $0,4\%$ kahe tunni jooksul. 6) Määrdeõli ei tohi õhu käes kuivada ega sisaldada lisandeid, nagu tolmu, prügi, vaike ja muud. 7) Määrdeõli ei tohi sisaldada vett üle $0,5\%$; tahtõlitamisel ei ime tahid niisugust õli, ka tekitab õlis peituv vesi roostetumist. On soovitatav alati tarvitada kõrgeväärtuslikke määrdeõlisid, sest vaatamata nende kallimale hinnale tasuvad nad end ära mitmekordselt. Parimad määrdeõli-sordid: Gargoyle, Vedol ja Shell.

2. **Määrete segud.** Mõne masina (laagri) palavaks-jooksmisel määrda seda grafiidi ja rasva seguga, mis vähendab metallidevahelist hõõrdumist ja mõjub puhastavalt ning jahutavalt. Tasase käiguga hammasrattaid määrda talgi, grafiidi ja õli seguga. Vedel õli ei kõlba hammasratta määrimiseks; ta litsutaks välja hammaste vahelt. Puithammastega hammasrataste määrimiseks tarvitada: 1 osa grafiiti, 2 vaha ja 1 talki. Aurukatelde juures, kraanide määrdeks tarvitada — talgi, grafiidi ja rasva segu.

3. **Määrdeõli-kulu arvutamine.** Käsi- või tilkmääringul teoreetiliselt vajalik õlihulk $Q = 0,3pd(D-d)^3 : Zl$ (liitr./min.), kus p — erirõhk (kg/cm^2), $D-d$ — völliõõts (cm), (D — laagrikausi ja d völli läbimõõt), l — laagri

Mehhanismi liikumiskiirusele ja rõhule vajalik määrdeõli püdelus.

Rõhk kg/cm^2	Kiirus m/sek	Püdelus Engler'i järgi 50°C j.
Väike kuni 5	kuni 0,5 0,5—5 üle 5	1,7—2,5 1,5—1,8 1,3—1,6
Keskmine 5—50	kuni 0,5 0,5—5 üle 5	5,5—7,0 4,0—5,5 2,5—4,0
Suur üle 50	kuni 0,5 0,5—5 üle 5	8—10 6—8 4—6

pikkus cm; $Z = \sqrt[1,2]{E-1}$: 970, kui $E \leq 6$ ja $Z = E$: 1490, kui $E > 6$; 0,3 on arvestamisega tuletatud alatine tegur. Näide: Mitu g õli vaja tunnis, kui $p = 12,5$ (kg/cm^2), lõtke = 0,01 cm, $l = 300$ (mm); $d = 200$ (mm); $E = 7$ ja e (erik.) = 0,9; $Q = 0,3 \cdot 12,5 \cdot 0,01^3 \cdot 1490 : 7 \cdot 1,5 \approx 0,00532l$ (min.) või 287,3 g tunnis. Praktikas määratakse õlikulu 15—25 (g) tunnis. 1) *Õlikulu tilkõlitis* määratakse völli läbimõõdu järgi tunnis (vt. tabel).

d mm	30	30—50	50—80	üle 80
õlikulu g	1,5	2	3	4

2) *Tahtõlitid* reguleeritakse õlikulule: a) 30—60 (g) päevas (8 tundi) völli kiirusel 1 (m/sek) ja rõhul kuni 5 (kg/cm^2)

ja β) 60—170 (g) päevas völli kiirusel üle 1 (m/sek) ja rõhul üle 5 (kg/cm^2). 3) *Nõelõlitid* kulutavad 20—100 (g) päevas. 4) *Rõngasmäärde-laagreile* vaja päevas õli: a) kui $d = 50$ (mm), siis 5 (g), β) 75 (mm) — 10 (g) ja γ) 125 (mm) — 20 (g).

4. **Silindri õlikulu:** Battle (loe: betl) annab järgmised teoreetilised valemid õlikulu kohta: a) $Q_m = 1,6 D_m s n$ madal- ja β) $Q_k = 2 D_k n$ kõrgsurvesilindrile, kus Q_m ja Q_k on vajalik õlihulk (g/tund), D_m — madal- ja D_k — kõrgsurvesilindri läbimõõt (m-tes), s — kolvikäik (m-tes), n — pöörde arv minutis. Näide: Kui palju vaja õli 8 t. kahesilindrilise kompaundmootori, mille $n = 85$, $D_k = 200$ (mm), $D_m = 500$ (mm) ja $s = 800$ (mm); $Q = 1,6 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 85 \cdot 8 = 435,2$ (g) ja $Q_k = 2 \cdot 0,2 \cdot 85 \cdot 8 = 272$ (g). Thomson annab järgmised õlinormid: a) mootoreile kuni 400 (hj): vertikaalseile — 1—0,3 ja horisontaalseile — 0,6—0,15 (g/hj-t); β) üle 400 (hj) vastavalt 0,6—0,15 ja 0,4—0,05 (g/hj-t). Praktikas leitud andmeid aurmootorite õlikulule:

Mootori võimsus (hj-des)	kuni 10	10—50	50—200	200—1000	üle 1000
Õlikulu (g/hj-t)	2—3	1,5—2	1—1,5	0,5—1	0,4—0,5

5. **Õlikulu masinaile** (masina külmosade määrimiseks, nagu: peavõll, ristpea, juhtrööpad, ekstsentrivid, regulaatorid jm.)

Mootori võimsus (hj-des)	knni 10	10—50	50—200	200—1000	üle 1000
Õlikulu (g/hj-t)	2,5—2	1,5—2	1—2	0,8—1,5	0,5—1

6. **Aurturbiiniõli** võib töötada kuni 10 000 tundi, kui teda hästi puhastatakse ja kui temasse ei satu vett ega muid kahjulikke lisandeid. Aurturbiiniõlisid on 3 liiki: 1) püdelusega $E = 2,9—3,2$, 2) $E = 3,5—4$ ja 3) $4—4,5$. Esimest kasutatakse turbiinile, mis teevad 3000 pöört minutis, teist — 2500 (p/min) ja kolmat — 2000 ja vähem (p/min). Aurturbiini laagrite töötemperatuur kõigub $45—50^\circ$ vahel, kuid milgi tingimusel ei ole lubatud temp. üle 70° .

7. Sisepõlemootoreile vajalik õli püdelus *E* ja õlikulu. a) *Püsi- (paigalseisvad) mootorid:* α) Kuumpea- ja bensiinmootorid vajavad õli, mille $E_{50} = 5-10$, olenedes taktide arvust, kompressioonistmest ja pöörete arvust minutis (*n*); β) 4-5 at kompressiooniga *petroolmootorid* vajavad õli, mille $E_{50} = 7-8$, kui $n = 600-1000$ ja $E_{50} = 8-10$, kui $n = 1000-2000$; γ) diiselmootorite $E_{50} = 6-14$, olenedes taktide ja h- de arvust. *Õlikulu* ole- neb h-dest:

8. Mineraalõlid. (Naftajäänusist.)

Määrdeõli sordid	Erikaal 15° C kg/dm³	Leektäpp Pensky-Martensi järgi °C	Plahvatustäpp °C	Püdelus Engler'i järgi 50° C	Tardumistäpp °C
1. Masinaõlid:					
a) Separaatori-	0,885-0,92	185-195	—	3,5-4	-1,5
b) Värtna-	0,900	190	223	2,5	-1
c) Shell-masina	0,929-0,935	185-190	210-215	5,5-7	-15
d) Jäamasina-	0,921	163	196	3,1	-33
2. Aurasilindri-					
a) haril. aurule	0,910	290	310	4,4	-30
b) filekuum. „	0,905-0,919	330-340	373-393	6,5-8,35 100°	3-10
3. Autoõlid:					
a) talve-	0,940	190-215	—	4,3-12	-11- -12
b) suve-	0,940-0,945	230	—	14,5-18,2	-10- -16
4. Mereõlid:					
a) merimasina	0,944	210	—	9,5	-15
b) „ silindri	0,905	280	—	4,4 (100°)	-8
c) „ diisli	0,932	224	—	6-14	-8
d) kompressor	0,926	215-220	—	5,5	0
5. Transformatori-					
maatori-	0,920	160	—	2,5-2,6	—
6. Generaatori-					
õli	0,898	199	221	3,65	-4
7. Õhukompres-					
sori- õli	0,887	193	215	2,82	-4

1) kuumpea- 1-0,5, 2) bensiin- 0,5-0,7, 3) gaas- 0,7-0,9 kuumile ja 0,3-0,7 — kül-mile osile, 4) diiselmootorid - 0,5-0,9 grammi h- tunnis. b) *Liikuvmootorid:* traktori- ja automootorid vajavad õli su- vel: $E_{50} = 5-12$, talvel 4-9; kulunud mootor - $E_{50} =$ kuni 16 g h- t. *Õli- kulu* arvutatakse auto- mootorile 3% ja trakto- rimootorile kuni 9% põ- letiskulust.

9. Taimeõlid	Erikaal 15° C	Tardumis- temp. °C	10. Loomarasvad	Erikaal 15° C	Sulamis- temp. °C
Kastor-	0,96-0,974	-10- -18	Oina-	0,937-0,94	47-49
Kookos-	0,925-0,938	14- 25	Veise-	0,943-0,952	40-47
Kanepi-	0,925-0,931	-27	Sea-	0,931-0,938	37-30
Linaseemne-	0,930-0,935	-15	Kondi-	0,914-0,916	21-22
Mooni-	0,924-0,927	-18	Kala-	0,922-0,94	—
Mindaal-	0,916-0,92	-10- -22	Hülge-	0,925-0,926	—
Naeri-	0,913-0,918	-0	Valaskala-	0,917-0,927	-2
Oliivi-	0,914-0,919	0-5			
Pähkli-	0,925-0,927	-27	11. Mäetõrvad	Tõrva %	Sulamist.
Palmi-	0,921-0,948	27-43	Asfalt	94-99	53-83
Puuvillaseemne-	0,922-0,928	3-4	Pruun kivitõrv	99	30-86
Päevalille-	0,920-0,936	-17	Parafiin (raf.)	0	36-62

Tsementide ja tulekindlate telliste koostis.

1. T s e m e n d i d	Koostis %-des					2. Tulekindlad tellised	Koostis %-des		
Tsemendi liik	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Tellise liik	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO
Portlandi-	18-27	4-14	58-67	1-5	0,5-2,5	Šamott-	20-40	80-60	—
Romaani-	24-27	12-15	52-58	1-2	0,2-2	Kvarts-	2-3*	96-97	1-1,5
Slakk-	21-25	12-16	50-58	1,5-5	0,5-2	Magne-	MgO	1,5-5,4	2,3-3,3
Hüdlr. lubi	10-20	3-8	70-85	1,5-5	0,2-1	siit-	82-84	6-10	0,15-2,2

*) Kvartsitse.

Tugevusõpetus.

I. Pinged ja tugevused.

Tugevusõpetus tegeleb elastseis kehis välistungide mõjul tekkivate pingete ja kujumuutuste suhteiga ja pinge jaotusiga. Tema võimaldab arvutamisel ja katselisel teel kindlaks määrata vajanduvad dimensioonid (mõõtmed) ehituskonstruksioonidele kui ka masinaosile, millega välditakse asjatut materjalikulu.

1. **Pinged.** Kui ühtlast prismalist keha, pikkusega l (joon. 21, a, b), ristpinnaga S cm², tema pikitelje suunas tõmbab või surub P kg, siis tema ristpindades tekivad nn. normaal-tõmbe- või survepinged: σ_t või $\sigma_s = P : S$ kg/cm² ja põikpindades (joon. 21, d) nurga α all: 1) normaalpinged $\sigma_a = \sigma \cos^2 \alpha$ ja 2) tangensiaalpinged $\tau_a = 1/2 \sigma \sin 2\alpha$. Kui $\alpha = 45^\circ$, siis $\tau_a = \tau_{\max} = 1/2 \sigma$.

2. **Deformatsioon.** Piki- ja ristpinged. Tõmbejõu P mõjul (joon. 21, e) keha absoluutne elastne pikenemine (dilatsioon) $\frac{\Delta l}{l} = l_1 - l$, kus l_1 — pikkus tungi mõju ajal; **relatiivne** pikenemine $\varepsilon = \lambda : l$. Absoluutne kokkutõmbumine $\frac{\Delta l}{l} = d_1 - d$ ja relatiivne — või ristisurve $\varepsilon_1 = \delta : d$ pikenemistegur $+\alpha = \varepsilon : \sigma$ cm²/kg. Joungi- ehk normaalelastsusmoodul $E = 1 : \alpha$, ta näitab, kui suur koormis (kg) tuleb rakendada varvale ristipinnaga 1 mm², et absoluutne pikenemine võrduks algpikkusega s. o. $\lambda = l$.

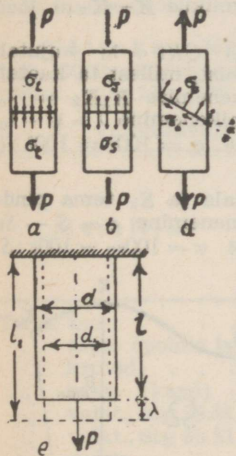
3. **Hooke'i** (loe huugi) seadus: $\sigma = E\varepsilon$ või $\varepsilon = \sigma : E$ või $\lambda = \sigma l : E = Pl : ES$. Korruptis **ES** on kindla keha jaikus tõmbel või survel.

4. **Poisson'i** (loe puassoni) seadus: suhteline ristdeformatsioon (peenemine või jämenemine) on võrdeline vastasmärgiga suhtelise piki-deformatsiooniga (pikenemise või lühenemisega) s. o. $\varepsilon_1 = -\mu\varepsilon$, kus μ on nn. **puassoni-tegur**; tema pöördsuurus $1 : \mu$ nimetatakse **puassoni-arvuks**. Puassoni-tegureid ja -arve vt. lk. 101.

Suurimat sisepinget, millel materjal 1) **katkeb** tõmbel, nimetatakse **tõmbetugevuseks** σ_t , 2) **puruneb** survel — **survetugevuseks** σ_s . Neid pingeid tekitavaid jõude tähistatakse vastavalt K_t ja K_s , järelikult $K_t = \sigma_t$ ja $K_s = \sigma_s$, kuid vastasmärgiga.

5. **Nihke-deformatsioon.** Kui risttahukas (joon. 22) jõu P mõjul nihkub, siis **absoluutne nihe** on $s = CC_1 = DD_1$; **relatiivne nihe** $= s : l = \tan \gamma$; väikesil deformatsioonil $\tan \gamma = \gamma$, kus γ — nihkenurk, järelikult $\gamma = s : l$, nihketegur $\beta = \gamma : \tau$. **Tangensiaal-** (lõike-) **elastsusmoodul** $G = 1 : \beta$ ehk $\tau = G\gamma$ või $\gamma = \tau : G$. Suurimat sisepinget, millel materjal katkeb, nimetatakse **lõiketugevuseks**, tähistatakse τ_l , välistungi tähistatakse K_l . Olenevus E , G ja μ vahel: $G = E : 2(1 + \mu) = mE : 2(m+1)$.

6. **Materjalide mehaanilisi iseloomustusi.** Joon. 23 on esitatud plastilise materjali (pehmeteras, vask jt.) pikenemisdiaagramm, kus ordinaatteljel on märgitud tõmbejõud P ja abstsissiteljel vastavalt tema absoluut-



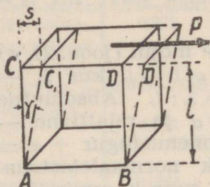
Joon. 21.

sed pikenemised λ . Täpp A_p tähistab proportsionaalsus-, A_e vetruvus-, A_0 - voolavus-, K - tugevus- ja K_a - katkemispiiri;

a) **Proportsionaalsuspiir** (σ_p) on suurim pinge, milleni pikenemine toimub Hooke'i seaduse järgi: $\sigma_p = P_p : S$.

b) **Vetruvus- (elastsus-) piir** (σ_e) on pinge, mille ületamine tekitab kehas jääva kujumuute, vastav pinge $\sigma_e = P_e : S$, mis praktiliselt on see pinge, mille juures lõppdeformatsioon moodustab 0,03—0,01%, keskmiselt 0,02% algpikkusest. Mainitud piirini temperatuur alaneb, pärast seda hakkab tõusma. Täpid A_p ja A_e peaaegu ühtuvad ja seega on ülalmainitud piirid ligikaudu ühesugused.

c) **Voolavuspiir** σ_v on pinge, mille mõjul materjal hakkab venima (voolama) peaaegu jääval tõmbepingel $\sigma_v = P_v : S$.



Joon. 22.

d) **Tugevuspiir** ehk tõmbetugevus (σ_t), millele vastab diagrammil täpp K , on maksimaalse tõmb jõu P_{max} suhe algpinnasse, s. o. $\sigma_t = P_{max} : S$. Täpp K -ni keha pikeneb ja peeneneb ühtlaselt täiel pik- kusele; pärast seda ta mingisugusel kohal peeneneb rohkem kui mujal: tekib nn. kael ja mõne aja pärast katkeb, kusjuures vahemikus $K-K_a$ -ni jõud väheneb kuni katkemiseni.

e) **Pikenemine**. Joon. 23 $OK_1 = \lambda_1$ kujutab keha kogu absoluutset pikenemist, millest ta kaotab katkemismomendil elastse pikenemise $K_1K_2 = \lambda_0$ ja järele jääb absoluutne jäävpikenemine $\lambda = \lambda_1 - \lambda_0$.

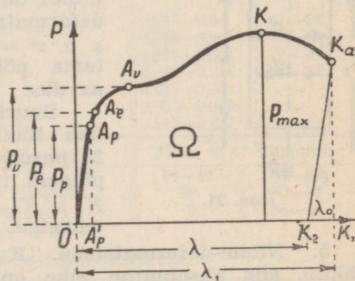
Relatiivne jäävpikenemine $\epsilon = \lambda : l$ või protsentes $\varphi = 100\epsilon = 100\lambda : l$ mis on materjali sitkuse määär.

f) **Peenenemine**. Kui S on katsekeha algpindala ja S_k tema pind- ala katkemise kohal (kaelas), siis absoluutne peenenemine $\varsigma = S - S_k$ ja relatiivne peenenemine $\epsilon_q = \varsigma : S$ või protsentes $\varphi = 100\epsilon_q = 100\varsigma : S$.

i) **Elastsusjõudude** (deformatsi- ooni) eritöö. Diagrammi pindala Ω (joon. 23) kujutab graafiliselt kogu deformatsioonitööd. Katsekeha, mille $V = Sl$, töö (A) 1 cm^3 kohta: $A = \Omega : Sl = \eta P_{max} \lambda : Sl = \eta \sigma_t \epsilon$ $kgcm/cm^3$ või kgm/cm^3 , kus η nn. täitetegur, mis terasele, vasele ja pronksile = 0,6—0,8.

k) **Väsimuspiir** (σ_w). Kui mater- jalile mõjuvad teatud ajavahemikel vahelduvad pinged, siis võib ta mõne aja pärast puruneda enne tugevus- ja mõnikord isegi enne elastsuspiiri; seda nähtust nimetatakse materjali väsi- museks. Äärmist pinget, millele materjal ei purune väga suure arvu vahelduvate koormiste puhul, nimetatakse väsimuspiiriks või töötamis tugevuseks ja tähistatakse σ_w . Terasel see piir määratakse kaunis täp- selt, kui katsupinged on vaheldunud 6—10 miljoni korda, värvilisel metal- lel 20—100 miljoni korda. Terasel $\sigma_w = 0,4—0,55\sigma_t$; väände $\sigma_w = 0,5\sigma_w$

Väsimuspiirid on toodud tab. lk. 101.



Joon. 23.

Ameerikas erikomisjon määras kindlaks normaaltöötamisajad masinaosile ja ehituskonstruksioonidele.

Mõningaid neist:

Aurturbiini vöölid peale 15.10⁹ pööride

Aurmootori väntla sõrmed peale 10⁹ tsükli

Aurmootori kepsu sõrmed peale 120.10⁶ "

Aeromootori kepsu sõrmed peale 18.10⁶ "

Raudteesillad (sõidukohad) 2.10⁶-tõuke

Raudtee-alussõrestikud (sõidukohad) 40.10⁶- "

Raudteerööpad (sõidukohad) 15.10⁶- "

Vaguniteljed (sõiduk.) 50.10⁶-pööride

Veduriteljed 400.10⁶- "

Transmissioonivõll. " 360.10⁶- "

Puassoni tegureid ja -arve.

(Keskmised suurused.)

Materjal	μ	$\frac{1}{\mu}$
1. Teras	0,3	3,33
2. Malm	0,269	3,72
3. Messing	0,374	2,67
4. Vask	0,327	3,06
5. Pronks	0,323	3,1
6. Alumiinium	0,363	2,75
7. Tsink	0,205	4,88
8. Plii	0,428	2,34
9. Liivakivi	<0,1	>10
10. Parafiin	0,5	2,0
11. Klaas	0,245	4,08
12. Batoon	0,167	6,0

Näiteks: Mitu aastat võib pidevalt töötada aurturbiinivõll, mis teeb 3000 pööret minutis? Võll teeb päevas 3000.60.24 = 432.10⁴ pööret. 15.10⁹ : 432.10⁴ = 15.10⁵ : 432 = 3600 p. = ~10 aastat.

1. Vajanduvamate metallide elastsusmooduleid ja tugevusi.

Metallid	Elastusmoodulid		Elast-sus-piir (kg/cm ²)	Tugevus	
	Tõmbele ja survele	Lõikele		tõmbe- K_t	surve- K_s
	$E = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$	$G = \frac{1}{\beta} \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Teras, tao	20000	7850	1500	3600	3200
„ sepa- (poldid ja kruvid)	20000	7700	1400	3500—4000	
„ sepa- (kard)	20000	7700	1400	3300—4000	
„ valat., Stg 38.81	21500	8340	2000	3800	
„ valat., Stg 60.81	22000	8500	3000	5500—6000	
„ vedru	22000	8400	5000	12000—15500	
„ nikkel	21000	8400	—	5000—8000	
„ kroomnikkel	21000	8400	—	6000—20000	
„ valu	21500	8340	2000	2000	
Malm, hall	9500	4000	650	1200	6500
Vask	12580	4560	1200	2500	4000
Messing	10960	3730	480	1200	1100
Pronks	9000	—	—	4000—5000	
Fosforpronks	10000	3600	—	—	
Deltametall	9000	3600	—	4000—7000	
Alumiinium (val.)	6750	2600	—	900—1000	
Tina	4000	—	—	350	
Tsink	8720	—	250	550	
Plii	500	—	40	130	480

Paljudele metallidele $K_s = K_t$. $K_1 = \mu' K_t$, kus μ' malmile = 1,1 (keskm.), taoterasele = 0,78–0,82, teraskarrale piki = 0,87, põiki = 0,84, valatud terasele = 0,84–0,87. $K_v = 0,75 K_t$. $K_p = K_t$. Metallide tugevus oleneb temperatuurist: kõrgematel temp. väheneb tugevus, nii näit. on valatud terase K_t 20° C juures 3800, 500° C juures 1900 ja 1000° C juures 575.

2. Traatide ja veorihmade tugevusi		3. Tähtsamate puidusortide tugevusi					
Traatide materjal	K_t (kg/cm ²)	Puidusordid	Elastsusmoodul E (kg/cm ²)	Tugevused (kg/cm ²)			
				Tõmbe- K_t	Surve- K_s	Painde- K_p	Lõike- K_1
Alumiinium	2300–2700	Akaatsia . .	1500	{ 1175 1890	{ 740 800	1080	—
" -pronks	6500						
Messing . .	5000–6100	Tamm . .	1140	{ 500 1390	{ 345 420	700	75
Plii (kõva) .	220	Pöökpuu . .	1800	1340	430	670	85
Pronks . . .	4600–7100	Saarepuu .	1440	1600	480	1151	—
Teras . . .	5600–7000	" Ameerika	1500	1350	400	800	—
Tiigelteras .	9000–19000	Mänd:					
Tsink . . .	1900	Saksamaa	920	750	245	420	45
Vask . . .	4000	Eesti . .	1250	820	340–430	520	—
Nahkrihm	250–450	Kuusk . . .	1500	{ 600 1450	{ 300 520	730	40
Kanepkõis .	1200–1350						

4. Kivide ja segude tugevusi.

Materjal	K_s kg/cm ²	Materjal	K_s kg/cm ²	Materjal	K_s kg/cm ²
1) Kivi:		2) Segu:		Tsem.: liiv: kivi	
Graniit . .	800–2000	Tsem. s. 1 : 3	200–450	1 : 2 : 4	200
Paas . . .	400–1800	Lubjasegu .	15	1 : 3 : 4	160
Kruusabet. .	60–400	3) Müür:		1 : 3 : 6	140
Klinker . .	250–1000	Klinker. ts. s. 1:3	250–300	1 : 4 : 8	120
Tellis I s. .	150–250	Tellis I s. 1 : 3	120–140	1 : 3 :	180
" II s. .	100–150	Murdkivist I s.	80–130	1 : 4 :	150

Märkmeid: 1. Müüri, segu ja betooni tugevused on maksvad peale 28-päevalist kivistumist. 2. Ts. s. tähistab tsemendi- ja l. s. lubjasegu.

II. Lubatud pinged.

Ehituskonstruksioones ja mehhanismes lubatud pingete (k) valiku aluseks võetakse kas voolavuspiir, σ_v , tõmbetugevus σ_t või väsimuspiir σ_w , olene des materjali liigist (plastiline või habras-) ja mõjuvate jõudude iseloomust (staatiline või dünaamiline koormis). **Staatiline koormis.** Lihttõmbel võsurvel lubatud pinged plastilisil materjalele k_t ja $k_s = \sigma_v : n$ ja haprail k_t ja $k_s = \sigma_t : n$, kus n on tagatistegur või julgeolekutegur, mis ehitiste puhul = 2 (ehitusterasele), malmile, betoonile, kivele ja puidule $n = 4$ kuni 8. **Dünaamiline koormis.** Muutlikel koormisil lubatud pinged k_t ja $k_s = \sigma_w : n = 3–4$. Tab. on toodud masinaehituses lubatud pinged Bachi järgi mis varemalt ol masinaehituse arvestamisaluseks. Praegusajal lubatud pingete valikul peetakse silmas mitsmesuguseid tegureid: arvestamistäpsuse astet, materjalide tehnoloogilisi iseärasusi ja sorte, koormise iseloomu ja masina töötingimusi.

1. Lubatud pinged (kg/cm²) masinaehitusel Bach'i järgi.

Koormis- viis		Valatud raud	Valatud teras	Terase- valu	Malm	Fosfor- pronks
Tõmme k_t	I	900—1200	1200—1500	600—900	300	750
	II	600—800	800—1000	400—600	200	500
	III	300—400	400—500	200—300	100	250
Surve k_s	I	900—1200	1200—1500	900—1200	900	—
	II	600—800	800—1000	600—900	600	—
Paine k_p	I	900—1200	1200—1500	750—1050	Lõige □ ○	
	II	600—800	800—1000	500—700	510	615
	III	300—400	400—500	250—350	340	410
Vääne k_v	I	600—840	900—1200	480—840	—	750
	II	400—560	600—800	320—560	—	500
	III	200—280	300—400	160—280	170	205
Lõige k_l	I	720—960	960—1200	480—840	—	300
	II	480—640	640—800	320—560	—	200
	III	240—320	320—400	160—280	—	100

I tähendab lubatud pinget alatilisel koormisel,
II — muutlikul koormisel (0 kuni kindla suu-
ruse) ja muutlikul koormisel (tõmbest surveni ja
III — ümberpöörduvalt).

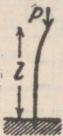
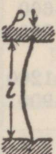
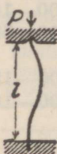
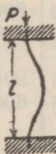
2. Ehitustehnikas lubatud pinged (kg/cm²).

Materjal	k_t	k_s	k_p	k_l	Müüritis	Müürides k_s (kg/cm ²) segud 28 päeva pärast		
						lubja-	sega-	tsement.
Valatud talateras .	1200	1200	1200	1000		1 : 3	1 : 2 : 8	1 : 3
Valat. teras kolon- nidele ja tugedele	1200	1200	1200	1000	Klinkreist	—	—	20—30
Sepateras	750—1000	—	—	700	Tellistest I s.	10	14	—
Terastraat . . .	1200	—	—	—	Tellistest II s.	7	—	—
Malm kolonnidele .	—	500	250	200	Silikaatkivist	10	14	—
„ tugedele . . .	—	1000	—	—	Paekivist . .	10	14	20
Fassongterase valu	—	—	1200	—	Põllukivist .	5	7	—
Taotud teras . .	1400	1400	1400	—	Vundamendi müüritis: 1) tampi- mata betoonist $k_s = 6—8$ (kg/cm ²), 2) tambitud $k_s = 10—15$ (kg/cm ²). Hea ehituspõhi $k_s = 3—5$ (kg/cm ²). Graniidi $k_s = 25—60$ (kg/cm ²); liiva- kivi 15—30 ja paekivi 20—30 (kg/cm ²).			
Tsinklehed . . .	200	200	150	—				
Tamm ja pöökpui	100	80	100	15				
Mänd	100	60	100	10				
Kuusk	60	50	—	—				
Jalakas	100	66	—	—				

III. Arvutusvõrrandid.

1. Tõmme (tõmbvarvad, ketid, köied, poldid, sõrestiku ripptoad jm.). Ristpinnaga S (cm²) varva ohuta koormis $P = Sk_t$, siit $S = P : k_t$ ja $k_t = P : S$.
2. Surve (vundamendid, postid, sambad, kandejalad, kepsud jm.) $P = Sk_s$ jne. Muutliku ristpinna puhul määratakse P väikseima ristpinna järgi. 3. Nihe (lõige) needivarvad, kolvisõrmed, vedrupoldid jm.) $P = Sk_l$.

4. Nõtk (sambad, postid, kepsud, vāntlad jm.). Kui suruda prussi, mille pikkus on suur võrreldes tema ristpinnaga, siis teda peab arvestama ka nõtketugevusele. Tähistagu l prussi pikkust (cm), E — elastusmoodulit (kg/cm²), J — kardetava lõike väikesimat inertsmomenti (cm⁴), P_k — piirkoormat nõtkel, siis (Euler'i järgi) on maksvad järgmised valemid:

			
$P_k = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{E \cdot J}{l^2}$	$P_k = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot J}{l^2}$	$P_k \approx 2\pi^2 \cdot \frac{E \cdot J}{l^2}$	$P_k = 4\pi^2 \cdot \frac{E \cdot J}{l^2}$
Üks ots täiesti kinni, teine vaba	Mõlemad otsad liikmeiga seotud	Üks ots liikmeiga seotud, teine kinni	Mõlemad otsad täiesti kinni

Lubatud koormis $P = P_k : S$, peale selle $P \leq S k_s$, kus S kardetav lõikepind. Hodgkinson'i järgi võib ette tulla malmist samba murdumine, kui $l : d < 15$; purustumine, kui $l : d < 15$. Malmist sammaste kandvuse väljaarvamisel praktiliseks otstarbeks on kohasem järgmine viis: Tähistagu d samba läbimõõtu, l pikkust, P koormist ja s seinapaksust, siis on $sd^3 = Pl^2 : 80\,000$ alt kinnitamata sammastele, kui nad kannavad koormist vabalt, ja $sd^3 = Pl^2 : 20\,000$, kui sammast alt on kinni müüritud.

Näide: 4,2 m pikkune kinnitamata malmist sammast, mille $s = 3$ cm, 3500 kg koormisel peab olema järgmise läbimõõduga: $sd^3 = 3500 \cdot 420^2 : 80\,000 = 3500 \cdot 176\,400 : 80\,000 = 35 \cdot 1764 : 8 = 7717,5$; $d^3 = 7717,5 : s$ ja et $s = 3$ cm, siis $d^3 = 7717,5 : 3 = 2572,5$ ja $d = 13,6$ cm.

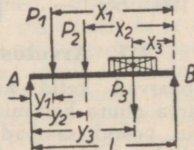
5. Vääne (keere). Kui prussile, mille pikkus l , mõjub jõududepaar risti tema teljega ja vāändemomendi M_v mõjul kaks 1 cm kaugusel asuvat ristpinda pööratakse teineteise suhtes ϑ nurga võrra, siis terve prussi vāände- või keerdenurk $\phi = l\vartheta$ (radiaani) või $\phi = 360 l\vartheta : 2\pi$ (kraad).

Mõne pinna vāändemoment M_v ja vāändenurk ϑ :

1. Ringipinna: $M_v = \frac{1}{16}\pi d^3 k_v = \sim 0,2d^3 k_v$; $k_v = 16M_v : \pi d^3$; $\vartheta = 32M_v : \pi d^4 G = M_v : 0,1d^4 G$. 2. Ringrõngaspinna: $M_v = \frac{1}{16}\pi(D^4 - d^4)k_v : D$; $k_v = 16DM_v : \pi(D^4 - d^4)$; $\vartheta = 32M_v : \pi(D^4 - d^4)G$. 3. Ristküliku pinna: $M_v = \frac{2}{9}b^2 h k_v$, ($h > b$); $k_v = 4,5M_v : b^2 h$; $\vartheta = 3,6M_v (b^2 + h^2) : G b^3 h^3$. 4. Ruudu pinna: $M_v = \frac{2}{9}a^3 k_v$; $k_v = 4,5M_v : a^3$; $\vartheta = 7,2M_v : a^4 G$. 5. Ellipsi $M_v = \frac{1}{16}\pi b^2 h k_v$, kus h suurem- ja b väiksem telg; G — tang. — elastusmoodul.

6. Paine (talad, teljed, vōlvid jm.). 1) Kui kahel toel A ja B (joon. 1) asetsevale talale mõjuvad jõud P_1, P_2 ja P_3 , siis saame järgmised valemid,

kus A ja B on tugevate reaktsioonid ja Σ jõudude summa. Kui talale mõjub üks jõud, siis $A = P_x : l$ ja $B = P_y : l$. Näide: kui $P = 3000$ (kg), $l = 5$ m, $x = 2$ m ja $y = 3$ m, siis $A = 3000 \cdot 200 : 500 = 1200$ (kg); $B = 3000 \cdot 300 : 500 = 1800$ (kg); reaktsioonide summa $A + B = 1200 + 1800 = 3000$ (kg) = P .



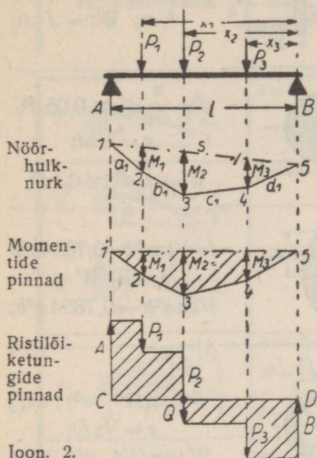
$$A = \frac{\Sigma P \cdot x}{l} = \frac{P_1 \cdot x_1 + P_2 \cdot x_2 + P_3 \cdot x_3}{l}$$

$$B = \frac{\Sigma P \cdot y}{l} = \frac{P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + P_3 \cdot y_3}{l}$$

Joon. 1.

2) Paindemoment M_p on kõikide jõudude momentide summa, $M_{p\max} = W \cdot k_p$, kus W on vastupanumoment.

3) Ülesanne: Talale AB (joon. 2), pikkusega $l=12$ m mõjuvad jõud: $P_1=200$ kg, kaugusel B -st $x_1=10$ m, $P_2=465$ kg, $x_2=7,5$ m ja $P_3=230$ kg, $x_3=3,3$ m. Leida graafiliselt A , B ja $M_{p\max}$ ja kardet. ristpind.



Joon. 2.

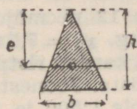
Lahendus. Joonestame tala mastapis 1:500 ja jõud mastapis 1 mm — 50 (kg). Vabalt võetud täpist O (pooolus) tõmbame kiired a, b, c ja d , saame jõudude hulknurga. Täpist 1 tõmbame $a_1 \parallel a$, tp. 2 $b_1 \parallel b$, tp. 3 $c_1 \parallel c$ ja tp. 4 $d_1 \parallel d$; täpid 1 ja 5 ühendame sulgjoonega s ja, tõm-

mates poolusest O $s_1 \parallel s$, leiame tugisurveid A ja B , murdjoon $a_1b_1c_1d_1$ nimet. nöörhulknurgaks. Asetades sulgjoone horisontaalselt, saame momentide pinna, kus $M_2 = M_{p\max}$. Ristlõikejõudude pinnad saame, kui horisontaalsel sulgjoonel CD konstrueerime jõududele A , P_1 , P_2 , P_3 ja B ristkülikud (joonis 2). Kardetavaim ristpind asub kohal, kus ristlõikejõud $= 0$, s. o. täpp Q sirgel CD .

Ümar- ja ruutlõigete inerts- ja vastupanumomendid.
Tasapinna inertsmoment $I_x = \sum y^2$ (X -telje suhtes) ja $I_y = \sum x^2$ (Y -telje suhtes). Vastupanumoment $W = I : e$, kus e äärmise kiu kaugus.

Läbimõõt või ruudukülg	Ümarlõigete momendid	Ruutlõigete momendid		
d	$I = \frac{\pi d^4}{64}$	$W = \frac{\pi d^3}{32}$	$I = \frac{d^4}{12}$	$W = \frac{d^3}{6}$
1	0,049	0,0982	0,0833	0,1667
2	0,785	0,7854	1,3333	1,3333
3	3,976	2,651	6,7500	4,5000
4	12,57	6,283	21,333	10,667
5	30,68	12,27	52,083	20,833
6	63,62	21,21	108,00	36,000
7	117,90	33,67	200,08	57,167
8	201,10	50,27	341,33	86,333
9	322,10	71,57	546,75	121,50
10	490,90	98,17	833,33	166,67
11	718,70	130,7	1220,1	221,83
12	1018,00	169,6	1728,0	288,00
13	1402,00	215,7	2380,1	366,17
14	1886	269,4	3201,3	457,33
15	2485	331,3	4218,8	562,50
16	3217	402,1	5461,3	682,67
17	4100	482,3	6960,1	818,83
18	5153	572,6	8748,0	972,00
19	6397	673,4	10860	1143,2
20	7854	785,4	13333	1333,3
21	9547	909,2	16207	1543,5
22	11499	1045	19521	1774,7
23	13737	1194	23320	2027,8
24	16286	1357	27648	2304,0
25	19175	1534	32552	2604,2
26	22432	1726	38081	2929,3
27	26087	1932	44287	3280,5
28	30172	2155	51221	3658,7
29	34719	2394	58940	4064,8
30	39761	2651	67500	4500,0

Mõne läbilõikevormi inerts- ja vastupanumomendid.



$$J = 1/36 b h^3;$$

$$e = 2/3 h;$$

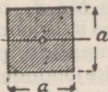
$$W = 1/24 b h^2;$$



$$J = 1/12 b h^3;$$

$$e = 1/2 h;$$

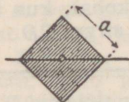
$$W = 1/6 b h^2;$$



$$J = 1/12 a^4;$$

$$e = 1/2 a;$$

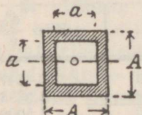
$$W = 1/6 a^3;$$



$$J = 1/12 a^4;$$

$$e = 1/2 a \sqrt{2};$$

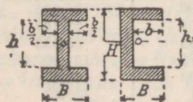
$$W = 1/12 a^3 \sqrt{2};$$



$$J = 1/12 (A^4 - a^4);$$

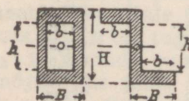
$$e = 1/2 A;$$

$$W = (A^4 - a^4) : 6A;$$

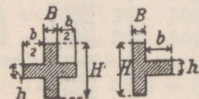


$$J = 1/12 (B H^3 - b h^3);$$

$$e = 1/2 H;$$



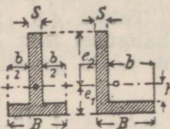
$$W = \frac{(B H^3 - b h^3)}{6 H}$$



$$J = 1/12 (B H^3 + b h^3);$$

$$e = 1/2 H;$$

$$W = \frac{(B H^3 + b h^3)}{6 H}$$



$$J = 1/3 (s e_2^3 + B e_1^3 - b h^3)$$

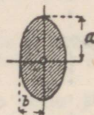
$$e = \begin{cases} e_2; & W_2 = J : I_2; \\ e_1; & W_1 = J : I_1; \end{cases}$$



$$J = \frac{\pi}{64} d^4 \approx 0,05 d^4;$$

$$e = 1/2 d;$$

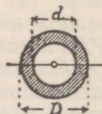
$$W = \frac{\pi}{32} d^3 \approx 0,1 d^3;$$



$$I = 1/4 \pi a^3 b = 0,7854 a^3 b$$

$$e = a; \quad W =$$

$$1/4 \pi a^2 b = 0,7854 a^2 b;$$



$$J = \pi (D^4 - d^4) : 64;$$

$$e = 1/2 D;$$

$$W = \pi (D^4 - d^4) : 32 D;$$



$$J = \frac{\pi}{4} (A^3 B - a^3 b)$$

$$\approx \frac{\pi}{4} A^2 (A + 3 B) s;$$

$$e = A;$$

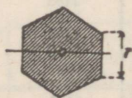
$$W \approx \frac{\pi}{4} A (A + 3 B) s;$$



$$J = 0,5413 r^4;$$

$$e = 1/2 r \sqrt{3};$$

$$W = 0,625 r^3;$$



$$J = 0,5413 r^4;$$

$$e = r;$$

$$W = 0,5413 r^3;$$

Poolringi pindala

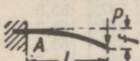
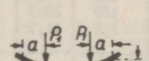
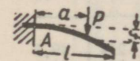
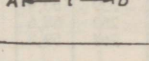
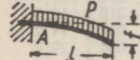
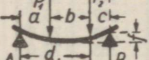
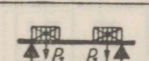
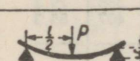
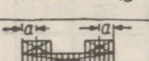
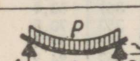
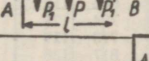
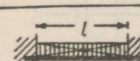
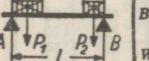
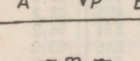
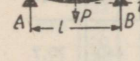
$$J = 0,1098 r^4; \quad e_1 =$$

$$= 0,5756 r; \quad e_2 =$$

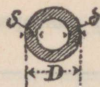
$$= 0,4244 r;$$

$$W_1 = 0,1908 r^3; \quad W_2 = 0,2587 r^3.$$

Tähtsamaid ühtlase tala paindekoormisviiside tugisurved, vastupanumomendid ja paindekõrgused.

Koormisviisid	Tugisurved (reaktsioonid) A ja B , W — vastupanumoment, f — paindekõrgus	Koormisviisid	Tugisurved (reaktsioonid) A ja B , W — vastupanumoment, f — paindekõrgus
1. 	$A = P$ $W = \frac{P \cdot l}{\sigma_b}$ $f = \frac{P \cdot l^3}{3 E \cdot J}$	10. 	$A = B = P_1$ $P = 2 P_1$; $P_1 = \frac{P}{2}$ $W = \frac{P_1 \cdot a}{\sigma_b}$ $f = \frac{2 P_1 \cdot a^2 \cdot (-a)^2}{3 E \cdot J \cdot l}$
2. 	$A = P$ $W = \frac{P \cdot a}{\sigma_b}$ $f = \frac{P \cdot a^3}{3 E \cdot J}$	11. 	$A = \frac{P_1 \cdot c + P_2 \cdot c}{l}$ $W_1 = \frac{A \cdot a}{\sigma_b}$ $B = \frac{P_1 \cdot a + P_2 \cdot d}{l}$ $W_2 = \frac{B \cdot c}{\sigma_b}$ $f = \frac{P_1 \cdot a^3 \cdot c^2 + P_2 \cdot c^2 \cdot d^2}{3 E \cdot J \cdot l}$
3. 	$A = P$ $W = \frac{P \cdot l}{2 \sigma_b}$ $f = \frac{P \cdot l^3}{8 E \cdot J}$	12. 	$A = B = P_1$ $W = \frac{P_1 \cdot a}{\sigma_b}$
4. 	$A = P_1 + P_2 + P_3$ $W = \frac{P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 + P_3 \cdot l_3}{\sigma_b}$ $f = \frac{P_1 \cdot l_1^3 + P_2 \cdot l_2^3 + P_3 \cdot l_3^3}{3 E \cdot J}$	13. 	$A = B = \frac{P}{2} + P_1$ $W = \frac{P \cdot l + 8 P_1 \cdot a}{8 \cdot \sigma_b}$
5. 	$A = B = \frac{P}{2}$ $W = \frac{P \cdot l}{4 \sigma_b}$ $f = \frac{P \cdot l^3}{48 E \cdot J}$	14. 	$A = \frac{P_1 \cdot (0,5a + b + c) + P_2 \cdot 0,5c}{l}$ $B = \frac{P_1 \cdot 0,5a + P_2 \cdot (a + b + 0,5c)}{l}$ $W_1 = \frac{A^2 \cdot a}{2 \cdot P_1 \sigma_b}$ $W_2 = \frac{B_2 \cdot c}{2 \cdot P_2 \sigma_b}$
6. 	$A = B = \frac{P}{2}$ $W = \frac{P \cdot l}{8 \sigma_b}$ $f = \frac{P \cdot l^3}{77 E \cdot J}$	15. 	$A = B = \frac{P}{2}$ $W = \frac{P \cdot l}{8 \cdot k_b}$
7. 	$A = B = \frac{P}{2}$ $W = \frac{P \cdot l}{12 \sigma_b}$ $f = \frac{P \cdot l^3}{384 E \cdot J}$	16. 	$A = P_1 \cdot \frac{2l + a}{2l}$ $B = P_1 \cdot \frac{2l - a}{2l}$ $P = 2 P_1$ $M_{max} = \frac{P_1 \cdot (2l - a)^2}{8l}$
8. 	$A = B = \frac{P}{2}$ $W = \frac{P \cdot (2l - m)}{8 \cdot \sigma_b}$ $f = \frac{P \cdot l^3}{(48 + \frac{29m}{l}) \cdot E \cdot J}$	17. 	
9. 	$A = \frac{P \cdot b}{l}$; $B = \frac{P \cdot a}{l}$ $W = \frac{P \cdot a \cdot b}{l \cdot \sigma_b}$ $f = \frac{P \cdot a^2 \cdot b^2}{3 E \cdot J \cdot l}$		

Märkmeid: 1. Valemis lugeda ja kirjutada σ_b ja k_b asemel k_p .
2. Suurima paindemomendi saame, kui valemis $M_{p, max} = W k_k$, W asendame tabelis antud väärtustega, näit. 5. paindekoormisviisil $M_{p, max} = 1/4 k_p P l$; $k_p = 1/4 P l$ jne. 3. Kõik pikkused on antud cm, jõud kg-des.



7. Torude (kolonnide) inerts- ja vastupanu-momendid.

<i>D</i>	δ	<i>S</i>	<i>J</i>	<i>W</i>	<i>G</i>	<i>D</i>	δ	<i>S</i>	<i>J</i>	<i>W</i>	<i>G</i>
mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	kg/m	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	kg/m
80	10	22,0	137	34,2	16,0	160	14	64,2	1727	216	46,5
	12	25,6	153	38,2	18,6		16	72,4	1899	237	52,5
	14	29,0	165	41,2	21,0		18	80,3	2056	257	58,2
90	10	25,1	204	45,3	18,2		20	88,0	2200	275	63,8
	12	29,4	229	50,9	21,3		22	95,4	2329	291	69,2
	14	33,4	250	55,6	24,2		24	103	2445	306	74,3
	16	37,2	267	59,3	27,0	170	14	68,6	2104	244	49,7
100	10	28,3	291	58,2	20,5		16	77,4	2320	273	56,1
	12	33,2	327	65,4	24,1		18	85,9	2517	296	62,4
	14	37,8	359	71,8	27,4		20	94,3	2699	318	68,3
	16	42,2	385	77,0	30,6		22	102	2863	337	74,2
	18	46,4	409	81,8	33,6		24	110	3013	354	79,8
110	10	31,4	397	72,2	22,8	180	14	73,0	2534	282	52,9
	12	36,9	450	81,8	26,8		16	82,4	2798	311	59,7
	14	42,2	497	90,4	30,6		18	91,6	3042	338	66,4
	16	47,3	537	97,6	34,2		20	101	3268	363	72,9
	18	52,0	572	104	37,7		22	109	3475	386	79,2
120	10	34,6	527	87,8	25,1	190	24	118	3663	407	85,3
	12	40,7	601	100	29,5		14	77,4	3017	318	56,1
	14	46,6	666	111	33,8		16	87,5	3338	351	63,4
	16	52,3	724	121	37,9		18	97,3	3636	383	70,5
	18	57,7	773	129	41,8		20	107	3914	413	77,4
130	20	62,8	817	136	45,5	200	22	116	4168	439	84,2
	10	37,7	683	105	27,3		24	125	4401	463	90,8
	12	44,5	782	120	32,3		16	92,5	3944	394	67,1
	14	51,0	871	134	37,0		18	103	4303	430	74,6
	16	57,3	949	146	41,5		20	113	4638	464	82,0
140	18	62,3	1019	157	45,9	210	22	123	4948	495	89,2
	20	69,1	1080	166	50,1		24	133	5244	534	96,2
	12	48,3	997	142	35,0		26	142	5499	556	103,0
	14	55,4	1114	159	40,2		28	151	5743	574	109,7
	16	62,3	1218	174	45,2		30	160	5968	597	116,1
150	18	68,9	1311	187	50,0	210	16	97,5	4619	440	70,7
	20	75,4	1395	199	54,7		18	109	5047	481	78,7
	12	52,0	1248	166	37,7		20	119	5448	519	86,6
	14	59,8	1347	180	43,4		22	130	5819	554	94,2
	16	67,4	1534	205	48,9		24	140	6166	587	101,6
	18	74,7	1656	221	54,1		26	150	6488	618	109,0
	20	81,7	1766	235	59,2		28	160	6786	646	116,1
	22	88,6	1866	249	64,2		30	170	7062	673	123,0
	24	95,0	1955	261	68,9						

Tabelis antud *G* (kg/m) on siledate malmtorude (kolonnide) kaal, kus 1 m³ malmi kaal on arvatud 7250 kg. Raud-, valatud raud- ja valatud terastorude puhul korrutada tabeli andmeid vastavalt 1,076-, 1,083- ja 1,084-ga.

<i>D</i>	δ	<i>S</i>	<i>J</i>	<i>W</i>	<i>G</i>	<i>D</i>	δ	<i>S</i>	<i>J</i>	<i>W</i>	<i>G</i>
mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	kg/m	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	kg/m
220	16	103	5342	486	74,3	290	18	154	14289	986	111,5
	18	114	5873	534	82,8		22	185	16743	1155	134,3
	20	126	6346	577	91,1		26	216	18970	1308	156,3
	22	137	6839	622	99,2		30	245	20983	1447	177,6
	24	148	7203	655	107,2		34	273	22798	1573	198,2
	26	158	7589	690	114,9	300	20	176	17330	1155	127,5
	28	169	7949	723	122,5		24	208	19966	1331	150,9
	30	179	8282	753	129,8		28	239	22363	1491	173,5
230	16	109	6207	540	78,0		32	269	24535	1636	195,3
	18	120	6630	577	86,9		36	299	26479	1765	216,5
	20	132	7341	638	95,6		40	327	28262	1884	236,9
	22	144	7862	684	104,3	320	20	188	21302	1331	136,7
	24	155	8351	726	112,6		24	223	24558	1535	161,8
	26	167	8809	766	120,8		28	257	27580	1724	186,3
	28	178	9238	803	128,8		32	290	30390	1900	209,9
	30	189	9637	838	136,7		36	321	32905	2057	232,9
240	18	126	7785	649	91,0		40	352	35186	2199	255,1
	20	138	8434	703	100,2	340	20	201	25838	1520	145,8
	22	151	9042	753	109,3		24	239	29912	1759	172,8
	24	163	9546	796	118,1		28	274	33665	1980	198,9
	26	175	10154	846	126,7		32	310	37115	2183	224,5
	28	186	10659	888	135,2		36	344	40277	2369	249,3
	30	198	11133	928	143,5		40	377	43165	2539	273,3
250	18	131	8880	710	95,1	360	20	214	30977	1721	154,9
	22	158	10334	827	114,3		24	253	35935	1996	183,6
	26	183	11633	931	132,7		28	292	40526	2251	211,7
	30	207	12778	1022	150,3		32	330	44773	2487	239,0
	34	231	13790	1103	167,3		36	366	48680	2704	265,6
260	18	137	10073	775	99,2		40	402	52276	2904	291,5
	22	164	11746	904	119,3	380	44	437	55582	3088	316,7
	26	191	13243	1019	138,5		20	226	36756	1935	164,0
	30	217	14577	1121	157,2		24	270	42718	2248	194,6
	34	241	15691	1207	175,0		28	308	48262	2540	224,5
270	18	143	11369	842	103,3		32	346	53400	2811	253,6
	22	171	13286	984	124,3		36	383	58379	3073	282,1
	26	199	15000	1111	144,5		40	418	62593	3294	309,8
	30	226	16539	1225	164,0	400	44	453	66671	3509	336,8
	34	252	17914	1327	182,8		20	239	43210	2160	173,1
280	18	148	12774	912	107,4		24	284	50306	2515	205,5
	22	178	14947	1068	129,3		28	336	56917	2846	237,2
	26	207	16909	1208	150,4		32	370	63103	3156	268,3
	30	236	18674	1334	170,8		36	412	68852	3443	298,5
	34	263	20257	1447	190,5		40	452	74195	3710	327,7
290	30	236	18674	1334	170,8		44	492	79154	3958	356,8
	34	263	20257	1447	190,5		48	531	83744	4187	384,8

8. Talade kindlaksmääramis-tabelid.

A. Puittalad.

Üldkoormis (omakaal + kasulik koormis) = 450—500 kg/cm².
1. Suurhooneile.

Talade vahed cm	Talade ristlõikemõõdud: kõrgus × laius cm								
	20×8	20×10	20×13	20×15	23×10	23×13	23×15	23×18	25×15
	Maksimaalsed tugele kaugused m-tes								
70	3,49	3,90	4,45	4,78	4,48	5,12	5,50	6,02	5,97
75	3,38	3,76	4,30	4,62	4,34	4,95	5,30	5,82	5,77
80	3,26	3,64	4,15	4,47	4,20	4,78	5,14	5,62	5,58
85	3,17	3,54	4,04	4,34	4,07	4,65	4,99	5,46	5,43
90	3,08	3,44	3,92	4,22	3,95	4,52	4,85	5,30	5,27
95	3,00	3,35	3,82	4,10	3,85	4,40	4,72	5,16	5,14
100	2,92	3,26	3,72	4,00	3,75	4,28	4,60	5,03	5,00

2. Väikehooneitele. (Mõõdud cm-tes.)

Talade vahed	a) üldkoormis = 300 kg/m ² .											
	10×14	12×14	10×16	13×16	10×18	13×18	16×18	10×20	12×20	14×20	14×20	14×20
70	331	350	378	—	426	—	—	473	500	—	—	—
75	324	344	370	400	416	450	—	463	491	—	—	—
80	315	336	360	394	404	444	—	450	481	500	—	—
85	305	329	349	387	392	436	—	436	472	496	—	—
90	297	323	339	380	381	428	—	424	463	487	—	—
95	289	316	330	373	372	420	450	412	451	478	—	—
100	281	308	322	366	363	412	443	402	440	470	—	—

b) üldkoormis = 350 kg/m²

70	311	335	356	392	400	441	—	445	478	500
75	301	327	344	383	387	431	—	430	467	492
80	291	319	333	375	375	422	450	416	456	481
85	282	310	323	368	364	414	443	404	442	472
90	275	301	314	358	353	403	435	392	430	468
95	267	293	306	348	344	392	427	382	418	452
100	261	286	298	340	335	382	420	372	408	440

Tabelite kasutamine

Millise tala peame valima, kui talade vahe = 80 cm, üldkoormis = 480 kg/cm² ja tugele kaugus = 3,60 m? Esimesest lahtrist (1 tab.) otsime arvu 80 ja läheme horisontaalrida mooda paremale; näeme, et pole seesugust arvu; võtame temale lähema suurema arvu, s. o. 3,64, ning tema pealt vertikaalrea esimesest lahtrist leiame, et otsitava tala mõõdud on 20×10 cm.

Terastaladetabeli kasutamine: Näide:
Tala üldkoormis=12840 kg, tugikaugus T = 2,5 m. Milline peab olema tala? Tabelist otsime esiteks tugikauguse 2,5 (5. lahter) ja tema alt otsime arvu 12840. Näeme, et seesugust arvu pole; võtame temast suurema arvu 13465, ja tema vastu horisontaalreal leiame esimesest lahtrist 24, tähendab on vaja tala nr. 24.

9. Ketid ja köied. (Transm. traatköis vt. lk. 124.)

B. Terastalad.

I NP	T u g i k a u g u s											
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
8	103	126	153	185	224	274	342	387	442	511	573	639
10	206	259	324	410	496	613	690	813	905	1066	1194	1346
12	353	440	558	682	824	1019	1113	1311	1456	1666	1866	2100
14	548	672	840	1019	1219	1496	1618	1919	2146	2466	2746	3100
16	824	1019	1287	1587	1919	2311	2536	2996	3366	3866	4311	4900
18	1164	1456	1840	2259	2711	3211	3536	4096	4566	5166	5666	6400
20	1587	1996	2496	3011	3566	4166	4596	5266	5811	6466	7011	7900
22	2084	2596	3196	3811	4466	5166	5696	6466	7011	7811	8466	9500
24	2682	3296	3996	4711	5466	6266	6896	7866	8411	9366	10011	11200
26	3388	4111	4911	5711	6566	7466	8166	9266	9911	10966	11711	13100
28	4193	5011	5911	6811	7766	8766	9566	10766	11511	12766	13511	15000
30	5155	6166	7166	8166	9266	10366	11366	12566	13311	14666	15411	17000
32	6166	7266	8366	9466	10566	11666	12766	13966	14811	16266	17011	18500
34	7266	8466	9666	10866	12066	13266	14466	15666	16511	17966	18711	20500
36	8466	9766	10966	12266	13566	14866	16166	17466	18311	20066	20811	22500
38	9766	11066	12366	13666	14966	16266	17566	18866	19711	21566	22311	24000
40	11171	12566	13866	15166	16466	17766	19066	20366	21211	23166	23911	25500

I m ligikaudu kaalub	a) lahtine lüüklätt											
	0,6	0,8	1,1	1,4	1,8	2,3	2,7	3,2	3,8	4,4	5,1	5,8
Lubata v koor- mis kg	250	360	490	640	810	1000	1200	1400	1690	1950	2250	2560
Lüli või köie d mm	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80

Torud ja nende osad.

Saksa Ins.-liidu ja Gaasi- ning Veevärgi-eriteadlaste Liidu poolt ühiselt välja töötatud.

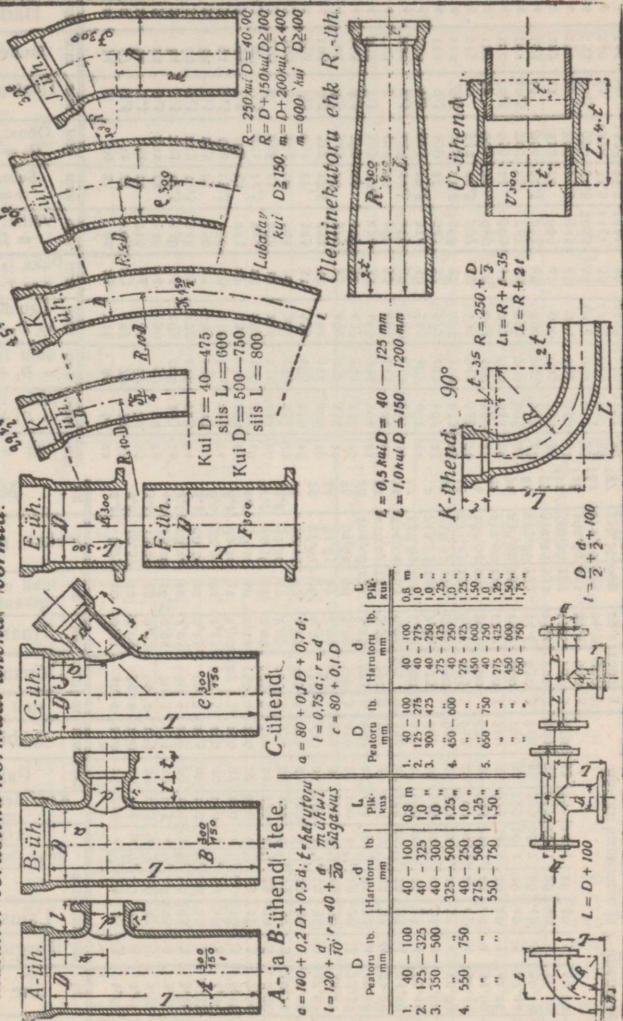
Tabel I. Malmstorustiku normaal-ühendvormid.

Torude kaal
 G määratakse valemist: $G = a k d_m$, kus $d_m = d - s$; (d — välisläbim. ja s — seinapaksus mm,
 $k = \pi s \gamma : 1000$, γ — erik. g/cm³,
 s — mm-tes, a — materjalist olenev tegur.

α väärtusi	
Materjal	α
Teras . .	1
Sepateras	0,094
Malm . .	0,924
Vask . .	1,134
Messing	1,090
Pronks . .	1,096
Plii . .	1,448
Tina . .	0,942
Alum. . .	0,344

Näiteid: 1) **Terastoru**: $d = 88,5$ mm, $s = 4$ mm, $d_m = d - s = 88,5 - 4 = 84,5$ (mm). $G = 1.84,5 \cdot 0,098 \sim 8,34$ kg/m.
 2) **Alumiiniumtoru**: $d = 35$ mm, $s = 1$ mm, $d = 35 - 1 = 34$ (mm). $G = 0,344 \cdot 34 \cdot 0,0247 \sim 0,288$ kg/m.

Malmist torustiku normaal-ühendi vormid.



— 112 —

Muhvi torud					Äärik- torud														
Kaal					Äärikud													Kaal	
Muhvi	pro 1 jooks. m. pikkus			Tinarõnga *)	Õõnuse läbimõõt D	Häril. pikkus L	Läbimõõt:	Paksus	Kruveringi läbi- mõõt	Kruvide		Ääres- tuse.		ühe äärika	1 jooks. m pikkuse toru				
	ekskl. muhvi	inkl. muhvi	jõgikaudselt							Arv	Jäme- dus	Laius	Kõrgus						
kg	kg	kg	kg	mm	m	mm	mm	mm	mm	ingl. tolli	mm	mm	mm	kg	kg				
2,2	8,75	10	0,51	40	2	140	18	110	4 1/2	13	25	3	1,89	10,64					
2,8	10,57	12	0,69	50	2	160	18	125	4 3/4	16	25	3	2,46	12,98					
3,4	13,26	15	0,73	60	2	175	19	135	4 3/4	16	25	3	2,91	16,22					
4,0	15,20	16,5	0,94	70	3	185	19	145	4 3/4	16	25	3	3,21	17,34					
4,6	18,24	20	1,05	80	3	200	20	160	4 3/4	16	25	3	3,84	20,80					
5,3	20,29	22	1,15	90	3	215	20	170	4 3/4	16	25	3	4,37	23,20					
6,0	22,34	24	1,35	100	3	230	20	180	4 3/4	19	28	3	4,96	25,65					
8,8	29,10	32	1,70	125	3	260	21	210	4 3/4	19	28	3	6,26	33,07					
9,7	36,44	40	2,14	150	3	290	22	240	6 1/4	19	28	3	7,69	41,57					
11,7	44,36	48	2,46	175	3	320	22	270	6 1/4	19	30	3	8,96	50,33					
13,8	52,82	57	2,97	200	3	350	23	300	6 1/4	19	30	3	10,71	60,00					
16	61,95	67	3,67	225	3	370	23	320	6 1/4	19	30	3	11,02	69,30					
19	71,61	76	4,30	250	3	400	24	350	8 1/4	19	30	3	12,98	80,26					
22	81,85	87	4,69	275	3	425	25	375	8 1/4	19	30	3	14,41	91,46					
25	92,68	99	5,09	300	3	450	25	400	8 1/4	19	30	3	15,32	102,89					
28	104,08	111	5,16	325	3	490	26	435	10 1/4	22	35	4	19,48	117,07					
31	116,07	124	5,53	350	3	520	26	465	10 1/4	22	35	4	21,29	130,26					
34	124,04	133	6,64	375	3	550	27	495	10 1/4	22	35	4	24,29	140,23					
37	136,89	140	7,46	400	3	575	27	520	10 1/4	22	35	4	25,44	153,83					
40	145,15	155	7,89	425	3	600	28	545	12 1/4	22	35	4	27,64	163,58					
45	158,87	170	8,33	450	3	630	28	570	12 1/4	22	35	4	29,89	178,80					
49	173,17	185	8,77	475	3	655	29	600	12 1/4	22	40	4	32,41	194,78					
54	188,04	202	10,1	500	3	680	30	625	12 1/4	22	40	4	34,69	211,17					
62	212,90	228	11,7	550	3	740	33	675	14 1/4	26	40	5	44,28	242,42					
72	238,90	257	13,3	600	3	790	33	725	16 1/4	26	40	5	47,41	270,51					
84	273,86	295	14,4	650	3	840	33	775	18 1/4	26	40	5	50,13	307,28					
97	311,15	335	15,5	700	3	900	33	830	18 1/4	26	40	5	56,50	348,82					
112	350,76	379	17,4	750	3	950	33	880	20 1/4	26	40	5	59,81	390,63					
128	392,69	425	20,2	800	3														
162	474,76	513	24,7	900	3														
197	559,76	609	29,2	1000	3														
240	666,81	727	34	1100	3														
295	783,15	857	39	1200	3														

Äärika kumeruse ja T-ühendite külje-
pikkus haruga D on $L = D + 100$ mm.

*) Tõrvanöörikaal on ca 0,1 plitirõnga

Ääriku kumeruse ja T -ühendite küljepikkus haruga D on $L = D + 100$ mm.
*) Tõrvanöörikaal on ca 0,1 pliirõnga kaalust.

Märkmeid: Tabel III. A, B, C, E, F ja Ü ühe ühendi kaal kg-des.
Tab. II kohta lk. 136. (vt. joonised lk. 109).

1) Muhvi laius

nippelotsale muhvi-istmes on 0,5 d. Koonusliku ülemineku pikkus muhvi-istmest päristoruni on $t' = t - 35$ mm. Normaalse seinapaksusega torud kannatavad proovirõhul 20 at ja neid tarvitatakse seal, kus on tegemist kuni 10 at rõhuga, nagu veejuhtimisel. Veevärgi hariliku rõhu juures (4—7 at) on lubatav vähendada torude, samuti väikese rõhuga juhtmete seinapaksust (gaasi-, tuule-, kanalisatsioonijuhtmed jne.). Sellevastu on aga soovitatav suurendada aurujuhtmete seinapaksust, mis on seotud suurte temperatuurivahega ja sellega tekkinud pingega. Sama tuleb tähele panna juhtmete juures, mis erilisil tingimusil on seotud kahjulike välimõjudega.

2) Toru välisläbimõõt on kindel, ja muudatusi seinapaksuses võib teha ainult sise-läbimõõdu arvel. Sisemuhvi vorm ja toru külge kinnitamise viis, samuti ka tinafuugi pak-sus on normeeritud. Tingitud val-mistamisest on lubatud õigete normaaltorude juures vahe teoreetiliselt leitud kaaluga maks. $\pm 30\%$.

mm D	A-ühend d mm-tes						B-ühend d mm-tes					
	d=D	80	100	150	200	300	d=D	80	100	150	200	300
	Kaal kg-des						Kaal kg-des					
40	14	—	—	—	—	—	14	—	—	—	—	—
50	19	—	—	—	—	—	19	—	—	—	—	—
60	22	—	—	—	—	—	22	—	—	—	—	—
70	27	—	—	—	—	—	27	—	—	—	—	—
80	30	30	—	—	—	—	31	31	—	—	—	—
90	33	32	—	—	—	—	34	33	—	—	—	—
100	37	35	37	—	—	—	38	36	38	—	—	—
125	54	49	51	—	—	—	55	50	52	—	—	—
150	68	59	63	68	—	—	70	60	64	70	—	—
175	88	79	81	84	—	—	90	80	82	86	—	—
200	97	88	90	91	97	—	100	89	91	94	100	—
225	106	95	97	100	104	—	110	96	98	102	107	—
250	125	111	113	116	121	—	130	112	114	118	124	—
275	144	126	128	131	136	—	150	127	129	133	139	—
300	162	146	148	152	155	162	170	147	149	154	158	170
350	241	174	178	182	187	199	250	175	179	184	190	207
400	299	210	212	216	222	234	310	211	213	218	225	242

mm D	C-ühend id d mm-tes					E-ühend. kg	F-ühend. kg	Ü-ühend. kg	K-ühen- did		Kumerus 90° R	D ₁₂₀ + 300 =	
	d=D	80	100	150	200				300	R = 10 D			
	Kaal kg-des												
40	16	—	—	—	—	—	8	9	7	45	9	10	
50	21	—	—	—	—	—	10	10	8	45	10	11	
60	25	—	—	—	—	—	12	11	10	45	14	14	
70	31	—	—	—	—	—	15	14	12	45	18	18	
80	37	37	—	—	—	—	17	16	14	45	23	21	
90	40	39	—	—	—	—	19	18	15	45	28	23	
100	45	42	45	—	—	—	21	20	17	45	34	28	
125	65	57	60	—	—	—	26	25	22	45	44	33	
150	82	69	72	82	—	—	33	32	26	45	53	45	
175	106	88	91	101	—	—	40	39	34	45	68	50	
200	119	95	98	108	119	—	47	46	41	30	87	66	
225	132	102	105	115	126	—	55	54	46	30	108	75	
250	152	115	118	128	139	—	62	61	55	30	136	100	
275	178	133	136	146	157	—	71	70	63	30	168	115	
300	229	149	152	162	173	229	82	80	75	22,5	178	130	
350	282	179	182	192	203	261	102	100	98	22,5	215	165	
400	354	218	221	231	242	309	123	120	120	22,5	262	210	

Näited: 1) Kui $D = 125$ mm, $d = 80$ mm, siis A üh. kaalub 49 kg, B üh. — 50 kg, P üh. — 57 kg, 2) Kui $D = 125$ mm, siis E üh. kaalub 26 kg, F üh. — 25 kg, Ü üh. — 22 kg, 45° K ühend 44 kg jne.

Tabel IV. R-ühendid.
Üleminekutorud (vt. lk. 135); ühe
ühendi kaal kg-des.

D mm	d mm-fes															
	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	
60	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
70	19	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
80	21	23	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
90	23	25	28	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
100	24	26	30	33	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
125	27	29	38	35	38	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
150	34	35	32	40	43	46	51	—	—	—	—	—	—	—	—	
175	41	43	45	47	49	51	56	62	—	—	—	—	—	—	—	
200	—	49	52	54	56	58	63	69	75	81	88	—	—	—	—	
225	—	—	58	61	62	64	69	75	81	88	95	103	—	—	—	
250	—	—	66	68	70	72	77	82	88	95	103	111	118	—	—	
275	—	—	—	76	77	79	84	90	96	102	111	126	135	—	—	
300	—	—	—	82	84	86	91	97	103	110	118	126	134	142	150	
325	—	—	—	—	94	96	100	106	112	119	126	134	141	149	157	
350	—	—	—	—	—	103	108	114	120	127	134	141	148	154	162	
375	—	—	—	—	—	—	118	124	130	136	142	148	154	162	185	
400	—	—	—	—	—	—	—	130	136	142	148	157	163	172	192	

**Tabel V. Ääriku ühend-
vormid.**

	Ääriku + -ühend		Ääriku T-ühend		Ääriku kumerus		Ääriku kaas		Ääriku läbimõõt		Öönsuse läbimõõt	
	mm	kg	mm	kg	mm	kg	mm	kg	mm	kg	mm	kg
40	140	2	10	13	200	350	16	55	350	76	102	102
50	160	2,5	13	17	225	370	18	65	370	88	117	117
60	175	3	15	20	250	400	21	80	400	119	147	147
70	185	4	13	19	275	425	26	95	425	135	180	180
80	200	5	15	21	300	450	30	110	450	165	205	205
90	215	6	18	25	325	490	36	130	490	190	255	255
100	230	7	20	29	350	520	40	150	520	220	295	295
125	260	8	26	40	375	550	48	175	550	255	340	340
150	290	10	35	52	400	575	52	200	575	290	390	390
175	320	14	45	64	450	630	66	255	630	370	490	490

**Tabel VI. Kokkukeevitamata Mannesmann'i
gaasitorud**
keermetega ja muhvidega.

	Siseläbi- mõõt		Tegelik välis- läbim mm	Normaalse paksusega torude kaal pr m ca kg	Aurutorude		5 mm seinä- paksusega torude kaal pro m ca kg
	ingl. toll	mm			Seinä- paksus mm ca	Kaal pr. m ca kg	
1/8	3	10	0,4	2,4	0,5		
1/4	6,5	13,25	0,6	2,65	0,7		
3/8	10	16,5	0,8	2,85	1		
1/2	13	20,5	1,2	3,25	1,37		1,9
5/8	16	23	1,5	3,5	1,7		2,2
3/4	19	26,5	1,7	3,5	1,96		2,63
1	25	33	2,5	4	2,83		3,42
1 1/4	32	42	3,4	4,25	3,92		4,56
1 1/2	38	48	4,2	4,5	4,79		5,26
1 3/4	44,5	51,75	5	4,5	5,20		5,75
2	51	59	6	4,65	6,29		6,60
2 1/4	57	70	7	4,6	7,4		
2 1/2	63,5	76	8	4,8	8,3		
2 3/4	70	82,5	9	5	9,5		
3	76	89	10	5,15	10,3		
3 1/2	89	102	12	5,6	13,		
4	102	104	14,5	5,85	14,6		

Tabel VII. Tinatorud.

Siseläbim. mm-des	Seinapak- sus mm-tes	1 meetri kaal kg-des	Suuriim pikkus m	Lubata- v rõhk atm.
4	2,0	0,30	55	60
5	1,5	0,25	66	36
5	2,0	0,35	47	48
6	1,5	0,30	55	30
6	2,0	0,35	47	40
7	1,5	0,30	55	25
7	2,0	0,40	41	34
8	1,5	0,35	27	22
8	2,0	0,45	36	30
8	2,5	0,60	27	37
9	1,0	0,35	47	20
9	2,5	0,50	33	26
9	3,0	0,65	25	33
10	1,5	0,40	41	18
10	2,0	0,55	30	24
10	2,5	0,70	23,5	30
10	3,0	0,90	18	36
11	1,5	0,45	36,5	16
11	2,0	0,60	27,5	21
11	2,5	0,80	20,5	27
11	3,0	0,95	17,0	32
12	1,5	0,45	36,5	15
12	2,0	1,65	25,0	20
12	2,5	0,85	19,0	25
12	3,0	1,05	15,0	30
13	1,5	0,50	33,0	13
13	2,0	0,70	23,0	18
13	2,5	0,90	18,0	23
13	3,0	1,10	14,5	27
15	1,5	0,55	29,0	12
15	2,0	0,80	20,0	16
15	3,0	1,25	12,5	24
16	1,5	0,60	26,5	11
16	2,0	0,85	18,5	15
16	3,0	1,30	12,0	22
17	1,5	0,65	24,5	10
17	2,0	0,90	17,5	14
17	3,0	1,40	11,0	21
18	1,5	0,70	22,5	10
18	2,0	0,90	17,5	13
18	3,0	1,45	27,5	20
19	1,5	0,75	22,5	9
19	2,0	1,00	16,0	12
19	3,0	1,50	26,5	19
20	2,0	1,00	40,0	12
20	3,0	1,60	25,0	18
21	2,0	1,05	38,0	11
21	3,0	1,65	24,0	17
22	2,0	1,10	36,0	10
22	3,0	1,70	23,5	17
23	2,0	1,15	34,5	10
23	3,0	1,80	22,0	15
24	2,0	1,20	33,0	10
24	3,0	1,85	21,0	15

Märkus: Valmistatakse kuni 50 mm sise-
läbimõõduga.

Tabel VIII. Sepateras-toru-
ühendite ligikaudne kaal
grammes.

	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/4"	2 1/2"	2 3/4"	3"
	5 mm	8 mm	12 mm	14,5 mm	21 mm	27 mm	35 mm	41 mm	44 mm	50 mm	60 mm	67 mm	73 mm	75 mm
Õiged muhvid	20	31	38	75	130	193	294	371	524	581	824	1106	1304	1318
Reduktsioon-		44	55	75	140	213	294	380	435	506	1000	1306	1500	1720
Põlvühendid		64	98	117	194	305	435	604	792	1141	1500	2080	2300	3300
T-ühendid		67	108	154	247	352	569	792	1060	1351	1940	2180	2690	3350
Ristühendid		73	114	165	263	371	649	882	1100	1436	1800	2500	3400	4000
Kaarihendid		100	200	350	700	1000	1300	1800	2400	3000	4700	6000	7500	9000
Pikk-kruvi		130	183	260	440	640	1000	1300	1700	2000	2500	3000	3200	4000
Katted		31	52	71	145	191	300	400	553	582	800	1120	1310	1350
Punnid		18	29	40	102	190	280	374	562	720	1000	1300	1600	2000
Sisemuuhvid		8	12	22	43	71	91	160	193	227	300	400	500	600
Äärkud		87	160	225	316	420	626	784	835	994	1224	1544	2055	2267

Tabel IX. Sepateras-keermete-
tega ja muhvidega, gaasi- ja
veevärgi-torud.

	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/4"	2 1/2"	2 3/4"	3"
	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/4"	2 1/2"	2 3/4"	3"
Siseläbimõõt ingl. tollides	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3
mm-tes ca	6 1/4	8 7/8	11 3/8	15 1/16	17 1/4	23	27 1/8	43 3/4	50	59 1/2	66	101 1/2	114
Välisläbimõõt	10	13 1/8	16 1/2	20 1/2	23	27 1/8	33 1/4	43 3/4	50	59 1/2	66	101 1/2	114
Seinapaksus-läbimõõt mm-tes ca	17/8	2 1/8	2 3/8	2 7/10	2 7/8	3 1/2	3 3/4	4 1/2	5 1/4	5 3/4	6 1/4	6 1/4	6 1/4
Kaal pro m kg-des ca	0,37	0,55	0,80	1,20	1,50	2,10	2,70	4,70	5,30	6,80	7,70	14,50	14,50
Siseläbimõõt ingl. tollides	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/4	2 1/8	2 3/4	3 1/2	3 3/4	4	4 1/2	4 1/2
mm-tes ca	20 1/2	22 1/2	26 1/4	31	34 3/4	41 3/4	48 1/4	58 1/4	68 1/4	78 1/4	89 1/4	101 1/2	114
Välisläbimõõt	26 1/2	29	33	38	41 3/4	48 1/4	58 1/4	68 1/4	78 1/4	89 1/4	101 1/2	114	114
Seinapaksus-läbimõõt mm-tes ca	3	3 1/4	3 3/8	3 1/2	3 1/2	3 3/4	3 3/4	4 1/4	5 1/4	5 1/4	6	6 1/4	6 1/4
Kaal pro m kg-des ca	1,80	2,10	2,45	3,05	3,60	4,70	5,30	6,80	7,70	10,00	12,00	14,50	14,50

Patent-keevitatud.

Tõmp-keevitatud.

Tabel X. Mannesmann'i kokkukeevitamata puurtorud terav- ja lamekeermega.

Ühend Nr. 1: seest tasane.



Ühend : Nr. 2: väljast tasane.



Ühend : Nr. 3: seest ja väljast tasane.



Ühend : Nr. 4: sisemise muhviga, väljast tasane.



Ühend : Nr. 5: tünnitaolise muhviga, seest tasane.



Müügipikkus mitte alla 4,5 m.

Toru välimine läbimõõt		Seina norm. paksus mm ca.	Toru välimine läbimõõt		Seina norm. paksus mm ca.
ingl. tolli	mm		ingl. tolli	mm	
3	76	3	6 1/2	165	4 1/2
3 1/4	83	3 1/4	6 3/4	171	4 1/2
3 1/2	89	3 1/4	7	178	4 1/2
3 3/4	95	3 1/4	7 1/2	191	5 1/2
4	102	3 3/4	8	203	5 1/2
4 1/4	108	3 3/4	8 1/2	216	6 1/2
4 1/2	114	3 3/4	9	229	6 1/2
4 3/4	121	4	9 1/2	241	6 1/2
5	127	4	10	254	6 1/2
5 1/4	133	4	10 1/2	267	7
5 1/2	140	4 1/2	11	279	7 1/2
5 3/4	146	4 1/2	11 1/2	292	7 1/2
6	152	4 1/2	12	305	7 1/2
6 1/4	159	4 1/2			

Mannesmann-Perkin'i torud. Siseläbimõõt 1/8" (33 1/2 × 22 1/2 mm), ühelt poolt freesitud teravaks, teiselt poolt lamedaks, proovitud 25 at rõhule; tarvatakse kuumveeküttele.

Tabel XI. Mannesmann'i presstorud

kahekordselt keevitatud (tarvitatakse hüdrauliseis pressides, buksides, võretorudeks jne.).

Välis- läbi- mõõt mm	Sise- läbi- mõõt mm	Kaal pro m ca kg
17	8	1,4
20	10	1,85
22	10	2,35
23	13	2,2
26	13	3,1
27	16	2,9
29	16	3,6
30	20	3
33	20	4,2
34	33	3,9
35	25	3,7
36	22	4,95
38	22 5	4,85
45	32	6,1
54	88	9
102	89	15,15

Tabel XII. Kaevutorud pikkade kruvidega ja tünnitaoliste muhvidega.

ingl. tolli	mm	lääbimõõt	
		sise-	välis-
3	76	2 3/4	89
2 1/2	70	2 1/2	82,5
2	59	2	76
1 3/4	51,75	1 3/4	58
1 1/2	48	1 1/2	51
1 1/4	42	1 1/4	48
1	33	1	42

Tabel XV. Patent-keevitatud ja õmbluseta terastorud.

Välisdiameeter	Siselihtimõõt	Siseliht- mõõt	1 meetri pindala	Sise- risti- pindala	1 m kaal
	ingl. toll	mm	m ²	cm ²	kg
1 1/2	38	33,5	0,119	8,8	1,97
1 5/8	41,5	27	0,130	10,8	2,17
1 3/4	44,5	40	0,140	12,6	2,32
1 7/8	47,5	43	0,149	14,5	2,49
2	51	46,5	0,160	17,0	2,97
2 1/8	54	49,5	0,170	19,2	3,15
2 1/4	57	51,5	0,179	20,8	3,65
2 3/8	60	54	0,189	22,9	4,20
2 1/2	63,5	57,5	0,200	26,0	4,45
2 3/4	70	64	0,220	32,0	4,90
3	76	70	0,239	38,5	5,35
3 1/4	83	76,5	0,261	46,0	6,35
3 1/2	89	82,5	0,280	53,5	6,78
3 3/4	95	88,5	0,299	61,5	7,30
4	102	94,5	0,320	70,1	9,01
4 1/4	108	100,5	0,339	79,3	9,56
4 1/2	114	106,5	0,358	89,1	10,10
4 3/4	121	113	0,380	100,3	11,46
5	127	119	0,399	111,2	12,03
5 1/4	133	125	0,418	122,7	12,65
5 1/2	140	131	0,440	134,8	14,90
5 3/4	146	137	0,459	147,4	15,56
6	152	143	0,478	160,6	16,22
6 1/4	159	150	0,500	176,7	17,00
6 1/2	165	156	0,518	191,1	17,65
6 3/4	171	162	0,537	206,1	18,31
7	178	169	0,559	224,3	19,08
7 1/2	191	180	0,600	254,5	24,93
8	203	192	0,638	289,5	26,60
8 1/2	216	203	0,679	323,7	33,20
9	229	216	0,719	366,4	35,30
9 1/2	241	228	0,757	408,3	37,20
10	254	241	0,798	456,2	39,50
10 1/2	267	253	0,839	502,7	44,50
11	279	264	0,877	547,4	49,60
11 1/2	292	277	0,919	602,6	52,10
12	305	290	0,958	660,5	54,70
12 1/2	318	302	0,999	716,3	60,50

Märge: Toru siseruumala leidmiseks tuleb 0,1 toru pikkust m-tes korrutada siseristpinnaga Näide: 8 m 5" toru siseruumala = 0,8 . 111,2 = 88,96 (dm³) ≈ 89 [dm³ (liitrit)].

Tabel XVI. Aurrüttetorud, needitud ja kokku joodetud, treitud ja puuritud äärikud, katsutud 10 at. Normaalse pikkus 4 m.
(Gustav Kuntze' järgi, Göppingenist).

Sise- läbim.	Seina paksus	Ääriku läbim.	Kruvide- ringi läbim.	Kruvi- mulkude arv	Toru pikkus 1 m ² soen- duspinna kolita	4 m pikkuse toru kaal
mm	mm	mm	mm		m	kg
60	2,3	153	121	4	4,93	20
80	2,3	174	140	4	3,76	24
100	2,4	194	161	4	3,07	29
140	2,4	210	177	5	2,55	34
150	2,5	242	213	6	2,05	42
180	2,5	271	239	6	1,70	49
200	2,6	295	261	7	1,55	56
250	2,7	357	321	9	1,25	76
300	2,8	416	376	10	1,06	101
400	3,0	520	480	12	0,79	166

1 m toru pikenemine mm-tes.

Alg- temp.	Terastoru temp.			Malmtoru temp.			Alg- temp.	Terastoru temp.			Malmtoru temp.		
	50°	100°	150°	50°	100°	150°		50°	100°	150°	50°	100°	150°
0°	0,75	1,5	2,25	0,6	1,1	1,6	20°	0,45	1,20	1,95	0,1	0,9	1,4
10°	0,60	1,35	2,10	0,5	1,0	1,5	30°	0,30	1,05	1,80	0,3	0,8	1,3

Soojustehnika.

I. Soojus.

Celsius'e Réamur'i ja Fahrenheit'i soojamõõtjate kraadide võrdlustabel.

C.	R.	F.	C.	R.	F.
— 40	— 32	— 40	35	28	95
— 35	— 28	— 31	40	32	104
— 30	— 24	— 22	45	36	113
— 25	— 20	— 13	50	40	122
— 20	— 16	— 4	55	44	131
— 15	— 12	5	60	48	140
— 10	— 8	14	65	52	149
— 5	— 4	23	70	56	158
0	0	32	75	60	167
5	4	41	80	64	176
10	8	50	85	68	185
15	12	59	90	72	194
20	16	68	95	76	203
25	20	77	100	80	212
30	24	86			

$$C = \frac{5}{4} R = \frac{5}{9} (F - 32). \quad R = \frac{4}{5} C = \frac{4}{9} (F - 32).$$

$$F = 32 + \frac{9}{5} C = 32 + \frac{9}{4} R.$$

2. Hariliku ja sepa-terase (raua) hõõgutusvärvid ja -temperatuurid.

Värvid	Haril.	Sepa-teräs C°
Tumepunane hõõg	460	500
Tumepunane	530	700
Tumekirsspunane	640	800
Kirsspunane	750	900
Helekirsspunane	840	1000
Oranž	900	1100
Kollane	1000	1200
Valge	1200	1300
Keevitamistem.	1350	1450
Pimestav valgehõõg	—	1500

Gay-Lussac'i seadus (loe gee-lüssaki): Kõik gaasid paisuvad jääval rõhul ligikaudu ühtlaselt ja nende $\gamma = 0,00366$, nii et gaaside juures $V_t = V_0(1 + 0,00366t)$ ja $V_0 = V_t : (1 + 0,00366t)$;

1. Temperatuur. Temperatuuri mõõtmiseks —39 kuni +300°C tarvitatakse elavhõbe-, alla —39°C — alkohol- või tuluool-soojamõõtjat, elektrilist plaatihast soojamõõtjat — kuni 1000°C; kõrgemate temperat. jaoks tarvitatakse mitmes. püromeetreid, seegerkoonuseid ja gaas-soojamõõtjaid. Praegusel ajal on tarvitusel 3 liiki soojamõõtjaid: Réamur'i (R), Celsius'e (C) ja Fahrenheit'i (F); laialdasemat tarvitamist on leidnud Celsius'e kraadid. Ka käesolevas käsiraamatus ettetulevad kraadid on Celsius'e omad. Kõrvaloleva võrdlustabeli all on valemid, mille abil võib kergesti temperatuuri ühe soojamõõtja skaalast ümber arvata teise. Näide: 15°C = (15 . 4 : 5)°R = 12°R; 16°R = ((16 . 9 : 4) + 32)° = 68°F; 14°F = ((14 — 32) . 5 : 9)°C = —18 . 5 : 9 °C = —10°C ja (14 — 32) . 4 : 9 = —8°R.

Seegerkoonuste sulamistemperatuurid.

N°	Tamp.	N°	Temp.	N°	Temp.	N°	Temp.
022	600	1a	1100	20	1530	35	1770
016	750	10	1300	26	1580	39	1880
01a	1080	15	1435	30	1670	42	~200

3. Kehade paisumine soojendamisel.

Tähised: β — joon- ja γ ruumalapaismistegurid, l_t keha pikkus ja V_t — ruumala t kraadi ja l_0, V_0 — pikkus ja ruumala 0° juures.

1) $\beta = (l_t - l_0) : l_0 t$ ja $l_t = l_0(1 + \beta t)$;
2) $\gamma = (V_t - V_0) : V_0 t$ ja $V_t = V_0(1 + \gamma t)$, kus $\gamma = 3\beta$; paisumistegur näitab, millise osa omast pikkusest või ruumalast paisuvad kehad, kui neid soojendada 1° C võrra. Kehade paisum.-teg. vt. lk. 68, lahter 6, lk. 69, l. 5 ja 6 ja lk.

Tabel 1 + 0,00366t

Vee temperatuur, tihedus ja ruumala.

$t^{\circ}\text{C}$	$1 + \gamma t$ arvtähend.	$t^{\circ}\text{C}$	$1 + \gamma t$ arvtähend.	$t^{\circ}\text{C}$	$1 + \gamma t$ arvtähend.
-10	0,9634	9	1,0330	22	1,0806
-5	0,9817	10	1,0367	23	1,0843
-2	0,9927	11	1,0403	24	1,0880
-1	0,9963	12	1,0440	25	1,0916
0	1,0000	13	1,0477	26	1,0953
1	1,0037	14	1,0513	27	1,0990
2	1,0073	15	1,0550	28	1,1026
3	1,0110	16	1,0587	29	1,1063
4	1,0147	17	1,0623	30	1,1100
5	1,0183	18	1,0660	35	1,1283
6	1,0220	19	1,0696	40	1,1466
7	1,0257	20	1,0733	45	1,1649
8	1,0293	21	1,0770	50	1,1833

Temp. $^{\circ}\text{C}$	Tihe- dus	Ruum- ala	Temp. $^{\circ}\text{C}$	Tihe- dus	Ruum- ala
0	0,99988	1,00012	100	0,9587	1,0431
4	1,00000	1,00000	110	0,9513	1,0512
10	0,99974	1,00027	120	0,9435	1,0600
20	0,99826	1,00174	130	0,9351	1,0694
30	0,99572	1,0043	140	0,9264	1,0795
40	0,9924	1,0077	150	0,9172	1,0903
50	0,9882	1,0120	160	0,9076	1,1018
60	0,9834	1,0169	170	0,8977	1,1140
70	0,9779	1,0226	180	0,8875	1,1268
80	0,9719	1,0289	190	0,8770	1,1403
90	0,9655	1,0357	200	0,8663	1,1544

4. Terasa noolutusvärvid ja temperatuurid.

Värvid	Temp. $^{\circ}\text{C}$	Missuguseile terariistule
Õlgkollane . .	220	Väga kõvade metal- lide ümbertöötamis- terariistule.
Tumekollane .	240	Metallisaagidele, free- sele, lõiketeradele jne.
Pruunkollane .	255	Käärele, puurele, va- saraile jm.
Pruunpunane .	265	Valat. terase meisleile
Purpurpunane .	275	Kivimeisleile ja -puu- rele.
Violett . . .	285	Puidutöö-terariistule.
Tumesinine . .	295	Lihanugadele ja t.
Helesinine . .	310	Noolutamiseks ei
Hall	253	kõlba.

5. Valandite kahandus- tegurid. Mudelimõõdud.

Materjal	Kahandtegur osades	%-des
Alumiinium .	1 : 59	1,70
Malm	1 : 96	1,04
Messing . . .	1 : 63	1,59
Nikkel . . .	1 : 53	1,89
Plaatina . .	1 : 59	1,70
Plii	1 : 92	1,09
Pronks (keskm.)	1 : 63	1,59
Raud, teras .	1 : 54	1,85
Terasevalu $0,1^{\circ}\text{C}$	1 : 50	2,00
Tina	1 : 128	0,78
Tsink	1 : 63	1,60
Vask	1 : 56	1,79

Terasevaltsimisvabrikuis võetakse keskmiselt kahanemist 12 mm 1 meetrile.

6. Soojushulga ühik ja erisoojus. Soojushulga ühikuks, suureks kaloriks või kilokaloriks, lühend. kcal, on see soojushulk, mis 1 kg vett 1° võrra soojendab või jahutab. 1 kcal = 1000 gramm-kalorit, lühend. cal.

Erisoojuseks (c) nimetatakse soojushulka, mis 1 kg (või 1 g) antud ainet soojendab või jahutab 1° võrra. 1) Erisoojus on igal kehal isesugune; 2) erisoojus on seda vähem, mida tihedam keha; 3) kõrgemal temperatuuril on see suurem kui madalamal; 4) tahkaine erisoojuse korruktis tema aatomikaaluga on ligikaudu jäävsuurus (konstant); 5) liitkeha erisoojus võrdub tema osade erisoojuste summaga; 6) Q kg aine temp. tõstmiseks t_1 kuni t_2 vaja soojust $Q = Gc(t_2 - t_1)$ kcal; 7) kahe aine segu keskmiste temp. t_k saamiseks tuleb võtta G_1 kg üht ainet, temp. t_1 ja erisoojusega c_1 ja lisada temale juurde G_2 kg teist ainet, temp. t_2 ja erisoojusega c_2 nõutav hulk teist ainet määratakse valemist: $G_2 = G_1 \cdot c_1(t_k - t_1) : c_2(t_2 - t_k)$. 8) erisoojuse mõõduühik on 1 kcal/kg $^{\circ}\text{C} = 4182$ kdž/tonn $^{\circ}\text{C}$. 9) gaaside molekulaadne erisoojus on: μ_{cp} ja μ_{cv} ; μ_p , c_p ja c_v selet. vt. lk. 63, p. 6. 10) õhu $\mu_{cp} = 6,727 + 0,00045 t$, veeauru $\mu_{cp} = 8,05 + 0,0005 t + 0,0000000002 t^3$.

Keskmine terase erisoojus ja tema soojendamiseks 0° kuni t° vajanduv soojushulk Q .

$t^{\circ} =$	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400
$c =$	0,126	0,131	0,137	0,142	0,159	0,170	0,170	0,168	0,167	0,167
$Q =$	37,7	52,2	68,3	85,0	111,6	136	153	168	200	233

Mõnede ainete erisoojusi ja joonpaisumistegureid (vt. ka lk. 68 ja 69).

Aine	Erisoojus 0—100° vahel	Paisum.-teg. 10 ⁴ β	Aine	Erisoojus 0—100° vahel	Paisum.-teg. 10 ⁴ β
Betoon (tsem.)	0,270	0,144	Šamott . . .	0,186	0,049
Graniit . . .	0,192	0,080	Tellis . . .	0,177	0,053
Paas . . .	0,200	0,080	Teraskard . .	0,167	0,110
Marmor . . .	0,206	0,117	Puidusüsi . .	0,193	—
Raudkard . .	0,111	0,120	Tuhk . . .	0,200	—
Savi . . .	0,224	—	Väävelhape . .	0,345	0,55*)

7. Soojuse mõju keha ehitusele.

a) Sulamine ja kõvastumine. Keha üleminekut kõvast olekust vedelasse nimetatakse **sulamiseks** ja üleminekut vedelast kõvva — **kõvastumiseks**. Temperatuuri, millel sünnib sulamine (või kõvastumine), nimet. **sulamis-** (või **kõvastumis-**) temp.; nad on võrdsed; kogu sulamise (kõvastumise) kestes on keha temp. jääv. Mitmesuguste ainete sulamis- ja kõvast.-temp. vt. lk. 68 ja 69.

b) Sulamissoojuseks nimetame soojushulka, mis kulub 1 kg aine muutmiseks sulamistemperatuuril kõvast olekust vedelasse; sama hulk soojust vabaneb aine kõvastumisel. (Mitmesuguste ainete sulamissoojused vt. lk. 68 ja 69.

c) Külumistemperatuurid:

1) Alkoholi ja vee segu (Beilstein).

Alkohol. kaalu %	Külm.- temp.	Alkohol. kaalu %	Külm.- temp.	Alkohol. kaalu %	Külm.- temp.	Alkohol. kaalu %	Külm.- temp.
2,58	—1	11,50	—5	21,7	—12	30,0	—20
5,22	—2	13,27	—6	23,8	—14	33,5	—24
7,36	—3	16,53	—8	26,0	—16	37,3	—28
9,58	—4	19,09	—10	28,0	—18	41,2	—32

2) Glütseriini ja vee segu (Bolley).

Glüts. kaalu %	Külm. temp.	Eri- kaal	Glüts. kaalu %	Külm.- temp.	Eri- kaal	Glüts. kaalu %	Külm.- temp.	Eri- kaal
10	—1	1,03	30	—6,0	1,07	50	—31,3	1,13
15	—1,7	1,04	35	—11,0	1,09	55	—40	1,14
20	—2,5	1,05	40	—17,5	1,10	60	alla	1,15
25	—4,3	1,06	45	—24,5	1,11		—40	

*) 10³ γ.

3) Keedusoola vesilahus.

Soola %	Külm.- temp.	Soola %	Külm.- temp.	Soola %	Külm.- temp.	Soola %	Külm.- temp.
0,5	—0,38	2	—1,52	7	—5,26	15	—10,99
0,7	—0,54	3	—2,28	8	—5,99	20	—14,44
0,8	—0,61	4	—3,08	9	—6,72	24	—17,11
0,9	—0,69	5	—3,78	10	—7,44	26	—18,42
1	—0,76	6	—4,52	12	—8,88	29	—20,37

d) Jahutussegud põhjenevad soolade sulamissoojusele vees, jää sulamissoojusele happeis, jää ja soola sulamissoojusele tekkivas soolalasulatises või soolade ja hapete lahustumisele, kristallvee veeldumisele ja produktide sulamissoojusele. Segatavad ained olgu hästi peeneks hõõrutud ja nõu soojuse vastu kaitsitud. Jahutussegu koostis ja temp. langus: a) 100 g jääd ja: 1. 33 g NaCl —21,2°; 2. 25 g NH₄Cl —15,8°; 3. 143 g CaCl₂ · 6H₂O —55°; b) 100 g jääd või lund ja: 1. 13 g NH₄Cl + 37,5 g NaNO₃ —30,7°; 2. 2 g KNO₃ + 112 g KCNS¹⁾ —34,1°; 3. 39,5 g NH₄CNS²⁾ + 54,5 g NaNO₃ —37,4°; c) 100 g vett (15°) ja: 1. 29 g NH₄Cl + 18 g KNO₃ —10,6°; 2. 72 g NH₄NO₃ + 60 g NaNO₃ —17°; 3. 75 g NH₄CNS + 48 g NH₄NO₃ —22,7°; d) tahke CO₂ ja: 1. C₂H₅OH —72°; 2. (C₂H₅)₂O —77°; vedelõhk —190°. Kui näit. segada 100 g jääd ja 33 g NaCl, siis segu temp. langeb kuni —21,2°; 100 g vee ja 72 g NH₄NO₃ + 60 g NaNO₃ segu temp. saame —17° jne.

e) Keemine (aurumine) ja veeldumine. Keha üleminekut vedelast olekust auruks nimet. keemiseks, kui üleminek toimub igas vedeliku osas, ja aurumiseks, kui üleminek toimub vedeliku pinnal; auru üleminekut vedelasse olekusse nimetatakse veeldumiseks. Temp., millel sünnib keemine (veeldumine), nimetatakse keemis- (veeldumis-) temperatuuriks, need temp. on võrdsed; kogu keemise (veeldumise) kestes on temperatuur jääv. Keemistemperat. oleneb rõhust. Mõne aine keemis- (veeldumis-) temp. vt. tab. lk. 63 ja 69.

f) Vee aurumine
kuiva õhku
Dalton'i järgi.

Veehulk kg, mis
aurub 1 cm² vee-
pinnast 1 tunnis.

Vee temp.	Parajal õhu vahetusel	Kiirel
--------------	--------------------------	--------

20°	0,749	0,919
25°	1,014	1,245
30°	1,359	1,667
35°	1,801	2,211
40°	2,365	2,903
45°	3,075	3,774
50°	3,962	4,862
55°	5,060	6,210
60°	6,409	7,866

g) Mõne küllastatud soolalasulatisel keemistemperat.

Aine	°C	Aine	°C
Broomkaalium	112	Alakloorhapu naatron .	152
Broomnaatrium . . .	121	Joodkaalium	119
Alabroomhapu kaalium	104	Joodnaatrium	141
Alabroomhapu naatron	109	Alajoodhapu kaalium .	102
Kloorkaalium	110	Alajoodhapu naatron .	102
Kloornaatrium (keedusool)	109	Salpeeterhapu kaalium	118

Vee keemistemp. t mitmesugusel baromeetriseisul.

b mm	t°	b mm	t°	b mm	t°	b mm	t°
685	97,12	715	98,30	745	99,44	775	100,55
690	97,32	720	98,49	750	99,63	780	100,73
695	97,52	725	93,69	755	99,82	785	100,91
700	97,71	730	98,88	760	100,00	790	101,09
705	97,91	735	99,07	765	100,18	795	101,21
710	98,11	740	99,26	770	100,37	800	101,44

1) Rodaankaalium. 2) Rodaanammoonium. Teisi valemide vt. lk. 74.

h) Küllastatud veeauru tabel.

Absol. rõhk kg/cm ²	Auru temp. C°	1 kg aurust		1 m ³ auru kaalub kg
		sisaldab soojust kcal	hõlmab m ³	
0,02	17,2	604,1	68,3	0,0146
0,04	28,6	609,5	35,5	0,0282
0,06	35,8	612,9	24,2	0,0413
0,08	41,2	615,3	18,5	0,0542
0,10	45,4	617,2	15,0	0,0669
0,15	53,6	620,7	10,2	0,0979
0,20	59,7	623,3	7,80	0,1282
0,25	64,6	625,4	6,33	0,1581
0,5	80,9	632,2	3,30	0,3027
1,0	99,1	639,4	1,73	0,5793
1,2	104,2	641,4	1,46	0,6871
1,4	108,7	643,1	1,26	0,7937
1,6	112,7	644,5	1,11	0,8994
1,8	116,3	645,8	0,996	1,004
2,0	119,6	646,9	0,902	1,108
2,5	126,8	649,3	0,732	1,366
3	132,9	651,2	0,617	1,621
4	142,9	654,2	0,470	2,124
5	151,1	656,4	0,382	2,619
6	158,1	658,2	0,321	3,112
7	164,2	659,5	0,278	3,600
8	169,6	660,7	0,245	4,086
9	174,5	661,6	0,219	4,569
10	179,0	662,5	0,198	5,051
11	183,2	663,2	0,180	5,532
12	187,1	663,7	0,166	6,011
13	190,7	664,2	0,154	6,491
14	194,1	664,6	0,143	6,972
15	197,4	664,9	0,134	7,451
16	200,4	665,3	0,126	7,932
18	206,2	665,8	0,112	8,892
20	211,4	666,2	0,102	9,852
22	216,2	666,4	0,092	10,82
24	220,8	666,6	0,085	11,79
26	225,0	666,7	0,078	12,77
28	229,0	666,8	0,073	13,74
30	232,8	666,8	0,068	14,73
34	239,8	666,7	0,060	16,72
38	246,2	666,5	0,053	18,74
42	252,1	666,3	0,048	20,79
46	257,6	666,0	0,043	22,87
50	262,7	665,7	0,040	24,90
55	268,7	665,5	0,036	27,69
60	274,3	665,2	0,033	30,44

Keskmissi ülekuumendatud auru eri- soojusi C_p

Knoblauch'i ja Raish'i järgi.

p =	0,5 at	1	2	4	8	10	12	14
t =	100,0° C	119,3	143,9	158,1	179,1	179,1	187,1	194,1
1	0,479	0,486	0,490	0,500	0,551	0,578	0,605	0,633
100	0,473	0,481	—	—	—	—	—	—
140	0,471	0,479	0,484	—	—	—	—	—
180	0,469	0,476	0,480	0,517	—	—	—	—
190	0,468	0,474	0,487	0,512	0,538	0,569	—	—
200	0,467	0,473	0,485	0,507	0,530	0,554	0,584	0,615
220	0,467	0,473	0,483	0,503	0,524	0,546	0,570	0,596
240	0,467	0,472	0,483	0,500	0,519	0,539	0,560	0,581
260	0,467	0,472	0,481	0,497	0,515	0,533	0,551	0,570
280	0,468	0,479	0,480	0,498	0,518	0,537	0,554	0,572
300	0,469	0,479	0,480	0,495	0,510	0,524	0,539	0,557
320	0,470	0,479	0,480	0,494	0,508	0,523	0,538	0,553
340	0,470	0,474	0,481	0,493	0,507	0,519	0,533	0,545
360	0,471	0,474	0,481	0,494	0,506	0,518	0,529	0,540
380	0,472	0,475	0,482	0,494	0,505	0,516	0,527	0,538
400	—	—	0,483	0,494	0,505	0,514	—	—
420	—	—	0,485	0,495	0,505	0,515	—	—

p =	16 at	12	20	22	24	26	28	30
t =	200,4° C	269,3	311,4	316,3	330,8	335,0	339,0	339,0
1	0,594	0,738	0,799	0,794	0,828	0,865	0,902	0,940
100	0,597	0,693	0,733	0,779	—	—	—	—
140	0,631	0,659	0,689	0,723	0,765	0,799	0,834	0,869
180	0,611	0,625	0,650	0,684	0,712	0,742	0,772	0,802
190	0,607	0,617	0,636	0,658	0,680	0,703	0,727	0,751
200	0,603	0,603	0,619	0,639	0,659	0,675	0,695	0,714
220	0,577	0,592	0,607	0,622	0,638	0,654	0,670	0,686
240	0,570	0,583	0,597	0,610	0,623	0,637	0,651	0,665
260	0,565	0,576	0,589	0,600	0,612	0,624	0,635	0,646
280	0,560	0,570	0,581	—	—	—	—	—

Ülekuumendatud auru: 1) omadusi: a) ta on absoluutselt kuiv, b) tema temp. on kõrgem ja c) erimaht on suurem küllastatud auru temp. ja mahust, d) erikaal on vähem küllast. auru erikaalust, e) ühesugusel temperatuuril ülekuum. auru rõhk on vähem küllast. auru rõhust. 2) täielik soojussisaldus Regnault'i (loe: renjoo) järgi $\lambda' = 606,5 + 0,305t + c_p(t_1 - t)$, kus t küllast.- ja t_1 — ülekuum. auru temp. c_p — keskmine küllast.-auru erisoojus alat. rõhul (vt. ülaltoodud tab.). 3) oleku võrrand Mollier'i järgi: $Pv: T = 47,1 - 0,02P: (0,01T)^{4,33} - 1,9P^3: 10^6: (0,01T)^{15}$, kus P — absol. rõhk (kg/m²) ja v — erimaht (m³/kg).

Märkmeid: 1) 1 tehn. atmosfäär (at) vastab 735,5 mm Hg samba rõhule. 2) Aurukatla töö rõhu saame, kui absoluutsest rõhust lahutame 1 at; seda rõhku näitabki manomeeter. 3) Nagu tabelist näha, rõhu suurenemisega suureneb ka vee keemistem. 224,2 at rõhul (kriitiline rõhk) on vee keemistem. 374° (kriitiline temp.); üle selle temp. vesi võib olla ainult auruna. 4) 1 kg veest saab ca 4,543 T : 1000 p m³ auru, kus T — absol. temp., p — rõhk kg/cm².

8. Soojuse levil on kolmene: a) **juhtivus** (konduktsioon), kus soojus aeglaselt kandub ühelt kehaosalt või kehalt teisele kehaosale või kehale, millega ta kokku puutub; b) **ülekanne** (konvektsioon), kus soojusenergia kantakse üle ühest kohast teise koos aine osakestega, millega ta on seotud ja c) **kiirgamine** (radiatsioon), kus soojus levib kiirtena elektromagnetiliste lainete kujul.

a) **Soojusjuhtivus.** Tehniline soojus-juhtetegur λ_t (kcal/m.t.C⁰) on soojushulk kcal-des, mis tunnis (t) läbib 1 m² seina, paksusega 1 m, kui mõlemate pindade temp. vahe = 1°C. Fütisikas tarvit. soojus-juhtetegur λ väljendatakse cal, cm, sek ja C⁰. λ_t kcal/m.t.C⁰ = 360 λ cal/cm.sek.C⁰; λ väärtusi vt. tab. lk. 68 laht. 6. λ_t kõigub: a) metallidel 10—360; ehitusmat. 0,5—3 ja isoleerainel 0,02—0,2 kcal/m.t.C⁰. Läbi sileda seina, pindalaga S m², alalise juhteteguri λ_t puhul voolab soojust 1 t. $Q = \lambda_t S(t_1 - t_2)$: δ kcal/t, kus δ — seinapaksus (m), ja t_1 , t_2 temperatuurid ühelt ja teiselt poolt seina.

Mõnede ainete soojus-juhtetegurid kcal/m.t.C⁰.

Aine	λ_t	Aine	λ_t	Aine	λ_t
Alkohol . . .	0,18	Kriit . . .	0,80	Puit . . .	0,18-0,3
Alumiinium . .	175	Kuld . . .	250	Puuvill . . .	0,012-0,016
Betoon (1:4) . .	0,65	Kummi . . .	0,17-0,3	Raud . . .	50-60
Elavhõbe . . .	6,5	Liivakivi . . .	1,44	Savi . . .	0,70
Glütseriin . . .	0,25	Malm . . .	40	Tahm . . .	0,03-0,06
Hõbe . . .	360	Marmor . . .	1,1-3,5	Tellis . . .	0,35
Isoleerained . .	<0,15	Masinaõli . . .	0,1	„ õõnes . . .	0,28
Jää . . .	1,5	Messing . . .	72-108	Teras . . .	22-45
Jõeliiv . . .	0,28	Mänd . . .	0,032-0,108	Tsement . . .	0,78
Kartong . . .	0,16	Nikkel . . .	50	Tina . . .	54
Katlakivi . . .	0,5-2,0	Oliiviõli . . .	0,15	Tsink . . .	95
Kvarts . . .	0,03	Paas . . .	0,8	Tuhk . . .	0,06-0,1
Kivisüsi . . .	0,12	Petrool . . .	0,13	Vask . . .	320
Klaas . . .	0,35-0,80	Plaatina . . .	60	Vesi . . .	0,5
Konstantaan . .	20	Plii . . .	30	Vesinik . . .	0,14
Kork . . .	0,26	Portselan . . .	0,9	Vilt . . .	0,03

Õhu $\lambda_t = 0,01894(1 + 0,00228t) \sim 0,2$; veeauru $\lambda_t = 0,01405(1 + 0,00369t)$.

Isoleerainete λ_t olenevus temperatuurist.

Materjal	Erikaal kg/m ³	Temperatuuridel						
		-100	0	50	100	150	200	300
Korgipuru (peen.) . .	161	—	0,031	0,041	0,048	0,052	0,055	—
Vill (lamba-) . . .	136	—	0,033	0,042	0,050	—	—	—
Siid . . .	101	0,032	0,038	0,045	0,051	—	—	—
Puuvill . . .	81	0,038	0,047	0,054	0,059	—	—	—
Puidusüsi . . .	190	—	0,050	0,056	0,063	—	—	—
Kiseltuuri . . .	350	—	0,052	0,060	0,066	0,070	0,074	0,082
Asbest . . .	576	0,117	0,130	0,153	0,167	0,175	0,180	0,186
Õhk . . .	—	—	0,0189	0,0211	0,0233	0,0254	0,0276	0,0314
Veeaur . . .	—	—	0,0141	0,0166	0,0192	0,0218	0,0244	0,0296

Isoleerainete ja tulekindlate telliste λ_t

Materjal	1 m ³ kaalkg	Temp. piirid	λ_t	Tulekindlate telliste λ_t	Temperatuur		
					200	600	1000
Pimsskivi (pensa)	292	20—65	0,20	Silikaat- . . .	0,56	0,88	1,19
Turbapuru . .	195	23—36	0,070	Dinas- . . .	0,74	0,93	1,13
Saagmed . . .	215	20—136	0,055	Samott- . . .	0,51	0,66	0,82
Korgikivi asfald.	200	10—57	0,061	Magnesiit- . .	—	1,29	1,43

b) **Konvektsioon.** Vedelikule (või gaasile) seinalt pindalaga S m² siirdub 1 tunnis soojust $Q = \alpha S (t_1 - t_2)$ kcal/t, kus $t_1 - t_2$ on temp. vahe seina ja keskkonna vahel ja α kcal/m²t.C⁰ — soojus-siirdetegur, mis on läbi 1 m² seina pinna siirduv soojushulk, temp. vahel 1⁰; α oleneb vedeliku või gaasi olekust ja liikumise iseloomust, seina kujust, suurus-
sest ja iseäraldusist, ja seina vedeliku temperatuurist.

Keskmiised α kcal/m²t väärtused:

a) Soojuse siirdel vedelikult metall-
seinale ja ümberpöördukt.

Vedelik	α kcal/m ² t.C ⁰
Keev	4000—6000
Mittekeev ja seisev .	100—2000
Mittekeev ja liikuv .	2000—4000
Torudes liikuv vedelik ($v=0,2-2$ m/sek) .	1000—10000
Tihendatud veeaur .	10000

b) Soojuse siirdel gaaselt ja üle-
kuum. aurelt seinale ja ümberpöördukt.

a) metallsein: 1) seisev gaas
 $\alpha = 4-8$, 2) liikuv gaas $\alpha = 2+10\sqrt{v}$
($v=1-100$ m/sek); b) ahjude ja
katelde müüritis: 1) seisv. õhule
3 4
 $\alpha = 2,7\sqrt{\Delta t}$ ja 2) $\alpha = 1,02\sqrt{\Delta t}$; d
horisontaaltorult seisvale õhule (d
toru läbimõõt cm-tes); 3) ehitise
välisseinale $\alpha = 25$, ja 4) siseseinale
 $\alpha = 7$ kcal/m²tund, kus Δt — temp.
vahe.

Näiteid: 1) Kui palju soojust siirdub 1 tunnis suitsugaaselt
3 m² katla seinale, kui gaasi temp. $t_1=600$, seina temp. $t_2=200^0$ ja
gaaside $v=9$ m/sek? a) määrame α : $\alpha = 2+10\sqrt{9} = 2+10 \cdot 3 = 32$
kcal/m²t; b) $Q = 32 \cdot (600-200) \cdot 3 = 38400$ kcal/t. 2) Palju soojust kao-
tab 20 m² katlamüüritist tunnis, kui müüritise temp. $t_1=50^0$, õhu temp.
 $t_2=23^0$? a) $\alpha = 2,7\sqrt{\Delta t} = 2,7\sqrt{50-23} = 2,7\sqrt{27} = 8,1$ kcal/m²t ja b)
 $Q = 8,1 \cdot (50-23) \cdot 20 = 4374$ kcal/tund.

Soojuse läbilasketegur k . Kui δ paksusega sein eraldab kahte
vedelikku või gaasi, temperatuuriga t_1 ja t_2 , siis 1 tunnis laseb läbi S m²
seina soojuse hulga $Q = kS(t_1 - t_2)$, kus k on soojus-läbilasketegur;
 $k = 1 : (1 : \alpha_1 + 1 : \alpha_2 + \delta : \lambda_t)$ kcal/m²t.C⁰. Kui sein on mitmekihine,
paksusega $\delta_1, \delta_2, \delta_3 \dots$ ja juhteteguritega vastavalt $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \dots$, siis
 $k = 1 : (1 : \alpha_1 + 1 : \alpha_2 + \delta_1 : \lambda_1 + \delta_2 : \lambda_2 + \delta_3 : \lambda_3)$. Õhuvahedega liitseina
 $k = 1 : (1 : \alpha_1 + 1 : \alpha_2 + \delta_1 : \lambda_1 + \delta_2 : \lambda_2 + \delta_3 : \lambda_3 + \dots + L_1 + L_2)$, kus L_1 ,
 $L_2 \dots$ on õhu soojustakistus; keskmiselt võib võtta: 5 cm õhu vahele
 $L = 0,173$, 5—10 cm — $L = 0,204$ ja 10—15 cm — $L = 0,219$. Seina soo-
jus-läbitungivustegur $l = 1 : (\delta_1 : \lambda_1 + \delta_2 : \lambda_2 + \delta_3 : \lambda_3 + \dots + L_1 + L_2 + \dots)$
näitab, mitu kcal tungib läbi 1 m² õhuvahega seina 1 tunnis, kui temp.
vahe seinapindalal = 1⁰C. Lihtseina puhul $l = \lambda_t : \delta$; k, α_1, α_2 ja l vahel
on järgmine olenevus. $k = 1 : (1 : \alpha_1 + 1 : \alpha_2 + 1 : l)$.

Märge: Toodud valemeis λ_1, λ_2 jne. asemel lugea $\lambda_{t1}, \lambda_{t2}$
jne.

Ligikaudsed k kcal/m².t.C⁰ väärtusi.

a) Soojuse ülekanne veelt või aurult õhule.

Küttepinna liik	Veelt õhule temp. vahe =			Aurult õhule	Küttepinna liik	Veelt õhule temp. vahe =			Aurult õhule
	40°	60°	80°			40°	60°	80°	
I. Teras:					Patarei 1 torureaga	8	9	9,5	11,5
Harilikud torud välis-					" 2 torureaga	6	7	7	9
Jäbim. kuni 60 mm	9,5	10,5	11,5	12,5	Siledad küttekehad	8	9	9,5	12
Samad torud $d=150$ mm	9	5	9,5	11,5	H. Malm:				
Uisstorud, d kuni 33 mm	10	11	11,5	12,5	Radiaatorid	6,5	7	7,5	9
Uisstorud, d üle 30 mm	8	9	9	11	Ribidega kütteleem.	3,5	4	4	4,5

Kui torud katta isoleerainega, siis saavutame järgmist soojuse kokkukohutuid:

Isoleeriv aine	0/o
Olgnöör saviga	40
Asbest . . .	45
Kiselguur . . .	65
Kork	70
Siid	80
Vilt	85

Järgmised isoleerimisviisid praktikas osutusi vastupidavaimaiks: Temp. jaoks kuni 100° vilt või siid, kuni 120° sama ühes 10 mm paksusega kiselguurkihiga, kuni 150° sama ja 20 mm kiselguurkiht, 200° sama ühenduses kahekordse õhukihi. Näiteid: 1) Määrata aurukatla 1 m² seina soojuse läbilaske k 1 tunnis, kui seina paksus $\delta=100$ mm, gaaside temp. $t_1=600^\circ$, vee temp. $t_2=194^\circ$. $\alpha \sim 32$ kcal/m²t (vt. 1. näide, lk. 149), $\alpha_2=4000$ (vt. tab. I, lk. 149), $\lambda_1=50$ (vt. tab., lk. 148); a) määrame k ; $k=1:(1:\alpha_1+\delta:\lambda_1+1:\alpha_2)=1:(1/32+0,01/50+1/4000) \sim 31,4$ kcal/m²t; $Q=31,4 \cdot (600-194) \approx 12750$ kcal/m²tund.

2) Määrata ülaltoodud aurukatla 1 m² seina k , kui sein on kaetud ühelt poolt tuha- ja tahmakihiga $\delta_1=2$ mm, teiselt poolt katlakiviga $\delta_3=3$ mm; $k=1:(1/32+0,002/0,1+0,01/50+0,003/0,3+1/4000) \approx 16,2$ kcal/m²t; siit selgub, et isegi väikene katla seina katmine tahma- ja katlakivikihi vähendab soojus-läbilasketegurit ligi 2 korda.

Mõne ruumi tarvilik soojus °C-des.

Eluruumid . . . 18—20	Kuuldesaal . . 18—20	Vabrikuruumid . 10—12
Magamistuba . . 15—16	Trepimaja . . . 12—15	Külmendamismaja 1—6
Töötuba 18—20	Haigemaja . . . 20—22	Leigestamismaja . 6—12
Koosolekusaalid 16—18	Karistusasutis 16—18	Soojendamismaja 16—18

b) Soojus-läbilase ehitusmaterjale ja -konstruktsioonel.

Tellismüür	Paksus cm-tes δ					Tellismüür	Paksus cm-tes δ					
	12	25	38	51	64		12	25	38	51	64	
Krohvimata	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	3 cm torfo- leumplaadiga	1,2	1,0	0,9	0,8	—	
Krohvitud (mõlem. poolt)	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8							
Õhuvahega	—	1,4	1,1	0,9	0,8	Tamp- betoon	$\delta =$	5	10	15	20	30
3 cm korkplaa- diga seestp. .	1,6	1,3	1,1	1,0	0,9		$k =$	4,2	3,4	2,9	2,6	2,2
5 cm korkplaa- diga	1,2	1,0	0,9	0,8	0,8		$\delta =$	40	60	80	—	—
							$k =$	1,9	1,6	1,4	—	—
						Pae- müür	$\delta =$	50	60	70	80	—
							$k =$	1,9	1,8	1,6	1,5	—

Näide: Kui õhuvahega tellismüüri $\delta=51$ cm, siis $k=1,9$.

Soojus-läbilasketegur k ehituskonstruksioonele (järg).

Pinnaliik	k	Pinnaliik	k
Palksein pappkihiga 20 cm .	0,4	Seesmine uks	2
Sõrestiksein 12 cm 3 cm tor- foleumplaadiga	1,1	Palkoniuksed klaasiga . . .	5
Palklagi, laudpõrandaga . .	1,6	„ kahekordsed	2,3
Võlv 25 cm paks põrand . .	1,0	Lihtaknad	5
Massiivne põrand maapinnal	1,4	Kahekord. aknad (vahe 12 cm)	2,3
Laudpõrand maapinnal . . .	0,8	Kahekord. aknad (vahe 5 cm)	3,5
„ asfaldil	1,0	Vaateaknad	4
Raudbetoonlagi 10 cm	2,2	Kardkatus	2,2
„ 15 cm	2	Pappkatus	2,1
Välisuks puidust	3	Telliskatus	4,9
		Terasbet.-katus	2,8

Kindlustuslisandid: a) Välispinnule: N, NO, NW ja O lisaks 150/0. W, SO, SW — 100/0; b) nurga tiivule, kui kõik seinad on pooleldi välis-seinad, siis 100/0, kui kolmandik, siis 50/0; c) kui seinad on disponeeritud tuulile, siis 150/0; d) üle 4 m kõrgele ruumile lisaks igale meetrile 2,50/0.

c) **Kiirgamine.** Kiirgamisel kaotatud soojushulk oleneb keha ja ümbruskonna temp., keha keemilisest koostisest ja pinna olekust: karedad pinnad kiirgavad ja neelavad kiiri rohkem kui siledad, tumedad — rohkem kui heledad. Pindala S m² kiirgab 1 tunnis $Q = CS$ (0,01 T)⁴ kcal, kus C — soojuse kiirgetegur ja T — absoluutne temp.; $T = t + 273^0$.

Mõningaid kiirgetegureid C .

Aine	C	Aine	C	Aine	C	Aine	C
Absoluut-		Liiv	3,76	Puuvillriie	3,82	Teras (matt)	4,76
mustaine	4,96	Liivakivi	4,61	Savi	1,93	„ (poleer.)	1,44
Graniit	2,23	Lubi	4,46	Siidriie	3,87	Tina	0,64
Hõbe	0,15	Malm	4,66	Stukatuur	4,61	Tsink	1,04
Jää	3,72	Marmor	2,88	Süsi	3,90	Vask	0,64
Kips	3,87	Paber	3,97	Tahm	4,71	Vesi	3,32
Klaas	4,61	Puit	3,87	Tellis	4,61	Olivärv	3,87

Näide: 1) Määrata 3 m² katlamüüritise kiirgesoojus 2 tunnis, kui sein $t = 50^0$. $Q = 4,61 \cdot [0,01 \cdot (50 + 273)]^4 \cdot 3 \cdot 2 \sim 3000$ kcal/m². Soojuse-kiirgus toimub kahes suunas: soojemalt kehalt külmemale ja ümberpöör-dult; soojema keha soojuse kadu arvatakse valemi järgi: $Q = C_v [(0,01T_1)^4 - (0,01T_2)^4]$, kus $C_v = 1 : C_1 + 1 : C_2 - 1 : 4,96$; C_1 on soojema ja C_2 külmema keha kiirgetegurid. 2) Kui palju kaotab kiir-gusega 1 tunnis 1 m² müüritud katla sein? Tellisest katlaruumi temp. = 200, katlaseina temp. 500; a) $C = 1 : 4,61 + 1 : 4,61 - 1 : 4,96 \approx 4,3$; b) $Q = 4,3 \cdot [0,01T_1]^4 - (0,01T_2)^4 \approx 152$ kcal/m² tund.

Soojuse levi üldjuhus. Kui mingi sein kaotab soojust üheaegselt juhtivuse, ülekande ja kiirgamisega, siis üldine kadu on nende kadude summa. Kui vedelik annab seinale soojust ja viimaselt soojus siirdub gaasile juhtivuse ja ülekandega ning ümbritsevaile pinnule kiirgamisega, siis k määratakse valemist: $1 : k = 1 : \alpha_1 + 1 : (\alpha_2 + \alpha_s) + \delta : \lambda_t$, kus α_1 ja α_2 — soojuse ülekandetegurid, $\alpha_s = [C : (t_2 - \theta_2)] / [(0,01T_2)^4 - (0,01T_3)^4]$ δ — seinapaksus, t_2 ja T_2 sein temp. gaasi poolt ja T_3 ümbritsevate seinte temp., θ_2 — gaasi temp.

Terase parendamine soojusega.

Terast parendatakse soojusega neljaldi: a) hõõgutamisega, b) karastamisega, c) tsementiitimisega ja d) nitreerimisega.

a) Hõõgutamisel kuumendatakse terast ja pärast aegamööda jahutatakse. b) Karastamisel teras pärast kuumutamist teatud temperatuurini kiiresti jahutatakse vees või õlis; teiskordist endisest madalamal temp. kuumutamist nimetatakse noolutamiseks, kusjuures ilmuvad mitmesugused n. n. noolutusvärvid (vt. lk. 144). c) Tsementiitimisel rikastatakse kuumendamisega pehme terase väliskihit süsinikuga, mille tõttu see omandab väga suure kõvuse ja vastupidavuse, kuna sisekihid jäävad muutmata. Kõvakihi paksus on

Temp. C	Kõvakihi paksus mm
0,7	700 ^o
1,1	700 ^o —800 ^o
1,8	850 ^o —900 ^o
2,2	950 ^o —1000 ^o
2,5	üle 1000 ^o

nagu näha kõrvalolevast tabelist, kuhu on paigutatud peale 12 t. kuumutamist katseil saavutatud tulemused. Tsementiitimisel söehapend CO laguneb järgmiselt: $2CO = C + CO_2$, kus C ühinebki terasega; siit selgub, et tsementiitimiseks vajaline materjal peab olema süsinikurikas. Sageli esinevad järgmised tsementiitimismaterjalid (kaaluühikuis): 1) kasesüsi 60%, söehapubaarium ($BaCO_3$) 40%; 2) tammesüsi 80%, sooda (Na_2CO_3) 10% ja potas (K_2CO_3) 10%; 3) tammesüsi 50%, söestunud nahk 20%, tahm 30%; 4) puidusüsi 44%, kondisüsi 28% ja söestunud sarv 28%. d) Nitreerimisel terase väliskihit rikastatakse lämmastikuga; teras kuumendatakse erilisis ahjes ammoniaagi-joas 500—550°C 10—90 tunni vältel. Lämmastiku aatomid, ühinedes rauaga, moodustavad terase väliskihis n. n. nitriite, mis evivad väga suurt kõvust.

Terase-karastamisviise.

Terase liik					Esimene karastus kuni °C	Esim. jahutamine	Teine karastus kuni °C	Teine jahutamine	Noolutus kuni °C	
Nimi	Koostis 0/0									
	Süsinik	Nikkel	Cr							
Süsinik-	Pehme	0,1—0,2	—	—	825—810	Vees	—	—	250—500	
	Keskm. kõvus	0,25—0,35	—	—	820—800	Vees või õlis	—	—	300—650	
	Kõva	0,4—0,6	—	—	825—800 850—820	Õlis aeglane	820—760	Õlis või vees	425—500 300—650	
Nikkel	Kõrgeprotsendil.	0,15—0,5	3,5	Kroom	850—800	Õlis või vees	—	—	300—650	
Kroomnikkel-	Madala-	protsendiline	0,15—0,5	1,27	0,5	860—825	Õlis või vees, või aeglane	820—700	Õlis või vees	300—650
	Kesk-		0,15—0,45	1,75	1					
	Kõrge-		0,15—0,4	3,5	1,5	820—790	Õlis või vees	775—750	Õlis või vees	260—700
			0,4—0,5	3,5	1,5	850—800	Õlis või vees	820—785	Õlis või vees	150—500

II. Põlemine ja põletised (põletusained).

1) Põletise madalamaks kalorsuseks K (end. kütteväärtuseks) nime-tame soojushulka kcal, mida tegelikult saavutatakse 1 kg (1 g) tahke-või vedel- või 1 m³ gaaskütteenaine põletamisel. 2) Kõrgem kalorsus K_k on soojushulk, mis põletises olemas. $K = K_k - 600W$, kus W põletises sisalduv vesi kg, mille aurutamiseks lähebki kaduma osa kaloreist. 3) Põletise aurustamisvõime Q on veehulk kg, mida 1 kg põletist muu-dab auruks; $Q = K:639$ (kg). 4) Põletisega ahjus saavutatud tempera-tuur on tema püromeetriline efekt, mis on leib põletamisviisist (vt. lk. 155).

1. Andmeid tähtsamaile tahkepõletisile.

Nimi	Elementide koostis %				Vett %	Tuhka %	Teoreetiline kalorsus	1 kg põlet. *) vajab. teo-reet. õhku m ³
	C	H	O+H	S				
Antratsiit	84—92	3,5-4,8	2—5	0,5—1,5	0,8-3,5	3—7	7500-8000	10,4—11,1
Kivisüsi, saari	65—80	4,0-5,2	7—11	0,5—2,0	1—6	3—7	6300-7600	8,7—10,6
" inglise	69—81	4,0-5,0	5—11	0,5—2,5	1—10	2,5-10	6400-7600	8,9—10,6
Koks, (õhu-kuiv) . .	80—90	0,5-1,5	1,5-5,0	0,5—1,5	1—5	5—12	6600-7400	9,2—10,3
Pruunsüsi	28—33	2,0-4,0	6—15	0,2—2,0	42—57	2—11	2'00-2900	3,2—4,2
Puit(õhukuiv)	35—45	3,0-5,0	34—42	—	7—22	0,3-3,0	3400-4100	4,8—5,7
Turvas .	38—49	3,0-4,5	19—28	0,2—1,0	16—29	1—9	3000-4800	4,2—6,7

2. Puidusüsi. Sisaldab ~ 90% C.
Kalorsus ~ 7000 kcal.

S a a b	Kaalu %	Mahu %
Tammest .	20—22	52—56
Kasest . .	20—21	65—68
Männist .	22—25	60—64
Kuusest . .	20—26	50 75
Oksist . . .	19—22	38—48

5. Koks. Sisaldab 85—93% C.
Kalorsus 6700—7300 kcal.

Kõrgahju- ja valukoksile esita-tavad nõuded.

Võib sisal-dada	K o k s	
	Kõrgahju-	Valu-
Tuhka . . .	<9%	<8%
Vett	<5%	<5%
Väävliit . . .	<1%	<1%
Tolmu	<6%	<6%
Poorsus . . .	50%	40%
Survetug. kg/cm ²	100	100

3. Briketid:

a) Kivisöe. Sisaldab tuhka < 10%,
vett 1—2%, kalorsus 7400—7800 kcal.

b) Pruunsöe — tuhka < 8%, vett
< 15%, kalorsus 4500 kcal.

4. Andmeid põlevkivile.

Põlevkivi sisal-dab %/0-0-des		Põlevkivi sordid			
		I-a	I-b	II	III
Niiskus		11—15	13—18	13—20	20—25
Kuiaines	mineraalol-lust + CO ₂	47—52	52—58	54—58	56—63
	orgaanilist ollust	53—48	44—42	46—42	41—39
Kalorsus (madalam)		3200— —3500	2800— —3150	2600— —2800	2100— —2600

Utmisel saab põlevkivist 17—20%
toorõli, koostisega: 83% C, 9,7% H,
0,9% S, 6,4% (O+N+Cl), kalorsusega
1400—4300, mis ümbertöötamisel annab:
mootoripõletisi (vt. tab. lk. 154), teede-ehitus-, tööstus-, ehitus- ja puidukon-servimisaineid jn.

*) Tahkainete tegelik õhutarve on ~ 50% suurem.

6. Andmeid naftadele.

a) Nafta sisaldab keskmiselt 83—86% C, 11—14% H₂, 0,61—1% S ja N₂, 0,1—3,6% O₂, kalorsus 9900—11460.

Nafta liik	Erikaal	Elementaarse koostis %			Kalorsus kcal pro kg	Saab destilleerimisel		
		C	H ₂	O ₂		bensiini %	petrooli %	jäänuseid %
Bakuu, kerge	0,884	86,3	13,6	0,1	11460	} ~5	25—30	60—65
Bakuu, raske	0,938	86,6	12,3	1,1	10800			
Bakuu, väga raske . .	0,954	85,3	1,6	3,1	10600			
Pensilvaania	0,886	84,9	13,7	1,4	9963	} 10—20	55—75	10—20
P.-Kanada, kerge . . .	0,857	84,3	13,4	2,3	9900-11400			
P.-Kanada, raske . . .	0,870	84,5	13,5	2				
P.-Virgiinia, kerge . .	0,857	83,2	13,2	3,6		} 16-20	30—40	35—50
P.-Virgiinia, raske . .	0,897	83,6	12,9	3,5				

7. Andmeid sisepõlemootorite-põletisile.

Küttaaine liik	Elem. koostis		Erikaal 15 ⁰ C	Keemis- temp.	Kalorsus kcal pro gramm		1 kg aine põletamisel		
	C	H			Kõrg.	Mad	vaja õhku m ³	saab	
								CO ₂	H ₂ O
Alkohol			0,794	78,3	7,1	6,4	7,6	1,06	1,59
Piiritus 95 ⁰ / ₀ ¹⁾	48	12	0,809	78,5	6,74	6,	7,2	1,01	1,58
„ 90 ⁰ / ₀			0,823	78,7	6,39	5, 3	6,8	0,956	1,57
„ 85 ⁰ / ₀			0,856	78,9	6,03	5,24	6,4	0,903	1,55
Bensool	92	8	0,885	80,4	10	9,59	11,2	1,88	0,94
Naftaliin	94	6	0,977 ²⁾	218	9,7	9,37	10,9	1,91	0,76
Bensiin	85	5	0,65-0,74	80-19	11	10,2	12,8	1,71	1,95
Petrool	85	14	0,79-0,82	200-250	10,5	9,8	12,8	1,73	1,87

8. Andmeid Riigi Põlevkivitööstuses põlevkivist valmistatavale mootorite-põletisile.

Põletise liik	Erikaal 200° C	Elementaarne koostis %				1 kg vajab õhku m ³ teoreetil	E i-soojus 150—200°	Paisumisteg. 10 ³ γ 15—25° vahel	Kalorsus kcal pro g
		C	H	O	S				
Autobensiin	0,74—0,75	85	13,6	0,9	0,5—0,9	11,3	0,55	1,18	11—11,1
Raskebensiin	0,8—0,815	85	12,5	1,1	0,8—1,1	10,9	0,53	0,98—1,03	10,6—10,7
Mootoripetrool . . .	0,83—0,86	84,9	2,3	1,7	1	11,8	0,50	0,87—0,95	10,5
Mootorinafta	0,85—0,88	84,5	11,6	2,9		10,5	0,53	0,82—0,89	10,2—10,4
Diislinafta	0,89—0,91	84,1	11,3	3,6	1	10,31	0,55	0,75—0,80	10,1—10,2

1) Kaalu järgi. 2) 800° C juures. 150° C juures tahkekeha, erik. 1,52.

Tähtsamaid andmeid gaaspõletisile.

Gaas	Kalorsus kcal/m³		Gaasi koostis o/o						Eri-kaal õhk=1	Hapniku-tarve m³	Õhu-	Soitav aveläde o/o			Pliir-temp. °C	Brutto kasu-efekt. o/o		Niiske suitsu-gaasi-bulk m³
	Kõr-gen	Mada-len	CO₂	RSV	CO	H₂	CH₄	N₂				CO₂	H₂O	N₂		1000°	100°	
Valgustus-	5900	5260	2	4	8	50	34	2	0,41	1,15	5,50	9	20,9	70,1	1980	57	96	6,23
Kivisöö-	5500	4900	2	3,5	8,5	52,5	30,0	3,5	0,40	1,06	5,09	8,8	21,2	70	1970	57	96	5,8
Koksi-	4650	4130	2,1	2,1	6,2	53,3	25,0	11,3	0,41	0,893	4,27	8,0	22,0	70	1940	58	96	4,98
Kivisöövesi-	3100	2800	5	0,2	34,5	48,5	5,5	6,3	0,54	0,534	2,55	14,5	19,1	66,4	2100	58,5	96	3,14
Generaator-	1280	1215	5,9	—	28,5	12,8	0,3	52,5	0,88	0,21	1,01	19,2	7,4	73,4	1640	44,5	95	1,81
Õli-vest-	3970	3620	6	3,8	33,5	44,5	8,0	4,2	0,58	0,72	3,45	14,5	17,6	67,9	1950	58,5	96	4,08

RSV = Raak. sõrvisainikud.

Toiduainete kalorsus.				
Toiduainete liik		1 kg sisald.	1000 Kcal	gr
1.	Piim, separeeritud	376	2660	
2.	Rukkilõhu, harilik	3537	283	
3.	Kartulid	5961	169°	
4.	Rukkilõhe, harilik	2476	404	
5.	Odratangud	3537	283	
6.	Sealiha, pekk	6838	146	
7.	Kaeratangud (helbed)	3884	259	
8.	Taispiim	674	1484	
9.	Herned, kuivatatud	3145	318	
10.	Sepikujala	3537	283	
11.	Seapuu (süülatud)	9219	108	
12.	Sealiha (praelihha)	5164	194	
13.	Peensuhkur	4018	249	
14.	Nisuleib	2718	368	
15.	Riisilangud	3506	285	
16.	Raim (värske)	885	1130	
17.	Taimetõli	8188	122	
18.	Või, talu-	7776	129	
19.	Nisujala, poolisõre	3537	283	
20.	Kiliu, soolatud	1861	587	
21.	Mannatangud	3537	283	
22.	Või, meierei	7962	126	
23.	Sai	2718	568	
24.	Tükisuhkur	4018	249	
25.	Veri	757	1321	
26.	Raim, soolatud	993	1007	
27.	Kaalikad	388	2577	
28.	Peakapsas	306	3798	
29.	Porgand	437	2288	
30.	Lambaliha, praad	1866	536	
31.	Jussit, täispiima	1298	750	
32.	Suppliha, loomeliha	1838	544	
33.	Praelihha	358	2793	
34.	Peadid	1370	750	
35.	Heeringas, soolatud	913	1095	
36.	Vaskikalha	1322	756	
37.	Munad, värsked	462	2165	
38.	Lõhe, värske	570	1754	
39.	Latikas, värske	388	2577	
40.	Tursk, värske	426	2347	
41.	Sibulad	449	2227	
42.	Haug	2500	400	
43.	Segapuuvili (kompost)	2160	463	
44.	Ploomid, kuivat.	470	2188	
45.	Kõha, värske	1170	855	
46.	Lõhe, värske	1750	571	
47.	Lõhe, soolatud ja suitsel.			

Põletamisviis on: ekstensiivne, intensiivne, poolgaasküte ja generaatorgaasküte.

Põlemisel saavutatav temperatuur C°-des.
(Püromeetiline efekt.)

Põletised	Põletamisviis		
	ekstensiiv.	intensiiv.	gener.-gaas
Antratsiit	1309	2127	2514
Puidusüsi	1273	1665	2479
Kivisüsi	1287	2114	2488
Koks	1273	2036	2479
Kuiv puit, 20% vett	1104	1510	1945
Ligniit	1237	1956	2363
„ 20% vett	1180	1808	2220
Turvas, 20% vett	1136	1665	2109

soojendavad gaas ja õhk ise, kui on ümber seatud juhtimisorganid, klapid, ventiilid ja siibrid.

Põletamisviisist oleneb suurel määral kütteaine püromeetiline efekt, nagu võime tähele panna seda ülalolevast tabelist.

* Ekstensiivne põletamisviis on õhukesel põletismaterjali kihil ja suurel õhu-juurdevoolul, intensiivne — paksul põletismaterjali kihil ja väikesel õhu-juurdevoolul.

Poolgaasküte erineb eelmisest viisist ainult selles, et põletismaterjali peale ülevalt on kõrvalsoojendatud õhu juurdevool.

Generaatorgaasküttel tarvitatakse erilist ahju, milles valmistatakse CO-gaasi, ja see gaas juhitakse torude või kanalite kaudu põletamisruumi, kus õhk kuumendatakse 800—1000°C. Ahjust lahkuvad produktid (suits) kütavad siis nn. regeneratiivkambrit. Hiljem

Elektrotehnika.

A. Üldandmeid: 1. Elektrotehnilisi mõõduühikuid ja sümboleid.

Elektrotehnilisi suurusi	Nimi	Ühiku lühend	Sümbol	Tuletatud ühikuid ja määranguid
Elektrihulk . .	Kulon	C	Q	1 C eraldab vastavast elektrolüüdist 1 elektrokeemilise ekvivalendi ainet (vt tab. all, p. 2.).
Voolutugevus .	Amper	A	I	1 A = 1 kulon sekundis; $= Q : t$ (t-sek); 1 milliamper. (mA) = 0,001 A; 1 kiloamp. = 1000 A.
Takistus . . .	Oom	Ω	R	1 Ω on 1 mm ² ristpinnaga ja 106,3 m pikkusega elavhõbeniidi takist. 0° C juures.
Juhtivus . . .	Siemens	S	G	$G = 1 : R$; [1 megaoom (M Ω) = 1000000 Ω .
Pinge	Volt	V	E	1 V on pinge, mis annab juhtmes takistusega 1 Ω 1 A voolu. Klemmide pinge U_k , U_* — tähtpinge, (faaspinge), U_Δ — kolmnurkpinge, U_v — pingekadu.
Elektromot.-jõud	Volt	V	U	
Töö	Džaul vattsekund	dž Ws	Tel	1 džaul on töö, mida teeb 1 kulon pinge langel 1 voldi võrra; 1 dž = 0,102 kgm; 1 kilovatt-tund (kWh) = 3600 kWs = 3,6 · 10 ⁶ dž.
Võimsus . . .	Vatt	W	N	1 W on dž: sek; 1 kilovatt (kW) = 1000 W;
Näivvõimsus .	Voltamper	VA	N _n	1 kilovoltamp (kVA) = 1000 VA; 1W = 1VA ind.-ta ja 1W = 1VA · cos (induktsioonkoormisel).
Mahtuvus . . .	Fraad	F	C	1 F on keha 1 kulonilise laengu el.-mahtuvus; $C = Q : V$; 1 μ F (mikrofraad) = 0,000001 F; 1 F = 9 · 10 ⁵ cm.
Induktiivsus . .	Henri	H	L	1 H on 1 V enseind. pinge, kui primaarvoolu tugevus ühtlaselt muutub 1 A sek. 1 millihenri (mH) = 0,001 H; 1 H = 10 ⁹ cm.
Sagedus . . .	Herts	Hz	f	Saged. = 1 Hz, kui 1 sek. toimub 1 täisvõnge; 1 kiloherts (kHz) = 1000 Hz.

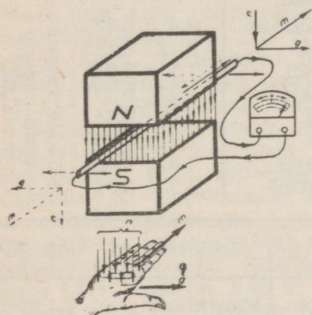
Eritakistus $\rho = \Omega : m$ on 1 m pika ja 1 mm² ristpinnaga juhtme takistus oomides 20° C juures. **Erijuhtivus** k on eritakistuse pöörd-suurus: $k = 1 : \rho$. **Temperatuuri tegur** α on metallil positiivne, sõel ja vedelikel negatiivne; α väärtusi vt. tab. lk. 68, 13. lahter. **Võimsustegur** $\cos \varphi = N : N_n$.

2. Mõnede ainete elektrokeemilisi ekvivalente (a).

Aine	a mg	Aine	a mg	Aine	a mg	Aine	a mg
Alumiinium	0,0932	Kaalium	0,405	Naatrium	0,2383	Tina	0,616
Elavhõbe	1,038	Kloor . . .	0,3675	Nikkel	0,304	Tsink	0,3388
Hapnik . . .	0,0829	Kroom . . .	0,1797	Plaatina	0,505	Vask	0,329
Hõbe	1,118	Kuld	0,681	Plii	1,074	Vesinik	0,01045
Jood	1,315	Lämmastik	0,0486	Süsinik	0,311	Vismut	0,720

Näide: Ese vaja katta elektrolüütiselt 2 mm vasekihiga. Leida: 1) Mitu amper-tundi (A-t) voolu on vaja selleks? 2) Kui suur on I ? 3) Kui kaua kestab elektrolüüs? 4) Kui suur on generaatori N ? Lahendused: 1. a) Vasekiht kaalub $10 \cdot 0,002 \cdot 8,9 = 0,187 \text{ kg} = 178 \text{ g}$. b) 1 A-t el.-voolu eraldab $0,329 \cdot 3600 \text{ mg} = 1,181 \text{ g}$ vaske. c) $178 : 1,881 \sim 150 \text{ A-t}$. 2) $I = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ A}$. 3) $150 \text{ A-t} : 4 \text{ A} = 37,5 \text{ tundi}$. 4) Generaatori $N = 3V \cdot 4A = 12W$.

4. Elektrivoolu seadusi ja reegleid: 1) Ohmi seadus (vt. tab. lk. 191 2., 3. ja 4. lahter). 2) Joule'i (loe: džauli) seadus: Elektrivooluga saavutatud soojushulk $Q = 0,239 I^2 R t$ (cal), kus t — aeg sek-tes. 3) Faraday (loe: faradei) seadus: Elektrolüüsil elektroodelt sekundis eraldunud aine hulk $Q = aIt$, kus a — elektrookeemiline ekvivalent (vt. tab. lk. 173). 4) Kirchhoff'i seadused: a) Kinnisvoolu ringis E summa = kõikide



Joon. 58.

Paremkäe-reegel(b). N — põhja, S — lõuna poolus, h — magneti-jõujoonte-, g — liikumis-, m — voolusuund.

vooluringi osade pinge kadude sum-maga, s. o. $E = (IR)$ ja b) Igas haruühendite sõlmtpis on juurde- ja äravoolavate voolude summa 0, s. o. $\Sigma I = 0$. 5) Paremkäe-reegel: a) Kui el.-juhtmel hoitava paremkäe sõrmed näita-vad voolu suunda ja peopesa on pöördud magnetnõelale, siis nõela põhjapoolus kal-dub kõrvale pöidla suunas. b) Kui hoida paremkäsi el.-juhtmel peopesaga magnet-välja jõujoonte vastu ja põial näitab juhtme liikumissuunda, siis näitavad sõr-med indutseeritud-voolu suunda. 6) Vasak-käe reegel: Kui hoida vasakkäsi el.-juht-mel peopesaga magnetvälja jõujoonte vastu ja sõrmed näitavad voolu suunda, siis põial näitab juhtme liikumissuunda magnetväl-jast. 7) Lenz'i-reegel: Indutseeritud-vool takistab voolu tekitavat liikumist.

5. Elektrielemendid.

Elemendid	Vedelik		Elektroodid		Siseta-kistus Ω	Elekt. mot.-jõud volt
	Elektrolüüt	Depolisaator	+	—		
Bunsen	H_2SO_4	HNO_3	C	Zn	0,24	1,9
Kupron	$NaOH(20\% / v)$	CuO	Cu	Zn	0,01-0,07	0,8
Daniell	H_2SO_4	$CuSO_4$	Cu	Zn	8	1,1
Grenet (loe: grenee)	H_2SO_4	$K_2Cr_2O_7$	C	Zn	0,7	2
Leclanché (leklanšee)	NH_4Cl	MnO_2	C	Zn	0,7	1,2-1,5
Meidinger	$MgSO_4$	$CuSO_4$	Cu	Zn	10	0,95

Märkmeid: 1) Väävelhape ei pea olema kõvem kui 1:20. 2) Elem. sisetakistus oleneb elem. suurusest, tabelis on antud tarvita-tavamate elementide sisetakistus. 3) Kuivelem. pinge on 1,4—1,5 v. ja sisetakist. 0,1—0,5. 4) Keemiliste valemite tähendusi vt. lk. 75 ja 76.

3. Galvanivann.

Nimetis	1 dm ³ pinnale amp.	Pinge
Vasetamiseks	0,4	3
Nikeldamis.	0,5	2,5
Höbetamiseks	0,5	1
Kuldamiseks	0,1	1,2
Tinutamiseks	0,5	1,2

6. Mõnede ainete ρ , k ja α 20° C juures. (Vt. ka lk. 68 11. ja 12. lahter).

Aine nimi	ρ	k	$10^3\alpha$	Aine nimi	ρ	k	$10^3\alpha$
a) Puhasmetallid.				Messing (Cu, Zn)	0,074	1,35	1,5
Alumiinium . . .	0,03	34,5	3,8	Elektron			
Elavhõbe . . .	0,95	1,01	0,9	(Mg, Zn, Si)	0,061	16,4	2,2
Hõbe	0,016	62,5	3,77	Krupiin(Fe, Ni)	0,85	1,18	0,7
Plaatina . . .	0,11	9	2,4	c) Teisi aineid.			
Teras (raud)	0,13	7,7	4,8	Retortsüsi . . .	100	0,01	} -0,2 = -0,7
Nikkel . . .	0,1	10	4	Grafiit	20-100	0,05-0,01	
Tina	0,13	7,7	4,2	Sõeniit lambis . .	65	0,015	
Tsink	0,06	16,5	3,7	Sõepulk (homogeenne) . .	30	0,033	
Plii	0,21	4,8	3,87	d) 20 %-dilised lahused.			
Vask	0,017	57	3,8	1 cm ³ ρ ja k			
Volfram . . .	0,055	18,2	4,1	Sööbelkaalium	2,4	0,42	} Kõikide lahuste temp. tegur $\alpha = 0,02$.
b) Sulamid.				Keedusool . . .	5,2	0,195	
Konstantaan . . .	0,5	2	0,015	Vasevitriol . . .	21,7	0,046	
Reotaan				Sööbenaatrium	2,97	0,337	
Uushõbe II a . . .	0,30	3,3	0,2-0,7	Salmiaak	2,98	0,337	
Nikkeliin II . . .				Soolhape	1,31	0,762	
Manganiin . . .	0,42	2,4	—	Väävelhape . . .	1,67	0,601	
Kroomnikkelteras	1	1	0,25	Tsingivitriol . . .	21,7	0,047	

Isoleerained	M Ω /cm ²	Isoleerained	M Ω /cm ²	Isoleerained	M Ω /cm ²
Fiiber . . .	2.10 ⁴	Mikaniit . . .	1.10 ⁹	Flintklaas . . .	3,4.10 ¹⁰
Tselluloid . . .	2.10 ⁴	Vilgukivi . . .	2.10 ⁹	Kampol . . .	5.10 ¹⁰
Marmor . . .	2.10 ⁵	Šellak . . .	1.10 ¹⁰	Väävel . . .	1.10 ¹¹
Aknaklaas . . .	2.10 ⁷	Kunsttõrv . . .	1.10 ¹⁰	Kõvakummi . . .	(1-10).10 ¹¹
Portselan (glasuurimata) . . .	3.10 ⁸	Kummi . . .	1.10 ¹⁰	Kvarts . . .	5.10 ¹²
		Parafiin . . .	(1-3,4).10 ¹⁰	Linnaleum . . .	1.10 ⁶

7. Takistuste arvutus. 1) Takistus $R = \rho l : q = l : qk$, kus l — juhtmepikkus meetreis, q — ristpind mm². Takistus t temperatuuril $R_t = R_{20}[1 + \alpha(t - 20)]$, kus R_{20} takist. 20° juures (antakse tabeleis). 2) Järjestikühendi a) kogutakistus = osadetakistuste summaga, s. o. $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$; b) pingekaotus $U_v = U_{v1} + U_{v2} + U_{v3} + \dots$; c) $I = I_1$. 3) Rööp (=haru) ühendi: a) üldjuhtivus $G = G_1 + G_2 + G_3 + \dots$; b) kogu takistuse R leiame valemist $1 : R = 1 : R_1 + 1 : R_2 + 1 : R_3 + \dots$; c) $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$; d) $I_1 : I_2 : I_3 = G_1 : G_2 : G_3$, kus G_1, G_2, G_3 on harude juhtivus, R_1, R_2, R_3 — takistus ja I_1, I_2, I_3 voolutugevus.

Näiteid: 1) Arvutada 100 m vasktraadi R , kui traadi $d = 1,6$ mm ja $t = 20^\circ$. $R = \rho l : q = 4\omega l : \pi d^2 = 4 \cdot 0,018 \cdot 100 : 3,14 \cdot 1,6^2 \approx 0,89 \Omega$. 2) Leida eelmise traadi takistus 100° juures: $R_{100} = R_{20}[1 + \alpha(t - 20)] = 0,89[1 + 0,0038 \cdot (100 - 20)] \approx 1,178 \Omega$. 3) Kui suur on ahela R , kui 3 takistust $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 5\Omega$ ja $R_3 = 20\Omega$ on lülitatud: a) järjes-

tikku ja b) paralleelselt. a) $R = 4 + 5 + 20 = 29 \Omega$. b) $1 : R = 1/4 + 1/5 + 1/20 = 10/20 = 1/2$; $R = 2 \Omega$. 4) Kui palju voolu läheb igasse haru paralleelse lülituse puhul (näide 3), kui $I = 20$ amp. $I_1 : I_2 : I_3 = 1/4 : 1/5 : 1/20 = 5 : 4 : 1$. $I_1 + I_2 + I_3 = 20$ amp. Jagades 20 amp. võrdeliselt 4, 5 ja 1-le, leiame $I_1 = 10$ amp., $I_2 = 8$ amp. ja $I_3 = 2$ amp. 5) Juhtmevool = 1000 amp., takistus = 0,005 Ω . $1/2$ tunnis eraldunud soojushulk $Q = 0,239 I^2 R t = 0,239 \cdot 0,005 \cdot 1000^2 \cdot 30 \cdot 60 \approx 215100$ cal.

8. **Elektriakumulaatorid** (lühend. aku): a) **Üldseletusi**. Akud hoiavad elektrienergiat keemiliseks energiaks muudetult ja seepärast tarvitatakse neid elektrivoolu saamiseks nn. teisendelemendena. Tarvitusel on: a) **plii-** b) **teras-nikkel-** ja c) **kadmium-nikkel-akud**, viimaseid tarvitatakse harvem. a) **Plii-** (Planté, Faure) akud koosnevad: 1) pliirestest, kaetud mennikuga (Pb_3O_4) positiivsel poolusel ja plii silu (PbO) — negatiivsel, 2) lahjendatud väävelhappest (elektrolüüt), erikaaluga 1,18 ($22^\circ Be$), 3) klaas-, tselluloid- või pliiga vooderdatud puitanumast. Keemiliselt puhas väävelhape tuleb lahjendada destilleeritud veega (valmistamisel kallata väävelhappe vette, mitte vastuoks!) Laadimisel väheneb elektrolüüdi hulk ja ta läheb kangemaks (vesi laguneb): erikaal tõuseb kuni 1,28, tühjenemisel langeb ta 1,15-ni. Aku pinge on muutlik: peale laadimist 2,5—2,75 v. (nn. maksimaalne pinge), ja peale tühjenemist 1,8 v. (minimaalne p.); normaalne tööpinge on 2 v. b) **Teras-nikkel- (Edison'i) aku** restid ja anum on tehtud nikeldatud terasest; restesse paigutatakse aktiivse massiga täidetud teraskastikesed; +-pooluse aktiivne makk on nikkelhüdrosüüdi $Ni(OH)_2$ ja niklipuru-segu, —poolus — peen rauapuru, segatud elavhõbeda oksüüdiga. Elektrolüüt: 21% sööbekaalium (KOH). Minimaalne pinge 1,15 v, maksim. 1,8. Tarvitatakse seal, kus töö juures võib tulla ette põrutusi, nn. elekter-autodes jm. c) **Kadmium-nikkel- (Jungner'i) aku** +-pooluse aktiivne mass sisaldab eneses nikli- ja hapnikuühendeid, —poolus kadmium-terase-segu. Elektrolüüt: 20% (KOH); anum on terasest. Minim. pinge 1,2 v, maksim. 1,85 v. Ülelaadimine, kauemat aega laadimata olek ja isegi lühindus (lühihüend) ei riku seda akut. Tarvitatakse seal, kus ei saa toimetada korralikku aku järelevalvet. Kahe viimase liigi akude puuduseks on see, et nende tööpinge võrreldes plii-akuga on väikene, ja seepärast on neid teatava pinge saavutamiseks vaja palju rohkem, peale selle on nad tina-akudest kallimad.

b) Andmed akude kohta.

Akud	Elektrolüüt	Poolused		Pinge volt.		S pingeks vaja elem.	Laad- vool amp. dm ²	Kasutegur	
		+	—	Maks. (pinge laad.)	Min. (pinge tühj.)			amp- tund.	vatt- tund
Planté (plii) . .	H ₂ SO ₄ (28%)	PbO ₂	Pb	2,75	1,8	S:1,8	0,6-0,9	0,9-95	0,7-0,74
Edison'i	KOH (21%)	Ni ₂ O ₃	Fe	1,8	1,15	S:1,2	10	0,72	
Jungner'i . . .	KOH (20%)	Ni ₂ O ₃	FeCd	1,75	1,5	S:1,23	7,5	-0,8	

Aku **mahtuvuseks** nimetatakse seda elektrihulka, mida tema saab laadimisel (C_l) või mida ta annab tühjenemisel (C_t). Mahtuvus määratakse **ampertunnnes** (A-t) ja saadakse amprite ja tundide korrutamisest, s. o. $C_l = I_l t_l$ (laadimis-A-t) ja $C_t = I_t t_t$ (tühjenemis-A-t), kus I_l ja t_l on laadimis- ning I_t ja t_t on tühjenemisamprite ja tundide arv. Aku kasutegur $\eta = C_l : C_t$.

c) **Plii-akude korrashoiureglid.** 1) Kui aku ostetud kuivalt, peab enne esimest laadimist 6—8 tundi hape sissekallatult seisma. 2) Tühjenemine alla 1,7 V, ei ole lubatud (mõõta voolutarvitaja koormisega). 3) Voolutühjalt aku seista ei tohi — sulfateerub. Seisu ajal tühjeneb aku ise automaatselt. 4) Pikemaks seisuks hape välja valada, vihma-veega läbi pesta, kuivalt hoida. 5) Kui el.-lülüdi erikaal tõuseb üle 1,28—1,30, siis ta rikub plaate: ilmub sulfatsioon. 6) Vedelik peab olema üle plaatide ülemiste servade 10—15 mm. 7) Mingil moel ei tohi akusse sattuda terast. 8) Normaalse laadimis- ja tühjenemis-voolu tegevus ei tohi harilikul valgustusakul (paksude plaatidega) ületada $\frac{1}{20}$ mahust, õhukeste plaatidega auto-akul $\frac{1}{10}$ kuni $\frac{1}{6}$ mahust. Ülekoormisel kõverdunud plaadid, mass langeb välja. 9) Laadida võib alalis- või õgvendatud-vooluga. Tarvitada vastavalt reostaate või lampe voolu tugevuse reguleerimiseks. 10) Hoolega hoiduda ühendamast valesti. Klemmide kindlakstegemiseks lihtsaim veeproov (— klemmil ilmuvad vesiniku mullid). Tarvitatakse akusid enamasti patareides järjestikühendises. 11) Sageli tuulutada akude laadimisruumi. 12) Mitte suitsetada ega tarvitada akude laadimisruumes lahtist tuld (võib kergesti plahvatada).

d) 100.1 ($e=1,18$, 22°B) aku-elektrolüüdi valmistamiseks vaja:

Väävelhapat l . . .	100	94,29	89,12	84,49	76,35	69,92	64,42	59,56
Erikaaluga e	1,18	1,19	1,20	1,21	1,23	1,25	1,27	1,29
B kraadid	22	23	24	25	26,9	28,8	30,6	32,4
Destilleerit. vett l .	—	5,80	11,07	15,78	24,11	30,63	36,22	41,21

Näide: 89,12 l H_2SO_4 24°B, $e=1,20$ ja 15,78 l destill. vett annavad 100 l elektrolüüti 22°B, $e=1,18$. Märge. Vastava kõvusega el.-lülüti võib leida ka ristarvutamise abil (vt. lk. 71).

9. Elementide ja akude patareid. a) **n-elementi järjestikühend:** $E=nE_1$; $J=E:R=nE:(nR_s+R_v)$ (tarvitatakse suurema pinge saamiseks): a) **n-elem. rööpühend:** $E=E_1$; $J=E:R=E_1:(R_s+n+R_v)$ (tarvitatakse tugevama voolu saamiseks); c) **segühend:** $E=mE_1$; $J=E:R=mE_1:(m^2R_s+n+R_v)$ E_1 — ühe elemendi elektromotoorne jõud, R_s — elemendi sisetakistus, R_v — välisahela takist., n — elem. koguarv ja m — ühe grupi elem. arv.

B. Alalisvoolugeneraatorid ja -mootorid.

Alalisvoolugeneraatorid ja -mootorid on 3 liiki: a) **reasside-** (peavoolu-, series), b) **haruside-** (haruvoolu-, šunt-) ja c) **segaside-** (kompaund-). a) **Reassidegeneraatori** ankur on järjestikühendis magnetimähisega (vt. joon. lk. 178). **Vooluring:** **NE** — välisjuhe, **EFB** — magnetimähis, **BA** — ankur, **APN** — välisjuhe ja takistus. Magnetimähis on jäme-traadist ja väikese keerdude arvuga. **Omadused:** 1) Pinge on peaaegu võrdeline koormisega, mille tõttu pinge kõigub väga suuris piires (vt. koormiskarakteristika). 2) Pinge reguleerimine on raske ja seetõttu tarvitatakse neid ainult ühtlaskoormisega võrgus. 3) Töötades mootorina: a) omab suure **algpöördemomendi**, b) mootori pöörete arv kiiresti väheneb koormise suurenemisega, c) kardab vabakäiku, mil puhul pöörete arv suureneb ohtliku piirini. Kasustatakse trammil, kraanadel ja teisel juhtudel, kus käivitamine alati toimub koormisel (ja sageli ülekoormisel).

b) Harusidegeneraator: 1) Pöördpooluseta (A) generaatori ankur on rööpühendis magnetimähisega. **Vooluring:** BA ankur — täpis A vool haruneb: a) *APNB* — välisjuhtmed ja takistused, b) *AtsCDB* — reostaat, magnetimähis, ankur. Magnetimähis on peentraadist suure keerdude arvuga, mille tõttu sinna läheb ainult väike osa voolust; mähise vool $I_m = 2-6\%$. **Omadused:** 1) Pinge kõikumine 10—15%, vabal käigul annab täispinge U_k (vt. karakteristika). 2) Pinge on kergesti reguleeritav reostaadiga (*ts*), kus reost. takist. R_r R_m . 3) Tarvitatakse

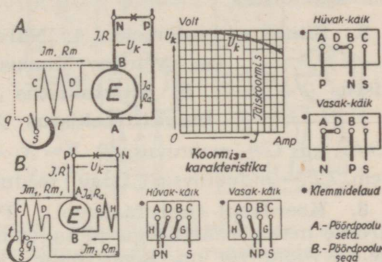
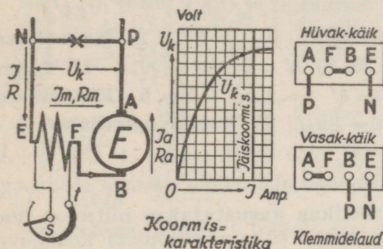
a) Reassidegeneraator.

$$U_k = E - I(R_a + R_m); I = I_a = I_m.$$

b) Harusidegeneraator.

$$U_k = E - I_a \cdot R_a; I_m = U_k : R_m; I = I_a - I_m$$

Hüvak=parempoolne.

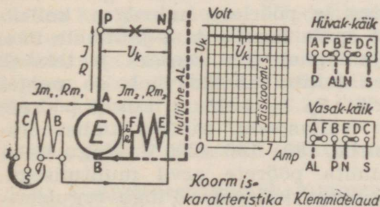


väikesis jõujaamus valgustusvõrgu toitmiseks. 4) Mootorina omab: a) suhteliselt püsivat pöörete arvu (kõikumine 10—15%), b) nõrga algpöörde-momendi, mille tõttu on soovitatav käivitada väikesel koormisel (0,25—0,4 täiskoormisest), c) ei karda vabakäiku, kasutatakse tööstusmasinate, ketassaagede, pumpade jt. käitamiseks. **b) Pöördpoolusega harusidegeneraatori** (B) (-mootor) ankur on järjestikühendis pöördepoolusega *GH*, mille ülesandeks on summutada ankru reaktsiooni, et vältida harjade ümberpaigutamist koormisel; vooluring ja omadused nagu eelmisel generaatoril (mootoril). **c) Segasidegeneraator** (kompaund-) koosneb kahest esimesest liigist, s. t. selle magnetimähis on kahekordne: üks jämetraadist väikese keerdude arvuga ja järjestikühendis ankru, ja teine peentraadist suure keerdude arvuga ja rööpühendis ankru. **Omadus:** 1) Pinge on peaaegu püsiv, kõikumusega $\pm 20\%$, 2) Pinget saab kergesti reguleerida, 3) Generaator ei võimalda koostööd teiste generaatoritega rööbiti ja akude laadimist. 4) Mootorina erineb teistest:

c) Kompaundgeneraator.

$$U_k = E - I_a \cdot (R_a + R_m2); I_a = I_m2;$$

$$I = I_a - I_m1; I_m1 = U_k : R_m1.$$



a) püsiva pöörete arvuga (vastusidestatult) ja suure algpöörde momentidega (pärisidestatult), b) ei karda vabakäiku. Tarvitatakse, kus: 1) koormis sageli muutub: tõstekraanad raskete ja kergeste esemete tõstmiseks, 2) on nõutav püsiv pöörete arv (ketramismasinaid jt.), 3) voolu pinge võrgus sageli muutub.

C. Vahelduvvool (üksfaasvool).

1. **Vahelduvvooluks** (vv.) nimetatakse seesugust voolu, mis perioodiliselt muutub suuruselt ja sihilt. Graafiliselt vv. kujutatakse **sinusoidiga**, kus abstsissiteljel märgitakse aeg t ja ordinaatteljel voolutugevuse või pinget hetkväärtused. Suurimat i väärtust nimet. maksimumtugevuseks I' ja suurimat e — maks.-pingeks U' ; i muutub pidevalt $0 \rightarrow I' \rightarrow 0 \rightarrow -I' \rightarrow 0$ ja seda aega, mille vältel vool teeb kõik need muudet nimetatakse perioodiks T . Perioodide arvu sek. nimet. sageduseks, tähis f , $f = 1 : T$. Harilikult valgust, voolu f võetakse 50 ja jõuvoolu $f = 25$ ja $16\frac{2}{3}$. Vv. efektiivtugevuseks I nimet. seesuguse vv. tugevust, millega saavutatakse alalisvoolule võrdne soojusefekt samas juhtmes sama aja kestes. $I = I' : \sqrt{2} = 0,707 I'$; samuti $U = U' : \sqrt{2} = 0,707 U'$.

2. **Siinus vv. valemid.** 1) Näivvõimsus $N_n = UI$; 2) Ebavõimsus $N_e = \sqrt{N_n^2 - v^2}$, kus N tegevõimsus, ja 3) $N = \sqrt{N_n^2 - N_e^2}$; 4) Tegev-takistus $R = N : I^2$; 5) Näivtakistus $Z = U : I = \sqrt{R^2 + X^2}$; 6) Ebatakistus $X = \sqrt{Z^2 - R^2}$; 7) Induktiivtakistus $X_l = 2\pi fL$; 8) Mahtuvustakistus $X_c = 1 : 2\pi fC$, kus C — mahtuvus; 9) $X = X_l - X_c$. 10) Ohmi seadus: $I = U : \sqrt{R^2 + X^2}$ (valem. $7L$ — induktiivsus). Džauli seadus samane alalisvoolu vastava seadusega.

3. **Keerdvool** (mitufaasvool). Praktikas kasustatakse mitmest ühe-suuruste maks. väärtusega ja sagedusega vv. (üksfaasvoolust) koosnevat vahelduvvoolu või nn. keerdvoolu. Üksikvoolud on nihutatud faases ja kui 3-me vv. faasi nihe $= 120^\circ$, siis saamegi tehnikas laialt tarvitatava kolmfaas- või nn. keerdvoolu (kv.). Faaside ühendusviise on 2: täht-Y) ja kolmnurkühend (Δ) esimesel juhul tarvitatakse ka null-juhet. Pinge ühes kolmnurga või tähe harus nimetatakse **faasipingeks** U_p . sama harude voolu faasivoolu tugevuseks I_p ning vastavalt pinge ja voolutugevused juhtmetes **juhtmepingeks** U ja juhtme voolutugevuseks I . Olenevus ülaltoodud suuruste vahel (vt. joon. lk. 180). Mootorid lülitakse kolme faasi juhtme vahele ja lambid faasi ja 0-juhtme vahele.

Märge: Jooniseil tähistatakse kolmfaasvoolu juhtmed: 1-faasi R-ga, värvit. kollaseks; 2-faasi — S-ga, värv. leheroheline; 3-faasi T-ga, värv. violet. Nendele vastavad tähised: tähistatakse U, V, W -ga.

4. **Keerdvoolugeneraatorid ja -mootorid.** a) Väiksemad gener. ehitatakse mõnikord paigalseisva magnetiga ja pöörleva ankruga; kollektori asemel seatakse nn. kontaktrõngad, igale faasile ja 0-juhtmele üks, b) suuremas generaatoris pöörleb väljamagnet (nn. rootor) ja tekitab tugeva magnetvälja, kus ankur, milles tekib vahelduvvool, on paigal (nn. staator). Pooluste arv generaatoris: $2p = 120f : n$, kus n pöörete arv minutis. Generaatorit toidetakse väljaspoolt saadud alalisvoolu-generaat., nn. ergutusmasinaga G (joon. lk. 180) 100—200 V. Nagu näha toodud valemist, võib kv. sagedust muuta pöörete arvu muutmisega. Töötavad gener. tähtühendises, harva kolmnurkühend. Pinge reguleerimine toimub ergutusmasinaga, mille pinge omakorda reguleeritakse reostaadiga (vt. joonis lk. 180). Gener. pingediagrammist selgub, et pingelange on väiksem suurema $\cos \varphi$ puhul; tihti tõstetakse $\cos \varphi$ abimasinatega, nn. faasinihutajatega.

5. **Keerdvoolumootorid.** a) Sünkroonmootorid. Rootoris on alalis-staatoris keerdvool. Mootori head omadused: püsiv pöörete arv, mis muutub ainult f muutmisega, kasutegur 0,95; halvad küljed: mootorit peab toitma kahe isesuguse voolu liigiga, teda ei või käivitada koormisel;

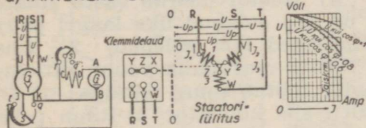
käitamiseks ja magnetmähiste toitmiseks peab olema abimasin, vooluvõrguga võib teda ühendada ainult siis, kui on saavutatud võrguga samane pinge, perioodide ja faaside arv, kus ühendatavad faasid peavad pöörlema alaliselt koos; mootori generaatori pöörete arvud on võrdsed: $n = 120f : 2p$, kus $2p$ on pooluste arv ja f on toitava keerdvoolu perioodide arv. Kasustatakse neid mootoreid suuris tööstusis (500—600 hj).

b) **Asünkroonmootor** ei vaja alalist voolu; neid on kahte tüüpi:

Keerdvoolumootor.

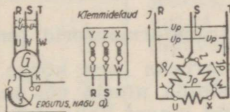
$$U = 1,73 U_p; I = I_p$$

a) TAHTÜHEND-STAATOR.

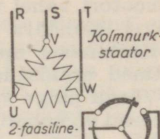
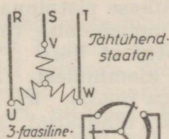


b) KOLMNURK-STAATOR

$$U = U_p; I = 1,73 I_p$$



Keerdvoolugeneraator.



1) **rõngastega-mootor**, millel ind.-voolu edasijuhtimiseks on rõngad; rõngaile on asetatud reostaadiga ühendatud harjad; reostaadis on iga faasi jaoks üks haru; 2) **lühind- (lühühend-) mootor**: staator saab keerdvoolu välisahelast, rootoris indutseerub kohalik kolmfaasvool. Lühindmootori ankru juhtmed on jäme-vasktraadist, tihti isolatsioonita; rootori takistus on väikene, ehitus lihtne, neil puuduvad libisevad kontaktid ja kõik nendega seotud kaod (sädemete tekkimine, hõõre jt.); väikesil mootoreil puudub käivitamis-reostaat; kõigist elektermootoreist on ta odavam. **Puudused**: käivitamisel tarvitab ta 3—5 korda rohkem voolu kui käimisel, pöörete arv pole püsiv; koormise suurenemisega väheneb pöörete arv; teda ei saa väga suurelt välja ehitada. Käivitamine: 1) väikesil kuni 1,1 kW — lülitiga, 2) 1,1—1,5 kW — astmelise („täht-kolmnurk-“) lülitiga, 3) 1,5—6 kW — samuti, kuid mootor on välja ehitatud kahekordsete nuutidega, 4) 6 kW-st suuremad — käivitamis-transformaatoriga, mis aga teeb sisseade kalliks ja seetõttu tihti asendatakse ka rõngastega — induksioonmootoriga, 5) suured induksioonmootorid käivitakse abimootoriga tühjal käigul. Väikeste asünkrooniliste mootorite kasutegur kõigub 80 kuni 85%-ni, suuremail kuni 90%. Võimsustegur ($\cos \varphi$) väikesil masinail = 0,8, suuremail $\cos \varphi = 0,85—0,9$, tühjalt käimisel $\cos \varphi = 0,2—0,3$.

D. Sageli esinevaid elektermasinate rikkeid ja nende põhjusi.

- a) **Laagrite ebaharilik kuumenemine**: 1) Rihm on väga pingutatud. 2) Määrderõngas ei käi vabalt. 3) Määrderõngas pöörleb aeglaselt. 4) Määrdeõli pole puhas. 5) Laagris vähe õli. 6) Valesti üles seatud. 7) Halvasti valmistatud. b) **Õli väljapritsumine**: 1) Laager väga täis valatud. 2) Ebaõiged määrderõngad. c) **Kollektor väga kuuneb**: 1) Süsiharjad väga kõvasti tema vastu surutud. 2) Säde tekkimine. 3) Mittevastav söesort. d) **Ülemääraline mähise kuumenemine**: 1) Ankur halvasti tsentreeritud. 2) Lühind mähises. 3) Kolmfaasmootor valesti ühendatud võrguga (tähtühend kolmnurküheni asemel). 4) Mootor ülekoormisega. 5) Puudulik õhu juurdevool mootorile. e) **Suur rihma**

ja seibi kuumenemine. Rihm libiseb. f) Sädemed kollektoris. 1) Mootori ülekoormis. 2) Kollektor mustunud. 3) Kollektoris on tekkinud kraavikesed või augukesed. 4) Ebaõige harjade asetus. 5) Harjade ridadevaheline kaugus ebaühtlane. 6) Harjad ei puutu hästi kokku kollektoriga. 8) Mittevastav sõesort. 9) Kollektori plaatide vahelt ulatub välja vilgukivi (isoleermaterjal). 10) Ankrumähis katkine. 11) Lühind magnetite mähiseis. g) Mootor täiel koormisel ei pöörle tabelis tähen-
datud pöörete arvuga. 1) Mittevastav pinge või sagedus. 2) Ebaõige harjade-süsteemi paigutus. 3) Lühind magnetis. 4) Haruside-mootoril ebaõige ühendus. 5) Alalisvoolumootoreil juhtmed käimalaske-reostaadi ja mootori vahel väikese ristpinnaga. h) Rootor hõõrub vastu staatorit. Laagri ülemäära kuumenemise tõttu on ära sulanud üks laagri padjust. i) Käitamisel mootor ei käi: 1) Kaitsmed läbi põlenud. 2) Ühend-
juhtmed eraldatud klemmidest. 3) Käitus-reostaadis voolu katkemine. 4) Võrgu pinge väga madal. k) Mootor töötab suure müraga: 1) Üksi-
kud osad on kohalt ära nihutatud. 2) Mitte-sile kollektor. 3) Rihm peksleb.

E. Umformerid (ufo-d) ja transformaatorid (trafo-d).

On elektrivõrgu pinge antud otstarbeks liiga kõrge või madal, siis peab tarviliku pinge saamiseks kasutama ufosid või trafosid. 1) Ufo (mootor-generaator) on harilikul antud pingel käiv elektermootor, ühen-
datud generaatoriga, mis annab soovitatavat pinget; umformerit tarvita-
takse ka vahelduv- (keerd-) voolu muutmiseks alaliseks ja ümberpöör-
dult. 2) Praktikas harilikult tarvitatakse vahelduv- (keerd-) voolu
pinge muutmiseks trafosid, mis on ehituselt lihtsad ja milles elektri-
energia kaod on väikesed. Ta koosneb kinnisest teras südamikust (iso-
leeritud antimagnetilistest kardribadest), millel on primaar- ja sekun-
daarmähis; mähised on kas teineteise peal või kõrval. Kui e_1 tähistab
primaarmähise-, e_2 — sekundaarmähise-pinget, t_1 ja t_2 vastavalt nende
keerdude arve, siis (arvestamata kadu) $e_1 : e_2 = t_1 : t_2$; transformatsi-
oonitegur $n = e_1 : e_2$. Trafodes tuleb arvestada: 1) pinge ja 2) võim-
suse kadusid. Pingekadu induktsoonita koormisel ei tohi ületada 200%;
induktiivsel koormisel on pingekadu suuremad. Võimsuskadu koosne-
vad kadudest ümbermagnetiseerimisele, fukoo vooludele, mähiste sooje-
nemisele jm. Trafo kasutegur = võimsus : (võimsus + kadu). Trafo
võimsus määratakse kilovolt-ampritega, võimsusteguri tähendamise-
ga.

Kaad trafos.

Võimsus kilovates	Kaad vates		Pinge lange 0/0 *)	Kasutegur 0/0-des, koormisel			
	terases	vases		1000/0	750/0	500/0	250/0
0,6	31	22	3,31	91,9	91,3	89,3	82,4
1	40	29	3,21	93,0	93,0	91,3	85,6
3	60	58	2,69	95,0	95,0	94,5	91,5
5	92	141	2,26	95,6	95,6	95,2	92,4
7,5	122	152	1,77	96,5	96,5	95,8	93,4
10	175	176	1,53	96,5	96,5	95,8	93,5
20	288	267	1,20	97,2	97,2	96,6	94,1
30	405	358	1,14	97,6	97,4	96,8	94,6
50	590	600	1,14	97,75	97,5	97,1	95,2

*) Üleminekul tühjalt käigult induktsoonita koormisele.

Pingelanguse U_v , võimsuskao $p^0/0$ -des ja vajanduva juhtme ristpinna q mm² arvutusvalemeid.

Vooluliik	Antud	$U_v =$	$p =$	Kui on teada		Vajanduv pingeline $U =$
				U_v , siis $q =$	p , siis $q =$	
Alalis- ja üksfaasvool puht-oomilise koorm.	I	$2l\rho l : q$	$200l\rho l : qU$	$2l\rho l : U_v$	$200l\rho l : pU$	$200l\rho l : pq$
	N	$2l\rho N : qU$	$200l\rho N : qU^2$	$2l\rho N : U_v U$	$200l\rho N : pU^2$	$\sqrt{200l\rho N : pq}$
Üksfaasvool induktiiv-koormisega	I	$2l\rho l \cos \varphi : q$	$200l\rho l : qU \cos \varphi$	$2l\rho l \cos \varphi : U_v$	$200l\rho l : pU \cos \varphi$	$200l\rho l : pq \cos \varphi$
	N	$2l\rho N : qU$	$200l\rho N : qU^2 \cos^2 \varphi$	$2l\rho N : U_v U$	$200l\rho N : pU^2 \cos^2 \varphi$	$\sqrt{200l\rho N : pq \cos^2 \varphi}$
Keerdvool induktiiv-koormisega	I	$1,73l\rho l \cos \varphi : q$	$100l\rho l : qU \cos \varphi$	$1,73l\rho l \cos \varphi : U_v$	$100l\rho l : pU \cos \varphi$	$100l\rho l : pq \cos \varphi$
	N	$l\rho N : qU$	$100l\rho N : qU^2 \cos^2 \varphi$	$l\rho N : U_v U$	$100l\rho N : pU^2 \cos^2 \varphi$	$\sqrt{100l\rho N : pq \cos^2 \varphi}$

Märkmeid: 1) Vase puhul a) $U_v = II : 28q$ ja $q = II : 28U_v$. b) Kui $\cos \varphi = 0,8$, siis $p = 2,79 IN : qU^2$ ja $q = 2,79 IN : pU^2$; 2) Vajanduva U leiame tabelis toodud valemest; 3) Kui on antud erijuhtivus $k=1:\rho$ siis tabelis toodud valemis kaob ρ jagata- vast ära ja jagajat tuleb korrutada k -ga; näide $U_v = 2l\rho N : qU = 2IN : qkU$ jne.

F. Juhtmete arvestusi.

Elektriseadmete-juhtmete ristpind valitakse nii, et 1) nad lubamatult ei soojeneks, 2) pinget ei langeks üle lubatava piiri ja 3) nad oleksid mehaaniliselt küllalt vastupidavad. Et juhtmeid lubamatult ei soojeneks, tulevad nad valida tabelist, kus on antud juhtme ristpind ja lubatavad voolu tugevused (vt. alljärgnev tabel).

Vaskjuhtmete takistus, kaal ja lubatav koormis 20°C juures; $\rho = 0,0175$.

Rist- pind mm ²	Läbi- mõõt mm	Kaal		Takist.		Pikkus		Lubat. suu- rim amp.	Kaitsme min. / amp.
		kg/km	oom/km	oom/km	m/kg	m/oom			
0,75	0,98	6,7	23,8	150	42	9	6		
1	1,13	8,49	17,8	112,5	56	11	6		
1,5	1,38	13,3	11,67	75,2	84	14	10		
2,5	1,78	22,2	7,00	45,0	140	20	15		
4	2,26	35,6	4,38	28,1	224	25	20		
6	2,76	53,3	2,97	18,8	337	31	25		
10	3,57	88,9	1,78	11,25	562	43	35		
16	4,5	142,1	1,09	7,04	898	75	60		
25	5,64	222,1	0,700	4,50	1400	100	80		
35	6,68	311	0,500	3,22	1960	125	100		
50	8,00	444,5	0,350	2,25	2800	160	125		
70	9,45	622	0,250	1,61	3920	200	160		
95	11,0	846	0,184	1,18	5315	240	200		
120	12,4	1068	0,146	0,94	6710	280	225		
Terastraat		0,86	7,6	1,17	0,132	0,4			
Alumiinium		0,30	1,6	3,3	0,61	0,8			
Superioor		0,91	49,0	1,10	0,021	0,53			
Tsink		0,8	3,4	1,25	0,3				
Konstantaan		0,9	27,9	1,01	0,034				

Vastavate suuruste leidmiseks teistele metallidele tuleb andmeid vase kohta korrutada rasvase joone all olevate arvudega, s. o. terastraadi kaalu leidmiseks peab vask- traadi kaalu korrutama 0,86-ga, manganiintraadi kaalu 0,945, jne. Näide: 1 km 16 mm² terastraadi kaalub 142,1 kg . 0,86 = ca 122,2 kg.

G. Mõne elekteraparaadi ja -masina voolutarve vattides.

2. Kvartslambid.

a) sõed nurgi. 1. Voltakaar projekts.-aparaadis. b) sõed ot eti.

Vool	I	U	N	Nk
		Al.-vool	Keerd-v.	
Alalis	25—30	60	29 29 30 30 31	3300 4400 5500 6600 7700
Keerd.	25—3	50	15 20 25 30 35	~700 ~800 ~1200 ~1500 ~3000

3. Elektermootorid.

Võims. hj	Alalis-vool	Keerd-vool	cos φ
kuni	vatti hj-le	vatt hj-le	
0,5	1080—1000	1300—960	0,62—0,78
2	980—950	900—880	0,82—0,84
5	910—870	870—860	0,85—0,86
30	870—850	860—830	0,86—0,89
100	850—815	830—800	0,91
üle 100	815—795	800—793	0,91

4. Laua- ja seinaventilaat.

N	alalis- tüksfaas- vool
Veesamba rõhk mm	15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300

5. Köögi- ja soojustusriistad.

a) Triikraud		b) Köögi kat- lad		c) Liht kee- dunõu		d) Kastru- lid	
Kaal kg	N vatti	Maht- liitr.	N	Maht. liitr.	N	Maht. liitr.	N
0,5	125	5	1100	0,25	250	0,6	400
1	225	7,5	1300	0,5	400	1	550
1,75	300	12	2000	1	550	1,75	600
2,5	400	20	2700	1,5	600	2,5	900
3,5	450	25	3800	2	850	3,5	1000
4,5	500	50	5500	3	1000	4,5	1200
5	550	75	6600	5	1100	5	1400
6	700	100	8300	7,5	1300	6	1500
10	800	250	12500	10	1600	10	2000

**6. Tsentrifugaalventi-
laatorid.**

Vooluliik	Annab 1 min. õhku m³	Veesamba rõhk mm	N
Alalis- tüks- faas.	5,5 6,5	25 35 45	70 15 210
Keerd.	5 6 8 10	22 35 55 70	100 130 170 250

7. Mitmesugused

Nimi	N
Elekterpadi 50×30 cm	60
Lokits 1)	100—300
Süüdis 2)	100
Vitriinisoendi	380
Jalasoendi	80—300
Ribisoendi	300
19, 5, 12, 5,5 cm	300
Malmpliidid	300—700

1) lokitangid;
2) süütaja (sigari-)

G. Elektervalgustus.

A. Valgusühikuid ja määranguid. a) Valgusvoog (Φ) ja valgushulk (Q). a) Valgusvoog teatavale pinnale on see valgushulk, mille kiirgab valgusallikas läbi selle pinna. Valgusvoo ühikuks on **luumen (lm)**. Valgushulk $Q = \Phi t$, kus t aeg ja tema ühikuks **luumen-tund lm-t** (analoogia: kWt); näit. 150-vattlamp tarvitab 5 tunnis $5.150:100=0,75$ kWt ja kiirgab valgustushulga (vt. tab. lk. 188) $Q=5.2280=11400$ lm-t. b) Valgustustugevus $I = \Phi : \omega$ on valgusvoog 1 ruuminurga ühikule — **steradianile** *). Valgustugevusühikuks meil ja Saksamaal on **hefneriküünal (hk)**, mille annab ümarguse tahiga amüülatsetaati-lambi 40 mm leek; tahi $d=8$ mm ja ta asetseb 25 mm pikkusega valgemetalltorukeses; **1,14 hk** nimetatakse **normaalküünalaks (nk)**. Prantsusmaal ja mujal tarvitatakse nn. **detsimaal-** või **internatsionaalküünalt ICP**, mis **1,11 hk**. 1 hk saadab 1 steradianile horisontaalses suunas valgusvoo, mida nimetatakse **hefner-luumeniks (hlm)**, sageli lihtsalt **luumeniks**. 1 lm tunnis annab nn. **luumentunni (lm-t)**. c) Valgustood $\kappa = \Phi : N$ (lm/W) on suhe lambi kogu valgusvoo ja tarvitatavate vattide arvu vahel. Näiteks, 150 W el. lambi $\kappa = 2280 \text{ lm} : 150 \text{ W} = 15,2 \text{ lm/W}$. d) Valguskasutegur η on suhe lambi kogu valgusvoo ja kasutava valgusvoo vahel, näit. 150 W lambi $\eta = 1824 \text{ lm} : 2280 \text{ lm} = 0,8$, kus 1824 lm on kasutatud ja 2280 lm kogu valgusvoog. e) Valgustustugevus ehk valgustus (E) on pinnatühikule langenud valgusvoog; $E = \Phi : S$. Valgustusühikuks on **fott (phot, ph)**, mis on see valgustus, kui 1 cm² pinnale langeb valgusvoog 1 lm. 1 fott = 10 000 luksi (lx), järelikult 1 luks on see valgustus, kui 1 m² langeb — 1 lm. Märge: Valgustustugevus on pöördvõrdeline kauguse ruuduga. f) Heledustihedus on valgushulk, mille kiirgab 1 cm² pind oma ristsuunas. Selle ühikuks on **stilb (sb)**. 1 sb on seesugune valgustiheus, kui 1 cm² annab 1 hk suuruse valgustugevuse.

3. Valgustuse keskmised normid.

I. Eluruumid.	Luksid	Luksid
Keldrid, põõningud, tallid		
ja küünid	2—5	
Koridorid ja kõrvalruumid	5—10	
Magamistoad ja köögid . .	10—15	
Elu- ja söögitoad	15—25	
Saalid ja võõrastetoad . .	25—40	
II. Äriruumid ja ametiasutused.		
Koridorid ja kõrvalruumid	5—10	
Laoruumid	10—20	
Harilik kaupluse büroo . .	20—30	
Arvestus- ja kontoriruumid ja harilikud müügisaalid	30—50	
Joonistussaalid	50—80	
Vaateaknad valgemate asjadega	200	
Vaateaknad tumedate asjadega	400	
III. Vabrikud.		
Vabrikuhooned	3—5	
Koridorid ja kõrvalruumid	5—10	
Valukuurid ja sepikojad .	20—30	
Lukusepa-, tiseri- ja montaaži-töökoad	30—40	
Trükikojad	40—50	
Puidumehaanika-töökoad, kellasepad, litograafid, graveerijad jne.	50—80	
IV. Seltsimajad ja hotellid.		
Koridorid ja kõrvalruumid	5—10	
Köögid ja bürooruumid .	15—20	
Harilik võõrastetuba . .	15—25	
Peenem võõrastetuba . .	25—40	
Restoraaniruumid . . .	40—60	
Peo- ja kontsertsaalid . .	40—80	

*) Steradian on ruuminurk, mille tipp asetseb sfääri kesktäpis ja mis lõikab sfääri pinnast tema raadiuse ruuduga võrdse pinna.

V. Koolid.

Peakoridorid ja trepid . . .	10—15
Koridorid ja kõrvaltrepid . .	5—10
Klassi- ja õpetajatetoad . .	30—50
Joonistussaalid	50—80
Voimlemissaalid	20—30

VI. Haigemajad.

Koridorid ja kõrvalruumid . .	5—10
Peatrepiruumid	10—15

Märge: Igal üksikul juhul võib kõrvalekaldumusi olla suurema või vähema valgustuse valiku suhtes.

B. Hõõglambid. Lambi praktiline kasutusaeg on see aeg tundides, millel lambi valgustugevus on kahanenud 200% võrra. a) **Süsiniit-lambid** erinevad teisist odavusega ja suure vastupidavusega põrutusile; pinge kõikumused mõjuvad süsiniitlambile palju rohkem kui metallniitlambile. Süsiniitlambid valmistatakse pingele 10—250 V ja 5—100 nk suuruses. Lambi eritarve 3, 3,5, 4 W/nk ja vastavalt kasutusaeg 300, 600 ja 800 tundi. b) **Metallitud-süsiniitlambid** on vähemtundlikud pinge kõikumusele; eritarve 2,2—2,5 W/nk. Kasutusaeg 500 tundi.

c) Metallniit-elekterlambid.

		Võimsus vates	110 V		220 V		Lambi	
			Valgus- voog h m	Valgus- toode hlm/W	Valgus- voog hlm	Valgus- toode hlm/W	pikkus mm	läbimõõt mm
1. Harilikud hõõglambid	Argoniga täidetud	15	150	10	135	9	97	55
		25	270	10,8	240	9,6	105	60
2. Osram D lambid	Argoniga täidetud	40	560	14	280	12	98	60
		60	915	15,3	805	13,4	105	65
		75	1210	16,2	1060	14,2	113	70
		100	1710	17,1	1510	15,1	120	75
		40	krüpton		525	13,1	88	45
3. Nitralambid	Lämmast. täidet.	150	2620	17,5	2280	15,2	160	80
		200	3620	18,1	3220	16,1	178	90
		300	6000	20	5250	17,5	233	110
		500	10500	21	9500	19	267	130
		750	16500	22	15300	20,4	300	150
		1000	23500	23,5	21000	21	300	150
		1500	35000	23,4	34000	22,6	335	170
		2000	44000	22	41600	20,8	370	200

Jämedail arvutusil 150—500 W hõõglambi puhul võib elektrivoolu kulu arvestada 1 m² ja 1 luksile 0,15 vatti. Näide: Töökoja põranda pindala = 250 m² ja ta vajab 50 lx. Voolu tarvis: 250 . 50 . 0,15 = 1875 W.

Praegusajal tarvitatakse praktikas peamiselt gaasiga täidetud hõõglampe, nn. poolvattlampe. Lambi hõõgniit põleb lämmastikuga, argoniga, neoniga või teiste gaasiga täidetud ruumis, kus rõhk on 2—3 at. Neid lampe valmistatakse 25 vatist kuni 2000 vatini, s. o. 25 kuni 4000 nk. Suuri lampe tarvitatakse projektsoon- ja helgiviske-lambena; üle 500 nk lampide eritarve on 0,5 W/nk, vähimail üle 1 vati; seepärast ei ole täiesti õigustatud viimaste nimetamine poolvattlambeks.

