И. И. СОКОЛОВ

ФИЗИКА КУРСУ

ОРТО МЕКТЕП ҮЧҮН
ОКУУ КИТЕБИ

ЭКИНЧИ БӨЛҮК

КЫРГЫЗМАМБАС
ФРУНЗЕ 1951

Проф. И. И. СОКОЛОВ

ФИЗИКА КУРСУ

ЭКИНЧИ БӨЛҮК

ТЕРМЕЛҮҮЛӨР жана ТОЛКУНДАР. ЖЫЛУУЛУК

ОРТО МЕКТЕПТИН 9-КЛАССЫ ҮЧҮН
ОКУУ КИТЕБИ

КЫРГЫЗЧА ТӨРТҮНЧҮ БАСЫЛЫШЫ

Орусча оригиналын РСФСР агартуу Министрлиги,
котормосун Кыргыз ССР агартуу Министрлиги бекиткен

КЫРГЫЗСТАН МАМЛЕКЕТТИК БАСМАСЫ
ФРУНЗЕ
1951

62710

Библиотека Киргизского
Филиала АН СССР

МАЗМУНУ.

I. Термелүүлөр жана толкундар.

Бети

1. Гармоникалык термелүү . . . 7
2. Термелүүнү аныктоочу чоңдуктар 9
3. Термелүү кыймылынын айлануучу кыймыл менен байланышы 10
4. Гармоникалык термелүүдөгү которулуштун графиги . . 11
5. *1-лабораториялык иш.* Маятниктин термелүү закондорун изилдөө 12
6. Маятниктин термелүү закондору 13
7. Физикалык маятник . . . —
8. Маятникти сааттарда колдонуу 14
9. Эркин түшүүнүн ылдамдануусун ченегенде маятникти колдонуу 15

1-көнүгүү . . . . —

10. Серпилгич нерселердин термелиши . . . —
11. Серпилгич нерселерде термелүүлөрдүн таралышы . 16
12. Туурасынан термелүү . . . 17
13. Узунунан термелүү . . . 19
14. Толкундун узундугу . . 20
15. Толкундардын чагылышы жана сынышы 21
16. Толкундардын интерференциясы 22
17. Уюган толкун 23
18. Резонанс 25
19. Резонанс кубулуштары жана техника 26

Суроолор 27

20. Үн . . . . —
21. Тон. Тондун катуулугу жана бийиктиги. Сирена 29
22. Үн толкундарынын чагылышы 31
23. Үн толкундарынын интерференциясы . . . . —
24. Согуу 32
25. Нерсенин өздүк тону . . . —
26. Нерсенин негизги тону . 33
27. Эң жогорку гармоникалык тондор 34
28. Тембр 35
29. Үн резонансы 36
30. *2-лабораториялык иш.* Түрдүү заттар ичиндеги үндүн ылдамдыгын ченөө . . 36
31. *3-лабораториялык иш.* Резонанс жолу боюнча үн толкунунун узундугун аныктоо 37
32. Граммофон 38
33. Ультра үндөр 39
34. Чуунун зыяндуу аракети . 40
35. Үн көрүнүштөрүн согуш техникасында колдонуу . . —

2-көнүгүү. 42

Суроолор 43

II. Жылуулук жана молекулярдык физика.

1. Жылуулук—энергия.

36. Жылуулук жөнүндөгү илимдин өөрчүшү 44
37. Жылуулук санынын бирдиги 47
38. Заттын салыштырма жылуулук сыйымдуулугу . . . —

39. Жылыткан жана сууткан кездеги жылуулук санынын формуласы . . . 47
40. Жылуулук балансасынын теңдемеси . . 48
3-көнүгүү 51
41. Жылуулук жана жумуш . . 52
42. Жылуулуктун механикалык эквиваленти 54
43. Жылуулуктун механикалык эквивалентин Джоулдун аныкташы 55
44. Энергиянын айлануу жана сакталуу законунун жылуулук кубулуштарына таралышы 57
45. *4-лабораториялык иш.* Заттын салыштырма жылуулук сыйымдуулугун аныктоо 59
46. *5-лабораториялык иш.* Өтө ысытылган нерсенин температурасын калориметрдик жол менен аныктоо 61
47. Жылуулуктун булактары . —
48. Жагылуучу заттардын жана тамактын жылуулук берүү жөндөмдүүлүгү 65
4-көнүгүү 66
Суроолор 68

2. Жылытуудан нерселердин кеңиши.

49. Нерселердин сызыктуу жана көлөмдүк кеңиши . . . 69
50. *6-лабораториялык иш.* Катуу нерсенин сызыктуу кеңишинин коэфициентин ченөө 70
51. Катуу нерселердин сызыктуу кеңиш коэфициентинин формуласы 71
52. Ар кандай температурадагы нерсенин узундугунун формуласы 73
53. Нерселердин көлөмдүк кеңишинин коэфициентинин формуласы . . —
54. Ар кандай температурадагы нерсенин көлөмүнүн формуласы 74
55. Температуранын өзгөрүшү аркасында нерсенин тыгыздыгынын өзгөрүшү 75
56. Жылуулуктан кеңейүүнү техникада пайдалануу . . . 76
5-көнүгүү 77
Суроолор 78

III. Газдардагы, суюктуктардагы жана катуу нерселердеги молекулярдык кубулуштар.

1. Молекулярдык-кинетикалык теориянын негиздери.

57. Молекула 79
58. Нерсенин молекулалары аралыктар менен бөлүнгөн 81
59. Жармашуу 82
60. Диффузия 84
61. Броундун молекулярдык кыймылы 86
62. Молекулярдык-кинетикалык теория 87
63. Жылуулук абалды молекулярдык-кинетикалык теория боюнча түшүндүрүү . . . —
Суроолор 90

2. Газдардын касиеттери.

64. Газдар жөнүндөгү окуунун өрчүшү 90
65. *7-лабораториялык иш.* Турактуу температура кезинде газдын ошол эле бир массасынын көлөмү менен басымынын ортосундагы өз ара катыштыгын чыгаруу (Бойль-Мариоттун закону) 91
66. Бойль-Мариоттун закону . 93
67. Көлөмдүн жана басымдын көз карандылыгынын графиги 95
68. Газдын тыгыздыгынын басымга көз карандылыгы . 96
68а. Бойль-Мариоттун законунун негизинде маселелерди чыгаруу . . . . —
69. Гей-Люссактын закону . . 97
70. *8-лабораториялык иш.* Абанын көлөмдүк кеңишинин (турактуу басым кезинде) коэфициентин ченөө . 98
71. Газдардын басымынын термикалык коэфициенти . . 99
72. Идеал газ 101
73. Газ термометри . . . . . —
74. Абсолюттук температура . 102
74а. Газдардын көлөмүн жана басымын абсолюттук температура аркылуу туюнтуу 103
6-көнүгүү . . . . —
75. Газдык абалдын формуласы 104
7-көнүгүү 106
76. Газдын молекулярдык-кинетикалык теориясы . . 107
77. Газдын грамм-молекуласы жана анын ичиндеги молекулалардын саны . . . 110
78. Газдардын касиеттерин техникада колдонуу . . . 111
Суроолор 113

3. Суюктуктардын касиеттери.

79. Тышкы күчтүн таасири астында суюктуктун бетинин формасы 113
80. Суюктуктун үстүңкү катмары 114
81. Суюктуктардын кысылгычтыгы 116
82. Беттик катмардын потенциалдык энергиясы. Беттик тартылуу 117
83. Беттик катмардын касиеттерин көрсөтүүчү тажрыйбалар 118
84. Нымдалуу 121
85. Мениск . . . . —
86. Беттик басымдын мениснинин формасына көз каранды болушу 123
87. Капиллярдуулук . . . . . —
88. *9-лабораториялык иш.* Беттик тартылуунун чоңдугун аныктоо 126
89. Суюктуктун молекулярдык-кинетикалык теориясы . . —
8-көнүгүү 127
Суроолор . . . . —

4. Катуу нерсенин касиеттери.

90. Кристаллдык абал 128
91. Аморфтук абал 129
92. Кристаллдын мейкиндик тору 130
93. Деформация 133
94. Деформациянын чоңдугунун деформациялоочу күчкө көз каранды болушу. 135
95. Созулгучтук, морттук, пластикалуулук 137
96. Туруштук берүүчү чыдалуу 138
97. Гуктун закону 139
98. *10-лабораториялык иш.* Деформациянын чоңдугу менен деформациялоочу күчтүн ортосундагы көз карандылыкты изилдөө . 140
99. Деформациялар кезинде энергиянын айланышы . 141
100. Катуу нерсенин молекулярдык-кинетикалык теориясы . . . . —
9-көнүгүү 142
Суроолор 143

IV. Заттын агрегаттык абалынын өзгөрүшү.

1. Эрүү жана катуулануу.

101. Эрүүнүн жана катуулануунун температурасы . . . 144
101а. Суюктуктарды өтө суутуу 145
102. Эрүүнүн жылуулугу . . . 146
103. Эрүү же катуулануу кезиндеги жылуулук балансасынын теңдемеси 147
104. Эрүү жана катуулануу кезинде нерсенин көлөмүнүн өзгөрүшү 148
105. Эрүү точкасына басымдын таасири 148
106. *11-лабораториялык иш.* Муздун эришинин салыштырма жылуулугун аныктоо 149
10-көнүгүү 150
Суроолор 151

2. Буунун пайда болушу.

107. Буунун пайда болушу . . 151
108. Буулануу . . . . —
109. Буулануунун молекулярдык-кинетикалык теория боюнча түшүндүрүү 152
110. Буулануунун жылуулугу . 153
111. Турактуу температура кезинде буунун көлөмү менен басымынын ортосундагы көз карандылык . . 154
112. Каныктыруучу буулардын басымынын температурага көз карандылыгы 156
113. Дальтондун закону . . . 158
114. Кайноо 160
115. Буу пайда болгон жана конденсацияланган кездеги жылуулук балансасынын теңдемеси 161
116. *12-лабораториялык иш.*
Калориметрдин жардамы менен суунун буусу пайда болуунун салыштырма жылуулугун аныктоо 162
117. Каныктырбоочу бууларды каныктыруучу бууларга айландыруу жолу 163
118. Критикалык температура 164
119. Газдарды суюлтуу 165
120. Ылдый температураларды алуунун жолдору 166
121. Суюлтулган газдарды колдонуу 168
11-көнүгүү 169
Суроолор . . . . —

3. Абанын нымдуулугу.

122. Абанын нымдуулугу . . . 170
123. Шүүдүрүм точкасы . . . 172
124. Гигрометр . . . . —
125. Психрометр 173
126. Кылдуу гигрометр 174
12-көнүгүү . . . . —
Суроолор 175

V. Газдын жана буунун жумушу.

127. Турактуу басым кезиндеги газдын жумушу 176
128. Газдын кеңейүүдөгү жумушунун графиги 177
128а. Өзгөрүлмөлүү басым кезиндеги газдын жумушу . 178
129. Буу кыймылдаткычтар . . 179
130. Топка (очок) . . . . . . —
131. Казан 182
132. И. И. Ползуновдун жана Д. Уаттын буу машинасы . 184
133. Золотник 186
134. Уаттын буу машинасынын өркүндөтүлүшү 188
135. Буу машинасынын индикатордук диаграммасы . . 190
136. Буу машинасынын пайдалуу аракетинин коэфициенти 193
137. Буу турбиналары 194
138. Ичинен күйүүчү кыймылдаткычтар 195
139. Ичинен күйүүчү кыймылдаткычтарды колдонуу . . 197
139а. Аба реактивдүү кыймылдаткыч 199
139б. Ракета 204
140. Муздатуучу машина . . . 206
13-көнүгүү 207
Суроолор 208
Тиркемелер 209

I. ТЕРМЕЛҮҮЛӨР ЖАНА ТОЛКУНДАР.

1. Гармоникалык термелүү. Кыймылдын башта окуп үйрөнүлгөн түрлөрү менен катар термелүүчү кыймыл көп кезигет.

Эгерде нерсе, термелүү башталганга чейинки турган баштапкы абалынан түз сызык боюнча же жаа боюнча бул жана тигил жакка кыймылдаса, нерсе термелген болот.

Жогорку учу бекитилген спиралдык пружина ылдый тартылып коё берилсе, ал термелүүчү кыймылды жасайт. Рессорлору бар бардык арабалар (экипаждар) жолдун тегиз эмес жерлерине урунганда термелүү кыймылына келишет. Үстүндө конуп олтурган куш учуп кеткенде, бутак термелет. Шамалдын таасири астында жыгачтар, фабриканын морлору, көлдөгү жана деңиздердеги суулар термелет. Үн чыгарып туруучу бардык нерселер термелүү абалында турушат. Иштеп турган буу машинасынын поршени термелүүнү жасайт. Жогоруда келтирилген мисалдар термелүүнүн мүмкүн болгон бардык түрлөрүн толуктай алышпайт да, кыймылдын бул түрү жаратылышта жана техникада көп таралгандыкты көрсөтүшөт.

Бул кыймылды мүнөздөөчү чоңдуктарды математикалык маятниктин термелүү мисалында оңой эле окуп үйрөнүүгө болот.

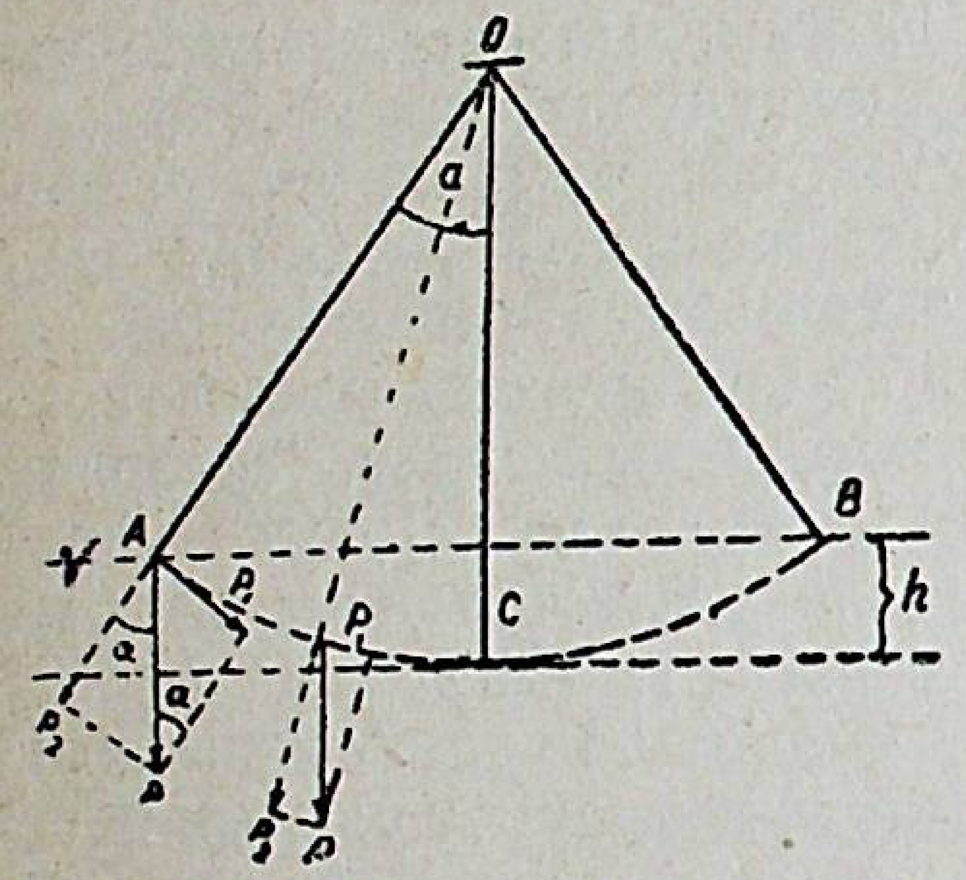
Математикалык маятник деп, созулбай турган жипке асылып коюлган, чектүү массага ээ болгон, өлчөмдөрүн эске албай коюуга мүмкүн болгон нерсени айтат (бул „материалдык точка" деп аталат). Эгер узун жана ичке жипке кичине шарикти асып койсок, математикалык маятникти жеткиликтүү түрдө анык өзүн жасап алууга болот.

Маятник жана анын асылынган точкасы бир вертикалда жаткан кезде, маятник тынч абалда турат. CA жаасы боюнча A точкасына баштапкы деңгелинен h бийиктигине вертикаль боюнча тең салмактуулук абалынан чыгарылганда (1-сүрөт), маятник бул точкада кошумча потенциалдык энергияга ээ болот $Ph = mgh$, мындагы m — маятниктин массасы. Бул точкада маятниктин салмагы P тирек точкасынын тоскоолдугу менен тең салмактуулана албайт; тирек точкасынын тоскоолдугу жип бойлото багытталган салмактын бир түзүүчүсү P_2 менен гана тең салмактанат; жаныма сызык боюнча тең сал-

мактуулук жакка багытталган экинчи түзүүчү P_1 болсо, кыймылга келтирүүчү күч болот жана маятник өзү өзүнө коё берилген замат аны кыймылга келтирет.

Эгерде маятниктин кыйшаюу бурчу AOCны α аркылуу (радиандарда [1]) белгилесек, анда $\angle P_2AP = \angle APP_1 = \alpha$ жана кыймылга келтирүүчү күч $P_1 = P \sin \alpha = mg \sin \alpha$ болот.

Ар кандай күч механиканын экинчи закону боюнча массаны ылдамданууга көбөйткөндөгү көбөйтүндү менен туюнтулат. Туюнтмада P_1 үчүн масса m тамгасы менен белгиленген, демек, $g_1 = g \sin \alpha$ чоңдугу маятниктин термелүү кыймылынын ылдамдануусун туюнтат. Кичине бурчтарда $\sin \alpha$ ны жокко эсеп болгон таксыздыгы менен α аркылуу алмаштыруу мүмкүн, ал эми радиан менен алынган α бурчу болсо жаанын узундугу $CA = x$ ти l радиусуна бөлгөндөгү тийиндиге барабар, анда $\alpha = \frac{x}{l}$ болот.



1-сүрөт. Математикалык маятник.

Маятник тең салмактуулук абалдан оң жакка кыйшайганда, ылдамдануу вектору солго багытталат; ал эми маятник солго кыйшайганда, ылдамдануу вектору оңго багытталат. Точканын тең салмактуулук абалдан которулушу жана термелүү кыймылындагы ылдамдануу дайыма карама-каршы жактарга багытталган болот; ошондуктан, алардын карама-каршы белгилери бар. Белгилерди көңүлгө алганда жогорку барабардыктарды төмөнкүчө жазууга болот:

$$P_1 = mg_1 \text{ мында } g_1 = -\frac{g}{l} \cdot x. \qquad \text{(I)}$$

Маятник термелген кезде, чайпалуунун жетишерлик кичине күүлөнүшү болуу учурунда, ылдамдануу тең салмактуулук абалдан кыйшаюуга түз пропорциялуу болот жана бул кыйшаюу менен карама-каршы багытта болот.

А дан *С* га чейинки жолдо ылдамдануу үзгүлтүксүз кемип турат, бирок дайыма ылдамдык жакка багытталган болот, ошондуктан ылдамдык өсөт жана ылдамдануу нулга айланганда тең салмактуу *С* абалында ылдамдык эң чоң болот, ал энергиянын сакталуу законунун теңдемеси $\frac{mv^2}{2} = mgh$ боюнча

[1] Радиан — жаасы радиуска барабар болгон борбордук бурч.

эсептелип чыгарылат. *С* дан *В* га чейинки жолдо ылдамдануу жаныма боюнча тең салмактуулук абал жагына, б. а. ылдамдыкка дайыма каршы багытталган болот дагы абсолюттук чоңдук жагынан чоңоёт; кыймыл акырындатылган болот жана маятниктин бүткүл кинетикалык энергиясы h_1, бийиктигине көтөрүлгөндөгү потенциалдык энергияга айланганда ылдамдык нулга айланат. Кандайда болсо бир тоскоолдуктарды жеңүүгө энергия сарп кылынбаган кезде $mgh_1 = \frac{mv^2}{2}$. Бул соңку эки формуланы салыштыруудан сол жактагы көтөрүлүүнүн бийиктиги оң жактагы көтөрүлүүнүн бийиктигине барабар ($h_1 = h$) болуп чыгат, демек $BC = CA$ болот. *В* точкасынан баштап бардык кубулуштар жаңыдан ошол эле тартипте кайталанат.

Ылдамданышы, тең салмактуулук абалдан материалдык точканын кыйшайышына түз пропорциялаш болгон жана дайыма тең салмактуулук жакка багытталган кыймыл жөнөкөй гармоникалык термелүү деп аталат.

Мисалы: тоскоолдук күчү жок болуп, кыйшаюу бурчу эң кичине болгон, жалгыз гана оордук күчүнүн таасири менен кыймылдаган математикалык маятник, жөнөкөй гармоникалык термелүү боло алат.

2. Термелүүнү аныктоочу чоңдуктар. Тең салмактуулук абалдан эң чоң *АС* кыйшайышы (1-сүрөт) термелүүнүн а м п л и т у д а с ы деп аталат.

Маятник *АВ* жаасын тигил жакка жана кайта өткөндөгү убакыт, башка сөздөр менен айтканда, төрт амплитудага барабар жолду өтүүгө кеткен убакыт т о л у к т е р м е л ү ү н ү н м е з г и л и деп аталат (T). Толук термелүү мезгилинин жарымы ж ө н ө к ө й т е р м е л ү ү н ү н м е з г и л и деп айтылат

$$\left(T_1 = \frac{1}{2} T\right).$$

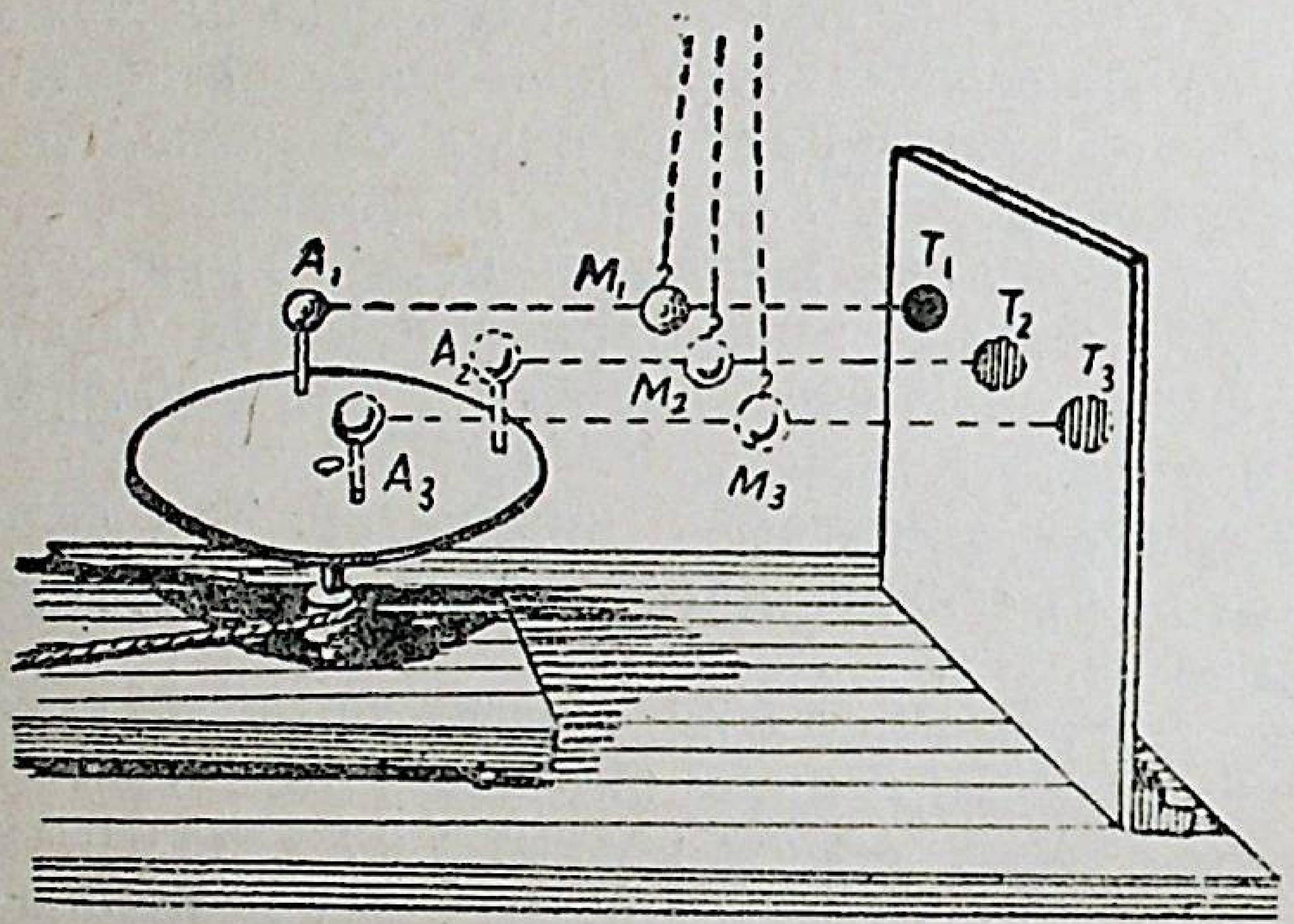
T мезгили ордуна, термелүүнү, бир секундадагы термелүүлөрдүн саны менен аныктоого болот $\nu = \frac{1}{T}$; $T = \frac{1}{\nu}$.

Чындыгында да, эгер, мисалы, бир секундадагы термелүүлөрдүн саны 10 го барабар болсо, анда бир термелүүнүн мезгили $\frac{1}{10}$ ге барабар. Эгер мезгил $\frac{1}{2}$ секундага барабар болсо, анда бир секундада эки термелүү жасалат.

Жогоруда айтылгандардан көрүнгөндөй, тоскоолдук жок болгондо тең салмактуулук абалдын эки жагындагы амплитудалар барабар болот; туруктуу амплитуда менен термелүүлөр ө ч п ө с термелүүлөр деп аталат; үзгүлтүксүз түрдө кичирейип турган амплитудалуу термелүүлөр ө ч ү ү ч ү деп аталат.

3. Термелүү кыймылынын айлануучу кыймылы менен байланышы. Эгерде айлануучу машинанын огуна диск киргизилип коюлса жана дискнин четине бир учу шарик болгон стержень вертикаль түрдө бириктирилсе жана бардык установкага топтолгон нур менен горизонталь жана параллель кылып жарык берилсе, анда нурга перпендикуляр түрдө асылып коюлган экранга шариктин көлөкөсү түшөт. Шарик айлана боюнча бир калыптагы кыймылга келтирилгенде, анын көлөкөсү түз сызык боюнча бир жакка жана экинчи жакка жылып турат (2-сүрөт).

Ошол эле экрандын алдына узун жипке байланган маятникти, анын көлөкөсү айланып турган шариктин көлөкөсү которулуп турган сызыкка түшкөндөй кылып асып коюшат.



2-сүрөт. A_1, A_2, A_3— айлана бойлоп бир калыпта айланган шариктин абалдары; M_1, M_2, M_3 — термелип турган маятниктин абалдары; T_1, T_2, T_3 — шарик жана маятниктин дал келген көлөкөлөрү.

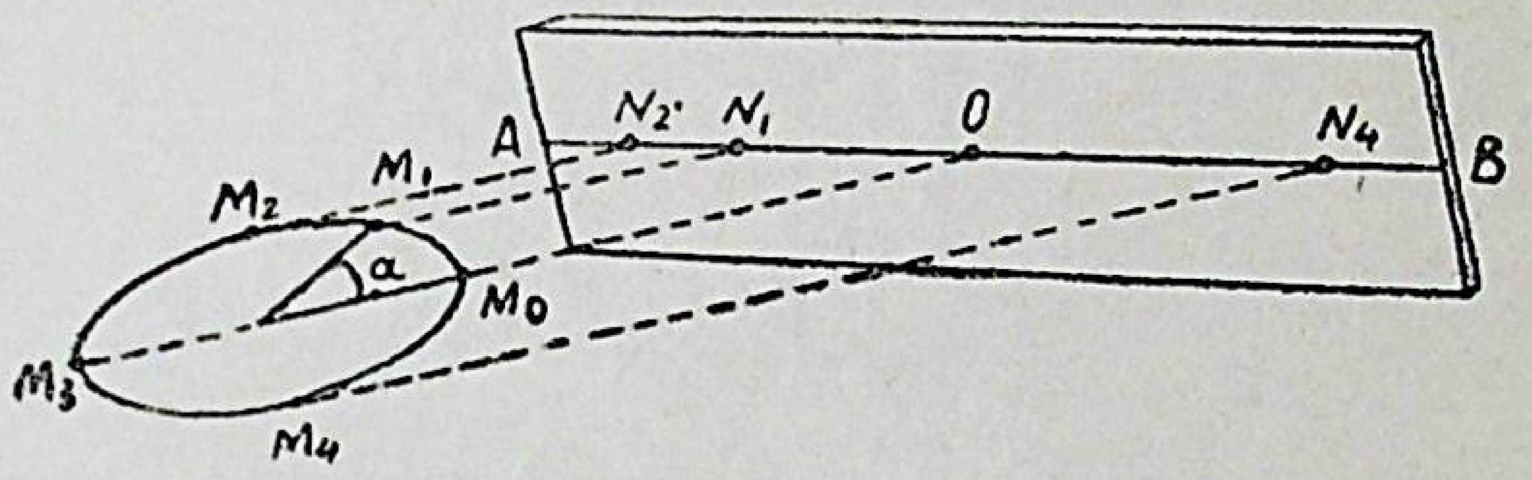
Маятник экранга параллель болгон тегиздикте термелүүгө келтирилет. Ошондо шариктин экрандагы көлөкөсүнүн кыймылы термелип турган маятниктин көлөкөсүнө бардык точкаларда дал келе тургандай кылып айландыруунун ылдамдыгын табуу мүмкүн.

Айтылган дал келүүнү маятниктин термелүү амплитудасы кичине болгондо гана таап болот.

AB түз сызыгы боюнча точканын термелүү кыймылын (3-сүрөт), айлана боюнча бир калыпта кыймылдап турууучу *M* точкасынын ошол түз сызык үстүндөгү проекциясынын кыймылы катарында текшерүү мүмкүн экендигин бул дал келүү көрсөтүп турат. Айлана боюнча бир калыпта кыймылдап турган бул точканы жардамчы точка деп, ал эми жардамчы точканы

айлананын борбору менен туташтыруучу сызыкты — кыймылдуу радиус деп атайлы.

Жардамчы точка айлана үстүндө башталгыч M_0 абалын алып турган кезде, анын проекциясы термелүү болуп турган кесиндинин *O* ортосуна келип түшөт. Жардамчы чекит M_1 ге которулган жана кыймылдуу радиус α бурчуна бурулган кезде, анын проекциясы N_1 де пайда болот. Чейрек мезгил өткөндөн кийин жардамчы точка башталгыч абалдан 90° бурчка алыстайт жана термелип турууучу точка N_2 ге которулуп келет. Жарым мезгилден кийин жардамчы точка тең салмактуулук абалдан 180° бурчка алыстап M_3 абалын алып турат, термелип турууучу точка болсо, кесиндинин *O* ортосу аркылуу өтөт. Үч чейрек мезгилден кийин же болбосо 270° бурчка кыйшайганда жардамчы точка M_4 абалга келет, ал эми термелүүчү N_4 абалга келет,



3-сүрөт. Кыймылдуу радиустун баштапкы радиус менен түзгөн α бурчу термелүү фазасы деп аталат.

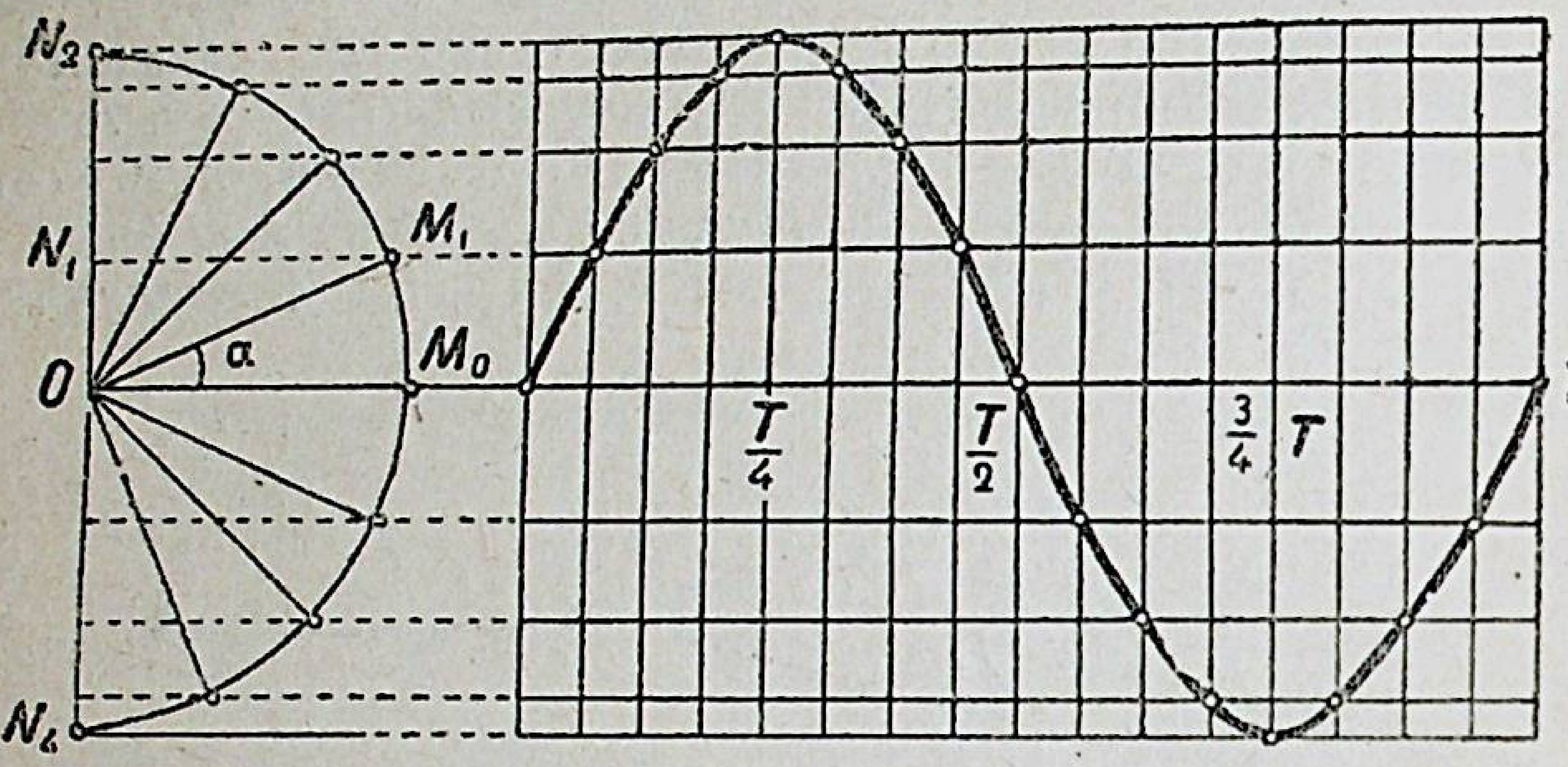
мезгилден кийин болсо, точкалардын экөө да башталгыч абалды алышат.

Башталгыч радиустан эсептегенде, кыймылдуу радиустун бурулуш бурчу термелүү фазасы деп аталат.

Демек, 3-сүрөттө башталгыч моментте *O* точкасында фаза нулга барабар; N_2 точкасында фаза $\frac{\pi}{2}$ (90° ка) барабар, *O* точкасында ал аркылуу N_2 ден N_4 кө кайта өткөндө фаза π ге (180° ка) барабар; N_4 точкасында ал $\frac{3}{2}\pi$ ге (270° ка) барабар жана эң акырында, *O* точкасында ал 2π болот. *O* дон N_2 ге чейинки аралыкта фаза *O* дон $\frac{\pi}{2}$ ге чейин өзгөрөт; N_2 ден N_4 кө чейинки аралыкта $\frac{\pi}{2}$ ден $\frac{3}{2}\pi$ ге чейин, N_4 төн *O* точкасына чейин $\frac{3}{2}\pi$ ден 2π ге чейин ж. б. өзгөрөт.

4. Гармоникалык термелүүдөгү которулуштун графиги. Эгерде мезгилдин барабар бөлүктөрүнө туура келүүчү бара-

бар кесиндилер абсцисса огунун үстүндө өлчөнүп коюлса жана абсциссалардын ар бир точкасында, термелип турууччу точканын тең салмактуулук абалынан кыйшаюуну кандайда болсо бир масштабда көрсөткөн ординаталарды тургузса, анда бардык ординаталардын учтары синусоида деп аталган сызыктын (4-сүрөт) үстүндө жатышат. Термелип турууччу точканын аралыктары тең салмактуулук абалдан убакытка жараша өзгөрүлүп турууну графиги синусоида болот.



4-сүрөт. Гармоникалык термелүүнүн графиги жана анын түзүлүшү.

5. *1-лабораториялык иш.* Маятниктин термелүү закондорун изилдөө.

Куралдар: 1) эки мык кагылган подставка; 2) диаметринен көзөлгөн жана массасы түрдүү болгон — темир, жыгач, ж. б. шариктер; 3) жип; 4) жипти шариктин тешигинде кысуу үчүн жыгач шынаачалар; 5) саат; 6) масштаб.

I. Термелүү мезгили термелүүнүн амплитудасына көз каранды болобу дегенди изилдөө керек.

Иштин жүрүшү. 1. Жиптин бир учун подставканын бир мыгына байлагыла жана аны ошол мыктын жанындагы мыкка илгиле; шынаанын жардамы менен шарикти жипке өткөрүп бекиткиле. [1]

2. Шарикти кандайда болсо бир бурчка (10° тан чоң болбосун) кыйшайтып саатка карап (секундалап) шарды коё бергиле, 100 жөнөкөй термелүүнү белгилегиле жана термелүү мезгилин эсептеп чыгаргыла.

3. Шарды жаңы, кичирээк болгон бурчка кыйшайтып, мезгилди кайтадан аныктап чыгаргыла жана сандардын экөөн тең салыштыргыла. Бул тажрыйбадан кандай корутунду чыгарууга болот?

[1] Шариктин диаметри жиптин узундугунан көп эсе кичине болууга керек.

II. Термелүү мезгили термелүүчү маятниктин массасына көз каранды болобу дегенди изилдөө керек.

Иштин жүрүшү. 1. Узундугу бирдей болгон жипке массалары түрдүү болгон шариктерди өткөргүлө, аларды кичине бурчка кыйшайткыла жана алардын ар бири үчүн термелүү мезгилин аныктагыла.

2. Натийжаларды салыштырып, тажрийбадан корутунду чыгаргыла.

III. Термелүү мезгили менен маятниктин узундугу ортосундагы көз карандылыкты тапкыла.

Иштин жүрүшү. 1. Узундугу l (мисалы 1 *м*) жана l_1 (мисалы $\frac{1}{4}$ *м*, же $\frac{1}{9}$ *м*, $\frac{1}{2}$ *м*) болгон маятниктерди алгыла жана алар үчүн термелүүнүн t жана t_1 мезгилдерин эсептеп чыгаргыла.

2. $\frac{l}{l_1}$ жана $\frac{t^2}{t_1^2}$ ты салыштыргыла. Бул салыштыруудан кандай корутунду чыгарууга болот?

6. Маятниктин термелүү закондору. Тажрийбалардан төмөнкү корутундуларды чыгарууга болот.

1. Кичине амплитудаларда маятниктин термелүү мезгили амплитудага көз каранды эмес (бул касиет термелүүнүн изохрондугу — тең убактылуулугу деп аталат).

2. Термелүү мезгили маятниктин массасына көз каранды эмес.

3. Термелүү мезгили маятниктин узундугунан чыгарылган квадрат тамырга түз пропорциялаш.

4. Термелүү мезгили салмак күчүнүн ылдамдануусунан чыгарылган квадрат тамырга терс пропорциялаш. [1]

Демек, төрт эсе узунураак маятниктин мезгили эки эсе чоң болот; 9 эсе кыскараак маятниктин мезгили 3 эсе кичине болот ж. б.

Жөнөкөй жана толук термелүүлөрдүн мезгили үчүн теория төмөнкү формулаларды берет:

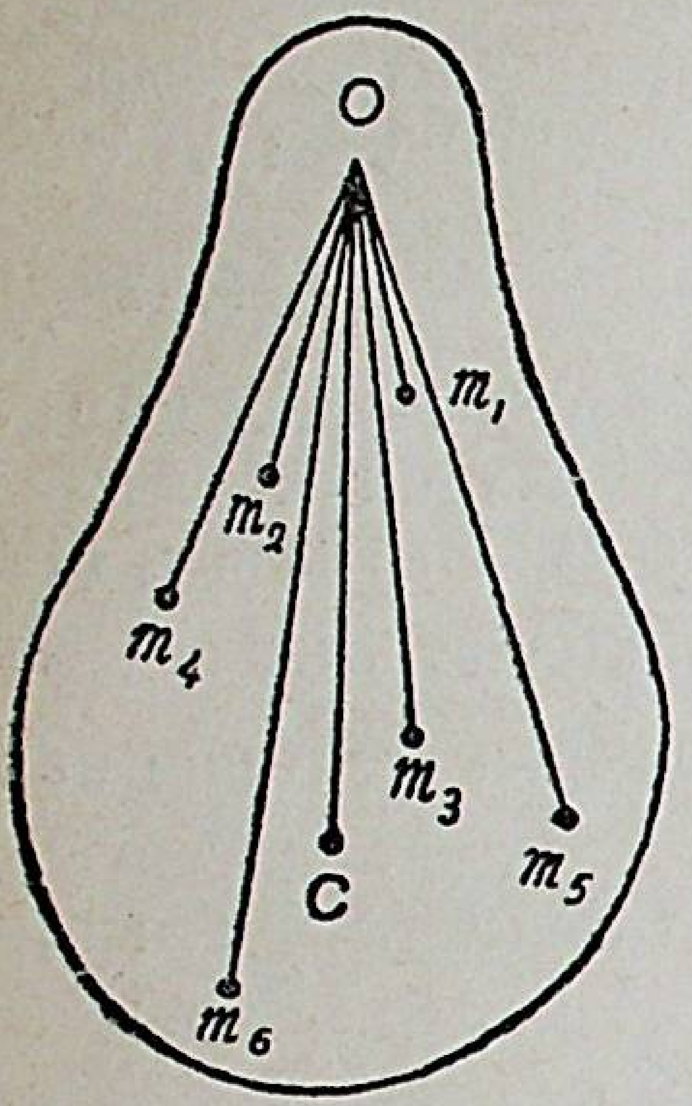
$$\boxed{T_1 = \pi\sqrt{\frac{l}{g}}} \qquad \boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}}. \qquad \text{(II)}$$

Маятниктин термелүү изохрондугун Галилей 1583-жылда ачкан.

7. Физикалык маятник. Өзүнүн оордук борбору аркылуу өтпөөчү горизонталдык ок айланасында термелүүчү бардык нерселер физикалык маятник деп аталат. Октон түрдүү аралыкта турган бул маятниктин айрым бөлүкчөлөрүн, узундугу

[1] Кийинки корутунду теория боюнча гана чыгарылат.

түрдүүчө болгон математикалык маятниктер деп кароого болот (5-сүрөт). Окко жакын болгон бөлүкчөлөрдө термелүүнүн эң кичине мезгили, алыстагы бөлүкчөлөрдө — эң чоң мезгили болууга тийиш болор эле. Бирок физикалык маятник бир бүтүн нерсе катарында термелгендиктен, анын өз мезгили анын айрым точкаларынын эң кичине жана эң чоң мезгилдери ортосунда жатат. Ар кандай физикалык маятник үчүн анын мезгили менен бирдей болгон математикалык маятникти дайыма таап алууга болот. *Мезгили физикалык маятникти менен бирдей болгон математикалык маятниктин узундугу физикалык маятниктин келтирилген узундугу деп аталат.* Эгерде математикалык маятниктин термелүү мезгили үчүн алынган формулаларга физикалык маятниктин келтирилген узундугу киргизилсе, аларды физикалык маятник үчүн да колдонууга болот.

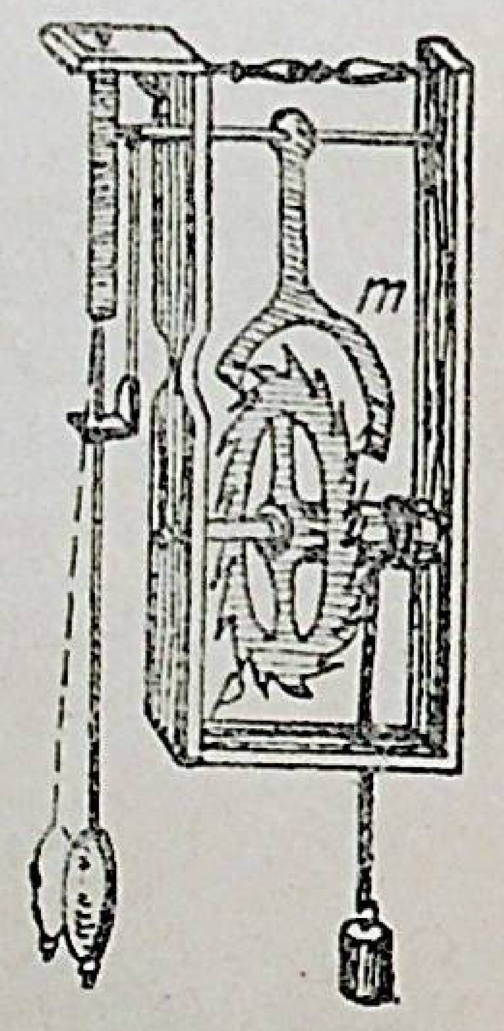


5-сүрөт.

Көбүнчө маятникке, учуна массивдүү жасмык түрүндөгү нерсе кийгизилген стержень формасын берет.

8. Маятникти сааттарда колдонуу. Сааттын жүрүшүнүн регулятору катарында маятник колдонулат. Сааттын стрелкаларын жылдыруучу октору, же көтөрүлгөн гир же болбосо катуу оролгон пружина аркылуу айланышат. Гирдин түшүшү жана пружинанын жанышы бир калыпта болбойт; саат стрелкаларынын жылышы болсо, убакыттын барабар аралыктарын көрсөтүүгө тийиш. Сааттын жүрүшүн тартипке салуу үчүн маятниктин термелиш изохрондуулугунан пайдаланышат[1].

Маятник менен байланыштуу болгон айрыкча скоба (анкер), маятник чайкалганда сааттын дөңгөлөгүнүн тиштерин бир бирден өткөрүп турат, муну менен сааттын жүрүшүнүн бир калыптуулугу камсыз кылынат. Тиштүү дөңгөлөк айланганда анкер андан маятниктин өчпөс термелүүсүн сактап туруучу түрткү алып турат. Сааттын маятнигинин түзүлүшү 5-а сүрөттө көрсөтүлгөн.



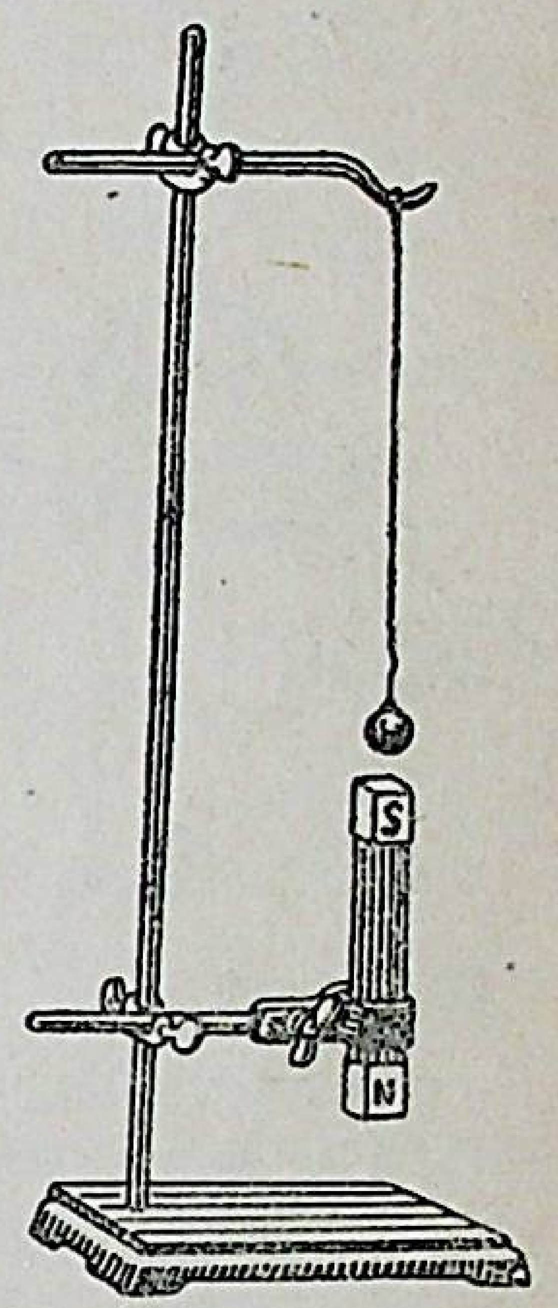
5-а сүрөт. Сааттын жүрүшүн маятник менен тартипке салуу.

[1] Маятникти саатка голландиялык физик Гюйгенс 1658-жылда колдонгон.

9. Эркин түшүүнүн ылдамдануусун ченегенде маятникти колдонуу. Маятниктин жөнөкөй термелүү мезгилинин формуласынан төмөнкүнү табууга болот.

$$g = \frac{\pi^2 l}{T^2}.$$

Жердин бетиндеги каалаган орун үчүн салмак күчүнүн ылдамдануусун эсептеп чыгаруу үчүн төмөнкүлөрдү иштөө керек: 1) маятниктин келтирилген узундугун ченейт; 2) маятниктин бир нече жүз же миң жолу термелүүнүн убагын ченейт, бул маалуматтар боюнча маятник термелүүлөрүнүн мезгилин эсептеп чыгарышат; 3) формулага l жана T нин маанилерин коюп, g ни эсептеп чыгарат.



6-сүрөт.
№ 5-маселеге.

1-көнүгүү.

1. Эмнеликтен маятниктин массивдүү бөлүгү жасмык формасында жасалат?

2. Секундалык маятниктин (б. а. жөнөкөй термелишинин мезгили бир секундага барабар болгон маятниктин) келтирилген узундугун тапкыла. Эгерде уюлда ($g = 983,24$), экватордо ($g = 978,05$), Парижде ($g = 980,94$), Москвада ($g = 981,56$) болсо.

Жообу: Москва үчүн $l = 99,55$ *см.*

3. Москва үчүн коюлган маятниги бар саат уюлда жана экватордо кандайча жүрөт?

4. Парижде узундугу 76 *м* жана 300 *м* болгон маятниктердин жөнөкөй термелүү мезгилин аныктагыла.

Жообу: 8,8 сек; 17 сек.

5. Эгер жипке асылган темир шариктин астына магнит койсок, шариктин термелүү мезгили кандай жана эмнеликтен өзгөрөт (6-сүрөт)?

6. Эгер маятникти абадан алып суунун же жабышкак майдын ичине койсо, анын термелиши кандайча өзгөрөт?

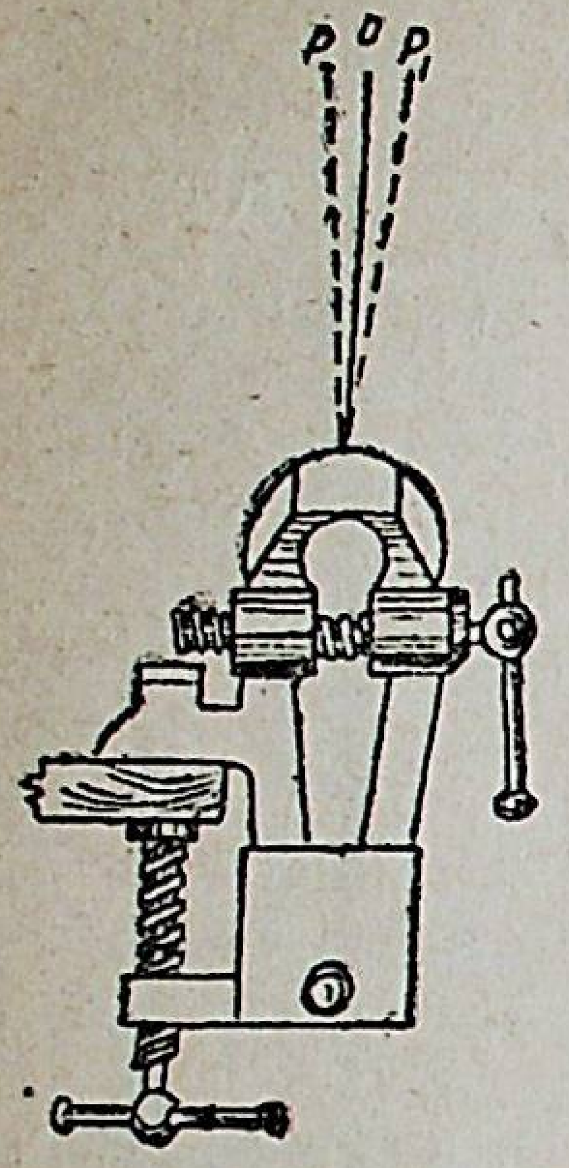
7. Эгер маятниктин узундугун эки эсе, үч эсе арттырсак, анда анын термелүү мезгили кандайча өзгөрөт?

8. Саат артта калып жүргөндө, аны тууралоо үчүн маятниктин тегерек темирин (чечевицасын) кайсы жакка жылдыруу керек?

9. Кышкы суук күндөргө салыштырганда жайдын ысык күнүндө сааттын жүрүшү кандайча өзгөрөт (5-а сүрөт)?

10. Серпилгич нерселердин термелиши. Оордук күчтөрдүн астында да жана серпилгич күчтөрдүн таасири астында да термелүү боло алат. Эгерде кыскычка кысылган болот пластинканын жогорку учу четке түртүлсө (7-сүрөт), ал гармоникалык термелүүгө келет. Пластинка тең салмактуулук абалдан чыгарылганда анын формасы өзгөрүлөт; форма өзгөрүлгөндө сырткы күчтүн таасири токтолгондон кийин эле нерсенин мурдагы формасына келтирүүчү *серпилгичтиктин күчү* деп аталуучу күч келип чыгат. Серпилгичтиктин күчү жана ал пайда кылган ылдамдануу, тең салмактуулук

абалдан кыйшаюуга түз пропорциялаш болушат[1] жана дайыма тең салмактуулук жагына багытталган болушат. Нерсе тең салмактуулук абалына кайткандан кийин серпилгичтик күч нулга айланат, бирок ал өткөргөн ылдамдык бул учурда эң жогорку чоңдукка жетет жана өзү алган кинетикалык энергия эсебинен нерсенин бөлүкчөсү тең салмактуулук абалынан өтүп кетет жана тоскоолдук жок болгондо, карама-каршы жакка ошол эле аралыкка кыйшаят. Ошентип, пластинканын бөлүкчөлөрүнүн, анын өзүнүн узунуна перпендикуляр түрдөгү гармоникалык термелүүсү белгиленет.

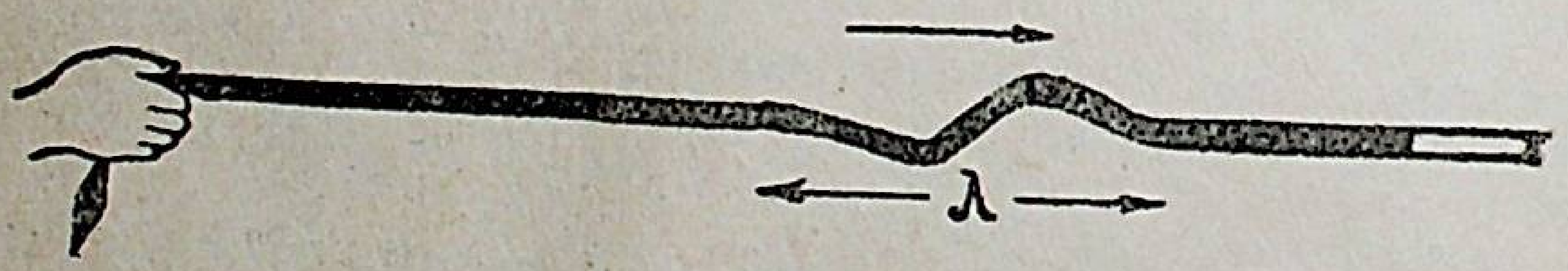


7-сүрөт. Серпилгич пластинканын термелиши.

Эгерде нерсенин формасын өзгөртүү ордуна анын көлөмү өзгөртүлсө, мисалы, аба мамычасы же болбосо асылып коюлган болот пружина өзүнүн огун бойлоп кысылса, анда нерсе ичинде сырткы күчтүн таасири токтолгондо баштапкы көлөмдү калыбына келтирүүчү серпилгичтик күчү пайда болот жана тең салмактан кыйшаюуга түз пропорциялуу болот. Алдынча коё берилген нерсенин бөлүктөрү тең салмактуулук абалга кайтып келбестен, нерсенин узундугу боюнча гармоникалык термелүүнү жасап турушат.

Ошентип, серпилгич нерсенин формасы өзгөртүлгөндө же болбосо анын көлөмү өзгөртүлгөндө анда гармоникалык термелүү пайда болот.

11. Серпилгич нерселерде термелүүлөрдүн таралышы. Серпилгич нерсенин кандай да болсо бир жеринде пайда болгон термелүү ошол жер менен эле чектелип калбастан, бүткүл нерсени бойлоп таралат.



8-сүрөт. Резинка жип боюнча толкундардын кыймылы.

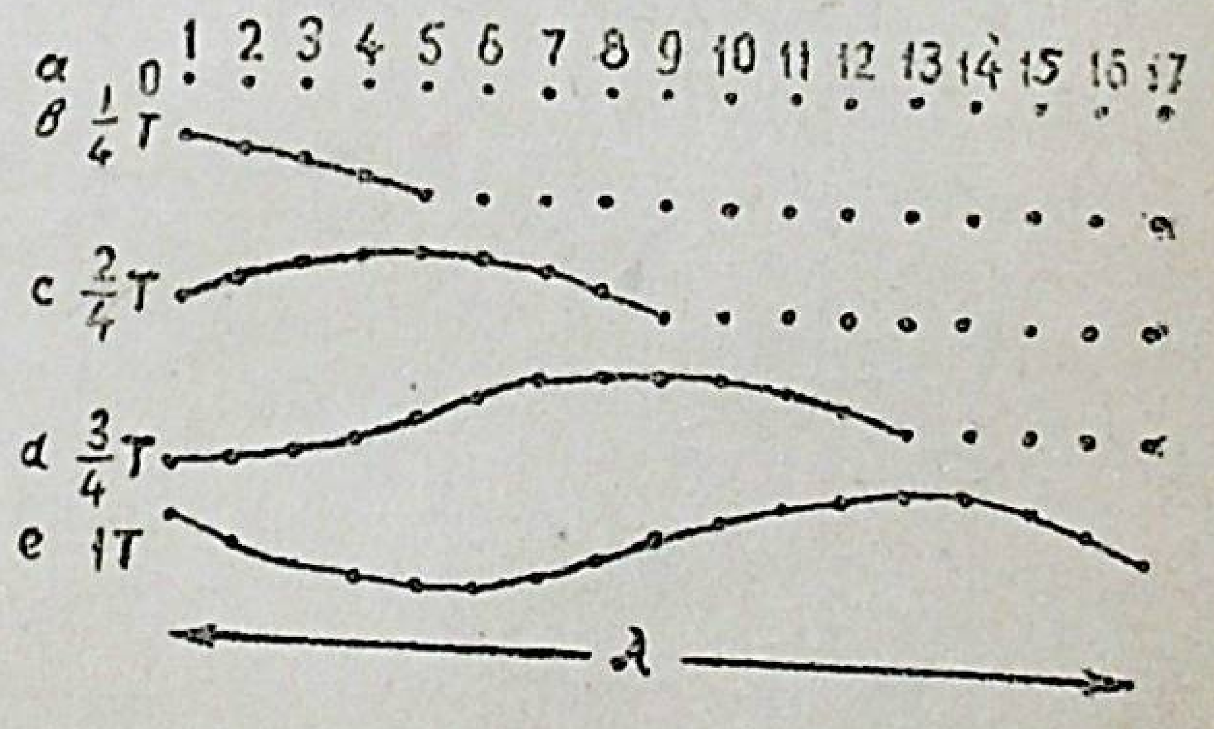
Эгерде горизонталь түрдө асылган аркандын же резинка жиптин бир учунан тартып, колду силкисек, бул учунда башта дөң пайда болот, анан барып ой пайда болот; бул эки түзүлүш дөң жана ой бүткүл жипти бойлоп, анын учуна дейре барышат (8-сүрөт).

[1] Эгерде күч серпилгичтиктин пределинен өтпөй турган болсо (94-§ ты карагыла).

Нерсени бойлоп термелүүнүн таралышы т о л к у н т ү р ү н д ө г ү кыймыл деп айтылат. Биздин мисалыбызда жандаш дөң менен ойдун кошулганы толкунду түзүшөт.

Серпилгич нерседеги термелүүлөрдүн толкун түрүндөгү таралышынын модели суудагы толкундар серпилгичтиктен эмес, башка себептерден[1] келип чыкса дагы, суу үстүндөгү толкундар боло алышат. Тынч турган көлдүн үстүнө ыргытылган таш суунун жогорку катмарын чуңкурайтат, бир нече убакыттан кийин чуңкур ордуна дөң келип чыгат, ошону менен бирге суунун кыймылы таш түшкөн жер менен гана чектелип калбай тургандыгын байкоого болот: борбордогу дөңдүн айланасында алкак түрүндө ой түзүлөт. Ошондой эле убакыт өткөндөн кийин борбордо жаңыдан чуңкур пайда болот, биринчи алкак аралыгында дөң, андан ары жаңыдан алкак түрүндөгү ойдуңча пайда боло беришет. Таш түшкөн жерден көлдүн бетине тегерек толкундар таралат; суюктуктун бөлүкчөлөрү тегеректин радиусун бойлоп толкун таралуу сызыгы боюнча которулбаганын, суу үстүндө калкып жүргөн жалбырактарга карап көрүүгө болот. Заттын өзү которулбай эле кыймылдын формасы — термелүү гана таралат.

12. Туурасынан термелүү. Серпилгич нерсе ичинде толкун пайда болуу жолун жакын элестөө үчүн, горизонталь стерженнин үстүндө бири биринен барабар аралыкта турган анын бир канча бөлүкчөсүн ойдон бөлүп коёлу (9-сүрөт). Биринчи бөлүкчөгө вертикаль түрдө жогору карай кирпик каккыча өтө турган күч таасир кылат жана аны тең салмактуулук абалдан чыгарат дейли. Бул тең аракеттенүүчү күчтүн таасиринин натыйжасында биринчи бөлүкчө өйдө көздөй жылат; бирок, биринчи бөлүкчө тең салмактуу абалдан чыгар замат, ага жанындагы бөлүкчөлөргө илмелүүдөн келип чыккан жана тең салмактуу абал жакка багытталган серпилгичтик күчү таасир кыла баштайт. Бул күчтөн чыккан ылдамдануу баштапкы ылдамдыкка каршы багытталган болот жана бир нече убакыттан кийин ылдамдык нулга айланат. Бирок биринчи бөлүктүн өзү тең салмактуулук абалдан чыккандан кийин экинчи бөлүкчөнү өз артынан тартат, экинчиси үчүнчүсүн



9-сүрөт. Туурасынан термелүүлөрдүн таралышы.

[1] Ыргытылган таштан суу үстүндө пайда болгон толкундар оордук күчүнөн болот; шамал болгон кездеги толкундар аба жана суунун бети ортосундагы сүрүлүүдөн пайда болот.

62710

тартат жана ошол сыяктуу болот. Биринчи бөлүкчө токтогон убакыттан тартып чейрек мезгил аркылуу төрт бөлүкчөлөр тең салмактуулук абалдан түрдүү аралыкка кыйшайып кыймылга келүүгө үлгүрүштү дейли (9-*в* сүрөт).

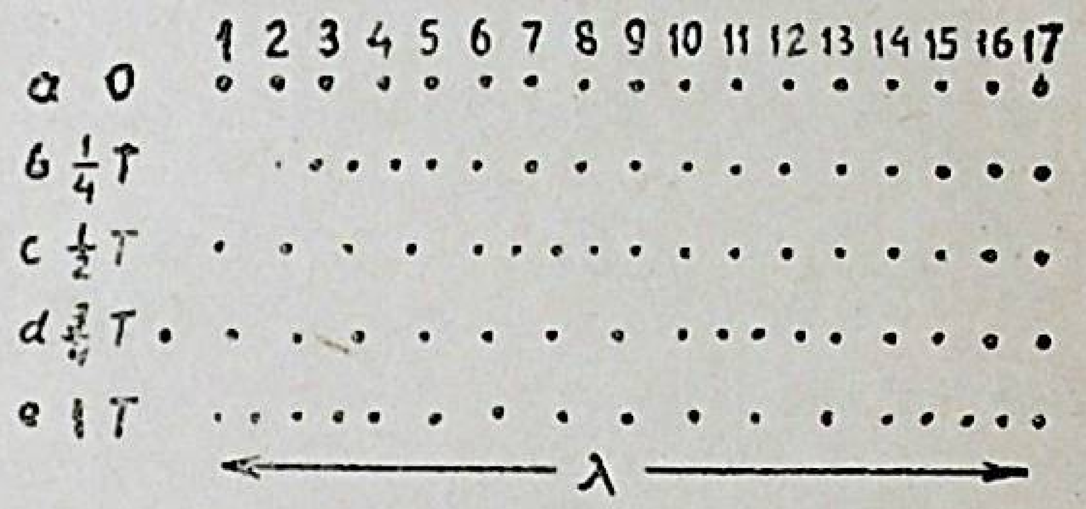
Биринчи бөлүкчөнүн ылдамдыгы нулга айлангандан кийин бөлүкчө серпилгич күчтүн таасири астында улам өсүп турган ылдамдык менен тең салмактуулук абалга умтулат жана чейрек мезгилге барабар болгон убакыт өткөндөн кийин ал абалына жетет. Ошол убакыттын ичинде экинчи, үчүнчү, төртүнчү бөлүкчөлөр эң чоң аралыкка алыстап гана кетүү эмес, алар тең салмактуулук абалга кайтып келе башташат: алар өздөрүнүн кыймылдарында салыштырып алганда биринчи жана ар бир алдыңкы бөлүкчөдөн дайыма кечигип келишет. Катарлаш бөлүкчөлөрдүн таасири астында андан аркы төрт бөлүкчө өйдө көздөй кыймылдашат, мында бешинчи эң чоң аралыкты өтүп алып, калгандары 9-*c* сүрөтүндө көрсөтүлгөн абалды алышат.

Бирок биринчи бөлүкчө тең салмактуулук абалда токтоп калбайт жана жыйналган кинетикалык энергия аркасында өзүнүн карама-каршы жагына кыймылды уланта берет жана ал өйдө карай канчалык кыйшайган болсо, ошончолук аралыкты $\frac{1}{4}$ T ичинде ылдый карай өтөт. Ушул эле убакыттын ичинде бешинчи бөлүкчө тең салмактуулук абалга кайтып келет, тогузунчусу өйдө карай эң чоң кыйшаюуга жетишет, он үчүнчү бөлүкчө гана тынч абалда турган болот (9-*d* сүрөт). Дагы чейрек мезгилден кийин биринчи бөлүкчө төмөнтөн жогору карай тең салмактуулук абалдан өтүп жаткан болот жана бардык бөлүкчөлөр 9-*e* сүрөтүндөгү абалды алышат. Анан барып андан аркы бөлүкчөлөр термеле башташат, башта өткөндөр өздөрүнүн термелишин улам өчүүчү термелүү менен улантышат. Ойдуң жана дөңчөлөр серпилгич нерсе боюнча оң жакка которулушат.

Стерженди бойлото дөң жана ойлордун акырындап келип чыгышы т о л к у н т ү р ү н д ө г ү к ы й м ы л деп айтылат. Стержендин бөлүкчөлөрү мында да, стержень бойлоп жылышпай өздөрүнүн тең салмактуулук абалдарынын жанында термелишет; стерженди бойлоп кыймылдын формасы гана өткөрүлөт, бөлүкчөлөрдүн өздөрү которулбайт. *Которуулар толкундардын таралышына перпендикуляр түрдө багытталган термелүү туурасынан термелүү деп аталат. Формасы өзгөрүлгөн кезде нерсе серпилгичтикти* көрсөткөн учурда гана туурасынан термелүүлөр пайда болот. Өз формасы катуу нерселерде гана болгондуктан жана формасы өзгөргөндө катуу нерсе гана серпилгичтикти көрсөткөндүктөн туурасынан термелүүлөр к а т у у н е р с е л е р д е гана боло алышат.

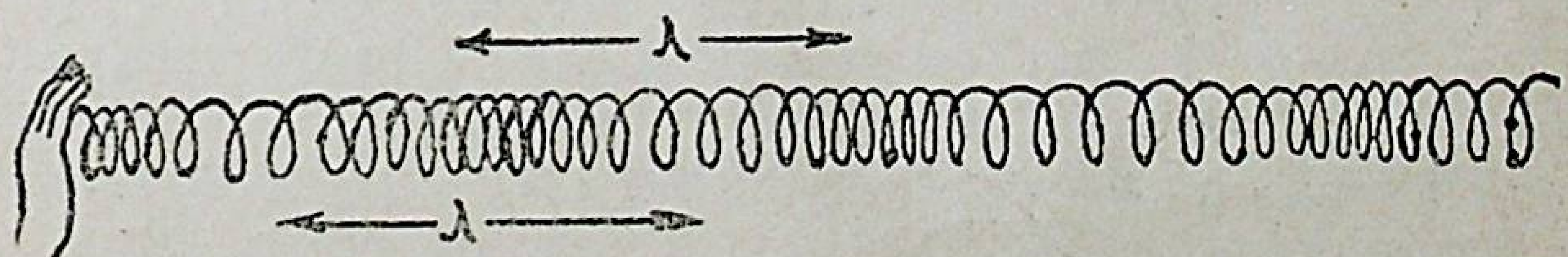
Туурасынан термелүү суюктуктардын бетинде да пайда болот, мисалы суунун бетинде. Бирок булар серпилгичтик күчтөрүнүн таасири натыйжасында эмес, бөлүкчөлөрдүн оордук күчтөрүнүн таасири натыйжасында жана суюктуктун эркин турган бети ар дайыма горизонталдык абалды сактоого умтулушунан пайда болот.

13. Узунунан термелүү. Эгерде горизонталь стерженден бири биринен бирдей аралыкта жаткан бир канча бөлүкчөнү бөлүп чыгарсак жана стерженге кирпик каккыча өтө турган күч менен анын узундугу боюнча, мисалы, оң жакка таасир кылсак, анда биринчи бөлүкчө тең салмактуулук абалдан чыгат жана жакын турган бөлүкчөлөрдү өзү ээрчитет (10-сүрөт); көлөм өзгөрүлгөн кезде пайда болгон серпилгичтик күчү биринчи бөлүкчөнүн баштапкы ылдамдыгын нулга чейин азайтып, ага тең салмактуулук жагына багытталган ылдамдоону көрсөтөт. Серпилгичтин ушул эле күчү бөлүкчөлөрдү тең салмактуулук абалды карай ылдамдануу менен кыймылдоого аргасыз кылат; тең салмактуулук абалга карата кинетикалык энергияны чогултуп, бөлүкчө бул абал аркылуу карама-каршы жакка өтүп кетет, ошончолук эле аралыкка кыйшаят жана серпилгичтик күчү аркылуу тең салмак жагына которулат. Андан кийинки бөлүкчөлөр, айтылган кыймылды ушул же башка артта калыш менен кайталашат. Точкалардын чейрек мезгилден кийинки удаалаштык абалдары 10-сүрөттө көрсөтүлгөн.



10-сүрөт. Узунунан термелүүлөрдүн таралышы.

11-сүрөт серпилгич пружинада пайда болгон коюуланууну жана сейректелүүнү көрсөтөт, 12-сүрөт болсо, айрым бөлүкчөлөрдүн жайланыш схемасын берет.

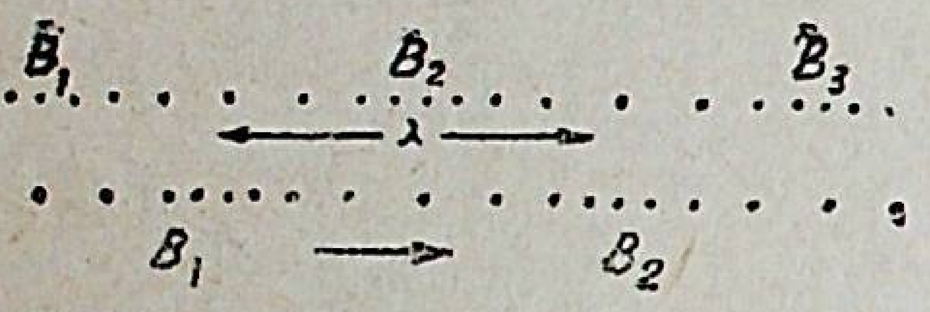


11-сүрөт. Спиралдык пружинада узунунан термелүүнүн таралышы.

Стерженди бойлоп коюулануулардын жана сейректенүүлөрдүн таралышы да т о л к у н д у у к ы й м ы л болуп саналат. Мында дагы нерсени бойлоп заттын бөлүкчөлөрү эмес, серпилгич деформация, толкун гана таралат. Бөлүкчөлөр толкун таралуунун багыты боюнча бул жакка жана тигил жакка которулуп, тең салмактуулук абалдын жанында термелишет.

Бөлүкчөлөрдүн которулушу толкундар таралуучу багыт боюнча багытталган термелүүлөр узунунан термелүү деп аталат. *Көлөм өзгөрүлгөн кезде серпилгичтикти* көрсөткөн нерселер ичинде узунунан термелүүлөр пайда болушат. Демек, узунунан термелүүлөр катуу, суюк жана газ түрүндөгү нерселердин ичинде тура алышат.

14. Толкундун узундугу. Туурасынан толкуганда коңшу эки дөңдүн өз ара аралыгы же болбосо узунунан толкуганда эки коңшу коюулануунун өз ара аралыктары толкундун узундугу деп аталат жана λ (лямбда) тамгасы менен белгиленет. Коңшулаш эки ойдуң ортосундагы аралык жана да коңшулаш эки сейректелүүнүн ортосундагы аралыктар да толкундун узундугуна барабар болот (8, 11, 12-сүрөттөр).



12-сүрөт. Узунунан толкундоодо коюулануунун жана сейректенүүнүн схемасы.

Башка сөздөр менен айтканда, тең салмактуулук абал аркылуу бир убакта өтүп жана бир эле жакка карай бет алып кыймылдоочу эки жакын точка (толкундун таралышынын багыты боюнча алынган ортосундагы аралык) толкундун узундугу болот (мисалы 9-сүрөттөгү 1-жана 17-точкалар), ушул эле точкалардын өзү ошол эле бир моментте тең салмактуулуктун абалына караганда ар дайым бирдей абалда турушат.

Тең салмактуулук абалга караганда бирдей абалды алып турган жана ошол бир эле жакты көздөй бет алып кыймылдоочу точкалар тууралу, алар бирдей фазада турушат дешет; тең салмактуулук абалга симметриялык кылып орноштурулуп жана түрдүү жактарга карай кыймылдоочу точкалар жөнүндө алар карама-каршы фазаларда турушат же болбосо, алардын фазаларынын айырмасы 180° болот деп айтышат.

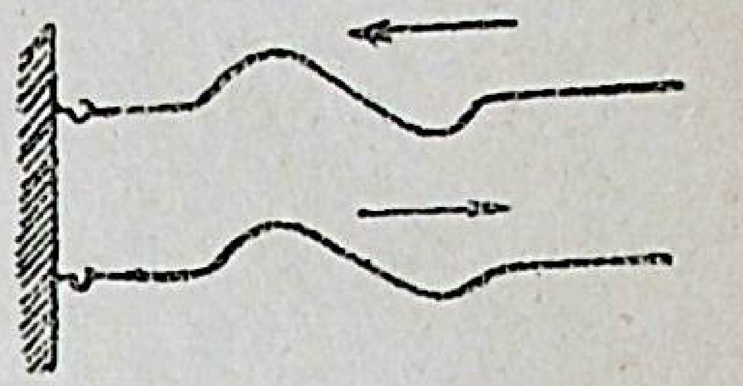
Толкун бир термелүүнүн T периодунун ичинде толкундун узундугуна барабар болгон аралыкты өткөндүгү 9-сүрөттөн көрүнөт. Термелүүнүн кандай да болсо бир фазасы, мисалы дөңдүн чокусу, нерсени бойлоп 1 секундада, өткөн жол толкун таралуунун ылдамдыгын ченейт. Эгерде толкун таралуунун ылдамдыгы v болсо, анда термелүүнүн бир мезгили ичинде таралуу аралыгы vT га барабар болот жана толкундун узундугу λ ны түзөт.

Эгерде 1 секунда ичиндеги термелүүлөрдүн санын ν аркылуу белгилесек, анда жогоруда айтылган бардык чоңдуктар төмөнкү катыштар менен байланышат.

$$\nu = \frac{1}{T}; \quad T = \frac{1}{\nu}; \quad \lambda = vT; \quad v = \lambda\nu. \qquad \text{(III)}$$

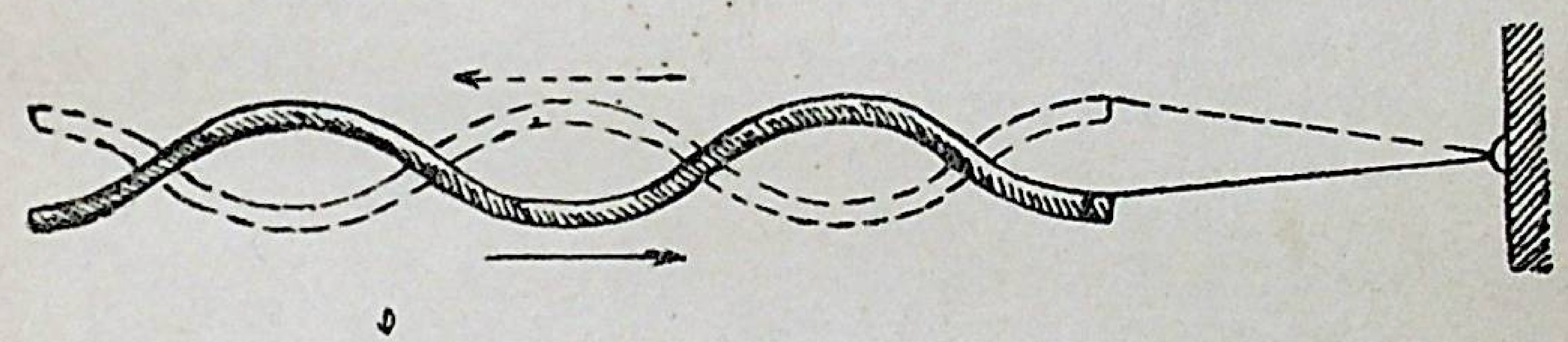
15. Толкундардын чагылышы жана сынышы. Резинка шнурду же жипти горизонталь кылып керип туруп, бир жолу шилтеп алсак, анда 11-§ та айтылгандай, шнурду бойлоп туурасынан термелүүнүн жалгыз толкуну тарала баштайт. Бул толкун шнурдун байланып коюлган экинчи учуна барып жеткенден кийин, шнурду бойлоп кайта келгенин (чагылганын) байкоолор көрсөтөт.

Толкундар чагылганда эки учур болуу мүмкүн: толкун, бетинен чагыла турган экинчи чөйрө, толкун чагылганга чейин таралган биринчи чөйрөгө караганда тыгыз болуу же андан бош болуу мүмкүн.


13-сүрөт. Жарым толкунду жоготуп, толкундун чагылышы.

Резинка шнурду дубалга байлап, шнур боюнча томпоюшун илгери карата жалгыз толкунду жиберели (13-сүрөт). Бул толкун чагылып, ойдуңу менен кайта келгенин тажрийба көрсөтөт.

Эгер резинка шнурду жеңил жипке байлап, томпоюшун илгери каратып термелүүлөрдү жиберсек, анда илгерилөөчү толкун кандайча барган болсо, чагылуучу толкун да ошондойчо, башкача айтканда, томпоюшу менен илгери карай кайтат (14-сүрөт).


14-сүрөт. Жарым толкунду жоготпой толкундун чагылышы.

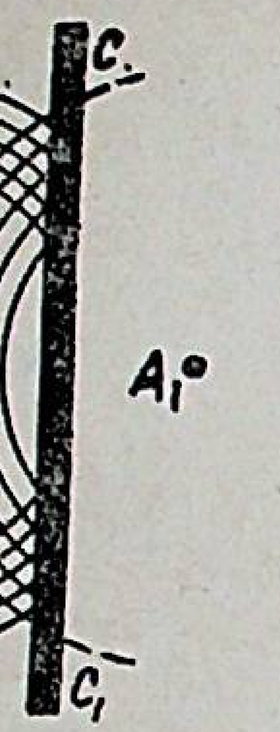
Чагылуунун биринчи учуру — жарым толкунду жоготуп чагылуу деп, экинчи учур — жарым толкунду жоготпой чагылуу деп аталат.

Толкундардын чагылышын суунун бетинде пайда болгон толкундарда көрсөтүүгө болот. Эгер суу бетинде толкунду пайда кылып, толкундун жолуна жалпак тосмону тикесинен койсок, андан үстүнкү толкундар 15-сүрөттө көрсөтүлгөндөй чагылышат.

Толкун бир чөйрөдөн экинчи чөйрөгө өткөндө, экинчи чөйрөдө толкундун таралуу ылдамдыгы башка болгондо толкун сынат.

Толкундардын сынышы төмөнкүчө болот: эгер толкундардын таралыш ылдамдыгы түрдүүчө болгон эки чөйрөнү бөлүп турган чекке толкун эңкейип келсе, анда бул чекти өткөндөн кийин толкун өзүнүн таралыш багытын өзгөртөт.

16. Толкундардын интерференциясы. Эгер нерсенин кайсы бир точкасына эки толкун бир маалда келип жетсе жана аны термелүүгө келтирсе, анда ошондогу ар бир моментте толкундардын экөөнүн тең арасында келип чыккан бул чекиттин которулушу векторлордун эрежеси боюнча кошулууга тийиш.

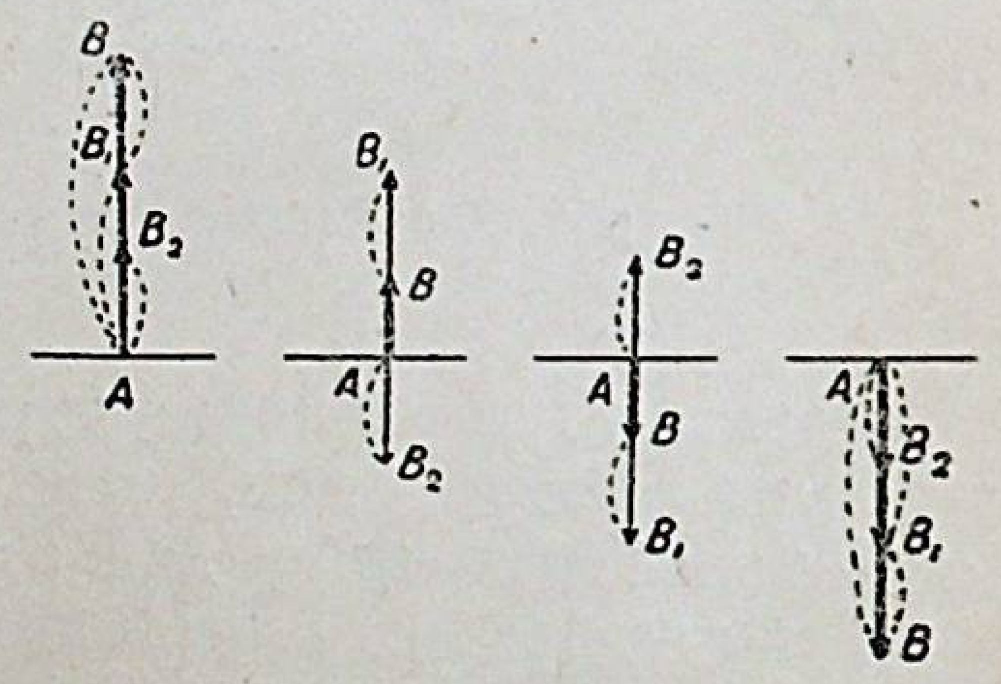


15-сүрөт. Суунун бетинде таралган толкундардын чагылышы: A — толкун чыккан жер; CC_1 — толкундар чагыла турган тосмо; A_1—толкундардын чагылган тегеректеринин борбору (A нын мнимое элестетилген көрүнүшү).

Толкундардын экөө тең чекитти бир түз сызык боюнча термелүүгө аргасыз кылган учур мындайча кошуунун эң жөнөкөй түрү боло алат. Ошондо которулушуулар алгебралык кошулат. 16-сүрөттө которулушуунун алгебралык кошуунун төрт учуру көрсөтүлгөн: AB_1 биринчи толкундан жана AB_2 экинчи толкундан; AB которулушуулардын экөөнүн тең алгебралык суммасы.

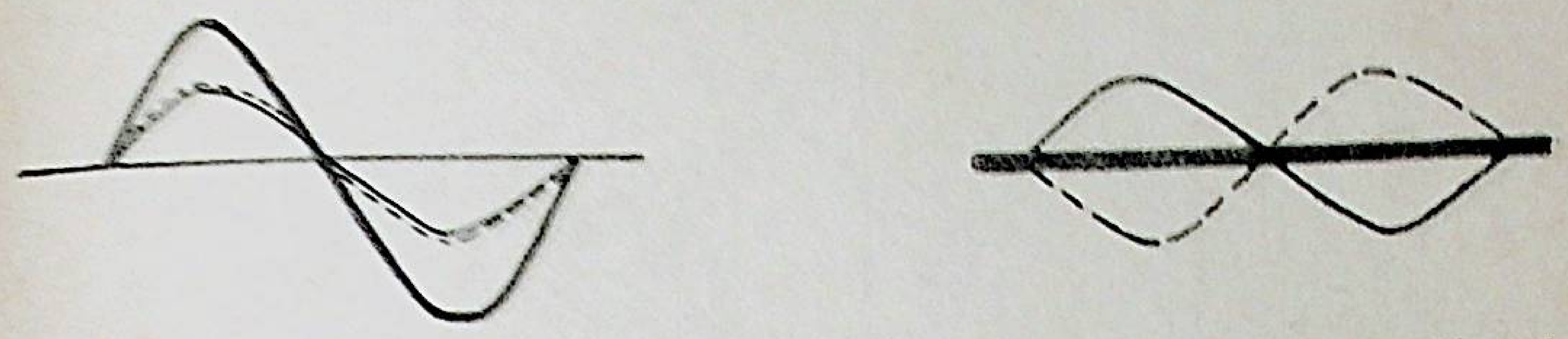
Эгер толкундардын мезгилдери жана амплитудалары бирдей болсо, анда жогоруда айтылгандарды колдонуп, биз төмөнкүнү табабыз: фазалар бирдей болгон учурда, татаал термелүүдөгү которуушуулар эки эсе артат жана мунун натийжасында эки эселенген амплитудалуу термелүү келип чыгат (17-сүрөт); фазалар карама-каршы болгон учурда которуушуулар өз ара жоголушат жана анда термелүү такыр болбойт (18-сүрөт).

Толкундардын эки системасын бир биринин үстүнө коюу натийжасында термелүүнүн күчөтүлгөн жана бошоң тартуу областтарынын пайда болушун, толкундардын интерференциясы деп атайт.



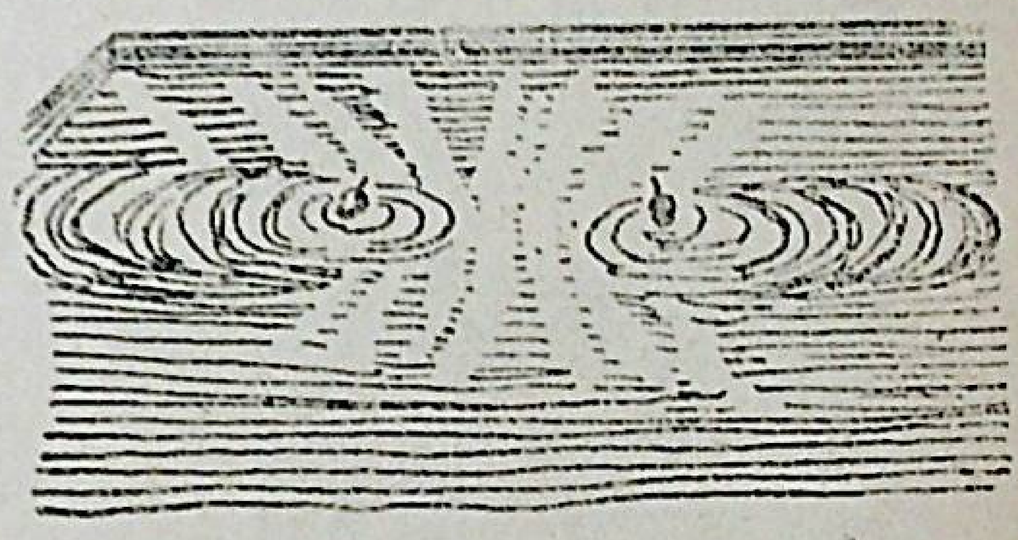
16-сүрөт. Которулушуунун алгебралык кошуунун төрт учуру.

Мунун олуттуулугу, бул областтар мейкиндикте өзүнүн орун алышын сактоочулугу болот. Бул, эгер термелүүлөрдү кошуу шарттары мейкиндиктин берилген ар бир точкасынан өткөн убакыт ичинде өзгөрбөй калган учурунда гана болууга мүмкүн, же болбосо башка сөз менен айтканда толкундар мейкиндиктин ар бир берилген точкада айырмасы туруктуу болгон фазалар менен келиши керек. Бул шартты мезгилдери бирдей болгон гана толкундар канааттандырарын билип алуу кыйын эмес. Мындай болбой калган кезде термелүү амплитудаларынын максимум жана минимум областтарынын орун алышы туруксыз болушу шексиз жана интерференцияда байкалбайт.



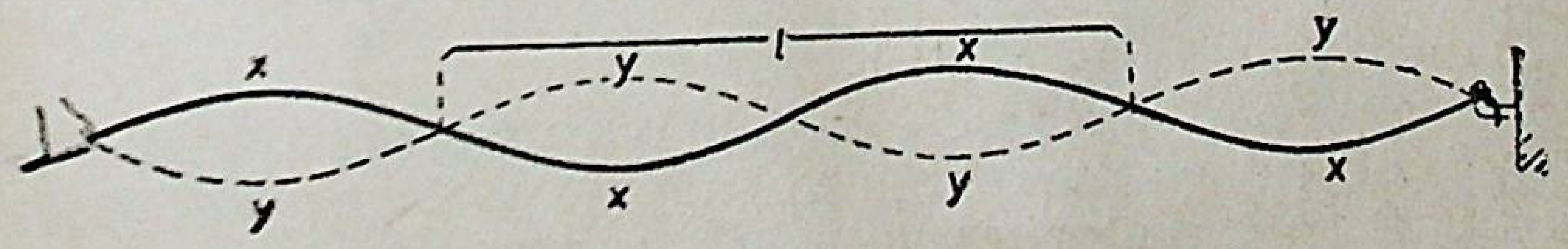
17 — 18-сүрөттөр. Термелүү жыштыгы бирдей жана амплитудалары барабар болгон термелүүлөрдү кошуу; тыянактоочу термелүүнүн графиги жоон сызык менен көрсөтүлгөн: 17-сүрөттө — термелүүлөрдүн экөөнүн тең фазалары бирдей; 18-сүрөттө фазалар карама-каршы.

Эгер суунун бетине толкундардын эки системасын дүүлүктүрсөк, ошондо интерференцияны байкоого болот. 19-сүрөттөгү эки калкыма ортосундагы ачык тилкелер интерференциялык тилкелерди, башкача айтканда, толкундардын экөөнөн тең термелүүлөр карама-каршы фазалары менен келген точкаларды көрсөтүшөт; ошондой болуунун аркасында бул точкаларда термелүүлөр жоголуп калышат.



19-сүрөт. Суунун бетиндеги толкундардын интерференциясы.

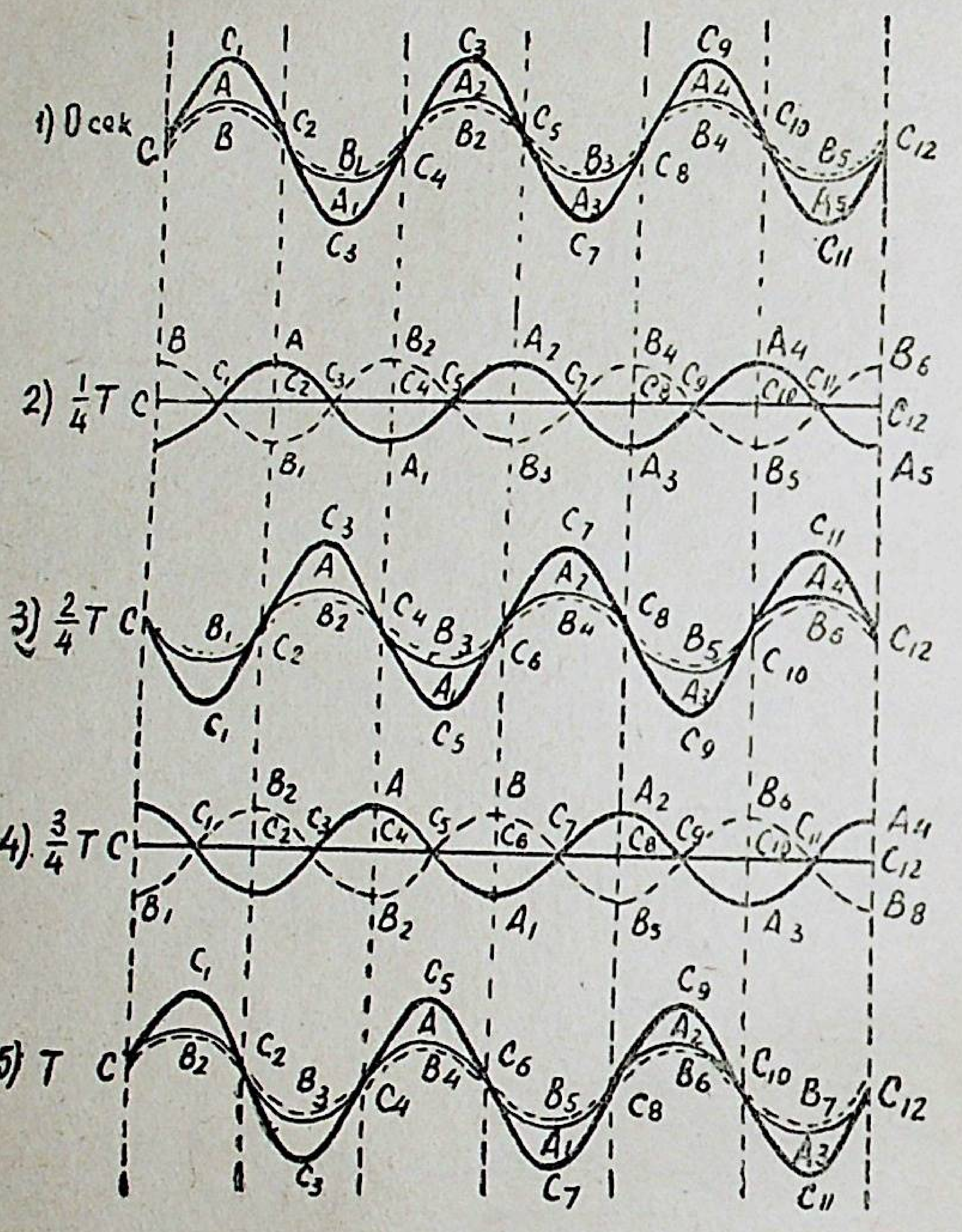
17. Уюган толкун. Эгер колду шилтей берип, жип боюнча бир нече толкунду жиберсек, анда ушул сыяктуу эле толкундар жиптин экинчи учунан кайтып келет (20-сүрөт); ошентип, мезгили жана амплитудасы бирдей, бирок карама-каршы багыттагы толкун сымал эки кыймыл бир маалда жип бойлоп жүрүп турат.



20-сүрөт. Резинка жиптеги уюган толкун.

Термелүүлөрдүн экөөндө да жиптин ар бир точкасы өткөн жолдор векторлорду кошуу эрежеси боюнча кошулушат жана бир түрдүү татаал термелүүчү кыймыл келип чыгат. Түз жана кайталама толкундун бул сыяктуу учуру ченеми чектелген ар кандай термелүүчү нерсенин ичинде пайда болот (чексиз чоң нерсенин ичинде гана кайталама толкун жок болот).

Карама-каршы багытта барган эки толкунду (илгерилөөчү жана кайра чагылган толкундарды) иреттүү болгон бир топ моменттери үчүн кошуу 21-сүрөттө көрсөтүлгөн; бул сүрөттө татаал толкун жоон сызык менен көрсөтүлгөн.



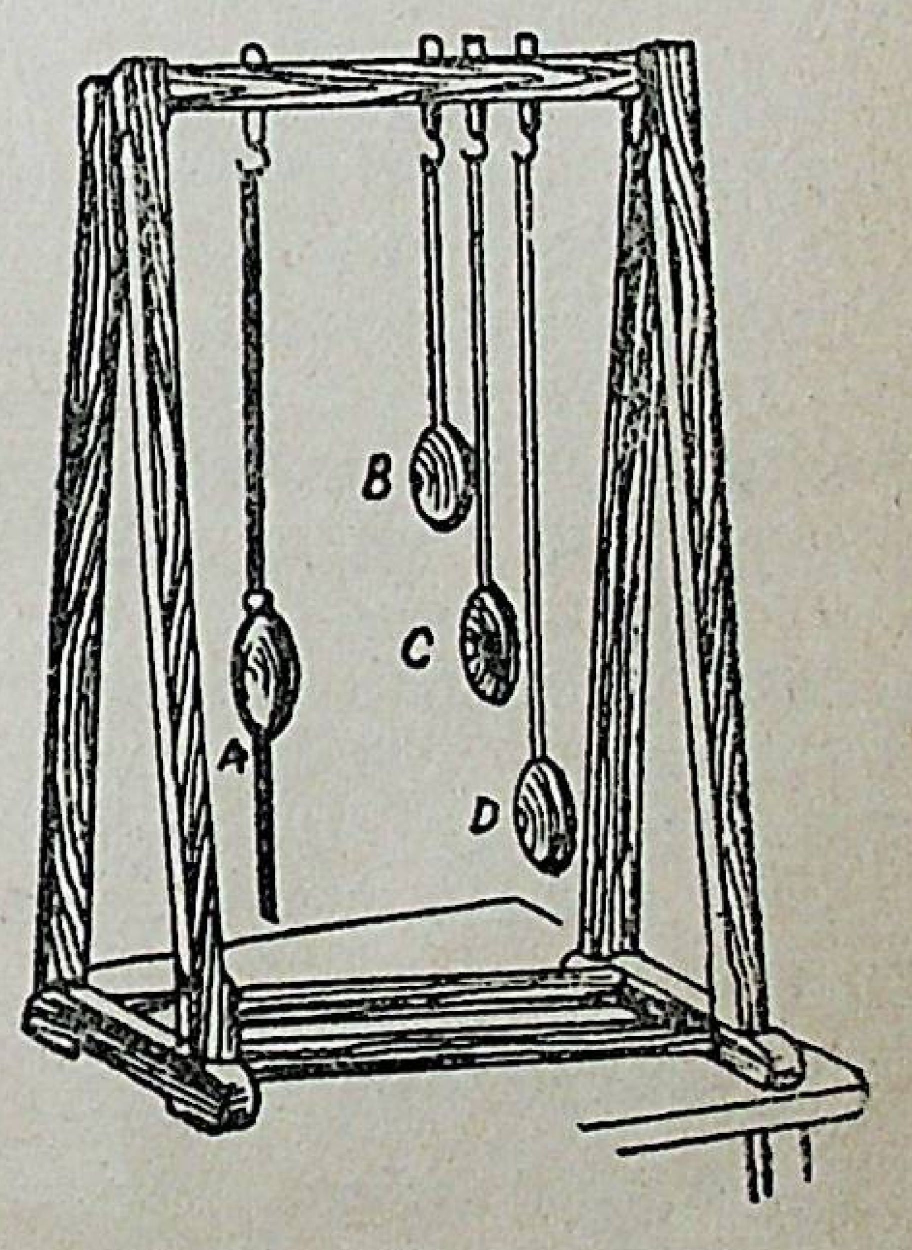
21-сүрөт. Түз жана кайталама толкундарды кошуу аркылуу уюган толкундардын пайда болушу.

Илгерилөөчү толкундун солдон оңго жылышы *A* тамгасынын түрдүү белгилери коюлган которулушу менен көрсөтүлгөн; каршы толкундун жылышы — *B* тамгасынын ондон солго ошондой эле которулушу менен көрсөтүлгөн; татаал толкун ичиндеги термелүүлөр *C* чекитинин абалы менен көрсөтүлгөн. Эгерде кандайда болсо бир моментте (21-сүрөт, 1-абал) синусоидалар дал келишет деп элестесек, анда нерсенин бардык точкалары эки эсе көбөйтүлгөн которулушууга ээ болот. Жарым мезгилден кийин да которулушуулар ошондойчо эле кошулушат (3-жана 5-абал). Бир чейрек жана үч чейрек мезгилден кийин (2-жана 4-абал), термелүүлөрдүн экөөндөгү бардык точкалардан жантайышы чоңдук жагынан барабар,

багыты боюнча карама-каршы жана өз ара жоголушат; бардык жип бул моменттерде тең салмактуулук абалда турат.

Эгерде бардык беш абалды салыштырып көрсөк, жуп келген C_2 точкаларынын бардыгы мезгил өткөнчө тең салмактуулук абалда туруп калышканын көрүү мүмкүн; алар түйүндөр деп аталат. Так келген *C* точкаларынын бардыгы эң чоң амплитудаларды өтүшөт жана алар топтору деп аталат. Барабар аралыкта турган бир точкада түйүндөр болгон, түйүндөрдүн орто жеринде жаткан экинчи точкалары топтору болгон термелүүлөрдүн системасы уюган толкун деп аталат. Уюган толкун туурасынан болгон жана узунунан болгон термелүүлөрдү кошуудан келип чыга алат. Жандаш болгон эки *CC* түйүндөрү ортосундагы аралык же болбосо, ошонун эле өзүндөй болгон, жандаш эки C_1 C_3 топтору ортосундагы аралык уюган жарым толкун деп аталат. Уюган эки жандаш жарым толкундардын точкаларында ар бир моментте термелүүлөрдүн түз карама-каршы багыттары болот. Уюган жарым толкундун узундугу илгерилөөчү толкундун узундугунун жарымына барабар (20-сүрөт).

18. Резонанс. Бир горизонталь жипке же болбосо стойкага узундугу бирдей жана түрдүүчө болгон бир нече маятник асылып коюлса (22-сүрөт) жана бирдей болгон маятниктин бирөө *A* ны термелүүгө келтирсе, узундугу аны менен бирдей болгон маятник *C* күүлөнө баштаганын байкоого болот; узундугу башка болгон *B* жана *D* маятниктери араң байкала турган термелүүгө келишет.



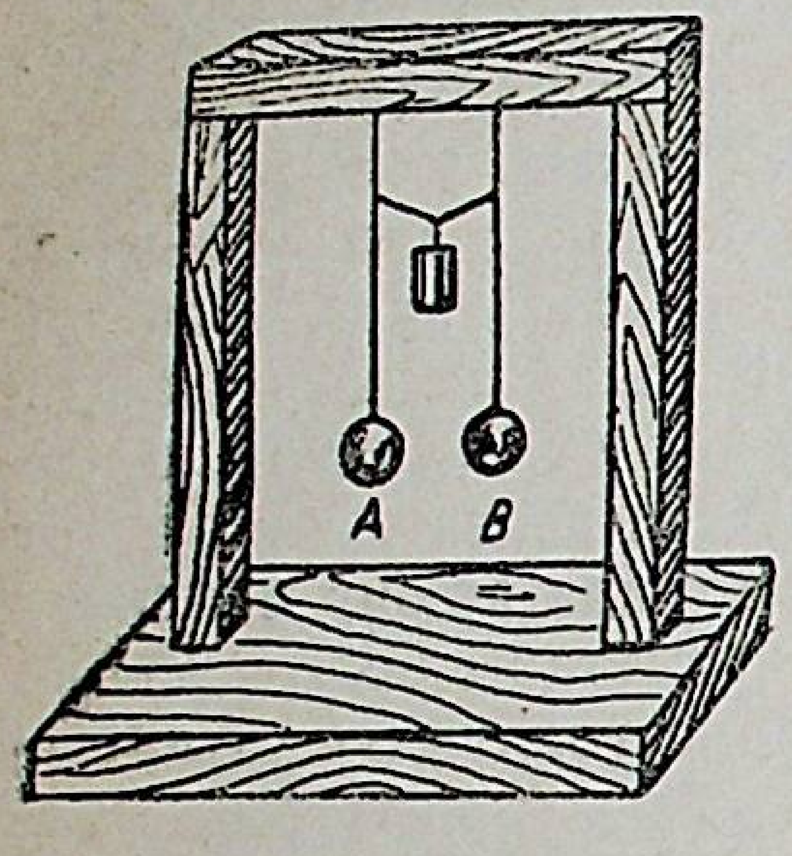
22-сүрөт. Маятниктердин резонансы үчүн прибор.

Биринчи маятникте термелүүнүн амплитудасы азаят жана минимумга жетет, ошол убакытта узундугу бирдей болгон экинчи маятникте термелүүнүн амплитудасы эң зор чоңдукка жетет. Анан мунун тескерисинче болгон өзгөрүү башталат. Бул көрүнүш төмөнкүчө түшүндүрүлөт.

Биринчи маятник белгилүү мезгилде термелип, жипти же стойканы күүлөндүрөт; жиптин термелиши асылып турган башка маятниктердин ар кайсынысына өтөт. Эгерде бул экинчи маятниктин өзүнүн термелүү мезгили биринчинин термелүү мезгили менен бирдей болсо, анын күүлөнүшүнүн амплитудасы барабар чоңоёт; эгерде ар түрдүү болсо, термелүүлөр өчөт, себеби: биринчи маятниктен экинчи маятниктин алган түр-

туусу ар убакта эле багыт боюнча маятниктин кыймылынын багыты менен туш келе бербейт.

Ошентип, бир маятниктеги энергиянын запасы экинчисине өтөт жана андан барып өзүнө кайтып келет (энергиянын аргасыз жоголушу менен). Маятниктер ортосундагы байланыш канчалык чоң болсо, өтүү ошончолук ылдам болот. Стойкага асылган жана узундуктары бирдей болгон эки маятникти жип менен байласак (23-сүрөт) жана бул жипке жүк ассак, анда энергия бир маятниктен экинчисине өтүүнүн ылдамдыгы жүк көбөйгөн сайын өсөт.



23-сүрөт. Маятниктердин байланган термелиши.

Бир нерсенин термелиши аркылуу термелүү мезгили ошонуку менен бирдей болгон экинчи нерсенин ичинде термелүүлөрдүн дүлүгүүсү резонанс деп аталат.

19. Резонанс кубулуштары жана техника. Станоктордун жана машиналардын көбүндө күчтөр мезгилдеп аракет кылышат. Мындай көрүнүш буу машиналарында же болбосо барабар убакыт өткөн сайын согуп туруучу штамповалдоочу станоктордо же болбосо жүрүшү бир калыпта болбогон станоктордо болот. Бул мезгилдеп кайталап туруучу түрткүлөр машинанын башка бөлүктөрүнө, станоктордун негиздерине, имараттарга өтөт. Эгерде күчтүн аракет кылуу жыштыгы станок же болбосо үй термелишинин жыштыгына жакындап келсе же ага анык барабар болсо, анда резонанс көрүнүшү келип чыгат. Термелүүлөрдүн амплитудалары ошончолук даражага чоңоюп кетип, валдын сынышы, кыймылдатуучунун же станоктун негизинин бошошу жана дубалдардын титиреши мүмкүн.

Курулуштардагы серпилгич термелүүлөрдүн резонансына каршы техника бөтөнчө чараларды колдонот. Машиналар үчүн термелүүлөрдү азайтуу максатында, алардын астына термелүүнүн энергиясын жутуучу кийиз төшөлгөн койгуч коюлат. Курулуш ишинде эки устун ортосуна бетон салуу да ушул максатка алып барат. Аскер бөлүктөрү көпүрөдөн өткөндө бутту бирдей шилтеп баспастан өтүшөт. Эгер бутту бирдей шилтеп басканда, мезгилдүү түрткүлөр пайда болуу аркасында көпүрө катуу чайкалып, урап кетиши мүмкүн.

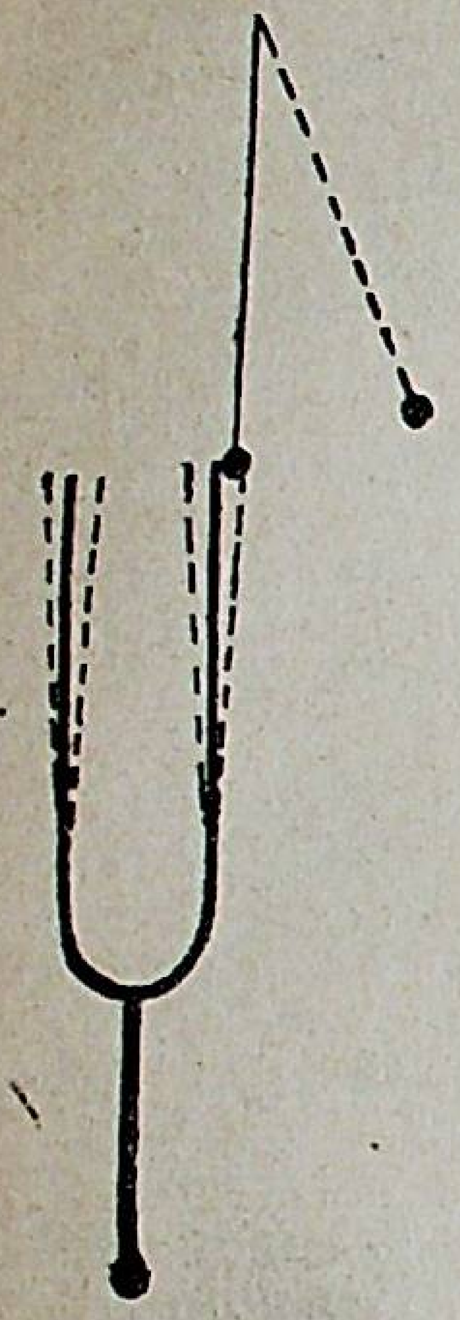
Башка толуп жаткан учурларда резонанстын чоң мааниси бар болуп, аны илимде да жана техникада да пайдаланышат (мисалы радиотехникада).

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Математикалык маятник деп эмнени айтат?
2. Кыйшаюу бурчуна жараша маятниктин ылдамдануусу кандайча туюнтулат?
3. Маятниктин жолунун кайсы точкасында ылдамдык эң чоң болот? Бул точкаларда ылдамдануу эмнеге барабар?
4. Маятниктин жолунун кайсы точкаларында ылдамдануу эң чоң болот жана алардагы ылдамдык кандай?
5. Гармоникалык термелүү деп эмнени айтат?
6. Амплитуда жана термелүүнүн мезгили деген эмне?
7. Өчүүчү жана өчпөс термелүүлөр деп эмнени айтат?
8. Термелүү мезгили жана бир секундадагы термелүүнүн саны өз ара кандайча байланышкан?
9. Гармоникалык термелүүдөгү тең салмактуулук абалда точкалардын кыйшаюу графиги кандай түрдө болот жана кандайча деп аталат?
10. Математикалык маятниктин термелүү закондору кандай?
11. Физикалык маятник деп эмнени айтат?
12. Физикалык маятниктин келтирилген узундугу деп эмнени айтат?
13. Маятникти саатта колдонуу маятниктин кандай касиетине негизделген жана саат ичинде ал эмнени аткарат?
14. Оордук күчүнүн ылдамдануусун аныктоо үчүн маятникти кандайча колдонууга болот?
15. Гармоникалык термелүүлөр оордук күчүнөн башка дагы кайсы күчтөрдүн таасири астында пайда боло алышат?
16. Толкун деп эмнени айтат?
17. Туурасынан термелүү деп эмнени айтат? Мезгил ичиндеги точкалардын которулушунун графиги кандай? Термелип турган нерсенин түрдүү точкалары белгилүү бир момент үчүн жайланыштары кандайча?
18. Узунунан термелүү деп эмнени айтат? Мезгил ичинде точкалардын которулушунун графиги кандай?
19. Кандай нерселерде туурасынан жана кандай нерселерде узунунан термелүүлөр болуу мүмкүн?
20. Толкундун узундугу деп эмнени айтат?
21. Толкундун узундугу, ылдамдыгы, мезгилдин жана 1 сек. да термелүү саны ортосунда кандай катыштар бар?
22. Толкун чагылганда кандай эки учур болуу мүмкүн?
23. Толкундардын интерференциясы деп эмне айтылат?
24. Бирдей мезгилдеги жана бирдей фазалуу эки термелүүнү бир багыт боюнча кошкондо эмне келип чыгат?
25. Бирдей мезгилдеги жана карама-каршы фазалуу эки термелүүнү бир багыт боюнча кошкондо, амплитудалар барабар болгон жана барабар болбогон учурда эмне келип чыгат?
26. Уюган толкун деп эмнени айтабыз жана ал эмнеден пайда болот?
27. Уюган толкундун түйүнү жана топтору деп эмнеге айтылат?
28. Коңшулаш эки түйүндүн же эки топторунун ортосундагы аралык эмне деп аталат?
29. Ар бир түйүндөн эки жактан тең аралыкта турган термелүүчү точкалар кандай фазада болот?
30. Маятниктердин резонансы эмнеде?
31. Серпилгич термелүүлөрдүн резонансы эмнеде?
32. Резонанстын негизги шарты кандай?

20. Үн. Үндүн булагы термелүүчү нерсе болот. Үн чыгарып турган бардык нерсеге, мисалы камертонго, асылып коюлган шарикти тийгизер замат (24-сүрөт), бул шарик камертондон түртүлүп четтей баштайт, ошону менен үн чыгарып турган нерсенин термелүү абалын көрсөтөт.

Үн чыгарып турган нерсенин термелүүлөрү абага өтөт. Үн чыгарып турган нерсенин бөлүкчөлөрү курчап турган аба жакка кыймылдаганда, алар абанын тийип турган катмарын кысышат; бөлүкчөлөр артка кыймылдаганда кысылуу ордунда абанын суюктуктанышы пайда болот. Бул кысылуу жана суюктануу курчап турган аба ичинде үн толкунун түзүп, толкун түрүндө таралышат.



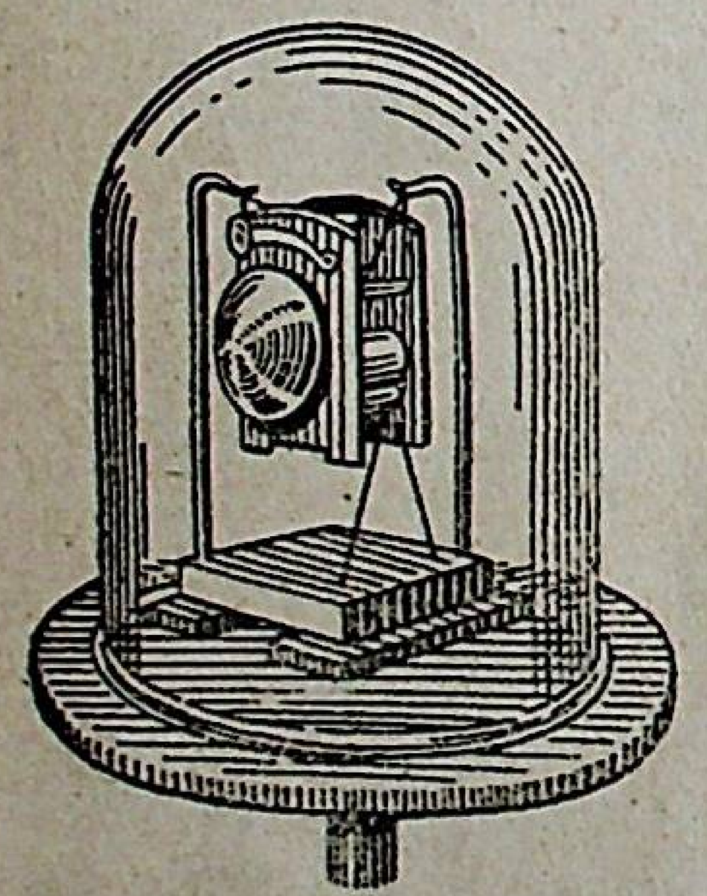
24-сүрөт. Үн чыгарып турган кезде камертондун термелиши.

Серпилгич зат аркылуу гана үн таралат. Абасыз мейкиндикте үн таралбайт. Эгер аба насосунун коңгуроосу астына электр звоногун асып койсо (25-сүрөт), анда абаны сордурган сайын үндүн катуулугу төмөндөй берет.

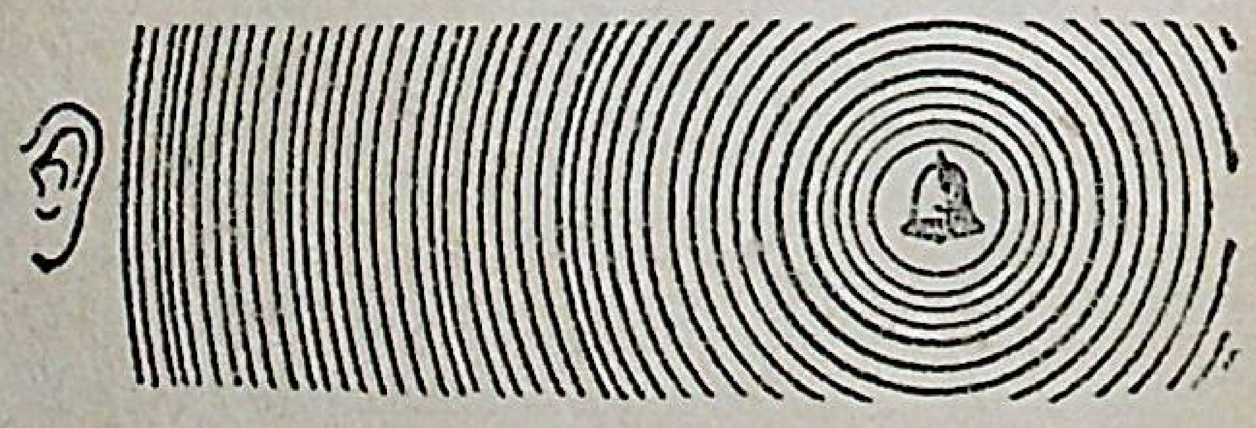
Булактар точкасынан үндөр сферикалык (шардуу) толкундар түрүндө таралышат (26-сүрөт). Аба толкуну кулакка жетип, барабан челин терметет; бул термелүү кулактын ичине кирип угуу нервин дүүлүктүрөт жана ошонун аркасында үндү кабыл алууну — угууну келтирет.

Түрдүү нерселерде үндүн таралуу ылдамдыгы түрдүүчө болот.

Бул ылдамдыкты ченөө үчүн туура жүрүүчү бир саат (хронометр) боюнча кандайда болсо бир кыска үндүн чыгыш убагын байкоо керек, экинчи саат боюнча ал үн белгилүү аралыкта угулуу убагын белгилөө керек жана аралыкты ченелген убакытка бөлүү керек. Ченөөлөр $\frac{м}{сек}$ да төмөнкү ылдамдыктарды беришет: аба 0° кезинде — 332, аба 15° кезинде — 340; сууда — 1450; карагай ичинде — 4000 ден 5000 ге чейин; болот ичинде — 5000. Адамдын кулагы секундасына орто эсеп менен алганда 16 жана 20 000 термелүүлөр ортосунда жаткан үн түрүндөгү термелүүлөрдү угат.



25-сүрөт. Аба насосунун коңгуроосу астында электр звоногу.



26-сүрөт. Үн чыгарып турган нерседен шардык толкундардын таралышы.

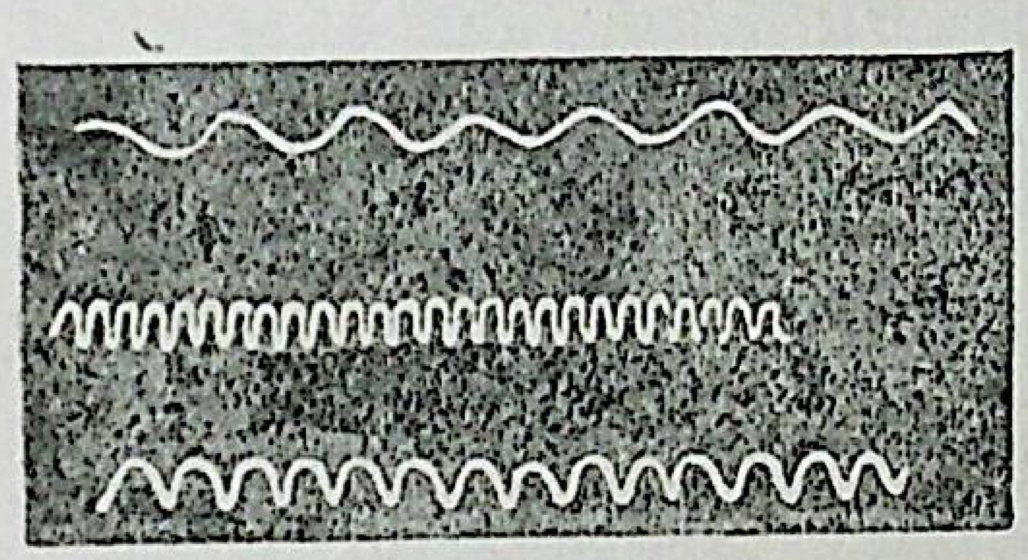
Бир секунда ичиндеги термелүүлөрдүн саны **герц** деп аталган бирдиктер менен ченелет. *Герц деп бир секунда ичинде бир жолу термелүүнү айтат.*

21. Тон. Тондун катуулугу жана бийиктиги. Сирена. Үндөр музыкалык үндөргө же музыкалык тондорго жана чууларга бөлүнүшөт.

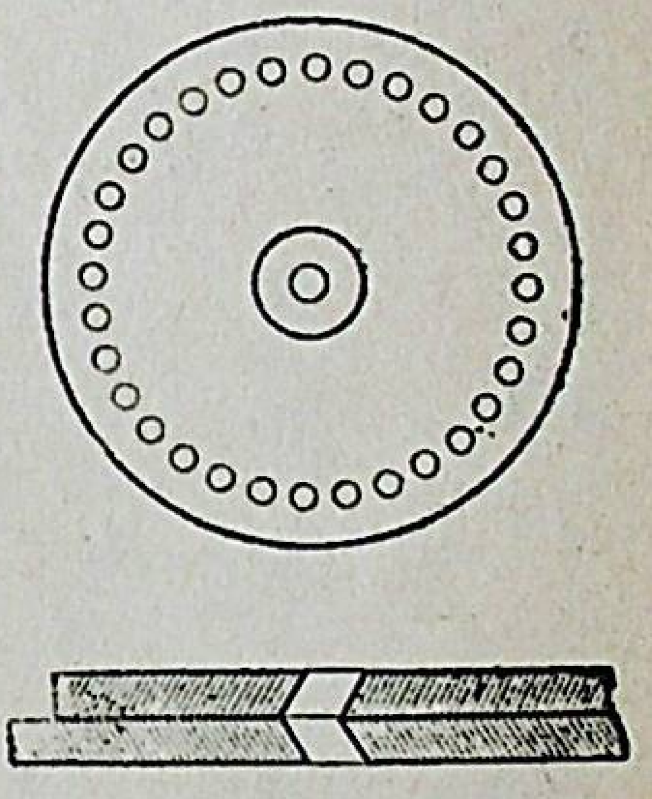
Чуу дегенибиз — толуп жаткан кыска жана ар түрдүү үндөрдүн чогуусун элестетет. Мисалы, шамал жүргөн кезде токойдун шуулдашы, таш жолго устундарды же таштарды таштаганда чыккан үн, таш жол менен араба жүргөн же рельси менен трамвай вагону жана метро вагону жүргөн кезде чыккан үндөр.

Музыкалык үндү: камертон, музыкалык куралдардын кылы, ырчынын добушу, музыкалык куралдар берет. Угуу сезими үндүн үч сапатын: катуулугун, бийиктигин жана тембрин ажыратат.

Үндүн катуулугу жалаң гана угуу сезими боюнча аныктала турган анын айрыкча сапаты болот. Үндүн катуулугу, психофизикалык кубулуш болуп,



27-сүрөт.



28-сүрөт. Каньяр-Латур сиренасынын капкагы.

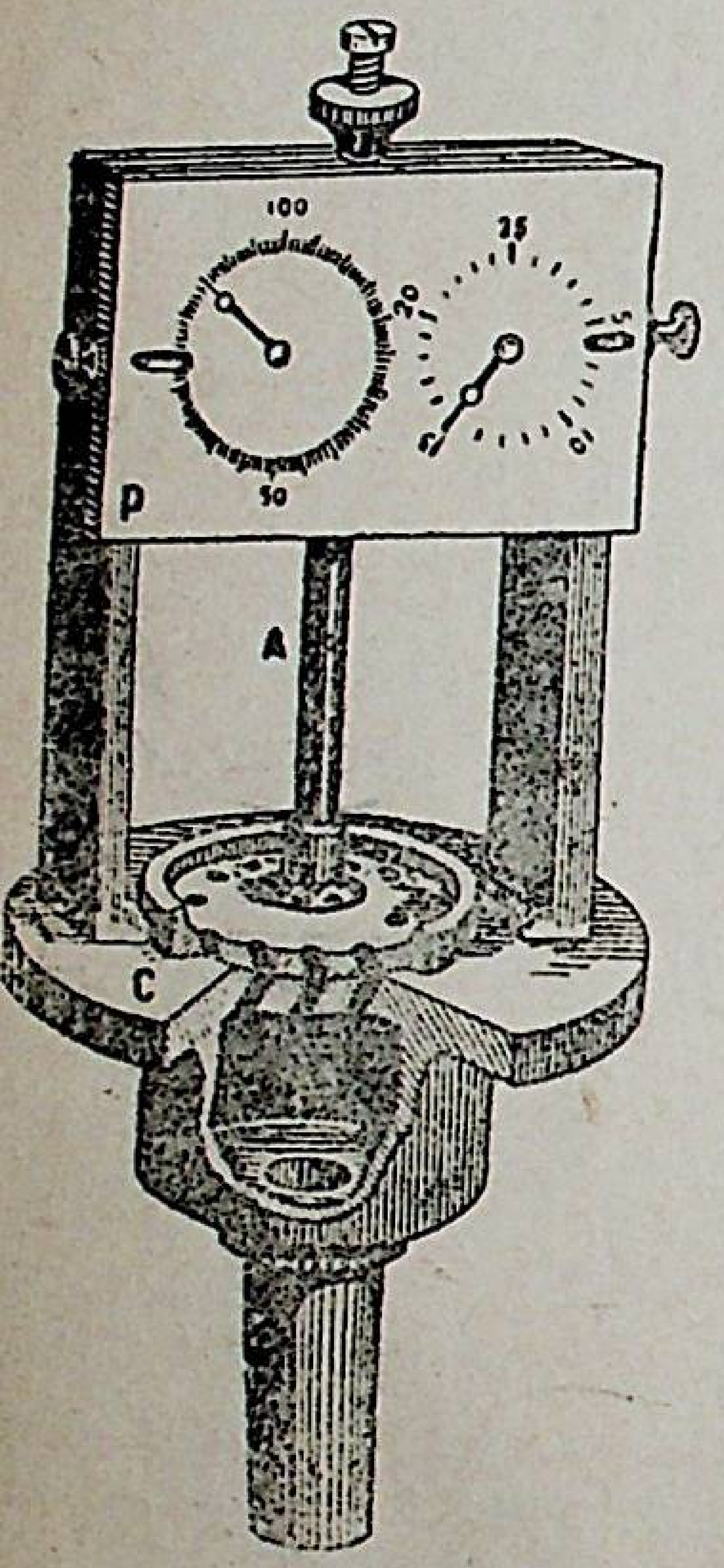
үндүн физикалык сапатына, анын күчүнө көз каранды болот. Үндүн күчү — 1 *см²* тан бир секундада өткөн үн энергиясынын саны менен ченелет. Термелүү энергиясы болсо башка шарттар барабар болгондо ***термелүүнүн амплитудасына*** көз каранды болот.

Буга сапат жагынан алганда үн чыгарган камертондон же кылдан ишенүүгө болот: убакыт өткөн сайын амплитудалар азая башташат. Термелүүнүн амплитудасы кичирүү менен, анын энергиясы да кичирейет жана үндүн катуулугу да кичирейет. 1000 *герцтен* 3000 *герцке* чейинки чектеги орточо термелүүнүн тездиги үчүн *1 секундада 1 см²* ка туура келген энергиянын мааниси 10^{-8} эргге барабар болгондо, кулак үндөрдү ажырата алат (угулуу чеги).

Үндүн бийиктиги бир секундада термелүүнүн санына көз каранды. ***Бир секундада термелүү саны көп болгон тондорго угуу сезиминин чоң бийиктигин бергенин*** тажрийба көрсөтөт. Камертонго жеңил учтуу нерсени сайып жана үн

чыгарган камертондун учу боюнча ышталган айнек пластинканы бир калыпта жылдырып, камертондун термелүү санын оңой эле аныктоого болот. Ошол эле бир убакыттын ичинде жана ошол эле бир аралыкта (пластинканын кыймылынын ылдамдыгы бирдей болгондо) түрдүү камертондор түрдүү синусоидаларды чийишет (27-сүрөт). Бул синусоидалар жана пластинкалардын кыймыл убактысы боюнча бир секундадагы термелүүлөрдүн санын же термелүү тездигин эсептөөгө болот.

Үндүн термелүү санын ченөө үчүн с и р е н а деп аталган приборду колдонушат. Үстүнкү капкагында аралыктары бирдей болгон тешиктер тешилген цилиндр куту сирена болот (28-сүрөт). Тешиктердин октору капкактын тегиздигине кыйшайтылган. Капкактын дал үстү жагына ошончо эле тешиктери бар кыймылга келүүчү башка бир тегерек тиркелет, мунун тешиктери тегеректин тегиздигине ошол эле бурчта, бирок карама-каршы тарапка кыйшайтылган болот. Сиренанын ичине — көрүктөрдүн жардамы менен аба киргизилет; абанын агындары капкактагы тешиктен чыкканда, кыймылга келүүчү тегеректин бооруна бурч боюнча урунуп, аны өз огу тегерегинде айландырат. Кыймылга келүүчү тегеректин тешиктери кыймылсыз капкактын тешиктеринин үстүндө болгондо, сиренанын үстүндө аба коюуланат; кыймылга келүүчү тегеректин тешиктеринин ортосундагы аралыктар капкактын тешиктерин жаап калган кезде — аба суюлат.



29-сүрөт. Каньяр-Латур сиренасы.

Абанын бул коюуланышы жана суюкталышы үндүн булактары болот. Бир секунда ичиндеги термелүүлөрдүн саны тегеректеги тешиктердин санын бир секундадагы айлануунун санына көбөйткөндөгү көбөйтүндү
енен аныкталат. Ар кандай үндүн бир секундада термелүү
нын ченөө үчүн сиренадан үн чыгарышат жана үндүн экөө
— сыналуучу үн жана сиренанын үнү — биздин кулагыбызга
р үн болуп угулганга чейин (б. а. у н и с о н келип чыкканга
йин) көрүктөр менен абаны айдоону күчөтө беришет. Ошон-
ны кийин белгилүү бир убакыттын ичинде болгон айлануунун
ны ченеле башталат, бул үчүн сиренада бөтөнчө эсеп-
гич бар (29-сүрөт), анан барып бир секунда ичиндеги тер-
лүүлөрдүн саны эсептелип чыгарылат.

Үндүн т е м б р и деп аталган сапатынын физикалык негизин түшүнүү үчүн, толкун түрүндөгү кыймылдын башка касиеттери менен таанышуу керек болот.

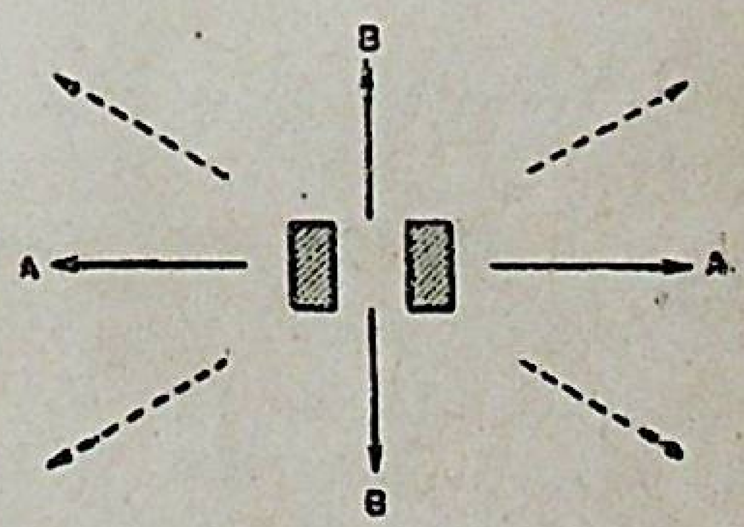
22. Үн толкундарынын чагылышы. Үн толкуну, серпилгич термелүүнүн ар кыл толкуну сыяктуу, тектери түрдүү болгон эки нерсенин чегинен чагылат. Эгерде үйдүн дубалына, суунун жээгине, токойго шардык үн толкуну келип тийсе (түшсө), бул чектерден дөмпөгү түшүүчү толкундун дөмпөгүнө карама-каршы багытта болгон шардык толкун кайтып кетет. Бул толкун чагылган толкун болот. Мындагы көрүнүш 15-сүрөттө көрсөтүлгөнгө окшош болот.

Эгерде тийүүчү (түшүүчү) толкундун бети тегиз болсо, чагылган толкундун бети да тегиз болот. Түшүүчү жана чагылуучу толкундардын нормалдары[1] чекке карата перпендикуляр менен барабар бурчтарды түзүшөт. Ошентип жарыктын чагылышы үчүн болгон закон үндүн чагылышы үчүн да орун алат: *чагылуу бурчу түшүү бурчуна барабар.*

Эгерде эми эле угулган үндүн сезими жоголгондон кийин чагылган үн кулакка жетсе, анда кандайда болсо бир чектен чагылган үн ооздон чыккан үндөн бөлөк угулушу мүмкүн, мындайча айтканда 0,1 сек. дан мурда угулбайт.

Үндүн ылдамдыгы 340 *м/сек* болгондо, ооздон чыккан үн жана анын чагылышы айрым угулсун үчүн, чагылтуучу бет, сүйлөп туруучу кишиден 17 метрден кем болбогон аралыкта болууга тийиш (үндүн барып келүү жолу $L = vt = 340 \cdot 0,1 = 34$ *м*). Айрым угулган, чагылган үн ж а ң ы р ы к деп аталат. Жаңырыктан б. а. баштапкы чыккан үндөн ачык ажыралып кайталанган үндү, р е в е р б е р а ц и я б. а. жабык үйдүн ичинде үн чыгарып туруучу булак тынганда үндүн уламдан-улам басташы көрүнүшүн ажыратуу керек. Реверберацияны стеналарга түшкөн үн энергиясынын, үйдүн ичиндеги нерселер менен жутулуп жана стеналардан көп жолу кайталанып чагылуу менен түшүндүрүүгө болот.

23. Үн толкундарынын интерференциясы. Эгер камертондон үн чыгартып, аны огунун тегерегинде айландыра баштасак, үндүн иреттүү түрдө басайышы жана күчөшү байкалат. Камертондун бул же тигил бутагынан чыккан үн толкундары кээ бир багыттар боюнча бири бирин начарлатышат. 30-сүрөттүн пунктир менен көрсөтүлгөн багыттары боюнча камертондун эки ачакейинен тең келүүчү үн толкундары бири бирин начарлатышат.



30-сүрөт.

А, А багыттары боюнча ар бир ачакей башка ачакейдеги

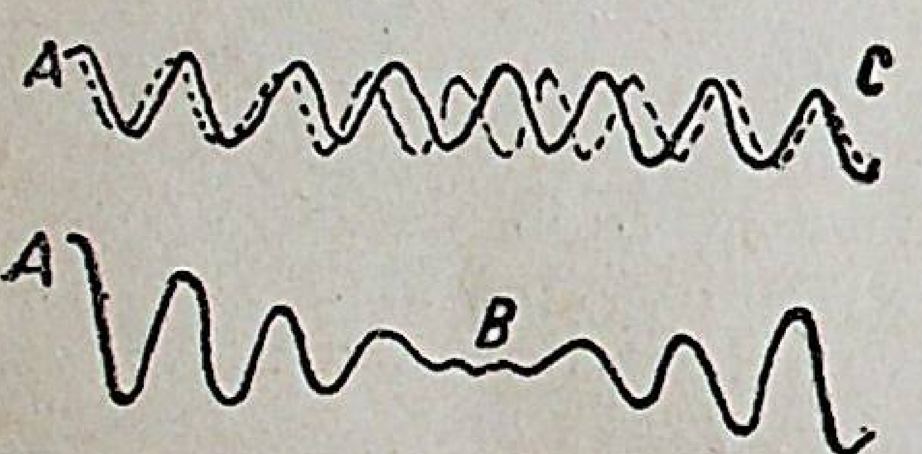
[1] Нормаль — беттин берилген точкасындагы перпендикуляр.

толкундун таралышына тоскоолдук кылгандыктан, толкундардын өз ара аракеттери пайда болбойт. *В*, *В* багыттары боюнча толкундар камертондун ачакейлеринен эмес, булардын арасындагы аба массасынан таралат. Үндүн үн менен мындайча күчөшү жана басайышы үндүн **интерференциясы** деп аталат. Үндүн интерференциясынын негизи толкундардын интерференциясы болот (16-§ ты карагыла).

24. Согуу. Мезгилдери биринен бири эң кичине чоңдуктар менен ажыраган толкундарды кошуунун бөтөнчө учуру болот. Термелүү саны бирдей болгон эки камертонду алалы жана алардан үн чыгарталы. Биз бир тонду угабыз: камертондор **унисон** үнүн беришет. Эми эки камертондордун бирөөнө ийилген кичине металл пластинканы кийгизели. Муну менен биз камертондун массасын чоңойтобуз жана негизги тонунун бийиктигин аз гана өзгөртөбүз. Эгерде эми эки камертондон бир убакта үн чыгартсак, үндүн иреттүү күчөшүн жана басайышын угууга болот.

Мезгилдери барабарга жакын болгон эки нерсе бир убакта үн чыгарган кездеги үндүн күчөшү жана басайышы согуу деп айтылат. Эгерде согуунун саны секундасына 30 дан 130 га дейре болсо, согуу кулакка оор угулат.

30-сүрөттү текшерип караганда, согуулардын физикалык себебине түшүнүү оңой болот. Анда термелүү саны $\nu = 512$ герц болгон толкундун термелүү ичке туташ сызык менен көрсөтүлгөн; пунктирдик сызыгы менен термелүү саны $\nu_1 = 576$ герц болгон толкундун термелүү графиги көрсөтүлгөн. Ылдыйкы сызык татаал толкунду көрсөтөт. Үндүн күчөшүн жана басайышын келтирип чыгарган татаал кыймылдын чоң жана кичине амплитудалары ошол эле сүрөттүн өзүнөн көрүнүп турат.



30-а сүрөт. Согуулардын пайда болушу.

Согуулардын саны секундасына $\nu_1 - \nu = n$, биздин мисалда $576 - 512 = 64$ кө барабар.

25. Нерсенин өздүк тону. Эгер нерсенин бир учунда термелүү козголсо, анда нерсе боюнча толкундар өтүп, анын экинчи учунан чагылышат да, кайталама толкундар түрүндө кайтып келишет, жаңыдан биринчи учунан чагылышат ж. б. Түз жана кайталама толкундарды кошкондо уюган толкундар пайда болот. Эгер алар термелүүнүн саны 16 дан 20 000 герцке чейинки чекте жатса, анда алар үндүн булагы боло алышат. Кайталама толкун нерсенин биринчи учуна кайта келип жеткенде, андан чагылып, баштапкы багыты менен кеткендиктен, тышкы термелүүчү күчтүн

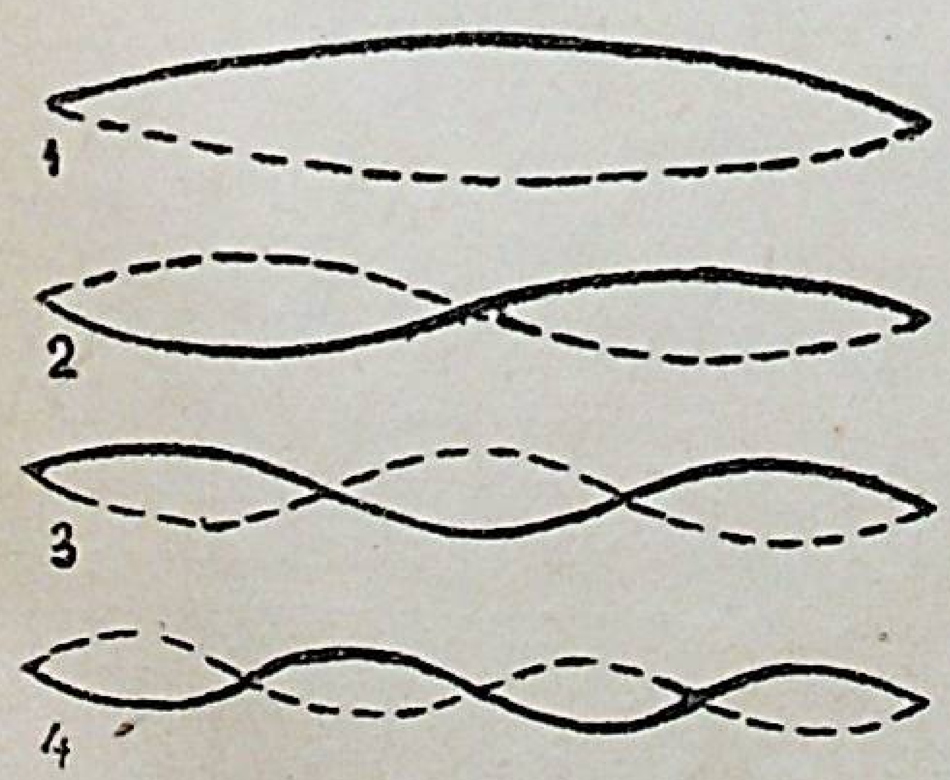
аракети токтогондон кийин да нерсенин ичинде уюган толкундар узак убакыт туруу мүмкүн. Бул уюган толкундар башта козготулган термелүүлөрдөн ар бир учта чагылган толкундарды кошуу жолу менен келип чыгышат.

Түрдүү нерселердин ичинде уюган толкундардын эки учуру болушу мүмкүн: биринчи учур — нерсенин учтары же эки учу тең кыймылсыз же болбосо экөө тең бош болуп турган учур; ошондо алардын үстүндө бир убакта толкундун же эки түйүн же эки топтору пайда болот, б. а. нерсени бойлоп туруучу жарым толкундардын бүтүн саны (толкундун чейректеринин жуп саны) жаткан болот; экинчи учур — бир учу кыймылсыз, экинчиси бош болгон кез; анда биринчи учта түйүн, экинчисинде топтор пайда болот жана нерсени бойлоп, толкундун чейректеринин так саны жата алат.

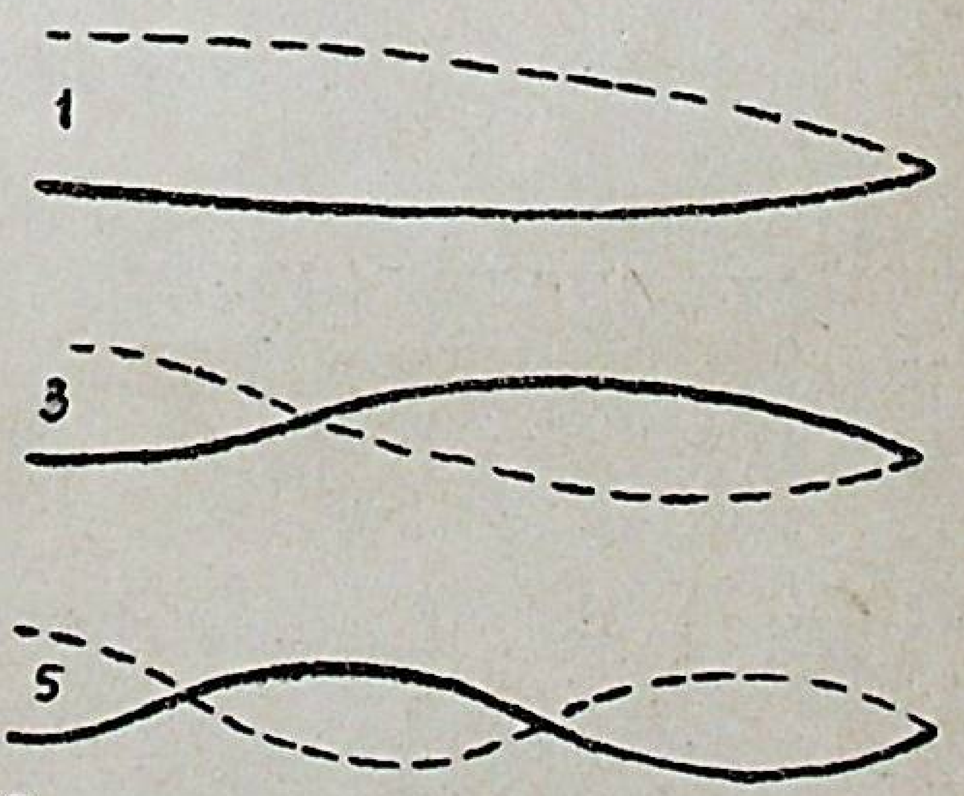
Эгерде сырткы термелтүүчү себептен термелип туруучу нерсенин узунуна толкундун чейректеринин жуп жана так саны жата алса, анда дүүлүктүрүүдөн бир жерде туруучу толкундар сырткы себеп жоголгон кезде да нерсенин ичинде узакка сакталып кала алышат, мында алар аргасыз болгон тоскоолдуктардан акырындап өчөт. Жогоруда келтирилген шарттарга туура келбеген башка бардык термелүүлөр чагылган толкундар тарабынан өчүшүп, ылдам жок болушат.

Толкундун чейректеринин бүтүн саны нерсенин иреттелинип салынган кездеги тондор нерсенин **өздүк** тондору деп аталат.

26. Нерсенин негизги тону. Секундасына термелүү саны эң аз болгон өздүк тон нерсенин **негизги** тону деп айтылат. Негизги тон кезинде нерседе эң аз сандагы түйүндөр пайда болот. Эки учунан кысылган кыл термелгенде, анын учтарында түйүндөр пайда болот, ал эми ортодо болсо пучность (топтор) пайда болот (31-сүрөт).



31-сүрөт. Негизги тонго жана эң жогорку гармоникалык тондорго туура келүүчү үн чыгарып турган кылдын термелүүсү.



32-сүрөт. Бир учу кысылган стержендин (негизги жана эң жогорку гармоникалык тондору) термелүүсү.

Кылдын l узундугунда уюган жарым толкун бар, демек, негизги тондун толкунунун узундугу $\frac{\lambda}{2}=l$, же болбосо $\lambda=2l$ болот.

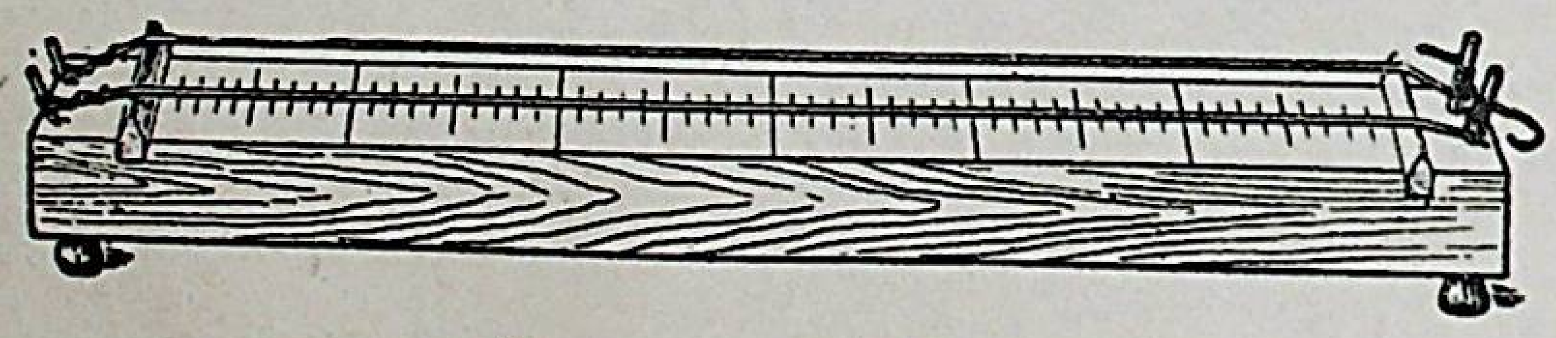
Бир учу кысылган стержень термелгенде, анын кысылган учунда түйүн, экинчи учунда пучность пайда болот (32-сүрөт). Мындай стержендин узундугуна уюган жарым толкундун жарымы батат, башкача айтканда, негизги тондун илгерилөөчү толкунунун чейреги батат; демек $\frac{\lambda}{4}$ барабар l ге. l— стержендин узундугу, мындан $\lambda=4\ l$ болот.

33-сүрөт. Ортосунан кысылган стержендин термелиши (негизги тон).

Ушул эле көз карандуулук, бир учу ачык, экинчи учу жабык болгон үн чыгаруучу трубалардагы аба мамычасынын узундугу менен негизги тондун толкунунун узундугунун арасында да болот.

Ортосунан кысылган стержень термелгенде (33-сүрөт), ортодо түйүн, эки учунда пучность (топтор) пайда болот. Стержендин узундугу дагы эле уюган жарым толкунга туура келет.

27. Эң жогорку гармоникалык тондор. Термелип турган нерсенин ичинде негизги тон менен б и р у ч у р д а, толкундарынын узундуктары негизги тондун узундугунан (2, 3, 4 жана ошол сыяктуу) б ү т ү н с а н э с е кичине болгон же болбосо алардын термелүү саны ошончо эсе чоң болгон термелүүлөр пайда болгонун тажрийбалар көрсөтөт. С о н о м е т р деп аталган (33-а сүрөт) приборду алабыз. Ал, кыл тартылган узун жыгач ящиктен турат.



33-а сүрөт. Сонометр.

Бул кылдын учунан узундугунун төрттөн бир аралыгындай кылып булкуп алып, кылдын термелишин дүүлүктүрөбүз жана мындан кийин кылдын ортосунан куштун канатынын учу менен же колубуз менен эле тийгизебиз. Бул тийгизүүбүз менен биз негизги термелишти токтотобуз.

Бирок үндүн чыгышы токтолбостон, кайрадан негизги үнгө караганда октавола эң бийик тон угулат, б. а. эки эсе көп термелүү саны бар эң бийик тон угулат.

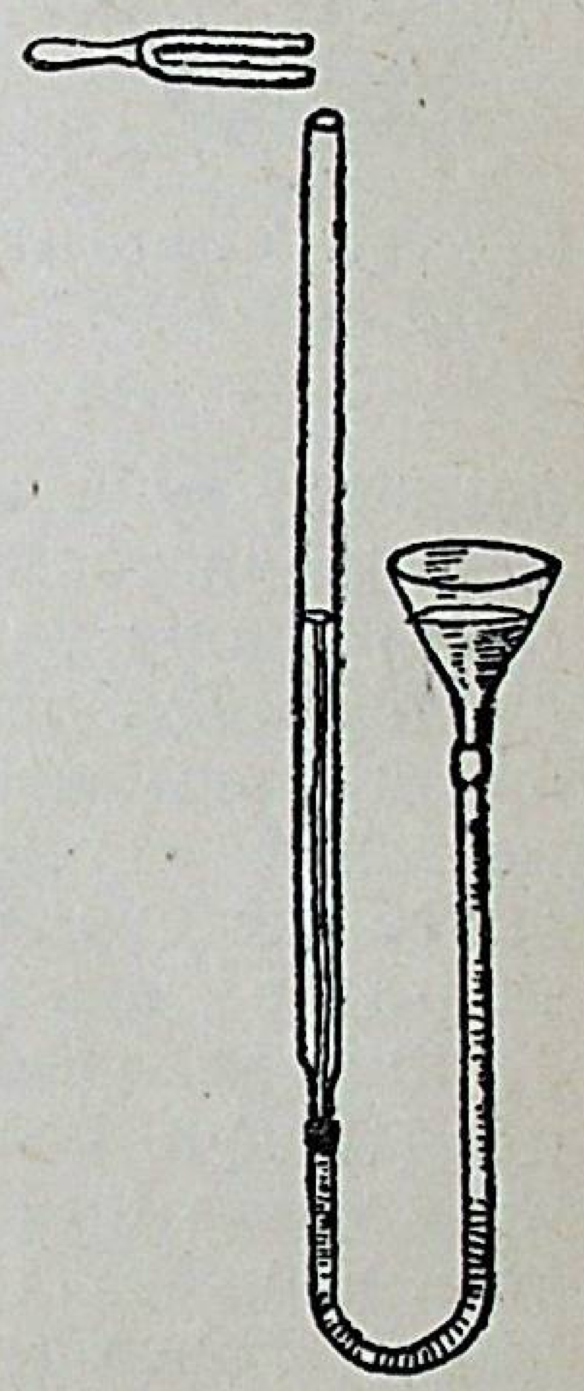
Эгерде кылдын ортосунан тартып жана учтун учу менен кылдын узундугунун үчтөн бир аралыгындай жерден тийсек, анда андан да бийик тонду угабыз.

Уч менен кылдын узундугунун төрттөн бир, бештен бир ж. б. аралыгында тийүү менен ушундай тажрийбаларды кайталоо мүмкүн. Негизги тонду токтотуу менен биз ар бир жолу бийигирээк тонду уга алабыз.

Термелүү сандары негизги тондун термелген санынан бүтүн эсе сандарын түзгөн тондор эң жогорку г а р м о н и к а л ы к тондор же о б е р т о н д о р деп аталат. Мисалы, кыл үчүн негизги тон менен бир учурда термелүү саны 2, 3, 4 ж. б. эсе чоң болгон эң жогорку гармоникалык тондордун үнү чыгып турушат (31-сүрөт).

Бир учунан кысылган стержень үчүн (32-сүрөт) жогорку гармоникалык тондордун термелүү саны негизги тонунан 3, 5 ж. б. эсе чоң болот.

28. Тембр. Жогоруда келтирилген мисалда болсун жана башка учурларда болсун, нерселердин үн чыгарышы, түрдүүчө болуштары мүмкүн; буга: эң жогорку гармоникалык тондордун саны, бийиктиги жана катуулугу кирет. Негизги тондору бирдей болгон түрдүү музыка куралдарынан же добуштардан түрдүү обертондорду угууга болот, ошондуктан мындай тондор угуу сезимине түрдүүчө таасир кылышат. Негизги тонго түрдүү өзгөрүүлөр же түрдүү т е м б р берип, бул айырманы туюндурушат. Ошентип үндүн үчүнчү сапаты — *тембр* — негизги тон менен кошо чыккан обертондордун санынан, бийиктигинен жана катуулугунан келип чыгат. Ошондуктан башка тондор сыяктуу, мисалы, *до* тонун киши чыгарса же скрипкада алынса, же роялда алынса угуу сезимине түрдүү таасирди берет.



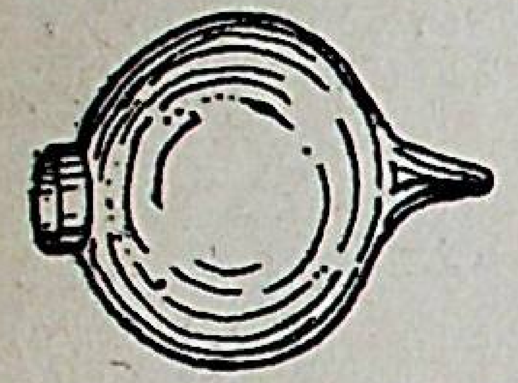
34-сүрөт. Аба столбасы ичинде резонанс алуу үчүн курал.

Үндүн тембрынын обертондун санынан, тартибинен жана катуулугунун көз карандуулугун ошол эле сонометрден билүүгө болот.

Кылды ар түрдүү точкаларда тартабыз. Негизги тонду баспай туруп же андагы ар түрдүү тембрди ажыратабыз. Бул тембрдин ар түрдүүлүгү, кылдын ар түрдүү жеринен тартуу менен биз обертондун катуулугун өзгөрткөндүгүбүздөн келип чыгат.

Кылдын ортосунан тартуу менен биз негизги тонду жана так обертонду дүүлүктүрөбүз. Түйүндөрү кылдын ортосунда болучу жуп обертондор пайда болбойт. Тембр добушсузураак. Эгерде кылдын учуна жакын жерден тартсак, анда жогорку обертон күчөйт да, үн шыңгырак болот.

29. Үн резонансы. Эгерде роялдын тактайын ачып коюп, кандайда болсо бир тонду алсак, алынган үн басылгандан кийин да роялдын кылы үн чыгарып турганды угууга болот: бул алынган тон менен термелүү мезгили бирдей болгон кылдар резонанс кылышат. Столдун үстүнө бир нече камертондор резонатордук ящиги менен коюлса жана алардын ичинде термелүү мезгилдери бирдей болгон эки камертон болсо, булардын бирөөнөн үн чыгарылып, анан басылса, бирдей болгон экинчи камертондун үн чыгарып турушун угууга болот.



35-сүрөт. Гельмгольцтун резонатору.

Кандайда болсо бир камертондун үнүнө бийик цилиндр ичиндеги аба столбасын (34-сүрөт) резонанс кылдыртууга болот. Цилиндр ичиндеги суунун деңгелин өзгөртүү менен, цилиндр ичинде калган аба столбасынын өздүк термелүү мезгили камертондун термелүү мезгили менен бирдей болушуна жетишүүгө болот. Мындай аба столбасы камертондун термелишине күчтүү резонанс кылат. Камертондун обертондору үчүн резонанс келип чыга тургандай кылып аба столбасынын ченемин тандап алууга болот. Суу деңгелинин андан аркы өзгөрүлүшү аба столбасынын өздүк термелүү мезгилин өзгөртөт жана резонансты токтотот. Кандайча болсо да бир үнгө резонанс кылуучу куралдар р е з о н а т о р л о р деп аталат.

Роялда резонанстын болушун жана ошол эле убакта обертондун болушун жеңил эле көрсөтүүгө болот. Акырын гана роялдын ортоңку клавишин (баскычын) басабыз да, аны кармап туруу керек. Ушул эле убакта октавадан ылдыйкы тонго туура келген клавишти катуу басат да, дароо аны коё беребиз да, келген үндү токтотобуз. Ушундай болсо да октавадан жогорку үн угулат, бул эки эседен узун кылдын биринчи обертонуна биринчи кыл резонирлейт.

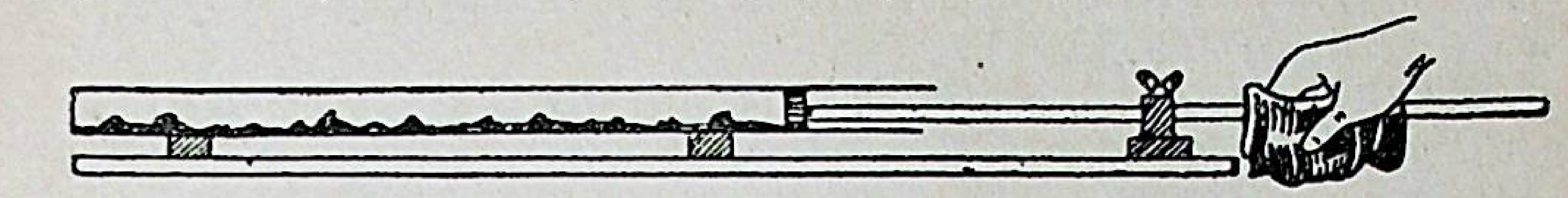
Гельмгольцтун резонатору (35-сүрөт) шар формасында металлдан жасалган жана эки тешиги бар ичи көңдөй нерсе болот, анын тешиктеринин бирөө үн толкуну жакка бурулат, экинчиси кулакка киргизилет. Өзүнүн ченемине жараша резонатор белгилүү бийиктиги бар тонго үн чыгарып жооп берип турат.

***30. 2-лабораториялык иш.* Түрдүү заттардын ичиндеги үндүн ылдамдыгын ченөө.**

К у р а л д а р: 1) Кундттун түтүгү (36-сүрөт); 2) кыскыч; 3) түрдүү заттардан жасалган стержендер; 4) картондон жасалган тегерек; 5) масштаб; 6) пробка таарындылары; 7) нымдуу сукно.

И ш т и н ж ү р ү ш ү. 1. Стерженди ортосунан кыскычка кыскыла, анын бир учуна картондон (же пробкадан) жасалган тегеректи кийгизип койгула да анан айнек түтүктүн ичине таарындыларды бир калыптагы кабат менен салып, бул тегерекке айнек түтүктү кийгизгиле.

2. Нымдуу сукно менен стержендин бош учун бойлото ышкып жүргүзүп, анда узунунан термелүүлөрдү дүүлүктүргүлө: бул термелүүлөр айнек түтүгүнүн ичиндеги аба столбасын толкундоого келтиришет. Түтүк ичинде пайда болгон уюган толкундар түйүндөрдө таарындыларды тим коюшат,



36-сүрөт. Кундттун түтүгү.

пучносттордо аларды эң чоң кыймылга келтиришет. Таарындылардын жатышы, аба ичиндеги түйүндөр менен пучносттордун ачык көрүнгөн сүрөтүн бергенче түтүктү жылдыра бергиле.

3. Түйүндөр ортосундагы же пучносттордун ортосундагы аралыктарын санап алып, саналган четки точкалар ортосундагы n_0 аралыгын масштаб менен ченегиле жана абадагы уюган жарым толкундун l узундугун тапкыла $l_0 = \frac{l}{n_0}$.

Абадагы толкундун λ_0 узундугун l_0 аркылуу туюндургула, λ_0 жана үндүн абадагы ылдамдыгы v_0 аркылуу термелүү саны ν ны туюндургула.

4. Стержендин узундугу L аркылуу (§ 26) стержень ичиндеги толкундун узундугу λ, λ жана термелүү саны ν аркылуу — стержень ичиндеги толкундун v ылдамдыгын туюндургула.

5. Термелүүнүн ν жыштыгы стержень ичинде жана абада бирдей болгондуктан, v_0, l_0, L аркылуу v ны эсептеп чыгаргыла.

6. Ошол эле бир зат үчүн мындай ченөөлөрдү бир нече жолу кайталагыла жана v үчүн орточосун алгыла.

7. Мындай ченөөлөрдү башка заттан жасалган стержендер менен иштегиле.

8. Ченөөлөрдү таблицага жазгыла.

Катар №	Зат	Абадагы жарым толкундардын саны n_0	Жарым толкундардын узундугу l_0	Абадагы толкундун узундугу λ_0	Зат ичиндеги толкундун узундугу λ	Узундуктардын катышы λ_0/λ
1	Айнек					
2	"					
3	"					
4	Жез					
5	"					
6	"					

31. *3-лабораториялык иш.* Резонанс жолу боюнча үн толкунунун узундугун аныктоо.

К у р а л д а р: 1) катышма идиштер (34-сүрөттө көрсөтүлгөн); 2) камертон; 3) масштаб.

И ш т и н ж ү р ү ш ү. 1) Воронканы мүмкүн болушунча жогору көтөрүп, үн чыгарып турган камертонду түтүктүн оозуна жакын алып келгиле жана түтүк ичиндеги аба столбасы камертон менен резонанска келгенче воронканы ылдыйлата бергиле.

2) Резонанска келген аба столбасынын узундугун масштаб менен ченегиле.

3) Абанын резонанска келген столбасында толкундун кайсы бөлүгү жатканын ойлоп тапкыла да, толкундун узундугун эсептеп чыгаргыла.

4) Экинчи резонанс пайда болгончо, ичинде суу бар идишти ылдый түшүрө бергиле. Бул учурда резонанска келген аба столбасында толкундун кайсы бөлүгү жатат?

5) Абанын столбасын масштаб менен ченегиле жана эсептеп чыгаргыла.

6) Эки көрсөткүчтүн орточо чоңдугун тапкыла жана камертонго жазылган термелүүлөрдүн санына туура келген толкундун узундугу менен салыштыргыла.

7) Биринчи жана экинчи резонанс пайда болгон учурда абанын эки столбасынын узундугунун айырмасы толкундун узундугунун кайсы бөлүгүнө барабар болот?

8) Үн толкунунун узундугун эсептеп чыгаргыла жана аны жогоруда чыккан натийжа менен салыштыргыла.

32. Граммофон. Механикалык жол менен атайын пластмассадан жасалган пластинкаларга жазылган үндөрдү кайтадан чыгартуу үчүн жасалган курал граммофон (37-сүрөт) болот.

Үндү жазуу үчүн, тупадан-туура үндүн толкундары менен термелүүчү кескич же азыркы кезде көбүнчө түзүлүшү катуу сүйлөгүч (громкоговоритель) сыяктуу болгон электромагниттүү рекордер деген куралдан пайдаланышат. Жумшак мом дискасынын үстүнө бул кескич менен, анын үн термелишине ылайыктуу болгон ийри оюктар сызылат (38-сүрөт)[1]. Мом дискасынан электролиз жардамы менен металлдан штамп жасалат, андан кийин штамптын жардамы менен жумшартылган пластмассадан көп санда граммофон пластинкалары иштелет.

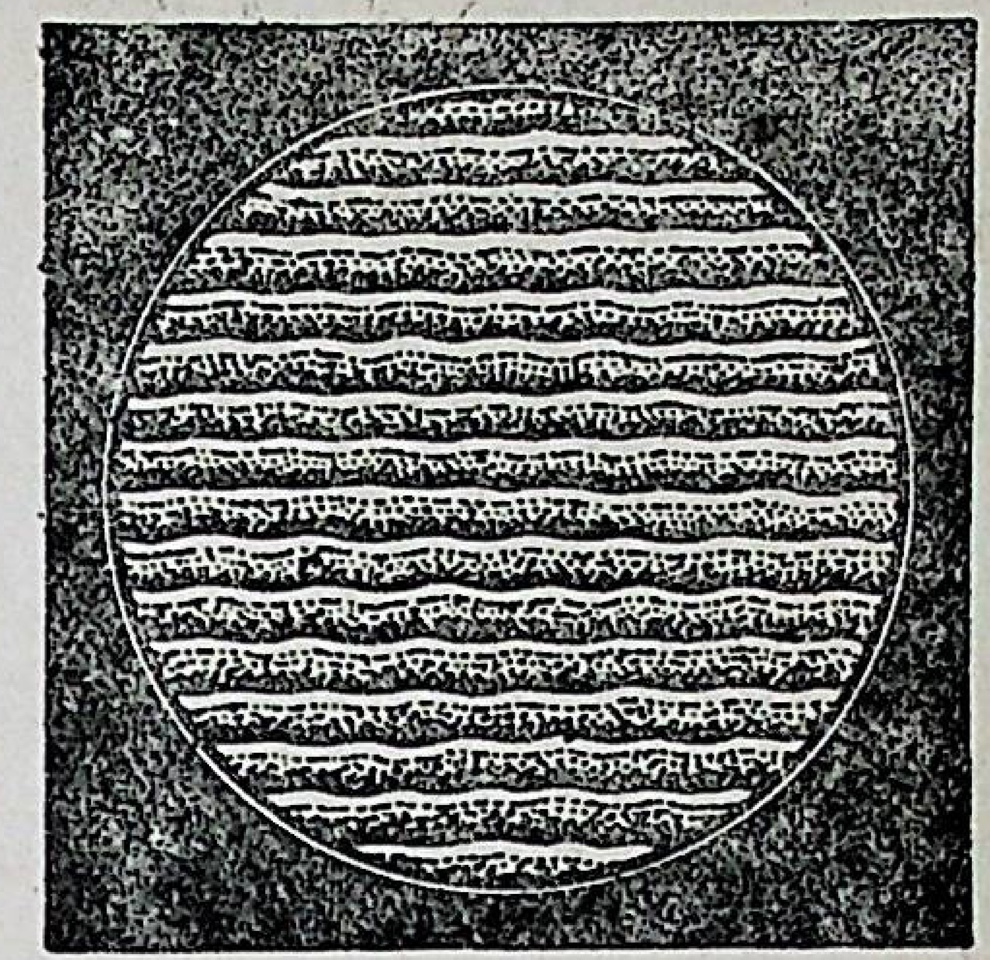
Үндү кайтадан чыгаруу үчүн, серпилгич слюда же металл пластинкасы (мембрана) оюктар менен жылып, жазган кезде кескичтин жасаган бардык термелүүлөрүн кайталайт. Бул термелүүлөр мембранага, андан үндү күчөтүү үчүн жасалган үн өткөрүүчү (тонарм) жана рупордогу аба столбасына өтөт.

Азыркы убакытта чемодан ичине орнотулган *патефон* деп аталган көтөрүп жүрүүгө эң ылайыктуу болгон рупорсуз граммофондор кең таралган.

Үндөрдү кайтадан чыгарганда туура чыгартуу үчүн керектүү болгон шарт, граммофондун пластинкасын дал үн жазгандагы бир калыптагы айланышындай кылып айландыруу болот (1 минутада 78 жолу айланат).

[1] Сүрөткө пластинканын эң кичине бөлүгү тартылган, ошондуктан ийри оюктар түз сыяктанып көрүнүшөт. Чындыгында алар спираль бойлоп чийилген болот.

37-сүрөт. Граммофон.



38-сүрөт. Граммофон пластинкасынын бир бөлүгү (чоңойтулуп көрсөтүлгөн).

33. Ультра үндөр. Эгерде кварц кристаллынан жасалган пластинканын карама-каршы турган эки жагын металл менен каптасак жана элекр термелүүлөрүнүн генераторунан аларга өзгөрүлмө электр чыңалышын келтирсек, анда өзгөрүлмө электр күчүнүн таасири астында пластинкалар мезгилдеп кысыла башташат; эгерде кварц пластинканын серпилгич термелүүлөрүнүн өздүк мезгили электр термелүүлөрүнүн мезгилине дал келсе, анда айланадагы абанын термелиши 50 000 ден 5 000 000 герц жана андан да көп болгон тезделишин алууга болот. Мындай термелүүлөр ультра үндөр деген наам алышкан. Аларды кулак уга албайт, бирок алар нерселерге ар түрдүү таасир кылышат.

1. Эгерде массивдүү катуу нерсенин, мисалы, металлдан жасалган ири эритменин ичи бир тектүү болбой, эритменин кемчиликтери дефект болсо, анда мындай нерсенин ичиндеги тыгыздык түрдүүчө болгон жерлерде ультра үндөр түрдүүчө өчөт жана курулуштун кемчиликтерин табууга мүмкүндүк берет. Ошентип эң күчтүү рентген установкалары өткөрө жарык кыла албаган калыңдыгы 1,5 *м* болгон буюмдарды ушул жол менен „өткөрө үн чыгарууга“ болот.

2. Ультра үндөрү өткөн нерсени ысытышат, химиялык реакцияларды ылдамдатышат, кайсы бир жарылуучу заттарды жарышат, катуу нерселерди суюктук ичинде чаңдатып чачып, өтө туруктуу болгон эмульсияларды ылдам түзүп беришет, кристаллдашууну ылдамдатышат.

3. Кандын кызыл шариктерин жарышып, балыктарды, көнөк баштарды, бакаларды 1—2 минута ичинде өлтүрүшөт (жылуу кандуу айбандар өлбөйт).

4. Бактерияларды өлтүрүшөт, мисалы, сүттү ачыта турган бактерияларды өлтүрүп, сүттү бир нече суткага чейин ачыбас кылууга болот. Белоктор ажыратылып эриген газдар протоплазмадан бөлүнүп чыгуу аркасында ультра үндөрдүн биохимиялык таасири пайда болот.

5. Кемелер ортосунда сигналдашуу үчүн жана кеме жүрүп бара жатканда суу түбүнүн рельефин изилдөө үчүн колдонулат.

6. Кийинки убактарда Ленинграддагы электротехника институтунун лабораториясында тунук эмес чөйрөдө ультра үндүн жардамы менен „көрүүнүн“ мүмкүндүгү табылган. Ультра үндү тартуучу буюмдардан ультра үндүн „сүрөттөрүн“ алууга жана бул „сүрөттөрдү“ көзгө көрүнө турган сүрөттөргө которууга болот.

Бул методду практикада абдан кеңири түрдө колдонууга болот; келечекте металлдын дефектерин экрандан „көрүүнү“ иш жүзүнө ашыруу, бул „көрүүнү“ ар түрдүү буюмдарды суу астында алып турган жайларын аныктоо жана башкалар үчүн колдонуу мүмкүн болот.

34. Чуунун зыяндуу аракети. Катуулугу анчалык чоң болбосо да, дайыма кайталап турган чуу (21-§ ты кара) кулактын ички мүчөлөрүн бузууга алып келет, тамак сиңирүүгө жаман таасир кылып, айрым учурларда кустурат, нерв системасын узак убакытка бузулууга алып барат. Ошондуктан азыркы күндөгү техника жана санитария чууга каршы күрөшүп жатат жана чууга каршы установкаларды ойлоп чыгарууга киришип жатат.

35. Үн көрүнүштөрүн согуш техникасында колдонуу. Азыркы күндөгү алыс атуучу замбиректер болгон кезде, маскировканын жогорку искусствосу болгон кезде, окоптор жерге терең казылган кезде, согушта душман өзүнүн душманына ар дайым көрүнүп турбайт. Эгерде согушта душман көрүнбөс болуп алса, аны угуп болот; ошондуктан үн көрүнүштөр согуш техникасында өтө чоң мааниге ээ болуп, толуп жаткан согушка керектүү болгон маселени чечүүгө мүмкүндүк берет.

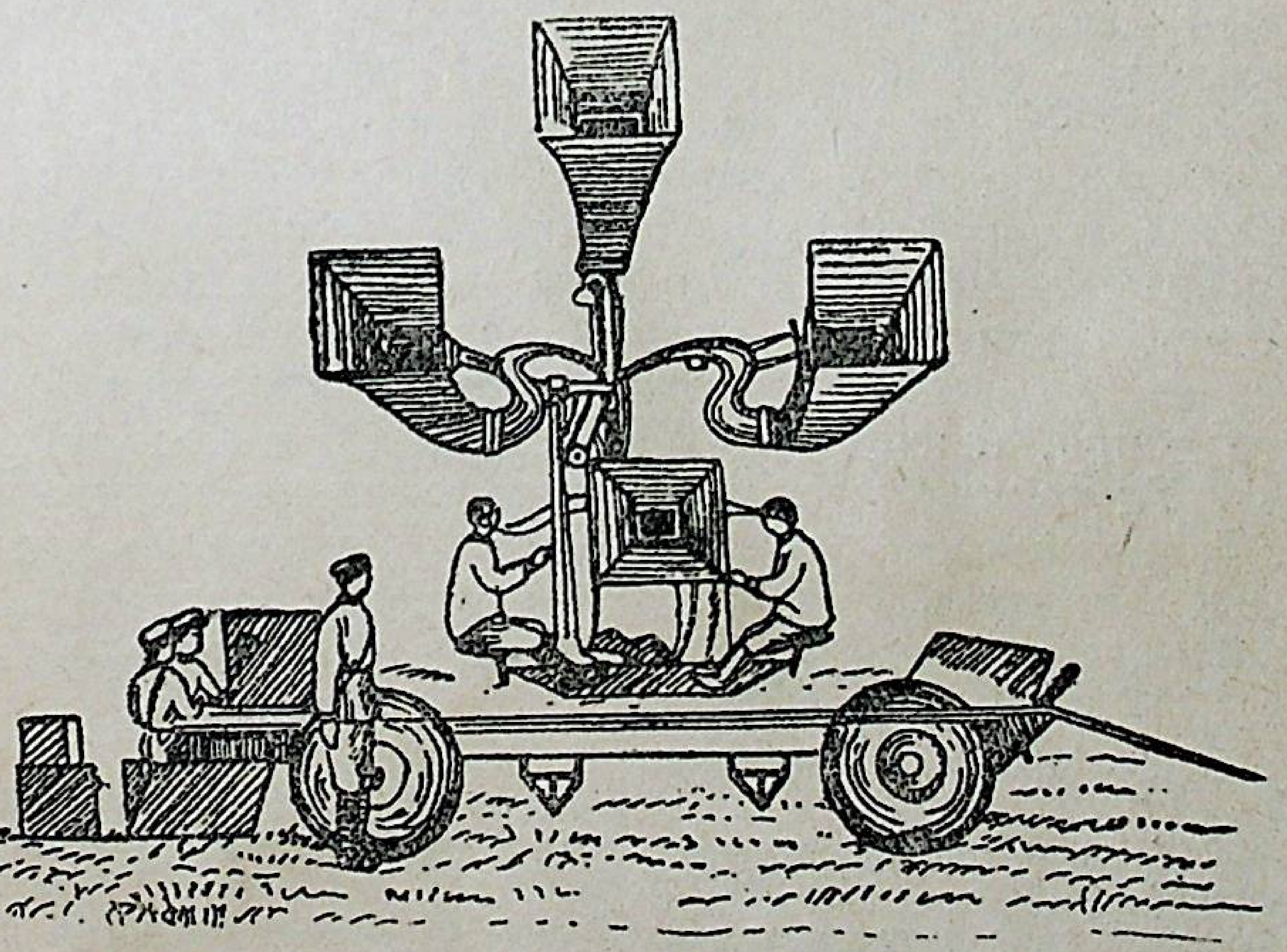
Биринчи катардагы маселелердин бирөө — душмандын пулемёту, замбиреги же самолёту турган жерди үн боюнча издеп табуу болот. Мындайча издеп табуу үндү бир жана экинчи кулагыбыз менен угуп алуунун ортосунда өткөн убакыттын өтө болор-болбос аралыгын — б и н а у р а л д ы к э ф ф е к т и деп аталган биздин угуу мүчөлөрүбүз ажыратууга жарамдуу болушуна негизделген. Бул болсо үндү эки кулак тең укканда үн толкундарынын келүү багытын аныктоодо турат. Үндүн багытын бир кулак менен гана аныктоо же тап-такыр мүмкүн эмес, же бул аныктоо өтө так болбой чыгат. Бинауралъ жөндөмдүүлүгү аркылуу үндү уккан киши үндү эки кулак менен тең угуп алуу мезгили туш келгендей кылып, башын үн келген жакка бурат. Ошондо үн чыккан жер эки кулакты туташтырган сызыктын ортосуна перпендикуляр тегиздикте жатат. Эгер үндүн багыты түрдүү болгон 3 точкадан табылса, анда бул маалуматтар боюнча татаал эмес түзүүнүн жардамы менен үн чыккан жерди так түрдө табууга мүмкүн болот.

Алыстан келген үндү угуу үчүн ар бир кулактын өз предели бар, анткени аралык чоңойгон сайын үндүн катуулугу кемий берет. Секундасына 2000 герцке жакын термелген кезде (муну кулак өтө сезимдүү угат), угуучу беттин ар бир квадрат сантиметрине секундасына $\frac{1}{10^9}$ ден кем *эрг* түшсө, үндү угуу токтолот. Ошондуктан самолёттун учканын куралданбаган кулак 9 *км* ден алыс эмес жерден гана уга алат.

Басайган үндөрдү угуу үчүн р у п о р деп аталган, конус сыяктанып бириккен түтүктөрдү (39-сүрөт) колдонушат. Алар кулакка караганда үн толкундарын көбүрөөк тосушат жана аларды чогултуп, энергияны кулактарга жөнөтүшөт. Рупорлор ортосундагы аралык кулактар ортосундагы аралыкты чоңойткон сыяктуу болот жана ошонун аркасында бинауралдык сезимдикке (0,5° ка дейре) негизделген үндүн багытын таамай аныктоону чоңойтушат. Рупорлордун жардамы менен тыңшоонун алыстыгы 25 *км* ге чейин барат.

Самолётко сокку уруу үчүн самолёт жакындап келе жаткан багытты гана аныктоо жетишсиздик кылат, анын үчүн бийиктигин да билүү керек. Ошондуктан үн тоскуч деп аталган курал эки жуп рупорлордон жасалат: алардын экөө горизонталь, экөө вертикаль турат; үн тоскучта эки киши кызмат кылат: бирөө рупордун горизонталдык түгөйү боюнча үн булагынын багытын аныктайт (мисалы самолёттон чыгышын), экинчиси вертикаль түгөйү боюнча анын бийиктигин аныктайт (40-сүрөт).

39-сүрөт. Үн тоскуч; пунктир стрелка үндүн булагы аркылуу өткөн вертикалдык тегиздикти аныктайт.



40-сүрөт. Үн тоскуч.

Согуш аракеттери жүрүп жаткан кезде деңиз кемелеринин пайда болушун өз убактысы менен билүү үчүн да чаралар көрүү керек болот. Бул үчүн согуш техникасы суунун үн өткөргүчтүгүн пайдаланат. Мында кемелерди жүргүзүүчү бурамалардын түрдүү үндөрүн тосуу жардамы менен душмандын кемелеринин жүрүшүн байкоо үчүн бөтөнчө үн тоскучтар жасалат. Кемени жүргүзүүчү бурамалардын чуусу жана кемедеги башка шоокумдар термелүү жыштыктары түрдүүчө болгон эң көп үндөрдөн (термелүү предели секундасына 300 дөн 1500гө чейин) түзүлүп, үн аралашмасын курушат. Чуу тоскучтар түрдүү типте жасалат жана көбүнчө электр көрүнүштөрүнө негизделет. Согуш кемелеринде көбүнчө электромагниттүү (же электродинамикалык) приёмниктер колдонушат. Электромагниттүү приёмник дегенибиз ченеми чоң болгон кадимки эле телефон болот. Эгерде кеменин үстүндө эки приёмник болсо, анда приёмниктердин экөөн да үндүн бирдей катуулугуна келтирүүгө болот, ошондо изделген кеме эки приёмникти туташтырган кесиндинин ортосуна тургузулган перпендикулярдын үстүндө болот (самолёттун абалын аныктаган сыяктуу).

Бирок гидроакустикалык приёмниктерди тынч убакта деңизде жүргөндө да колдонушат. Алардын жардамы менен кемелердин жүрүшүн түн ичинде же туман ичинде моторлордун чыгарган үндөрү боюнча таап алууга болот. Рифтерди, муз тоолорду жана деңизде жүрүү үчүн коркунучтуу жерлерди чуудан таап алууга болот, кемелер менен жээк ортосунда байланыш жасоого жана деңиздин түбүнөн чагылган үн аркылуу деңиздин тереңдиктерин ченөөгө болот.

Кемелерди авариядан сактоо үчүн коркунучтуу жерлерге үн сигналдар коюлат. Маяктардын, рифтердин жана ошол сыяктуу жерлердин үстүнө үн энергиясын жиберүүчү ар түрдүү куралдар коюлат. Алардын эң жөнөкөй түрү с у у а с т ы н д а г ы ч о ң к о ң г у р о о болот. Анын тили кысылган абанын басымы менен электр тогу менен же автоматикалык жол менен деңиз толкундарынын согулушу менен кыймылга келтирилет. Анын термелүү жыштыгы секундасына 1200 термелүүгө дейре, таасир кылуу алыстыгы 20 *км* ге дейре жеткирилет. Үн техникасы согуш ишинде абдан кеңири колдонулат. Бул кызыктуу учурларга токтолуу үчүн окуу китебинде мүмкүнчүлүк жок. Алар менен Внуковдун, Брэггдин китептеринен таанышуу мүмкүн. Бул китептер главанын аягындагы адабият тизмесинде айтылган.

2-көнүгүү.

1. Аба 0° кезде 1 *км* аралыкка үндүн таралышы канча убакыттан кийин келип жетет?

2. Эгерде чагылган көрүнгөндөн, 10 секунда өткөндөн кийин күн күркүрөөнүн биринчи күркүрөшү угулса, чагылган угуучудан канчалык жерде пайда болгон болот (абанын температурасы *15°*)?

3. Эгерде экинчи жээктен чыккан үн аба боюнча, сууга караганда 10 секунда кечигип келген болсо, көлдүн кеңдиги канчалык болот?

Жообу: 4300 *м*.

4. Эгерде үн заттын ичинде 4,5 *м* жерди 0,001 сек. да өтсө, заттагы үндүн ылдамдыгы кандай болот?

5. 1 сек. ичинде термелүүнүн саны 512 ге барабар, аба 0° кезде толкундун узундугу эмнеге барабар?

6. Абадагы толкундун ылдамдыгы $330 \frac{м}{сек}$ болгондо, анын узундугу 33 *см* ге барабар болсо, үн толкуну ичинде, секундасына канча термелүү жасалат? Жообу бүтүн сандар менен берилсин.

7. Үн толкунунун термелишинин мезгили 0,400 сек. га барабар. Аба 0° кезиндеги толкундун узундугун тапкыла.

8. Абадагы толкундун узундугу 17 *см* (ылдамдыгы $340 \frac{м}{сек}$ болгондо). Нерсенин ичиндеги термелүүнүн саны абадагыдай эле болгондо толкундун узундугу 102 *см* ге барабар болсо, нерсе ичинде үндүн таралуу ылдамдыгын тапкыла.

Жообу: $2040 \frac{м}{сек}$.

9. Серпилгич эмес нерселер аркылуу үн өтө алабы?

10. Үйдүн ичиндеги көшөгөлөр жана жумшак мебелдер үндүн угулушуна кандай таасир кылышат?

11. Тоо ичинде көп эселүү жаңырык эмнеден болот?

12. Эгер байкоочу замбиректен 4000 *м* аралыкта турса, ал эми 4000 *м* жерден аткан кездеги снаряддын орточо ылдамдыгы $200 \frac{м}{сек}$ га барабар болсо, атылуунун үнүнөн нече секунда өткөндөн кийин снаряддын келип түшүшүн күтүү керек экенин аныктагыла (Внуковдун китебинен).

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Үндүн физикалык таратылышы кандай?
2. Үндүн точка булагынан үн абада кандайча таралат?
3. Абадагы, суудагы, катуу нерсе ичиндеги үн толкундары, туурасынан болобу же узунан болобу?
4. Үндүн ылдамдыгы кандайча ченелет? Ал аба үчүн эмнеге барабар?
5. Герц деген эмне жана эмнени ченөө үчүн бул бирдик колдонулат?
6. Угулуучу үндүн термелүүлөрү кайсы жыштык пределинде болушат?
7. Үндүн катуулугу эмнеге көз каранды?
8. Угулуу предели деп эмнени айтат?
9. Үндүн бийиктиги эмнеге көз каранды?
10. Үндүн чагылышы качан жана кантип болот?
11. Үндүн согушу деп эмнени айтат жана ал эмнеден келип чыгат?
12. Нерсенин өздүк тону деп эмнени айтат?
13. Нерсенин негизги тону деп эмнени айтат?
14. Эң жогорку гармоникалык тондор деп эмнени айтат?
15. Үндүн тембри эмнеге көз каранды?
16. Үн резонансы деген эмнеде? Анын мисалдарын келтиргиле.
17. Аба столбасындагы үн резонансынын жардамы менен үн толкунунун узундугун же болбосо термелүү жыштыгын кандайча аныктоого болот?

Адабият. З е р н о в, Термелүүлөр жана толкундар, „Үн жана музыка“, МГУнун массалык кечки университети. К р а с и к о в, Кулак. Б е л и к о в, Речь жана угуу сезими. Р ж е в к и н, Азыркы убактагы изилдөөлөрдөгү угуу сезими жана речь. В н у к о в, Физика жана өлкөнү коргоо. Б р э г г, Үн дүйнөсү. В у д, Үн толкундары жана аларды колдонуу. Ф л е м м и н г, Суудагы, абадагы, эфирдеги толкундар. О х о т н и к о в В. Д., Дүйнөдөгү тымып калган үндөр (үндөрдү кайталоо жана жазуу), 1947-жыл.

II. ЖЫЛУУЛУК ЖАНА МОЛЕКУЛЯРДЫК ФИЗИКА.

1. ЖЫЛУУЛУК — ЭНЕРГИЯ.

36. Жылуулук жөнүндөгү илимдин өөрчүшү. Өндүрүш иштери механикалык көрүнүштөр менен таанышууга адам баласын эң байыркы убактарда алып келгенин биз механика бөлүмүнөн көрдүк. Биздин убагыбыздан беш миң жыл илгери пирамидаларды — бул эң зор болгон дүйнөлүк курулуштарды куруу иши машиналардын колдонулушун талап кылган. Байыркы чоң согуштар, ошол замандардагы эң ири шаарларды курчап алуулар, эң татаал механикалык куралдардын жардамы менен жүргүзүлгөн. Сооданын жана өнөр жайлардын өөрчүшү илимге болгон талаптарын уламдан-улам өйдөлөтүп олтурган. Илимдин өөрчүшү XVI—XVII кылымдардын чегинде Галилей, Ньютондор тарабынан механиканын закондорун ачууга алып келген.

XVII кылымга чейин ал кездерде жасалган машиналарды жана транспорт шаймандарын аракетке келтирүү үчүн адегенде айрыкча кулдардын, анан жалданма жумушчулардын булчуң күчүнөн гана, алар менен бирге айбандардын күчүнөн жана шамал менен суунун механикалык энергиясынан эң аз өлчөмдө пайдаланышкан. (Орто Европада суу тегирмендери IV кылымдын орто ченинде, жел тегирмендери XI кылымдын башында болгон).

Өнөр жайлардын өөрчүшү металлга болгон талапты күчөтө баштайт. Байыркыдагы кен иши кеңейе баштап, жаңы кендер казылып, эскилери тереңдетилген. Кендердин тереңдетилиши кендерге өткөн сууну жердин үстүнө тартып чыгарууну барган сайын улам кыйындата берген. Булчуң күчү менен гана иштеген тирүү жандарга караганда, күчтүүрөөк болгон кыймылдаткычтын керектиги келип чыгат. Техникалык изденүүлөр жаратылыштын башка түрдөгү кубулушун — жылуулукту пайдаланууу жагына бет алдырат.

Адам өзү жашай баштаган биринчи күндөрүнөн тартып эле өз тарабынан эч кандай күч сарп кылбастан, күндүн жылуулугунан пайдаланган. Техника жагынан алганда, адам отту табуу жолу ачылгандан тартып жылуулукту ээлей баштаган.

Жылуулукту бул биринчи өздөштүрүү иши сүрүү аркылуу жумушту жылуулукка айландыруу формасында болгон.

Жылуулуктан пайдаланууну кеңитүүдөгү экинчи кадам II кылымда жасалган, мында Г е р о н буу менен кыймылга келе турган кыймылдаткычты жасаган, б. а. жылуулукту кайта жумушка айландырган. Бирок Герон жашаган кылымда, кулдар кылымында жана андан кийинки булчуң энергиясы арзан болгон башка кылымдарда Герондун жетилбеген буу кыймылдаткычы механикалык энергиянын башка булактары менен, албетте жарыша албаган. Ошондуктан кыймылдаткычтын өзүнө болсун жана жылуулуктун касиеттерине болсун, көңүл берилбестен, алар илим-техникалык пикирдин сыртында кала берген. XVII кылымда гана классикалык механиканы түзүү аякталып калган кезде жана жогоруда айтылып кеткендей, кен ишин жана туулуп келе жаткан мануфактуранын өсүп бараткан керектөөлөрүн тейлөө үчүн механикалык энергиянын баштагы булактары жетишсиз экендиги көрүнөө ашкерелен-ген кезде, илим-техникалык пикир жылуулук кубулуштарын үйрөнүүгө бурулат.

Механикалык жумушту пайда кылуу үчүн буудан пайдаланууга аракет кылган ойлоп чыгаруучулардын арасында биз Л о н а р д о д а В и н ч и, П а п и н, Н ь ю к о м е н жана башкаларды кезигиштиребиз. Ойлоп чыгаруулардын көпчүлүгүнүн аракетинин жыйынтыгында XVII жана XVIII кылымдарынын чегинде жылуулук эсебинен механикалык жумуш пайда кыла турган биринчи установкалар курууга мүмкүн болду. Бирок бул установкалардын жетишпегендиктери абдан көп болгондуктан, алар эң эле аз колдонулган. Булар бар болгондогусу кандайдыр бир резервуарга суу толтуруу үчүн гана колдонула турган „от аракеттенүүчү" гана насостор болгон. Тупадан-туура заводдо колдонуу үчүн бул буу машиналары жараксыз эле.

Ар кандай заводдук максаттарга жарактуу болгон биринчи буу машинасын жасоонун улуу даңкы өзү-үйрөнчүк-теплотехник И в а н И в а н о в и ч П о л з у н о в к о тиешелүү. И. И. Ползунов 1763-ж. проектин түзүп, ар кандай завод механизмин аракетке келтирип, тынымсыз жумуш пайда кылууну камсыздап турууучу дүйнө боюнча биринчи тынымсыз аракет кылуучу эки цилиндрлүү буу машинасын 1765-ж. жасады. И. И. Ползуновдун машинасы Алтайда, Барнаул округунда, Калываново-Воскресенскийдин заводдорунда жасалып жана бир канча ай боюнча аба үйлөткүч установканы кыймылга келтирип турган. Бул машина өзүн жасоо үчүн кеткен каражаттарды актамак турсун, бир канча пайда да келтирет. Бирок феодалдык-крепосттук Россиянын шартында Ползуновдун машинасы кеңири колдонулган эмес. Орус адамдарынын күчүнө жана ийкемдүүлүгүнө ишенбеген падышалык Россиянын

башкаруучу чөйрөлөрү жана Калываново-Вознесенск заводдорунун наадан начальниктери Ползуновдун өзүн да жана анын улуу чыгармасын да бошко кетиришти. Бирок И. И. Ползуновдун эмгеги бекер өлгөн жок. Ползуновдун машинасын чет элдердин тоо завод специалисттери көрүштү. Ошолор аркылуу ал шексиз чет элдерде дагы, көбүнчө Россиядагы тоо иштеринин жетишкендиктерине ач көздүүлүк менен кызыккан чет элдердеги ишкана баштыктары чөйрөсүндө дагы белгилүү болду. Көп кийин Манчестрде Ползуновдун машинасын бир кыйла жакшыртылган түрдө кайталаган эки цилиндрлүү буу машинасы курулду. 1784-ж. англичанин Уатт көп жакшыртылган буу машинасын курду. Бул заводдун максаттары үчүн жасалган биринчи эмес, экинчи машина болучу.

Ошол убакыттан бери буу машинасы кен иштерине гана эмес, фабрика өндүрүштөрүндө, кургак жол жана суу транспортторунда да колдонула баштады. Буу машинасы техниканын талабы менен пайда болуп, өзү техниканын жана бардык өндүрүштүн өрчүшүнө таасир кылды. Мына ошондуктан бул буу машинасын кеңири колдонуу доору буу кылымы деп аталган.

Жылуулук көрүнүштөрүнүн закондорун тажрийба жүзүндө үйрөнүү менен бирге аларды теория жагынан түшүндүрүү дагы жүргөн.

XVIII кылымдын башында (пикирлердин жалпы багыт алышы менен байланыштуу) жылуулукка ж ы л у у т е к (теплород) деп аталган өзгөчө өлчөнбөс зат деген көз караш туулат. Жылуутектин нерсеге куюлушу температураны жогорулатат, анын кемиши — температураны төмөндөтөт. Бул күндөргө чейин сакталып келген жылуулук сыйымдуулугу (суюктук куюлуучу идиштердин сыйымдуулугуна окшош болуу жагынан алганда) жана жашырын жылуулук деген атамалар ушул көз караштын көрүнүштөрү болот.

Бирок, улам өөрчүп бара жаткан жалпы техника жана көбүнчө жылуулук техникасы, бөтөнчө заттан — жылуутектен келип чыга турган жылуулук кубулуштары жөнүндөгү элестерди акырындап талкалашты.

Теплород теориясына биринчи жолу терең сыноо берүүчү орустун улуу окумуштуусу М. В. Л о м о н о с о в болгон. 1744-жылы өзүнүн „Жылуулук жана сууктуктун себеби жөнүндө ой жүгүртүү" деген эмгегинде М. В. Ломоносов теплород теориясын сыноо менен гана чектелбестен, жылуулуктун жаратылышына тап-такыр жаңы көз караштı иштеп чыкты. М. В. Ломоносовдун элестетүү боюнча жылуулук — молекулярдык кыймылдын формасы болот. Бирок М. В. Ломоносовдун элестетүүсү эң чоң кыйындыктар жана өтө акырындык менен таанылды. Буга батыш Европа илими Ломоносовдон кийин 100 жыл өткөндөн соң гана жетишти. Азыркы убакытта

бул көз караштар жалпы таанылган көз караштардан болуп саналат (63-§ ты карагыла).

Баштагы илимди жаңысы менен алмаштыруу маселесине өтүүдөн мурда, жылуулук кубулуштарын мүнөздөө үчүн киргизилген жана жылуулук теориясына көз каранды болбогон чоңдуктар тууралу башталгыч курстан эстейли.

37. Жылуулук санынын бирдиги. Жылуулуктун санын ченөө үчүн калория[1] деген бирдик белгиленген.

1 г дистиллирленген сууну 1° ка[2] жылытуу үчүн керек болгон жылуулуктун саны калория деп аталат.

Калориянын кыскартылган белгиси: *кал.*

1 000 калория 1 к и л о к а л о р и я н ы түзөт.

Килокалориянын кыскартылган белгиси: *ккал.*

Килокалория дегенибиз — 1 *кг* дистиллирленген сууну 1° ка[3] жылытуу үчүн керек болгон жылуулуктун саны болот.

38. Заттын салыштырма жылуулук сыйымдуулугу. Ар түрдүү болгон заттар бирдей шарттарда жылынуу үчүн жылуулуктун түрдүү санын талап кыла тургандыгы физиканын башталгыч курсунан белгилүү; тескерисинче, алар башка бирдей шарттарда жылуулуктун бирдей санын алуудан түрдүү температурага чейин жылына тургандыгы да белгилүү.

Түрдүү заттардын жылынышын мүнөздөө үчүн с а л ы ш т ы р м а ж ы л у у л у к сыйымдуулугу деп аталган айрыкча чоңдук киргизилген.

Заттын салыштырма жылуулук сыйымдуулугу 1 г затты 1° ка жылытуу үчүн талап кылынган жылуулуктун саны менен ченелет.

1 г зат 1° суунган кезде, сан жагынан салыштырма жылуулук сыйымдуулугуна барабар болгон жылуулуктун ошол эле саны бөлүнүп чыгат.

Салыштырма жылуулук сыйымдуулуктун бирдиги төмөнкүдөй аталат:

$$\frac{\text{калория}}{\text{грамм}\cdot\text{градус}} \quad \left(\frac{кал}{г\cdot град}\right).$$

Заттын салыштырма жылуулук сыйымдуулугун мүнөздөөчү сан, аны төмөнкүчө көрсөткөндө да ошол бойдон кала тургандыгын оңой эле көз алдыга келтирүүгө болот:

$$\frac{\text{килокалория}}{\text{килограмм}\cdot\text{градус}} \quad \left(\frac{ккал}{кг\cdot град}\right).$$

39. Жылыткан жана сууткан кездеги жылуулук санынын формуласы. Эгерде коргошундун салыштырма жылуулук

[1] Латиндин к а л о р (calor) — ысыктык деген сөзүнөн алынган.
[2] Тагыраак айтканда 19°,5 тен 20°,5 ке чейин.
[3] 1 *г* же 1 *кг* суу 1° ка суунган кезде тиешелүү калорияны бөлүп чыгарат.

сыйымдуулугу 0,03 $\frac{кал}{г \cdot град.}$ болсо, анда 100 г коргошунду 1° ка жылытуу үчүн, 1 г ды жылытууга керек кылынган жылуулукка караганда жылуулук 100 эсе артык, б. а. 3 $\frac{кал}{град}$ керек болгондугу башталгыч курстан белгилүү. Ал эми 100 г коргошунду 50° ка жылытуу үчүн жылуулук дагы 50 эсе көп кетет, б. а. $0{,}03 \cdot 100 \cdot 50 = 150$ *кал*.

Демек, берилген нерсени белгилүү сандагы градуска жылытуу үчүн керек болгон жылуулуктун саны, үч көбөйтүүлөрдү бири бирине көбөйтүү аркылуу келип чыгат:

Салыштырма жылуулук сыйымдуулугу×нерсенин массасы×температуралардын айырмасы.

Бул өз ара катышты формула түрүндө көрсөтүүгө болот. Нерсенин салыштырма жылуулук сыйымдуулугун c аркылуу, нерсенин массасын m аркылуу, башталгыч температураны t_1 аркылуу, акыркы температураны t_2 аркылуу жана жылытуу үчүн керек болгон жылуулуктун санын Q аркылуу белгилейли. Бул учурда $t_2 > t_1$ жана температуранын жогорулашы $t_2 - t_1$ болот.

1 *г* затты 1° *ка* жылытуу үчүн c калория керек болот.
m „ „ 1° „ „ „ cm „ „
m „ „ $t_2 - t_1$ „ „ „ $cm\,(t_2 - t_1)$ *кал*. „

Ошондуктан t_1 ден t_2 ге чейин жылытуу үчүн керек болгон жылуулуктун саны:

$$\boxed{Q = cm\,(t_2 - t_1)} \quad \text{болот.} \qquad \text{(IVa)}$$

Эгерде нерсе сууна турган болсо, анда $t_1 > t_2$ болот жана суунган кезде бериле турган жылуулуктун саны, жогорку формуланын түрүн төмөнкүдөй өзгөртүү аркасында келип чыгат:

$$\boxed{Q = cm\,(t_1 - t_2).} \qquad \text{(IVб)}$$

Эгер нерсенин массасы m *кг* менен көрсөтүлгөн болсо, анда эми эле айтылгандарга окшош талкуулоону кайталап, айырмасы Q *ккал* менен көрсөтүлгөн ошол (IVa) жана (IVб) формулаларын алабыз.

cm көбөйтүндүсү нерсе бүт бойдон 1° ка жылынганда ала турган же болбосо ал 1° ка суунган кезде бере турган жылуулуктун санын көрсөтөт жана нерсенин жылуулук сыйымдуулугу деп аталат.

40. Жылуулук балансасынын теңдемеси. Түрдүү температураларда болгон нерселерде, жылуулук өз ара алмашып турушат. Аягында барып көбүрөөк жылынган нерселер өз жылуулугунун бир бөлүгүн кемирээк жылынган нерселерге, булардын экөөнүн температурасы барабар болгонго чейин беришет.

Мында температуралар теңделгенге чейин нерселердин

ортосунда жылуулуктун алмашуусу жылуулук көрүнүштөрү үчүн энергиянын сакталуу законунун негизинде болот, атап айтканда:

Суунуучу бардык нерселер берген жылуулуктун саны, жылынуучу бардык нерселер алган жылуулуктун санына барабар, эгерде мында жылуулук башка кандайдыр бир түрдөгү энергияга өтпөгөн болсо.

Нерселердин арасындагы жылуулуктун алмашылганын эсептөөнүн бардык учурларында текшерилүүчү жылуулук көрүнүштөрүндө нерселердин берген жылуулугунун бардык санын жана ошол эле көрүнүшкө катышкан башка нерселердин алган жылуулугунун санын саноо керек; бул эки сан өз ара барабар болушат.

Бул жобону температурасы түрдүүчө болгон эки суюктукту аралаштырууга колдонолу.

Көбүрөөк муздак суюктуктун санын m_1, анын салыштырма жылуулук сыйымдуулугун c_1 жана анын аралашуу алдындагы температурасын t_1 аркылуу белгилейли. Көбүрөөк жылуу суюктук үчүн ошол эле чоңдуктар: m_2, c_2, t_2 болот.

Аралашманын акыркы температурасын гректин Θ тамгасы (айтылышы: „тэта“) менен белгилөө кабыл алынган. Анда:

Суунуучу нерсе берген жылуулуктун саны:	*Жылынуучу нерсе алган жылуулуктун саны*:
$Q = c_2 m_2 (t_2 - \Theta)$.	$Q = c_1 m_1 (\Theta - t_1)$.

Суунуучу нерселер берген жылуулуктун саны жылынуучу нерселер алган жылуулуктун санына барабар болгондуктан, анда:

$$c_2 m_2 (t_2 - \Theta) = c_1 m_1 (\Theta - t). \qquad \text{(IVв)}$$

Бул негизги теңдемеден каалаган чоңдукту табууга болот; аралашманын акыркы температурасы Θ нын маанисин аныктайлы:

$$c_2 m_2 t_2 - c_2 m_2 \Theta = c_1 m_1 \Theta - c_1 m_1 t_1;$$
$$c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2 = c_1 m_1 \Theta + c_2 m_2 \Theta$$
$$c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2 = (c_1 m_1 + c_2 m_2)\,\Theta;$$

мындан

$$\Theta = \frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2}.$$

Суу үчүн бул теңдемени Ломоносов убагында жашаган петербургдук академик Рихман эсептеп чыгарган.

Жогоруда жазылган баштапкы теңдеме (IV в) жылуулук балансасынын теңдемеси[1] деп аталып жүрөт.

[1] Мындан аркы калориметрдик теңдемелердин бардыгын түзгөн кезде, абаны, термометрди жана башка нерселерди жылытууга кеткен жылуулуктун саны жана да шоола чыгаруу аркасында коромжу болгон жылуулук эсепке алынбаган.

М и с а л д а р: 1. Температурасы $t_1=40°$ жана массасы $m_1=100$ *г* болгон сууну, температурасы $t_2=16°$ жана массасы $m_2=160$ *г* суу менен аралаштырганда келип чыгуучу температураны табуу керек; мында $c_1=c_2=1\,\frac{кал}{г\cdot град}$.

$$\Theta=\frac{1\cdot100\cdot40+1\cdot160\cdot16}{1\cdot100+1\cdot160}=\frac{4000+2560}{260}=\frac{656}{36}\approx25{,}2°.$$

Ушул эле теңдемеден, ар кандай башка чоңдуктарды: аралаштырууга катышкан заттардын массасын же башталгыч температураны же акыркы температураны аныктоого болот.

2. Аралашманын акыркы температурасы $\Theta=40°$ болсун үчүн, температурасы $t_1=16°$ болгон $m_1=100$ *г* сууга, температурасы $t_2=80°$ болгон сууну канчалык куюу керек? $m_2=x$ деп көрсөтөлү жана теңдеме түзөлү:

$1\cdot x(80-40)=1\cdot100(40-16)$; $40x=2\,400$; $x=60$; $m_2=60$ *г*.

Көп маселелерди чыгарган кезде, жылуулук балансасынын теңдемеси колдонулат.

1. Жылуулук балансасынын теңдемесине заттын с а л ы ш т ы р м а ж ы л у у л у к с ы й ы м д у у л у г у н э с е п т е п ч ы г а р у у негизделет. VII класстын лабораториялык ишинде заттын салыштырма жылуулук сыйымдуулугу а р а л а ш т ы р у у жолу менен ченелген эле; иштин жүрүшүн эскерели: калориметрдин массасы m_1 ди, калориметрге куюлган суунун массасы m_2 ни, изилделүүчү нерсенин массасы m ди тапкан элек: андан кийин изилделүүчү нерсени ысыткычка салып ысытат, суунун жана калориметрдин башталгыч температурасы t_1 ди, ысытылган изилделүүчү нерсенин баштапкы температурасы t ны ченеп изилделүүчү нерсени калориметрдеги суунун ичине салган элек жана акыркы температура Θ ны ченеген элек.

Калориметрдин салыштырма жылуулук сыйымдуулугун c_1 аркылуу; суунукун c_2 аркылуу жана изилделүүчү нерсеникин c аркылуу белгилейли.

$t_1<\Theta<t$ деп эсептеп, жылуулук балансасынын теңдемесин түзөлү:

Суунуучу нерсе берген жылуулук:	*Жылынуучу нерселер алган жылуулук:*
$Q=cm(t-\Theta)$.	калориметрдики $Q_1=c_1m_1(\Theta-t_1)$; суунуку $Q_2=c_2m_2(\Theta-t_1)$.

$$Q=Q_1+Q_2;\ cm(t-\Theta)=c_1m_1(\Theta-t_1)+c_2m_2(\Theta-t_1),$$

мындан

$$c=\frac{c_1m_1(\Theta-t_1)+c_2m_2(\Theta-t_1)}{m(t-\Theta)}=\frac{(c_1m_1+c_2m_2)(\Theta-t_1)}{m(t-\Theta)}.$$

Эгерде $m_1=60$ *г* жана латундан жасалган калориметрдин салыштырма жылуулук сыйымдуулугу $c_1=0{,}09$; $m_2=200$ *г*; $t_1=16°$; $m=120$ *г*; $t=100°$; $\Theta=17{,}4°$; $c=x$ болсо, бул формуланы коргошундун салыштырма жылуулук сыйымдуулугун аныктоого колдонолу:

$$x\cdot120(100-17{,}4)=(0{,}09\cdot60+1\cdot200)(17{,}4-16);$$
$$120\cdot82{,}6x=205{,}4\cdot1{,}4;\ 9912x=287{,}56;\ x\approx0{,}03;\ c=0{,}03\frac{кал}{г\cdot град}.$$

2. Н е р с е н и н т е м п е р а т у р а с ы н калориметрдик жол менен а н ы к т о о г о болот (мисалы, газ горелкасынын жалынынын белгилүү бөлүгүнүн температурасы).

Бул максат үчүн кандайдыр бир катуу нерсени алышат (мисалы: бир кесек темирди), анын массасын ($m=100$ *г*) табышат жана аны газ горелкасынын жалынынын үстүнө коюшат. Темир жылытылган убакта калориметрдин массасы m_1 (маселен 90 *г*, латунь) жана калориметрдин ичине куюлган суунун массасын ($m_2=250$ *г* ды) табышат жана нерсени калориметрдин ичине салуунун дал алдында суу менен калориметрдин башталгыч температурасын ($t_1=16°$) ченешет. Андан кийин жылытылган нерсени калориметрдеги сууга салышат жана аралашманын акыркы температурасын ($\Theta=45°$) ченешет.

Темирдин салыштырма жылуулук сыйымдуулугу $c=0{,}1$; латундуку $c_1=0{,}09$; суунуку $c_2=1$.

Матыруу алдында жылытылган нерсенин изделүүчү температурасын x аркылуу белгилейли.

Суунуучу нерсе берген жылуулук:	*Жылынуучу нерселер алган жылуулук:*
$Q=cm(x-\Theta)$	калориметрдики $Q_1=c_1m_1(\Theta-t_1)$. суунуку $Q_2=c_2m_2(\Theta-t_1)$.

$$Q=Q_1+Q_2;\ cm(x-\Theta)=(c_1m_1+c_2m_2)(\Theta-t_1);$$
$$0{,}1\cdot100(x-45)=(0{,}09\cdot90+1\cdot250)(45-16);$$
$$10x-450=7484{,}9;\ 10x=7934{,}9;\ x=793{,}5;\ t\approx793{,}5°.$$

3-көнүгүү.

1. Примуста 2 *л* суу 15 минутанын ичинде 16° тан 100° ка чейин ысытылган. Суу ар бир минутада канчалык жылуулукту жутуп турган (жылынуу бир калыпта тараган деп болжолдонот)?

Жообу: 11,2 ккал.

2. 40 *кг* коргошунду 10° тан 320° ка чейин ысытуу үчүн канча жылуулук керек?

3. 1 *кг* темир 600° тан 24° ка чейин суунган. Канча жылуулук бөлүнүп чыккан?

4. Ваннага $t_1=10°$ болгон 300 *л* суу куюлган. Аралашманын температурасы $\Theta=35°$ болсун үчүн ушул ваннага $t_2=90°$ болгон канчалык ысык сууну куюу керек болот?

Жообу: 136 л.

5. $t_1=12°$ болгон 20 *л* менен $t_2=80°$ болгон 40 *л* суу аралаштырылган. Эгерде аралаштырган кезде 100 *ккал* жылуулук абага кеткен болсо, аралашманын акыркы температурасын аныктагыла.

Жообу: $\simeq 56°$.

6. Эгерде 400 *г* латунь 100° кезинде 14° кезиндеги 300 *г* сууга салынып, суунун температурасы 23,5° ка чейин жогорулаган болсо, латундун салыштырма жылуулук сыйымдуулугун аныктагыла.

7. Эгерде 500 *г* келген бир кесек темирди, 10° кезиндеги 500 *г* сууга салганда, акыркы температурасы 18,9° ка барабар болсо, ошол бир кесек темирдин башталгыч температурасын табуу керек.

Жообу 100°.

8. Эгерде жылуулуктун стена аркылуу жоголуу 10% болсо, ченеми 10 *м* $\times$ 5 *м* $\times$ 3 *м* болгон комнатадагы абаны 7° тан 16° ка чейин жылытуу үчүн канчалык жылуулук керек болот?

Жообу $\simeq$ 465 ккал.

9. Бирдей көлөмдөгү жезди жана темирди ошол эле бир сандагы градуска жылытуу үчүн керек болгон жылуулуктун саны кандай катышта турат?

41. Жылуулук жана жумуш. XVIII кылымдын аяк ченинде эле жылуутек теориясы менен түшүндүрүүгө мүмкүн болбогон байкоолор жасалган.

Р у м ф о р д 1798-жылда, замбиректердин оозун көзөгөн кезде бир кыйла жылуулуктун өөрчүй тургандыгына көңүлүн бурган. Көзөлүп жаткан металл болванкасын жана көзөөчтү сууга матырганда, суу эки сааттан кийин кайноого чейин ысыган.

Бул жылынууну сүрүндүлөрдүн (стружкалардын) салыштырма жылуулук сыйымдуулугунун кемчил болушунан жана ошондой болгондон кийин, артык баш жылуутекти бөлүп чыгарышынан деп жылуутек тараптагыларды түшүндүрүүгө аракет кылууларын ченөөлөр төгүнгө чыгарган: металлдын туташ кесегинин жана анын сүрүндүлөрүнүн жылуулук сыйымдуулугу бирдей болуп чыккан.

Румфорд, жылуулуктун өзү да кыймылдын бир түрү деген корутундуга келген.

Жылуутек теориясына андан кийинки соккуну 1799-жылда Д э в и берген. Ал, температурасы—2° та болгон абасыз мейкиндикке коюлган эки кесек музду сүрүү тажрийбасын жасаган. Муздун кесектери сүрүлүүдөн эриген. Суунун салыштырма жылуулук сыйымдуулугу муздун салыштырма жылуулук сыйымдуулугунан көбүрөөк, демек, бул эрүүнү жылуутек бөлүнүп чыгуудан деп түшүндүрүү мүмкүн эмес; мында жылуулук жумуш эсебинен пайда болгон.

Бул маселени тарихий тартипте текшерүүнү улантпастан эле, биз жумушту сарп кылганда, жылуулуктун пайда болушун жана жумушту жылуулук эсебинен алууну көрсөткөн толуп жаткан мисалдардын азыр кээ бирөөнү көрсөтө алабыз. Чындыгында да, нерсенин же анын бөлүктөрүнүн андан аркы

көрүнө турган орун алуулары жок болгон учурларда, маселен, серпилгич эмес нерсе жерге түшкөндө, барскан менен бир кесек темирди урганда, сүрүлүүсү бар кыймылда, ок таш дубалга келип тийгенде ж. б. нерсенин кинетикалык энергиясы эмнеге айланат, деген суроону, сөзсүз берүүгө болот. Ок дубалга келип тийген кезде үн угулат. Бирок, эгерде, пайда болгон үн энергиясын эсептеп көрсөк, ал октун кинетикалык энергиясынан бир кыйла кем болуп чыгат. Октун изилдениши, анын температурасынын өйдөлөгөнүн ашкерелейт. Жылытуу үчүн зарыл болгон жылуулук, учкан нерсенин башка жактарга пайдаланылбаган кинетикалык энергиясынын эсебинен пайда болот. Кинетикалык энергиянын жылуулукка мына ушундай өтүшүн, техника көптөн бери пайдаланып келе жатат: барсканчы өзүнүн булчуң энергиясын көтөрүлгөн барскандын потенциалдык энергиясына айландырат; барскан темирдин үстүнө түшкөндө, барскандын потенциалдык энергиясы анын кинетикалык энергиясына айланат. Барскан барып урулуп, барскандын кыймылы токтолгон учурда, барскандын кинетикалык энергиясы жылуулукка өтөт жана темир менен барскан жылынат (ошондой болсо да, кинетикалык энергиянын бир бөлүгү башка формага өтөт: үн энергиясына, барскандын секирип кетишин келтирип чыгаруучу, барскандагы серпилгич өзгөрүүлөрдүн потенциалдык энергиясына, кайта урулуучу бөлүктөрдүн кыймыл энергиясына, урулуучу нерсенин деформациялык жумушуна).

Бардык механизмдерде же тайгалануу сүрүлүшү же томолонуу сүрүлүшү бар болот, ошондуктан бардык механизмдерде кинетикалык энергиянын бир бөлүгү сүрүлүү күчүн жеңүүгө аргасыздан сарп кылынат жана бул бөлүктүн эсебинен сүрүлүүчү бөлүктөрдүн жылынышы өөрчүйт. Бардык дөңгөлөктөрдүн октору ушундайча жылынышат; начар майланган кезде, б. а. сүрүлүү бир кыйла болгондо, букстын от алып күйүп кетиши мүмкүн; үстүнөн поезд өткөн рельстер жылынат; иштеген кезде араалар, рубанкалар (сүргүчтөр), көзөөчтөр, балталар жана башка аспаптар жылынат. Сүрүлүүнү жеңүүгө сарп кылына турган жумуштун жылуулукка айланышы жалаң гана механизмдерде эмес. Каршылык кылуучу чөйрөдө аракетке келүүчү ар кандай нерсе өзүнүн кинетикалык энергиясынын бир бөлүгүн жоготот жана анын эсебинен жылынат. „Көктөн түшүүчү" деп аталуучу жылдыздар—планета аралык мейкиндикте жүргөн заттардын бөлүкчөлөрүнүн дал өзү болот, алар жер атмосферасына тийгенде өз кыймылдарына тоскоол кезиктиришет. Өздөрүнүн кинетикалык энергиясынын бир бөлүгүн жоготушат жана ал энергиянын эсебинен көп жылуулук алып, 100 дөн 200 *км* ге чейин болгон бийиктикте абанын ичинде жаркырап күйүп кетип, аркасына өтө ысыган абадан из калтырышат да, көктөн түшүүчү жыл-

дызды элестетишет. Жогоруда көрсөтүлгөндөй, байыркы адам, механикалык жумушту жылуулукка айландырып, эки кесек жыгачты бири бирине сүрүп от табууну билген.

Ошентип, ***кинетикалык энергиянын жана жумуштун бир бөлүгүнүн жылуулукка айланышы каршылыгы бар ар кандай кыймылдын кезинде болот.***

Экинчи жагынан, жылуулук жумушка айланышы мүмкүн. Күн нурларынын жылуулугу суунун же жердин жардамы аркылуу абаны жылытып, суунун бууларын жана абаны көтөрүү жумушун жана шамалдын кинетикалык энергиясынын жана жер үстүндөгү суунун айланышынын себеби,—атмосферанын ичиндеги жогору көтөрүлүү агымдарды пайда кылуу жумуштарын аткарат.

Жылуулуктун жумушка мына ушундайча өтүшү адам ойлоп чыгарган машиналардын жардамы аркылуу ишке ашырылат. Буу машиналары жана ичинен күйүүчү кыймылдаткычтар, отундан алган жылуулукту жумушка жана кинетикалык айландырууну үзгүлтүксүз түрдө иштеп турушат. Нерсеге берилген жылуулук, бүт бойдон жумушка айланбай тургандыгын ушул эле жерден белгилей кетүү керек; жылуулуктун бир бөлүгү мейкиндикте таралат. Жылуулук машиналар өздөрүнө берилген жылуулуктун эң мыкты дегенде үчтөн бирөөнө жакынын жумушка айландырышат. VII класстын физика курсунда электр энергиясынын жылуулукка өткөнү белгилүү; азыр биз жылуулук жумушка өткөнүн жана мунун тескерисинче экенин билдик; мындан ары жылуулуктун келип турушунун эсебинен электр тогун, б. а. кайрадан электр энергиясын алуу мүмкүн экендиги менен таанышабыз.

Энергиянын ар түрдүү түрлөрүнүн жылуулукка жана тескерисинче, жылуулуктун энергиянын башка формаларына мындайча өз ара өтүшүүлөрү, ж ы л у у л у к д е г е н и б и з э н е р г и я л а р д ы н б е р ү ү ж о л у деген корутундуга алып келет.

42. Жылуулуктун механикалык эквиваленти. Жумуштун жана жылуулуктун өз ара өтүшүүлөрүн сапат жагынан байкоо иши жылуулуктун илимдик теориясы үчүн негиз бере албаган. Жумуштун сарп кылынган саны менен жылуулуктун келип чыккан санынын ортосунда жана мунун тескерисин алганда, белгилүү бир сан жагынан өз ара катыш барбы же жокпу дегенди табуу зарыл болгон. Бул өз ара катыштын белгилүүлүгү жана турактуулугу гана жылуулук—энергия деген жобону негиздей алышкан.

Бул өз ара катышты мүнөздөө үчүн ж ы л у у л у к т у н м е х а н и к а л ы к э к в и в а л е н т и деп аталган бөтөнчө чоңдук киргизилет.

Жылуулук санынын бирдигин алуу үчүн сарп кылуу керек болгон жумуштун саны менен ченеле турган чоңдук, жылуулуктун механикалык эквиваленти болот.

Эгерде сарп кылынган жумуштун санын A аркылуу, жумуш эсебинен алынган жулуулуктун санын Q аркылуу, жылуулуктун механикалык эквивалентин I аркылуу белгилесек, анда:

$$\boxed{I = \frac{A}{Q}} \text{ болот.} \qquad (V)$$

Немец врачы Р о б е р т М а й е р 1842-жылда жылуулуктун механикалык эквивалентин (теория жагынан) аныктады.

Андан кийин бул чоңдук көп физиктер тарабынан өтө ар түрдүү тажрийбалуу методдор менен аныкталды. Бул жөнүндө, өз иштерин 1840-жылдан тартып баштаган англиялык физик Д ж е м с Д ж о у л ь бөтөнчө көп (10 жылга жакын) иштеген.

Азыркы убакта, эң так болуу катарында, жылуулуктун механикалык эквиваленти үчүн төмөнкү маанилер кабыл алынган.

$$I = 427\ \frac{кГм}{ккал},$$

$$I = 4{,}19\,\frac{кдж}{ккал},\ \text{же}\ 4{,}19\,\frac{дж}{кал}\ \left(\text{тегеректегенде}\ 4{,}2\ \frac{дж}{кал}\right).$$

Жылуулук кайра жумушка өткөндө, жылуулуктун жумушка айланган ар бир килокалориясы эсебинен 427 *кГм* жумуш келип чыгат.

Жылуулуктун механикалык эквивалентине тескери чоңдук, ж у м у ш т у н т е р м и к а л ы к э к в и в а л е н т и деп аталат.

Жумуштун термикалык эквиваленти дегенибиз жумуштун бирдигин алуу үчүн керек болгон жылуулуктун саны менен ченеле турган чоңдук болот.

Эгерде жумуштун A бирдиктерин өндүрүүгө жылуулуктун Q бирдиктери жумшалган болсо, анда жумуштун бирдигине жылуулуктун $\frac{Q}{A}$ бирдиги керек болот.

Эгерде жумуштун термикалык эквивалентин B тамгасы менен белгилесек, анда:

$$B = \frac{Q}{A} = \frac{1}{I} \text{ болот.}$$

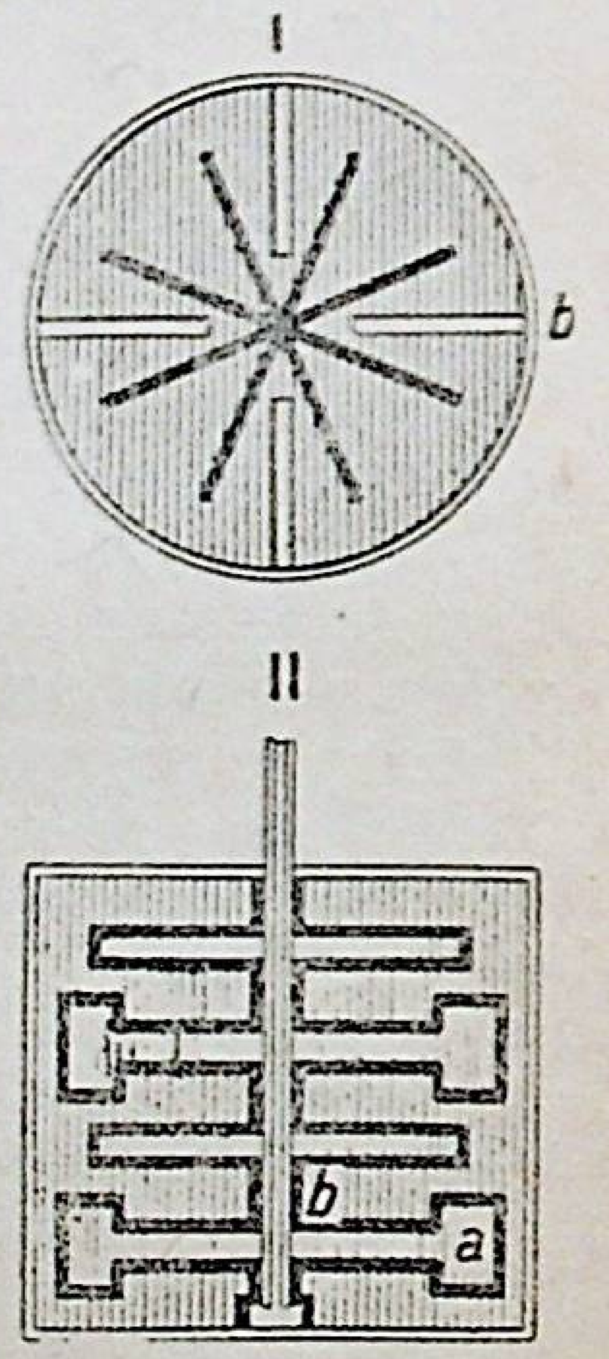
$$B = 0{,}00234\ \frac{ккал}{кГм},\ \text{же}\ B = 0{,}24\,\frac{ккал}{кдж},\ \text{же}\ 0{,}24\ \frac{кал}{дж}.$$

43. Жылуулуктун механикалык эквивалентин Джоулдун аныкташы. Жылуулуктун механикалык эквивалентин тажрийба менен ченөөнү англиялык физик Джоуль иштеген (1847-ж.) Джоулдун жолу боюнча сүрүлүүнү жеңүүгө, жумшалган жумуш, жылуулукка айланат. Жылуулуктун механикалык эквивалентти эсептеп чыгаруу үчүн иштеген жумушту

жана алынган жылуулукту эсептөө керек. Калориметрдин ичинде сүрүлүүнү оңой жасоо үчүн түрү өзгөртүлгөн калориметрдин жардамы менен жылуулук ченелет. Бул максат менен калориметрдин ичинен ок өтөт (41-сүрөт), окко a күрөкчөлөр бекитилет, бул күрөкчөлөр калориметрдин капталдарына бириктирип жасалган уурчуктардын (b) араларына жайлаштырылат. Калориметр суюктук менен, мисалы сымап менен толтурулат. Айландырылган кезде күрөкчөлөр сымапты кыймылга келтиришет, кыймыл кезинде сүрүлүү келип чыгат да, андан суюктук жылынат. Калориметрдин ичине коюлган термометр аркылуу башталгыч температура t°_1 жана акыркысы t°_2 ченелет. Окту айландыруу үчүн A барабанына (42-сүрөт) эки шнур (жип) оролот, бул шнурлар барабандын бетинен карама-каршы жаткан эки точкадан чыгып турушат. Шнурлардын D жана C блоктору аркылуу илинген бош учтарына ар биринин салмагы P килограмм болгон барабар F жана E жүктөрү асылган. Жүктөр ылдый түшкөн кезде, шнурлардын экөө тең бир маалда барабандан жандырылышат да, барабанды бир багытты карай айландырышат. Жүктөрдүн ылдый түшүүдөгү жолу h метрди B жана G масштабдары боюнча ченөөгө болот. Эң обол жүктөр түшкөндөгү кыймыл ылдамдануучу болот, бирок ал эң тез бир калыптагы кыймыл болуп калат. Эгерде жалпы салмагы $2P$ болгон жүктөр h метр келген жолдо ылдый түшсө, анда иштелген жумуш $A = 2\,Ph$ болот, (жүктөрдүн жерге акырын урунушун эске албайбыз).

Джоуль[1] (1818—1889).

Жүктөр бир калыпта төмөн түшкөн кезде, сарп кылынган жумуш сүрүлүү аркылуу жылуулукка айланат. Эгерде сымаптын массасы m аркылуу, калориметрдин, октун жана күрөкчөлөрдүн массасы m_1 аркылуу, сымаптын салыштырма жылуулук сыйымдуулугу c аркылуу жана ме-



41-сүрөт. Джоулдун калориметринин I горизонталь, II тике кесилиши.

---

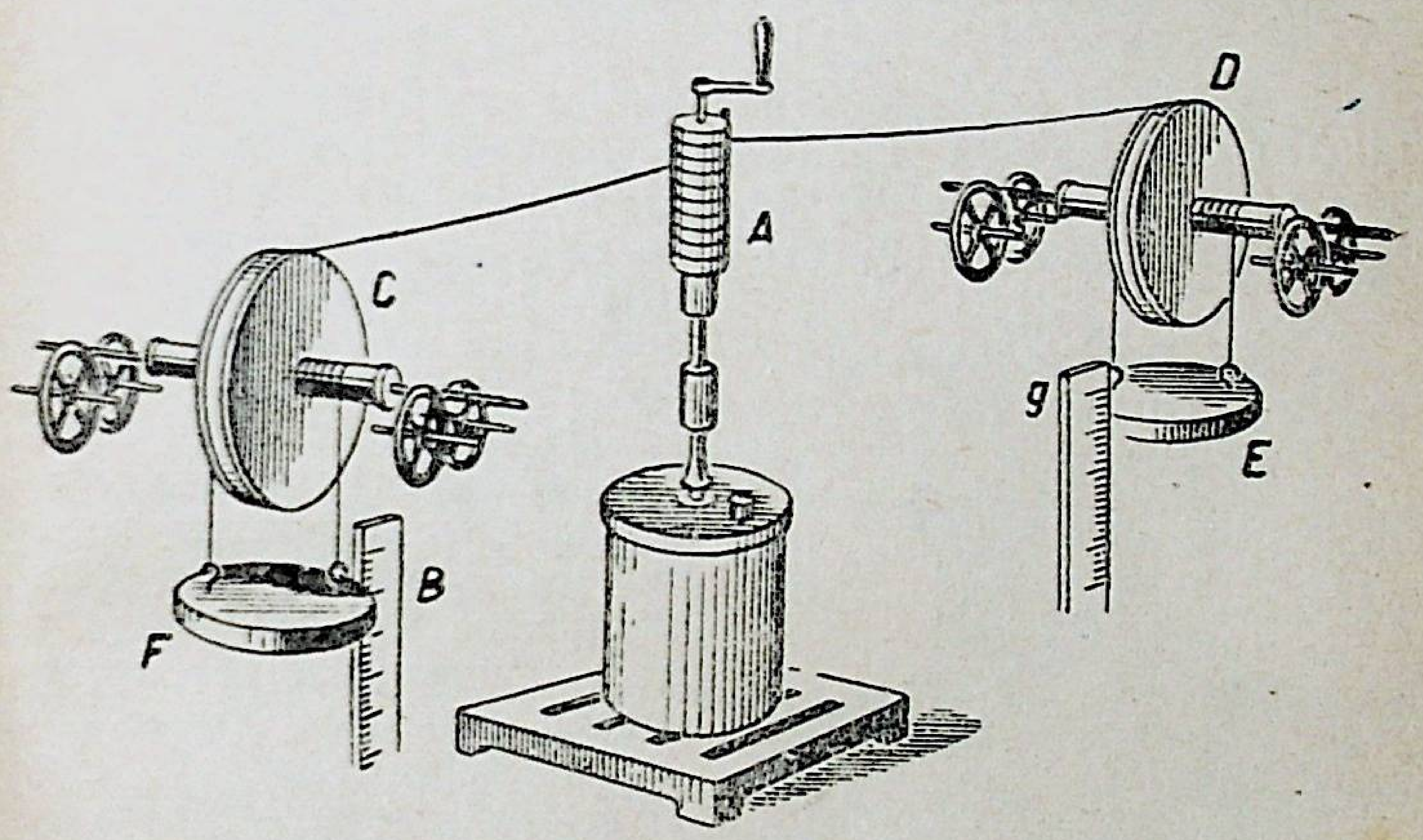
[1] Джоуль Джемс Прескот — англиянын физиги, физиканын ар түрдүү бөлүмдөрүндө бир канча эксперименталдуу изилдөөлөрү менен белгилүү.

таллдын салыштырма жылуулук сыйымдуулугу c_1 аркылуу белгиленсе, анда алынган жылуулуктун саны:

$$Q = mc(t_2 - t_1) + m_1c_1(t_2 - t_1) = \\ = (mc + m_1c_1)(t_2 - t_1)$$

болот; мындан төмөнкүнү эсептеп чыгарууга болот:

$$I = \frac{A}{Q} = \frac{2Ph}{(mc + m_1c_1)(t_2 - t_1)}.$$



42-сүрөт. Жылуулуктун механикалык эквивалентин аныктоо үчүн Джоулдун тажрийбасынын установкасы.

44. Энергиянын айлануу жана сакталуу законунун жылуулук кубулуштарына таралышы. Жаратылыштын кубулуштарында механикалык жана жылуулук энергиянын өз ара кайра түзүлүүлөрү дайыма болуп турат. Бул өтүүлөр дайыма белгилүү бир өз ара катыштарда болуп тургандыгын кылдаттык менен илимдик ченөөлөр көрсөттү.

427 *кГм* санындагы механикалык энергия жылуулуктун бир килокалориясы менен барабар чоңдукта же эквиваленттүү болот экен (4,19 *дж* 1 *кал* га эквиваленттүү).

Ошентип, энергиянын бул формаларынын экөө өз ара өтүшкөндө, энергиянын жоголушу да, түзүлүшү да болбой тургандыгын бул ченөөлөр көрсөттү.

Жылуулук кубулуштарын бул көз караш менен үйрөнүү иши, механикалык процесстерде энергиянын сакталыш законун жылуулук кубулуштарынын учуруна да жалпылаштырууга мүмкүндук берет.

Энергиянын айлануу жана сакталуу законун жалпы түрдө төмөнкү сөздөр менен айтууга болот:

Жаратылыштын кубулуштарында энергия жоголбойт жана түзүлбөйт, барабар чондуктагы санда болуп, бир формадан экинчи формага гана айланат.

Энергиянын айлануу жана сакталуу законунун методологиялык чоң мааниси бар. Айрым жеке кубулуштарды талкуулоого бул законду дайыма колдонуу иши жаратылыштын бардык кубулуштарынын өзгөрүүсү жок закондук ченемдүү экендигине ишенүүнү түзөт жана пикирдин илим жолунан чыкпас багытын тарбиялайт.

Ломоносов *(1711—1765)*.

Пикирдин илимдик багыты дүйнөгө динчилдик көз карашка каршы күрөштүн мыкты тиреги болуп кызмат кылат. Дин, жаратылыштын кубулуштарына кийлигишүүчү, өз эрки менен адамдын турмушуна жана жаратылыштагы кубулуштардын жүрүшүнө таасир кылуучу кудурет бар деп болжолдойт. Бардык диндерде кереметти ушул кудуреттин эркинин көрүнүшү деп ишениши, мына ушундан келип чыккан. Энергиянын сакталышынын жалпы законуна жаратылыштагы бардык көрүнүштөрдүн закондук ченемдүүлүгүнө тарбияланган пикир, кудайды жана кереметти таанууга жаратылыштан эч кандай негиз таппайт, мына ушуну менен ар кандай диндин — кудурети күчтүү кудай деген жөнүндөгү окуунун негизинин тирегин талкалайт.

Энергиянын сакталуу законун илим жүзүндө биринчи жолу М. В. Ломоносов[1] айткан. Андан кийинки жаратылыштын бул

[1] М. В. Ломоносов тууралу толугураак 63-§ ты кара.

негизги законун иштеп негиздөөдө Р. Майер[1], Г. Гельмгольц[2] жана Джоуль чоң роль ойношкон.

Майер *(1814—1878)*.

Гельмгольц *(1821—1894)*.

45. ***4-лабораториялык иш.*** **Заттын салыштырма жылуулук сыйымдуулугун аныктоо.**

Куралдар: 1) калориметр; 2) тараза түрдүү салмактагы таштары менен; 3) термометр; 4) жылыткыч; 5) түрдүү металлдардын кесектери жана суюктуктар куюлган колбалар.

1-тапшырма. *Катуу абалындагы заттын салыштырма жылуулук сыйымдуулугун аныктагыла.*

Иштин жүрүшү. 1. Изилделүүчү нерсенин массасын тапкыла.

2. Массаны, андан кийин башка маалуматтарды таблицага жазгыла:

3. Сыналуучу буюмга жип байлап, аны жылыткычтын ичине малып, 10—15 минута кармап тургула.

4. Калориметрдин (ички идишинин) массасын тапкыла.

[1] Майер Юлиус Роберт (1814 — 1878) — немец врачы жана физик 1841—1842-жылдарда Ломоносовдон 100 жылга жакын убакыт өткөндөн кийин энергиянын сакталуу законун айтып жана ал пикирди жактаган эмгегин жариялаган. Организмдеги пайда болуучу бир канча процесстерди түшүндүрүү үчүн бул пикирди колдонгон. Ал биринчи ирет жылуулуктун механикалык эквивалентин теория жагынан эсептеп чыгарган.

[2] Гельмгольц Герман. Берлинге жакын жердеги Потсдамда туулган. Алган билими жагынан врач — ал Кенигсбергде физиология менен анатомиянын профессору болгон. 1847-жылда ал, энергиянын сакталуу законун эң так трактовкасын математикалык жол менен түшүндүргөн. Элементардык электр зарядынын чоңдугун теориялык жол менен аныктаган. Куюн кыймылынын теориясын иштеп чыгарган. Түстөр жана үндөрдү угуу жөнүндөгү илимди түзгөн. Көбүнчө үн жөнүндөгү илимди резонанс тууралу азыркы илимди негиздеген, үндүн тембрине, үндөрдүн диссонансына жана консонансына түшүнүк берген, өзү ойлоп чыгарган резонаторлордун жардамы менен үндүү тыбыштардын анализин жасаган, андан кийин камертондун жардамы менен үндөрдүн синтезин жасаган.

Тажрыйбанын №	Суусуз калориметрдин массасы	Суусу бар калориметрдин массасы	Суунун массасы	Нерсенин массасы	Суунун жана калориметрдин температурасы	Нерсенин температурасы	Аралашманын акыркы температурасы	Салыштырма жылуулук сыйымдуулугу	Таксыздыктын % ти

5. Суусу бар калориметрди өлчөгүлө жана суунун массасын аныктагыла.

6. Калориметрдин ички цилиндрин тышкысына салгыла.

7. Калориметрдин ичиндеги сууну калак менен аралаштырып, суунун жана калориметрдин температурасын аныктагыла.

8. Калориметрдин ичиндеги суунун температурасын аныктаар замат, жылыткычтын температурасын байкап туруп, нерсени жылыткычтын ичинен ылдам тартып алгыла жана аны калориметрдин ичине салгыла.

9. Калориметрдин ичиндеги сууну калак менен аралаштырып туруп, эң жогорку температураны байкагыла бул эң акыркы температура болот.

10. Чыккан маалуматтар боюнча заттын салыштырма жылуулук сыйымдуулугун эсептеп чыгаргыла.

11. Келип чыккан натийжаны таблицадагы маалуматтар менен салыштыргыла жана кеткен таксыздыктын процентин тапкыла.

12. Башка нерселерди да өлчөп көргүлө.

2-тапшырма. ***Кандай да болсо бир суюктуктун салыштырма жылуулук сыйымдуулугун аныктагыла.***

1. Салыштырма жылуулук сыйымдуулугу белгилүү болгон бир кесек металлдын массасын тапкыла.

2. Массаны жана иштин башка маалыматтарын таблицага жазгыла. Жазуунун схемасын өз бет алдыңарча түзгүлө.

3. Калориметрдин ички идишинин салмагын ченегиле.

4. Алынган металл суюктуктун ичине бүт бойдон чөккөндөй кылып, калориметрдин ичине суюктуку куйгула жана анын массасын грамм менен эсептеп чыгаргыла.

5. Калориметрдин ичине ысытылган нерсени салуунун алдында, суюктуку этияттык кылып калак менен аралаштырып, суюктуктун температурасын аныктагыла.

6. Суюктуктун температурасын аныктаар замат, жылыткычтын температурасын көңүлгө алып ысытылган нерсени жылыткычтын ичинен ылдам сууруп алгыла жана аны суюктуктун ичине чөктүргүлө.

7. Нерсе чөктүрүлгөн суюктуку калак менен аралаштырып акыркы температураны аныктагыла.

8. Суюктуктун салыштырма жылуулук сыйымдуулугун эсептеп чыгаргыла.

9. Келип чыккан натийжаны таблицадагы маалуматтарга салыштыргыла жана кеткен катанын процентин тапкыла.

46. *5-лабораториялык иш.* Өтө ысытылган нерсенин температурасын калориметрдик жол менен аныктоо.

К у р а л д а р: 1) калориметр; 2) тараза түрдүү салмактагы таштары менен; 3) 50 — 100 г келген кичине кесек металл (темир); 4) учуна бир кесек металлды илип тура алгандай учу ийилген зым; 5) термометр.

1) Калориметрдин ички цилиндринин салмагын ченегиле жана чыккан натийжасын таблицага жазгыла:

Тажрыйбанын №	Калориметрдин массасы	Суусу бар калориметрдин массасы	Суунун массасы	Суунун температурасы	Бир кесек металдын массасы	Металлдын салыштырма жылуулук сыйымдуулугу	Аралашманын температурасы	Ысытылган нерсенин температурасы

2. Калориметрге муздак суу куйгула.

3. Суусу бар калориметрдин салмагын өлчөгүлө жана суунун массасын аныктагыла.

4. Бир кесек металлдын салмагын өлчөгүлө.

5. Бир кесек металлды зым менен ороп, аны жылыткычтын же спиртовканын жалынына кармагыла.

6. Бир канча минута ысыткыла.

7. Калориметрдин ичиндеги сууну калак менен аралаштырып, суунун температурасын аныктагыла.

8. Суунун температурасын аныктаар замат калориметрди жылыткычтын жанына жакыныраак жылдыргыла да, ысытылган кесек металлды сууга ылдам салгыла.

9. Калориметрди жылыткычтан алысыраак жылдырып, сууну калак менен аралаштырып туруп, акыркы температурасын аныктагыла.

10. Сууга чөктүрүү алдында металлдын температурасы кандай болгон?

47. Жылуулуктун булактары. Сарп кылынган жумуштун эсебинен жылуулукту алууга боло тургандыгын биз көрдүк. Уруу, сүрүү, ийүү, кысуу жана башка механикалык аракеттер аткарылган жумушту жылуулукка айландырышат.

Жердеги жылуулуктун бир кыйла бөлүгү Күндүн шоола энергиясынын эсебинен келип чыгат. Ш о о л а э н е р г и я с ы деп, ар кандай нерселердин шоола түрүндө чыгара турган

энергиясын айтат. Нерсенин температурасы 500° тан ашканда, андан чыккан шоола энергиясынын бир бөлүгү көзгө таасир кыла баштайт жана жарык катарында кабыл кылынат (бул учурда — кызыл жарык катарында) 1200° ка жакын температура кезинде чыга турган энергиянын көзгө таасир кылуучу бөлүгү ак жарыктын элесин берет[1].

Бир нерсенин чыгарган шоола энергиясын ошол шоола түшүп (тийип) турган экинчи нерсе жутуп турса, ал шоола көпчүлүк учурларда өзүн жутуп турган нерсени жылытып, жылуулукка айланат.

Жер шоола энергиясын Күндөн эң көп өлчөмдө алып турат. Биздин кеңдиктерде, күндүн шоолаларына перпендикуляр болуп орношкон 1 *см*^{2} келген жердин бетине 1 минутада орто эсеп менен 1 калорияга жакын же 4,19 *дж* тиет. Күндүн шоола энергиясынын Жерге тийген энергиясына жакын болгон сандагы энергиясы атмосферанын ар кандай катмарлары менен жутулат[2]. Жердин бүткүл бетине жыл маалына тийип турган шоола энергиясынын бардык саны канчалык чоң экендигин көз алдыга келтирүүгө болот. Күндүн шоола чыгарышы менен салыштырганда, башка жылдыздардан алына турган шоола энергиясынын саны жокко эсе болот[3].

Күндөн алынган шоола энергиясынын бир кыйла бөлүгү, адамдарга жана Жерге пайдасыз түрдө жоголот: ал Жерден чагылып, кайра мейкиндикке кетет.

Экинчи бир бөлүгү Жерге сиңип, анын ичинде жылуулукка айланат; Жерге Күндөн сиңген мына ушул күндүн энергиясынын эсебинен жердин бетинин орточо жылдык температурасы 15°ка жакын болуп сакталып турат.

Бул сиңирилген шоола энергиясынын эсебинен келип чыккан жылуулук, суунун бууланышына, суунун бууларынын жогору көтөрүлүшүнө себеп болот жана жердин бетиндеги суунун айланышы мына ушундан болот, бул айланыштын бири жер үстүндөгү булактардагы, дарыялардагы суунун агышы болот. Атмосферада шамал түрүндө келип чыккан айлануулар да мына ушундан болот.

Агын суунун жана шамалдын кинетикалык энергиясы өзүнүн чыгышы жагынан Жер Күндүн шоола энергиясын жутуудан пайда болгон жылуулукка милдеттүү болот.

---

[1] Нерселердин чыгарган шоола энергиясы жарык берүү таасиринен башка дагы, курстун үчүнчү бөлүгүндө жазылган башка да аракеттерди пайда кылат.

[2] Атмосферанын чек арасына 1,94 $\frac{кал}{см^2 мин}$ тиет („күндүн туруктуусу").

[3] Жерге бардык жылдыздардын жана планеталардын шоола беришин кошуп алганда күндүн радиациясынын $\frac{1}{30\,000\,000}$ үлүшүн түзөт (Ньюкомб боюнча). Жердин ички бөлүгүнөн жердин бетинин ар бир квадрат сантиметрине жыл маалына 55 кичине калория жылуулук келип турат, чамалап алганда ал ошол эле аянтка тийип турууучу күндүн шооласынын он минден бир бөлүгүн түзөт.

Жер шарындагы гидравликалык кубат (агын суунун кубаты) 800 000 000 ат күчүнө жакын. Адам баласы өзүнүн өндүрүштүк иштеринде машиналарды кыймылга келтирүү үчүн суунун жана шамалдын кинетикалык энергиясын кеңири пайдаланып жатат жана мындан ары да ого бетер кең түрдө пайдаланмакчы. Ошондой болгондон кийин, адам өзүнүн шамал жана суу установкаларында күндүн энергиясын пайдаланат деп айтууга болот. Биздин Союзда суунун энергиясынан пайдалануу үчүн курулган көп установкалар иш жүзүнө ашырылган, булардын ичиндеги грандиоздуу Днепровская сыяктуу; мындан дагы грандиоздуураак болгондору Волга жана Ангарада даярданылып жатат.

Жылуулуктун күндөн жутулган шоола энергиясынын бир бөлүгүн өзү шоола энергиясына айланат да, Жерден кайра дүйнөлүк мейкиндикке шоола болуп кетет; бул күндүн энергиясынын жерге тийип турушу азайган же токтогон убактарда, б. а. кышында жана түн ичинде Жердин температурасынын ылдыйлашынан көрүнүп турат.

Жерге түшө турган шоола энергиясынын жогорудагы бөлүгү менен салыштыргандагыдан азыраак бөлүгү энергиянын дагы бир башка түрүнө — химиялык энергияга айланат.

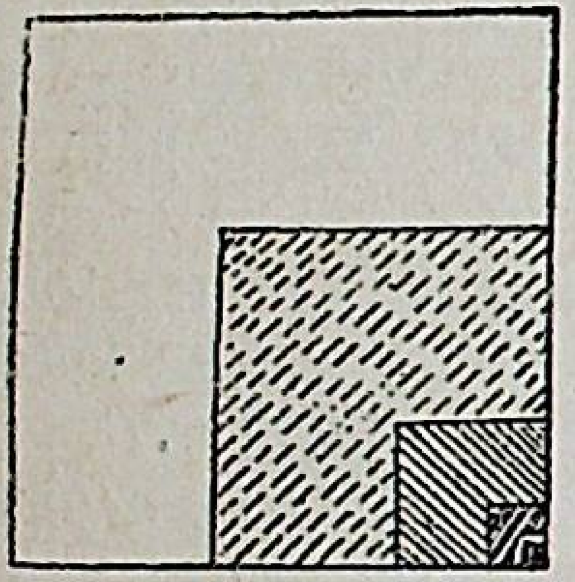
Заттардын, химиялык айланыш кезинде келип чыга турган энергия, химиялык энергия деп аталат. Мисалы көмүр кычкыл газынын молекулаларынын составдуу бөлүктөргө ажыралышы ага бир кыйла сандагы энергия катышууларын талап кылат (ар бир грамм углеродго 8000 *кал* га жакын). Ошондуктан, бири бирине кошулууга жөндөмдүү 1 атом углерод менен 2 атом кислород энергиянын запасына ээ (ал потенциалдык энергия түрүндө болот), бул энергия химиялык энергия деп аталат. Водороддун атомдорун жана хлордун атомдорун бирин биринен бөлүү үчүн хлордуу водороддун ар бир граммына 600 *кал* сарп кылуу керек болот. Кошулууга умтулган водороддун атому менен хлордун атому химиялык энергиянын запасына ээ. Алардын кошулуу убагында хлордуу водороддун ар бир граммы түзүлгөн кезде химиялык энергия жылуулукка айланат да 600 *кал* бөлүнүп чыгат. Ошентип, энергия башка химиялык кубулуштарда же сырттан жутулат да, жаңы түзүлгөн нерсенин химиялык энергиясына айланат же, анын тескерисинче, нерселер өздөрүнүн химиялык энергиясын берип, аны көбүнчө жылуулукка айландырышат (ал аркылуу энергиянын башка формаларына айланышат).

Өсүмдүктөрдүн жалбырактарына жашыл түс бере турган зат — хлорофиллдин бүртүкчөлөрү жута турган шоола энергиясы, абанын ичинде боло турган углекислый газынын молекулаларын ажыратат. Мында кислород бөлүнүп чыгат, ал эми углерод болсо,— белокторду, майларды, углеводдорду түзүп,

өсүмдүктүн ичинде калып калат. Углерод менен кислороддун тектеш болушунун аркасында, бул нерселерди түзүүгө шоола энергиясы канчалык сарп кылынган болсо, алар ошол ченемде химиялык энергияны өзүндө сактап калышат.

Углероддун атому водороддун эки атому менен кошулушу үчүн ыңгайлуу шарттар түзүлгөн кезде, б. а. күйүү деген башталганда, бул эки нерсенин химиялык энергиясы жылуулукка айланып, күйгөн углероддун ар бир граммына 8000 ден артык *кал* бөлүнүп чыгат.

Углероддук кошулуулардын отун катарында пайдаланылышы углероддун химиялык энергиясынын көп болушуна жана анын жылуулукка ылдам айланышына негизделет. Техника, жагылуучу отун катарында: жыгач отунду, чым көңдү, көмүрдү жана нефтини, күйүүчү сланцыларды пайдаланат. Чым көң, көмүр жана куурап бүткөн өсүмдүктөрдүн акырындык менен болуучу химиялык процессинин натийжасында келип чыгат, ал эми нефть — жана жаныбарларда да болсо,— кислород кемчил болгон жана бир кыйла басым болгон шарттарда келип чыгат. Булардын күйүүчү негизги затынын ичинде бир заманда топтолуп калган күндүн шоола энергиясынан келип чыккан химиялык энергиянын запасы бар.


43-сүрөт. Күндүн энергиясынын пайдаланылышы.

Ошентип, суунун жана шамалдын энергиясы сыяктуу, жагылуучу нерселердин энергиясы да күндүн кайра түзүлгөн энергиясы болуп чыгат.

Бирок өсүмдүктөр өздөрүнүн үстүнө тийип турган күн энергиясынын эң аз бөлүгүн гана сиңиришет. Өсүмдүктөр эң мыкты өсүп бара жаткан мезгилинде жашыл жалбырак өзүнүн үстүнө тийип турган шооланын эң көп дегенде 8% ин сиңире алат (8%—ф и з и о л о г и я л ы к предел). Орто эсеп менен алганда шооланы сиңирүү шооланын 2% ине чейин ылдыйлайт (2%—сиңирүүнүн т е х н и к а л ы к предели). Өсүмдүктөр каптаган аянт жөнүндө гана эмес, бардык кургактыкты алганда, пайдалануу проценти 0,15 ке чейин ылдыйлайт.

Күндүн берип турган бүткүл шооласын (жыл маалына бүткүл Жерге $1{,}34 \cdot 10^{24}$ *кал*) жана аны өсүмдүктөрдүн пайдаланышын төмөнкү диаграмма[1] менен көрсөтүүгө болот (43-сүрөт).

Квадраттын бардык аянты кургак жерге түшө турган күндүн толук энергиясын көрсөтөт; узук штрих менен капталган бөлүгү — өсүмдүктөрдүн жашыл жалбырактарынын пайдалуу аракет коэфициенти 100% боло турган болсо, энергиянын алар сиңириши мүмкүн болгон бөлүгүн көрсөтөт; туташ штрих-

[1] В. М. Ш у л ь г и н д и н „Күндүн энергиясы" деген китебинен.

тер — жашыл жалбырак абдан оңтойлуу шарттарда абдан мыкты өскөн мезгилде сиңире тургандыгын аныктайт; кичине кара квадрат — күндөн түшкөн энергиянын, орто эсеп менен алганда, кайсы үлүшүн өсүмдүктөрдүн сиңиришин (2%) көрсөтөт. Эгер жердин бир кыйла бетин чөл каптап жатканын эсепке алсак, жер бетиндеги өсүмдүктөрдүн пайдалуу аракет коэфициенти 0,15% ке чейин төмөндөйт.

Ошондой болсо да, жер шарындагы өсүмдүктөргө сиңирилүүчү энергия алиге чейин адам баласы отундан жана шаркыратма суудан алынган энергиядан 10 эсеге жакын артык.

Күндүн энергиясы өсүмдүктөр аркылуу кайта түзүлүүлөрдүн дагы экинчи бир жолун өтөт. Өсүмдүктөр жаныбарлардын тамагы болот жана ал өсүмдүктөрдүн ичинде запас болуп калган күндүн энергиясы жаныбарлардын организминин энергиясына айланат. Жырткыч жаныбарлар өздөрү жеген башка жаныбарлардын денесиндеги күн энергиясынын запасынан өз энергияларын алып турушат. Эки түрдүү тамактан — өсүмдүктөн жана жаныбардан пайдалануучу адамдын өзү, өз энергиясын эки жактан алып турат. Ошентип, тирүү организмдин ичинде энергиянын кайра түзүлүшүнүн төмөнкүдөй жүрүшү болуп турат. Анын ичине өсүмдүктөн же жаныбардан алынган тамактын углероддуу биригүүлөрүнүн химиялык энергиясы түрүндө күндүн шоола энергиясы кирет. Бул углероддуу биригүүлөр дем алганда кирүүчү кислороддун эсебинен кычкылданышат; мында химиялык энергия организмдин ички энергиясына айланат. Организмдин ички энергиясы ошол эле организмдин өмүрдүк процесстин (дем алуу, кан айлануу ж. б.) энергиясына айланат; анын бир кыйла бөлүгү мейкиндикке шоола болуп чыгууга сарпталат (аны кемитүү үчүн кийимдер жана үйлөр кызмат кылышат), анан дем алганда кирүүчү абаны жылытууга, денении бетиндеги суунун бууланышына сарпталат. Дене алган жылуулуктун эң аз бөлүгү гана (15—20%)[1] адам өзүнүн өндүрүштүк керектерин тейлөө үчүн жасай турган пайдалуу жумушка айланат.

48. Жагылуучу заттардын жана тамактын жылуулук берүү жөндөмдүүлүгү. Күйүүчүнүн ар бир килограммы күйгөндө, белгилүү бир сандагы килокалорияларды бөлүп чыгарат. Бул сан ж а г ы л у у ч у з а т т ы н ж ы л у у л у к б е р у у ж ө н д ө м д у у л у г у деп аталат. Дал ушул сыяктуу, ар бир килограмм тамак организмдин ичинде же сыртында күйгөндө, белгилүү бир сандагы килокалорияларды бөлүп чыгарат. Бул кийинки сан тамактын ж ы л у у л у к б е р у у ж ө н д ө м д у у л у г у же к а л о р и я л у у л у г у деп аталат.

Жагылуучу заттын жылуулук берүү жөндөмдүүлүгү деп,

[1] Бир аз эле убакыттын ичинде жумушка жана көбүрөөк санга айланышы мүмкүн.

1 кг жагылуучу зат, күйгөн кезде бөлүп чыгара турган килокалориялардын саны айтылат.

Тамактын жылуулук берүү жөндөмдүүлүгү деп, 1 кг тамак күйгөн кезде бөлүп чыгара турган килокалориялардын саны айтылат.

Жагылуучу заттын күйдүрүлүүчү санын m аркылуу, жагылуучу заттын жылуулук берүү жөндөмдүүлүгүн q аркылуу жана жагылуучу затты күйдүрүүдөн келип чыга турган жылуулуктун санын Q аркылуу белгилесек, анда жылуулуктун саны жылуулук берүү жөндөмдүүлүктү, жагылуучу заттын массасына көбөйткөндөгү көбөйтүндү аркылуу эсептелип чыгарылат, б. а.

$$Q = qm.$$

Техникалык эсептөөлөрдү жөнөкөйлөтүү үчүн жылуулук берүү жөндөмдүүлүгү $7000 \frac{ккал}{кг}$ болгон шарттуу отун деп аталган отун кабыл алынат.

Жагылуучу түрдүү заттардын жылуулук берүү жөндөмдүүлүгү жана аларды шарттуу жагылуучу затка салыштыруу (калориялык эквиваленттер), төмөнкү таблицада[1] көрсөтүлгөн.

Жагылуучу заттардын түрлөрү	1 кг га килокалориялап алганда жылуулук берүү жөндөмдүүлүгү	Эквивалент
Шарттуу жагылуучу зат	7 000	1,00
Донецтеги таш көмүр	7 005	1,00
„ антрацит	7 230	1,03
Москва жанындагы күрөң көмүр	3 000	0,43
Челябинскийдеги	4 755	0,68
Кузнецкидеги (Ленинскидеги)	6765	0,98
Сучандагы	6970	0,99
Жыгач отун	3005	0,43
Чым көң (түрдүү райондор үчүн орто эсеп менен алганда)	3 500	0,50
Сурахандагы нефть	10 900	1,50
Балахандагы нефть	10 500	—
Бензин	11 230	—
Керосин	11 000	—
Машина майы	10 899	—
Күйүүчү газдар	8 000—9 000	—

4-көнүгүү.

1. Көлдүн бетине тийип турган күн энергиясынын кайра түзүлүшүнүн мүмкүн болгон катарын байкап чыккыла.

2. Волхов дариясынын бассейнине жаап турган жаан булутунун энергиясынын кайра түзүлүшүнүн мүмкүн болгон катарын байкап чыккыла.

[1] Таблица „Техникалык энциклопедиянын справочнигиндеги" маалыматтар боюнча түзүлгөн, III том.

3. Эгерде массасы 1 *кг* болгон жез кастрюлда, температурасы $t = 16°$ кезиндеги 3 *л* сууну кайнатуу үчүн 80 г керосин кеткен болсо, примустун пайдалуу аракет коэфициентин табуу керек. Жездин салыштырма жылуулук сыйымдуулугу $0{,}09 \frac{кал}{г \cdot град}$ га барабар.

Жообу ≈ 29,5%.

4. Паровоз кузнецтик көмүрдөн 1 саатта ар бир ат күчүнө 1,5 *кг* сарп кылат. Паровоздун η — пайдалуу аракет коэфициентин табуу керек.

Жообу ≈ 6%.

5. 240 аттын күчүн бере турган буу машинасынын $\eta = 12\%$ болгон кезинде 1 саат иштегенинде сарп кылган нефтисин (жылуулук берүү жөндөмдүүлүгү 10 500) эсептеп чыгаруу керек.

Жообу ≈ 72 *кг.*

6. 40 ат күчү бар автомобилде $\eta = 20\%$ кезинде 16 *кг* бензин запасы бар (жылуулук берүү жөндөмдүүлүгү 11 200) $60 \frac{км}{саат}$ ылдамдык менен жүргөндө, бул запас канча километрге жетет?

Жообу ≈ 85 *км.*

7. Коргошун ок $200 \frac{м}{сек}$ ылдамдык менен учуп баратат. Эгерде ушул ок дароо токтолуп жана бардык энергия анын ысышына кетсе, ал канча градуска ысыйт. Коргошундун салыштырма жылуулук сыйымдуулугу $0{,}03 \frac{кал}{г \cdot град}$ ка барабар.

Жообу ≈ 160°

8. Эгерде 1 гектоватт-саат үчүн 2,5 тыйындан төлөнсө, массасы 1,5 *кг* салыштырма жылуулук сыйымдуулугу $0{,}12 \frac{кал}{г \cdot град}$ жана пайдалуу аракет коэфициенти 60% болгон кайнаткычтын ичиндеги бир литр сууну 20° тан 100° ка чейин ысытуу канча турат?

9. Чоюн болванканын тешигин көзөгөн кезде, тешикке температурасы $t = 10°$ болгон 5 *кг* суу куюлганда ал 5 минутадан кийин кайнаган. Көзөгүч станоктун кубатын ат күчтөрүнүн эсеби менен тапкыла (жылуулуктун коромжу болушу эсепке алынбайт).

Жообу: 8,5 ат күчү.

10. Салмагы 490 000 *кГ* келген поезд $45 \frac{км}{саат}$ ылдамдык менен кетип баратып, тормоздор менен токтолот. Мында канча жылуулук өнүккөн болот?

Жообу ≈ 9148 *ккал.*

11. Буу машинасынын цилиндринин ичиндеги буунун басымы $p = 9 \frac{кГ}{см^2}$ га барабар. Поршендин аянты $S = 300\ см^2$, поршендин жүрүшү $l = 100\ см$; маховой дөңгөлөктүн айланышынын саны минутасына 60 ка барабар; машинанын пайдалуу аракетинин коэфициенти $\eta = 12\%$. Жылуулук берүү жөндөмдүүлүгү $10\,000 \frac{ккал}{кг}$ болгон нефтинин 1 саатта: а) бардык машинага; б) ар бир ат күчүнө канчалык керек болгонун аныктоо керек (дөңгөлөк бир айланганда поршень 2 жүрүш жасай турганын эсепке алуу керек).

Жообу ≈ 3,8 *кг.*

12. Эгерде дизель-мотор 1 ат күчүнө 1 саатта жылуулук берүү жөндөмдүүлүгү $10\,000 \frac{ккал}{кг}$ болгон 0,2 *кг* нефтини керектесе, анын пайдалуу аракетинин коэфициентин аныктагыла.

Жообу ≈ 0,3.

13. 1 секундада 5,6 $м^3$ суу 2,4 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен аккан агымдын кубаты канча ат күчүнө барабар жана мындай кубатты түзүү үчүн секундасына кайсы сандагы жылуулук керек болор эле?

Жообу ≈ 22 ат күчү.

14. Ар бир патрондогу дары заряды 3,2 г, огунун массасы 9,6 г жана дуладан чыккан октун башталгыч ылдамдыгы 880 $\frac{м}{сек}$ болгон Максим пулемётунун пайдалуу аракетинин коэфициентин эсептеп чыгаргыла. Дарынын жылуулук берүү жөндөмдүүлүгү 900 $\frac{кал}{г}$.

Жообу ≈ 31%.

15. 1 ат күчү-сааттын жумушу канча калорияга теңелет?

Жообу ≈ 632 *ккал.*

16. Эгерде примуска 10 минутанын ичинде $2\frac{1}{2}$ *л* суу 0° тан 100° ка чейин ысытылган болсо, бүткүл жылуулук ысытууга кетти деп эсептеп, примустун кубатын ат күчү эсебинде эсептеп тапкыла.

17. Эгерде примустун пайдалуу аракетинин коэфициенти 30%, керосиндин тыгыздыгы 0,8 $\frac{г}{см^3}$, анын жылуулук берүү жөндөмдүүлүгү 10 000 $\frac{ккал}{кг}$ жана 1 *л* керосиндин баасы 47 тыйын, алюминийдин салыштырма жылуулук сыйымдуулугу 0,22 $\frac{кал}{г \cdot град}$ болсо, массасы 500 г болгон алюминий кастрюлда 0° кезинде алынган 1 *л* сууну кайнатуу канча турат?

18. Салмагы 9,6 *Г* болгон, 1908-жылкы үлгүдөгү биздин 7,62 *мм* болгон мылтыктын патронуна 3,2 *Г* түтүнсүз дарыны заряддаганда алынган энергия 1366 *кГм* барабар. Мунун ичинен 362 *кГм* окко башталгыч ылдамдык берүүгө кеткен.

а) Мылтыктын пайдалуу аракетинин коэфициентин тапкыла.

б) Эгер стволдун каналы боюнча октун кыймылынын убакты $t = \frac{1}{680}$ *сек.* болсо, мылтыктын кубаты кандайча болот?

в) Пайдасыз жумшалган жумуш эмнеге кетет?

г) Түтүнсүз дарынын калориялуулугу кандай?

д) Стволдун каналында орточо ылдамдануусу кандайча? (Акыркы суроону чечиш үчүн кандай маалуматтарды билүү керек?)

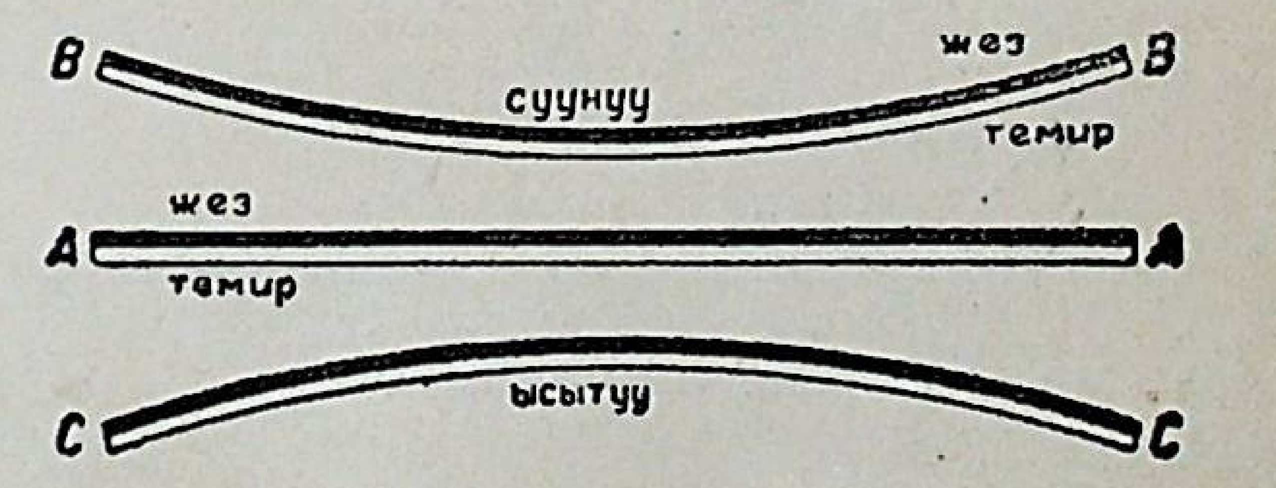
ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Калория жана килокалория деген эмне?
2. Заттын салыштырма жылуулук сыйымдуулугу эмне менен ченелет?
3. Заттын салыштырма жылуулук сыйымдуулугунун бирдиктеринин аталышы кандай?
4. Нерсенин жылуулук сыйымдуулугу деген эмне?
5. Нерсенин берилген массасынын температурасын градустун берилген санына көтөрүү үчүн керектүү болгон жылуулуктун саны кандайча эсептелип чыгарылат?
6. Нерсени жылытуу үчүн керек болгон же нерсе суунган кезде, ал бере турган жылуулуктун санынын формуласы кандай?
7. Калориметрдик теңдеме деген эмне жана аны түзүү эмнеге негизделген?
8. Эки өлчөмдүү сандагы суунун аралашмасынын температурасы кантип эсептелип чыгарылат жана бул үчүн кандай маалуматтар керек?
9. Заттын салыштырма жылуулук сыйымдуулугу кантип эсептелип чыгарылат, бул үчүн кандай маалуматтар керек жана аларды кандайча алууга болот?
10. Жылуулуктун механикалык эквиваленти деп эмнени айтат?
11. Жылуулуктун механикалык эквиваленти түрдүү системалардын кайсы бирдиктери менен туюнтулат?
12. Жумуштун термикалык эквиваленти деп эмнени айтат?
13. Жумуштун термикалык эквиваленти түрдүү системалардын кайсы бирдиктери менен туюнтулат?
14. Жылуулуктун механикалык эквивалентин аныктоо үчүн Джоулдун жолу эмнеде турат?
15. Энергиянын айлануу жана сакталуу закону эмнеде турат? Мисалдар келтиргиле.
16. Жагылуучу заттын жылуулук берүү жөндөмдүүлүгү деген эмне?
17. Жагылуучу заттын жылуулук берүү жөндөмдүүлүгү кайсы бирдиктер менен туюнтулат?
18. Шарттуу отун деген эмне?
19. Жагылуучу затты жаккан кезде алынган жылуулуктун саны кандайча эсептелет жана кандай формула менен туюнтулат?

Адабият: Д. И. Сахаров. Жылуулук техникада жана жаратылышта, I—IV глава. Перельман, Физикалык хрестоматия, 1 китеп, статьялар: „Жылуулук сезиминин алдамчылыгы", „Жылуулук өткөргүчтүк", „Жер астынын температурасы", „Нурлантуу менен жылуулуктун жоголушу", „Суунун жылуулук сыйымдуулугу", „Жезден жана фарфордон жасалган чайнек", „Суу — климаттын регулятору", „Жылуулук жана жумуш", „Кышында биз эмне менен жылынабыз", „Биздин заманыбыздагы жана байыркы замандагы энергиянын булактары", „Айбандардын энергиясынын булактары".

2. ЖЫЛЫТУУДАН НЕРСЕЛЕРДИН КЕҢИШИ.

49. Нерселердин сызыктуу жана көлөмдүк кеңиши. Башка бирдей шарттарда температуранын өзгөрүшүнөн, түрдүү заттардын түрдүүчө болуп өзгөрө тургандыгын толуп жаткан тажрийбалар көрсөтөт. Маселен, эгерде өлчөмдөрү бирдей болгон темир жана жез пластинкаларды бирин бирине эки учу менен жабыштырсак (44-сүрөт), алар жылытылган кезде жези томпок жагында болгон ийилген форманы алышат, сууткан кезде—жези ички жагында болгон ийилген форманы алышат. Бул тажрийба, темир жана жездин түрдүүчө кеңишин көрсөтөт: темирге караганда жез көбүрөөк кеңеет.



44-сүрөт. Темирден жана жезден жабыштырылган пластинкаларды жылытканда жези сыртка карап, сууткaнда жези ичке карап ийилет.

Түрдүү заттардын кеңиши түрдүүчө болгондуктан, бул касиетти үйрөнүү ыңгайлуу болсун үчүн кеңүүнүн коэфициенттери деп аталган бөтөнчө чоңдуктар киргизилет.

Катуу нерселердин көбү (зым, түтүк, рельс жана ушул сыяктуу) башка формаларда жасоо мүмкүн болуп, булардын бир багытты карай созулган өлчөмү (узуну) башка багыттардагы өлчөмдөрүнө (калыңдыгына жана туурасына) салыштырганда өтө чоң болгондуктан, катуу нерселер жөнүндө темпе-

ратураны жогорулаткан кезде, сызыктуу кеңүүнү — өлчөмдүн бир багытты карай өзгөрүшүн айрым эсепке алуу керек болот.

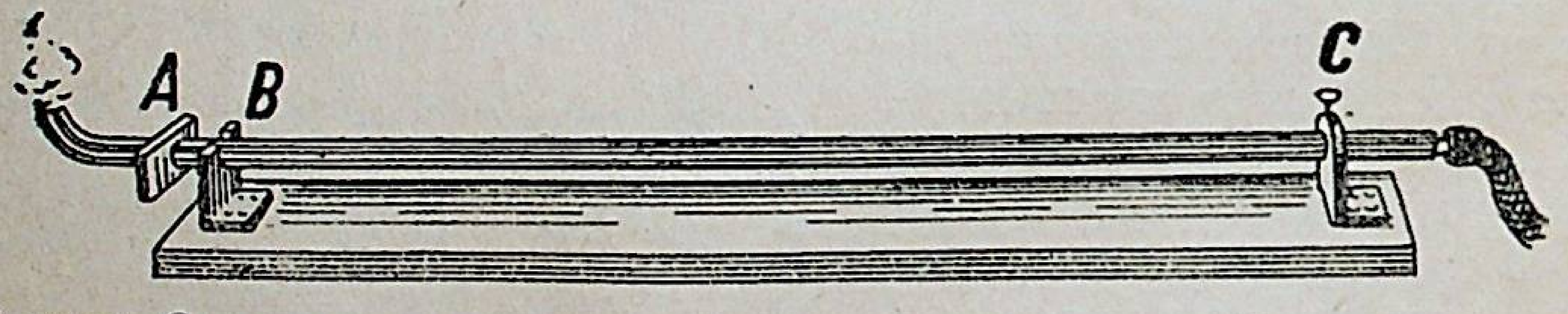
Дайыма идиштерге куюлуп коюлган суюктуктар жана газдарда көлөмдүк кеңүү — көлөмдүн өзгөрүшү каралат.

Суюктуктардын кеңишине келе турган болсок, аларды идиштердин ичинде жылыткан кезде болор-болбос көлөмдүк кеңүү деп аталганды гана — ошол өзгөртүлгөн температурага туура келген суюктуктун чын көлөмү менен ошол эле температурада идиш алган көлөмдүн ортосундагы айырманы байкоого болот. Суюктуктун чын кеңишин ушул маалуматтар боюнча эсептеп чыгарууга мүмкүн болот.

50. ***6-лабораториялык иш.*** **Катуу нерсенин сызыктуу кеңишинин коэфициентин ченөө.**

Куралдар: 1) Лермантовдун куралы (45-сүрөт); 2) узундугу метрге жакын болгон бир канча металл түтүктөр, булардын бир учунда түтүккө перпендикуляр кылып бириктирилген пластинка болуу керек; 3) миллиметрлерге бөлүнгөн метрдик масштаб; 4) жоондукту ченөөчү курал (толстомер); 5) колба; 6) тулга; 7) горелка; 8) резина түтүктөр; 9) агып чыккан сууну жыюу үчүн стакан; 10) термометр (бардык топтор үчүн жалпы).

Иштин жүрүшү. 1. Түтүктүн баштапкы узундугун l_0 бир учунан пластинкага чейин 1 *мм* ге чейинки тактык менен масштаб боюнча ченегиле, түтүктүн башталгыч температурасын t_1^0 (үй ичиндегисин) байкагыла жана маалуматтарды таблицага жазгыла.



45-сүрөт. Сызыктуу кеңүүнүн коэфициентин өлчөө үчүн Лермантовдун куралы.

2. Түтүктүн пластинкасы (*A*) жана станоктун пластинкасы (*B*) жакын тургандай кылып, түтүктү станокко койгула; түтүктүн экинчи учун станоктун экинчи пластинкасына (*C*) винти менен кысып койгула. *A* жана *B* пластинкаларынын тышкы четтеринин ортосундагы аралыкты жоондукту ченөөчү курал менен ченегиле жана жоондукту ченөөчү куралдын көрсөткөндөрүн таблицага жазгыла.

3. Мурунтан даярдалып коюлган ысык сууну колбага куйгула, колбаны резинка түтүк аркылуу металл түтүккө бириктиргиле, колбанын ичиндеги сууну кайноого жеткиргиле, бууну түтүк аркылуу өткөрүп, түтүктөн чыккан сууну стаканга чогулткула.

4. Кайноо башталгандан тартып болжол менен алганда 10 минута өткөндөн кийин, кайнап турган суунун температурасын түтүк өзүнө алды деп эсептөө мүмкүн болгон кезде[1] пластинкалардын тышкы четтеринин ортосундагы аралыкты жоондукту ченөөчү курал менен ченегиле жана анын көрсөткөнүн таблицага жазгыла. Жана да түтүктүн акыркы температурасын t_2^0 жазгыла, аны кайнап турган суунун температурасы деп, б. а. 100° деп[2] алгыла.

5. Жоондукту ченөөчү куралдын акыркы көрсөткөнүнөн башталгыч көрсөткөнүн кемитип, бардык стерженьдин узарышын (чоюлушун) билгиле; тажрийба кезинде стерженьдин температурасынын өзгөрүшүн эсептеп чыгаргыла.

6. 1° ка жылынган кезде стерженьдин узарышын эсептегиле.

7. Башталгыч узундуктун ар бир бирдигинин 1° ка жылынган кездеги узарышын эсептегиле.

Түтүктүн (эмнеден жасалган) заты	Башталгыч температура t_1°	Башталгыч узундук l_0	Жоондукту ченөөчү куралдын башталгыч көрсөткөнү	Акыркы температура t_2°	Жоондук ченөөчү куралдын акыркы көрсөткөнү	Δl узундугунун артышы	Температуранын өзгөрүшү $t = t_2 - t_1$	1° ка б. а. $\frac{\Delta l}{t}$ га жылыткан кезде узундуктун артышы	1° га жылыткан кезде узундуктун бирдигинин артышы б. а. $\frac{\Delta l}{tl_0}$	Таксыздыктын 1% ти

8. Эсептеп чыгарылган коэфициентти таблицадагы менен салыштыргыла жана таксыздыктын процентин аныктагыла. Мында тажрийбада башталгыч узундук үчүн, 0° кездеги температура эмес, үй ичиндеги температурадагы узундуктун алынышын эстегиле.

9. Башка заттан жасалган түтүк менен тажрийба жасагыла.

51. Катуу нерселердин сызыктуу кеңиш коэфициентинин формуласы. Эгерде узундугу 1,5 *м* болгон темир стержень 0° тан 20° ка чейин жылытылган кезде 0,36 *мм* ге узарды, узундугу 1,2 *м* болгон жез стерженди 0° тан 15° ка чейин жылытканда 0,31 *мм* ге узарды деген маалыматтар биздин колубузда болсо, анда биз туурадан-туура абсолюттук кеңүүнүн 0,36 жана 0,31 *мм* деген сандары боюнча гана — биз бул

[1] Буга ишенүү үчүн пластинкалардын ортосундагы аралыкты жоондукту ченөөчү курал менен кайталап ченөөгө болот.

Бул аралык өзгөрбөй калган кезде түтүк кайноо температурасына чейин ысыган болот.

[2] Түтүк суунбасын үчүн аны сукно менен ороп коюшат.

эки заттын кеңишин салыштыра албас элек. Эгерде биз узундуктун өзгөрүшүн бирдей башталгыч узундукка жана температуранын бирдей өзгөрүшүнө келтирсек, анда салыштырууга мүмкүн болор эле. Бул эки заттын бир метринин узундугунун 1° ка жылыткан кездеги өзгөрүшүн эсептейли:

$$\text{темир үчүн: } \frac{0{,}00036\ \textit{м}}{1{,}5\ \textit{м}\cdot 20\ \textit{градус}} = 0{,}000012\ \frac{1}{\textit{градус}};$$

$$\text{жез үчүн: } \frac{0{,}00031\ \textit{м}}{1{,}2\ \textit{м}\cdot 15\ \textit{градус}} = 0{,}000017\ \frac{1}{\textit{градус}}.$$

Бул эсеп жездин көбүрөөк кеңишин көрсөтөт. Мындан келип чыккан чоңдуктар сызыктуу кеңүүнүн коэфициенти деп аталат.

0° кезинде алынган баштапкы узундуктун ар бир бирдиги 1° ка жылытуудан кайсы бөлүккө өзгөргөндүгүн көрсөткөн сан сызыктуу кеңүүнүн коэфициенти деп аталат.

Катуу нерселердин сызыктуу кеңишинин коэфициентин ченөө төмөнкү схема боюнча жүргүзүлөт. Сыналуучу заттан жасалган стерженьдин 0° кезиндеги l_0 узундугу ченелет. Андан кийин анын t° температура кезиндеги l_t узундугу ченелет. $l_t - l_0$ айырмасы бүткүл стерженьдин t° ка жылытылган кездеги узундугунун артышын берет; $\frac{l_t - l_0}{t}$ тийиндиси 1° ка жылытылганда бүткүл стерженьдин узундугунун артышын берет; $\frac{l_t - l_0}{l_0 t}$ тийиндиси болсо, 0° кезиндеги башталгыч узундуктун ар бир бирдигинин 1° ка жылуудан артышын, б. а. сызыктуу кеңүүнүн коэфициентин көрсөтөт. Эгерде сызыктуу кеңүүнүн коэфициентин α аркылуу белгилесек, анда $\alpha = \frac{l_t - l_0}{l_0 t}$ болот.

Төмөнкү таблица көрсөткөндөй, катуу нерселердин сызыктуу коэфициенттери өтө кичине[1].

Темир	0,000012	Айнек	0,000010
Латунь	0,000019	Инвар (темир, никель ж. б. эритмеси). . . .	0,0000015
Жез	0,000017	Эритилген кварц . . .	0,0000004.
Платина	0,000009		
Болот (сталь)	0,000011		

---

[1] Түрдүү пределде 1° ка жылыткан кезде, мисалы 0° тан 1° ка чейин же 50° тан 51° ка чейин же 100° тан 101° ка чейин жылытканда, коэфициенттер үчүн бири биринен бир кыйла ажыраган сандар келип чыгат. Ошондой болгондон кийин, кеңүүнүн анык коэфициенти температурага карай болот. Таблицада көрсөтүлгөндөр орточо коэфициенттер. Алар менен температура өтө көп өзгөрбөгөн кезде пайдаланууга болот.

52. Ар кандай температурадагы нерсенин узундугунун формуласы. Сызыктуу кеңүүнүн коэфициенти үчүн берилген $\alpha = \frac{l_t - l_0}{l_0 t}$ фомуласынан $l_t = l_0 + \alpha t l_0$ же:

$$\boxed{l_t = l_0 (1 + \alpha t)} \qquad \text{(VI)}$$

экенин табууга болот.

$1 + \alpha t$ эки мүчөсү сызыктуу кеңүүнүн биному деп аталат. *Мындан, ар кандай температурадагы узундук, сызыктуу кеңүүнүн биномуна көбөйтүлгөн 0° кездеги узундукка барабар болот.*

Эгерде калган үч чоңдук берилген болсо, бул формула боюнча, l_t, l_0, α, t чоңдуктарынын ичинен каалаганын эсептеп чыгарууга болот.

Мисалдар. 1. Болот балканын $t_1 = 15^\circ$ кезиндеги узундугу $l_{15} = 10{,}5$ *м*; анын $t_2 = 50^\circ$ кезиндеги l_{50} узундугун тапкыла.

Жалпы түрдө чыгаруу:

$$l_{t_1} = l_0 (1 + \alpha t_1);\ l_{t_2} = l_0 (1 + \alpha t_2);$$

$$l_{t_2} = \frac{l_{t_1}(1 + \alpha t_2)}{1 + \alpha t_1};\ l_{t_2} \approx l_{t_1}[1 + \alpha(t_2 - t_1)]^1;$$

$$l_{50} = 10{,}5\,(1 + 0{,}000011\cdot 35)\,\textit{м} = 10{,}504\ \textit{м}.$$

2. 0° кезинде узундугу $l_0 = 400$ *м* келген болот көпүрөнүн узундугу температура $t_1 = -20^\circ$ тан $t_2 = +40^\circ$ ка чейин өзгөргөндө, канчалык өзгөрөт?

$$l_{t_2} = l_0 (1 + \alpha t_2);\ l_{t_1} = l_0 (1 + \alpha t_1);\ l_{t_2} - l_{t_1} = l_0 \alpha (t_2 - t_1);$$
$$l_{40} - l_{-20} = 400\cdot 0{,}000011\cdot 60 = 0{,}264\ \textit{м}.$$

53. Нерселердин көлөмдүк кеңишинин коэфициентинин формуласы. 0° кезинде алынган баштапкы көлөмдүн ар бир бирдиги 1° ка жылытуудан кайсы бөлүккө өзгөрүшүн көрсөтүп турган сан көлөмдүк кеңүүнүн коэфициенти деп аталат.

Көлөмдүк кеңүүнүн коэфициентин ченөө үчүн 0° кезиндеги V_0 көлөмдү жана t° кезиндеги V_t көлөмдү ченөө керек. Анда $V_t - V_0$ айырмасы көлөмдүн t° ка жылышынан артышын берет. $\frac{V_t - V_0}{t}$ тийиндиси 1° ка жылынуудан бүткүл көлөмдүн артышын берет. $\frac{V_t - V_0}{V_0 t}$ тийиндиси, 0° кезиндеги көлөмдүн

---

[1] $1 + \alpha t_2$ туюнтманы $1 + \alpha t_1$ ге бөлгөндө тийинди эки мүчө менен чектелген.

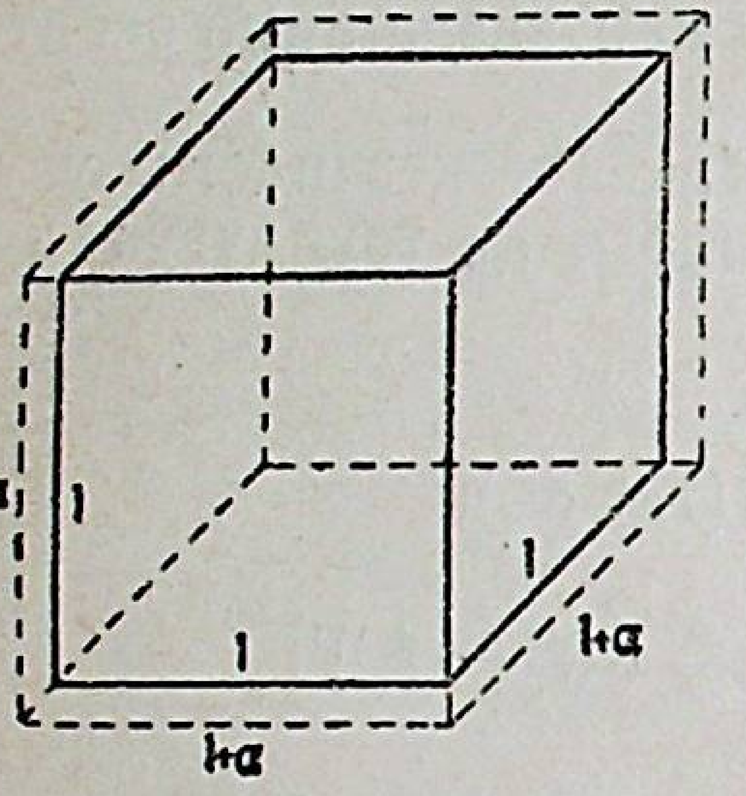
бирдиктеринин кайсы бөлүгү 1° ка жылынуудан көлөмдүн бирдигинин өзгөрүшүн түзөт, б. а. көлөмдүк кеңүүнүн коэфициентин көрсөтөт. Эгерде көлөмдүк кеңүүнүн коэфициентин β аркылуу белгилесек, анда:

$$\beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

болот.

1° ка суунган кезде узундуктун же көлөмдүн ар бир бирдиги сызыктуу же көлөмдүк коэфициентке барабар болгон чоңдукка кичиреет.

Суюктуктардын жана газдардын көлөмдүк кеңишинин коэфициенти ушундай жол менен эсептелип чыгарылат.



46-сүрөт.

Катуу нерселер үчүн көлөмдүк коэфициенттер узундук коэфициенттеринен эсептелип чыгарылган болушу мүмкүн. Ар кандай катуу зат үчүн көлөмдүк кеңүүнүн коэфициенти сызыктуу кеңүүнүн коэфициентинен үч эсе чоң экенин көрсөтүү оңой.

Чындыгында, эгерде кыры 0° кезинде узундуктун бирдигине барабар болгон кубду катуу нерседен кесип алсак (46-сүрөт), анда анын көлөмү да 0° кезинде 1 ге барабар болот. 1° ка жылыткан кезде ар бир кырдын узундугу α га узарат да, $1+\alpha$ га барабар болот, ал эми бүткүл көлөмү болсо, β га чоңоёт да, $1+\beta$ га барабар болот. Анда кубдун көлөмүнүн формуласы боюнча:

$$1+\beta = (1+\alpha)^3;\ 1+\beta = 1 + 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3 \text{ болот.}$$

Бардык катуу нерселердин сызыктуу кеңишинин коэфициенттери өтө кичине чоңдуктар болгондуктан алардын квадраттары (α^2) жана кубдары (α^3) андан дагы кичине болот, ошондуктан алардын маанилерин эске албай коюуга да болот. Анда

$$\beta = 3\alpha \text{ болот.}$$

Суюктуктардын көлөмдүк кеңишинин коэфициенттери.

Суу	0,00018	Сымап	0,00018
Керосин	0,0010	Спирт	0,0011
Оливка майы	0,00050	Эфир	0,0017

54. Ар кандай температурадагы нерсенин көлөмүнүн формуласы. Көлөмдүк кеңүүнүн коэфициентинин $\beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$

формуласынан $V_t = V_0 + \beta t V_0$ экенин табууга болот, же болбосо:

$$\boxed{V_t = V_0(1+\beta t)} \qquad \text{(VII)}$$

$1+\beta t$ эки мүчөсү көлөмдүк кеңүүнүн биному деп аталат.

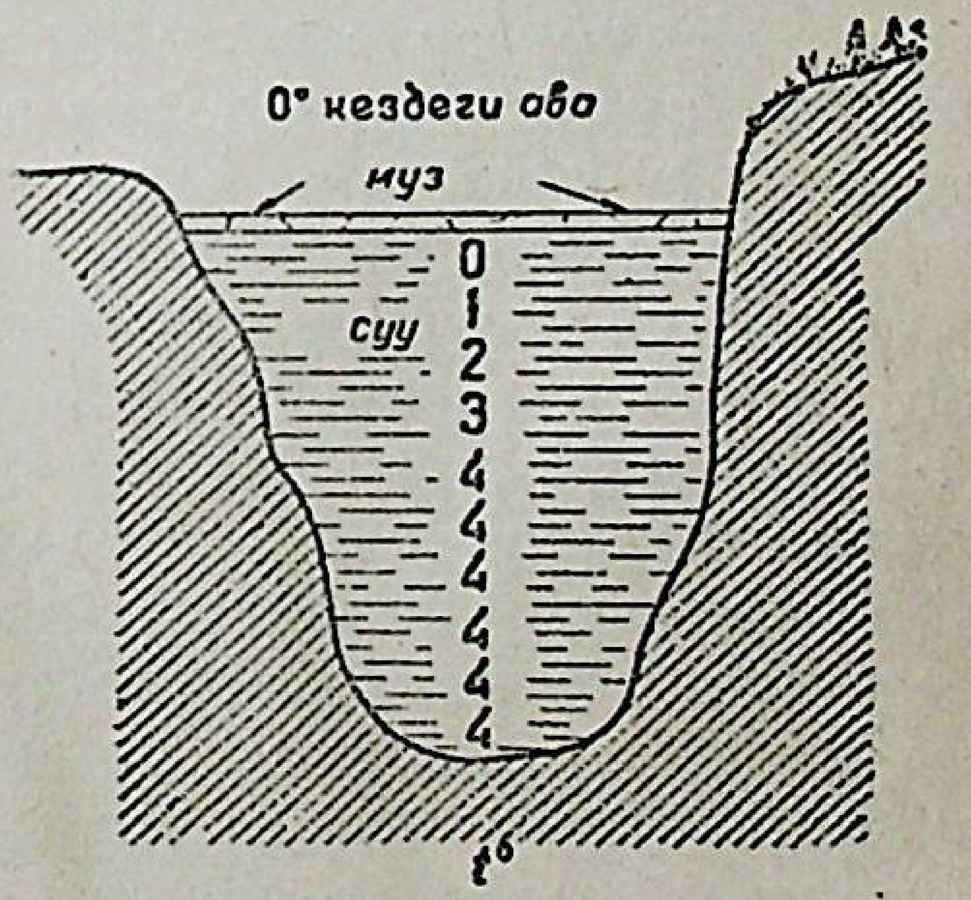
Мындан, *ар кандай температурадагы көлөм, 0° кезиндеги көлөмдү көлөмдүк кеңүүнүн биномуна көбөйткөндөгү көбөйтүндүсүнө барабар* деген келип чыгат.

55. Температуранын өзгөрүшү аркасында нерсенин тыгыздыгынын өзгөрүшү. Нерсенин тыгыздыгы көлөмдүн бирдигиндеги өзүнүн массасы менен ченелет. Эгерде нерсенин массасы m, 0° кезинде V_0 көлөмүн алып турса, анда ошол эле масса $t°$ температурасы кезинде $V_t = V_0(1+\beta t)$ көлөмүн алат. Эгерде бул заттын 0° кезиндеги тыгыздыгын D_0 менен $t°$ кезиндегини D_t менен белгилегенде, анда $D_0 = \frac{m}{V_0}$ жана $D_t = \frac{m}{V_0 \cdot (1+\beta t)}$ болот, нерсенин массасы температурадан өзгөрбөгөндүктөн; мындан:

$$\frac{D_t}{D_0} = \frac{m \cdot V_0}{V_0(1+\beta t) \cdot m} \text{ жана } \boxed{D_t = \frac{D_0}{1+\beta t}} \text{ болот.} \qquad \text{(VIII)}$$

Демек — *ар кандай температурадагы заттын тыгыздыгы 0° кездеги тыгыздыкка бөлүнгөн көлөмдүк кеңүүнүн биномуна барабар.*

Түрдүү температурадагы нерселердин салыштырма салмактары так ушундай өз ара катыштарды байланыштырат. Температура жогорулаганда нерселердин тыгыздыгы жана салыштырма салмагы кичиреет, температура төмөндөгөндө — чоңоёт. Бул эрежеге суу кирбет, анын эң чоң тыгыздыгы 4° кезинде болот.

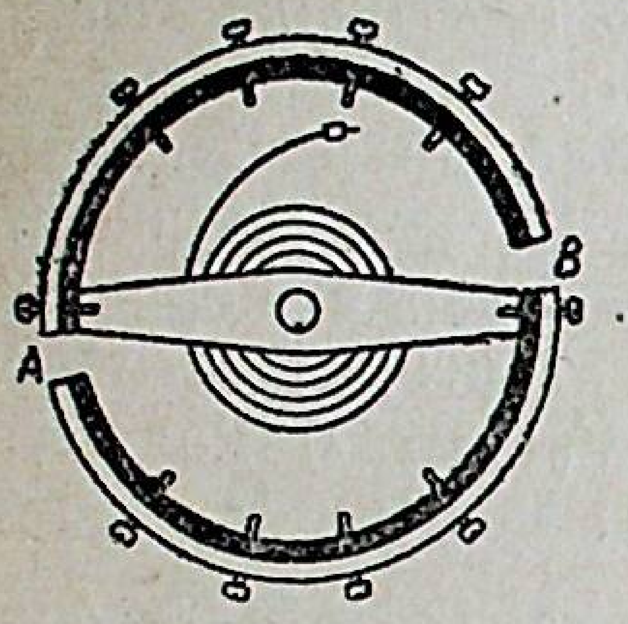


47-сүрөт. Кышында терең көлдүн ичинде вертикалдык тереңдиги боюнча температуранын бөлүнүшү.

Суу 4° тан жогору жылыган кезинде жана 4° тан 0° ка чейин сууган кезде кеңийт. Суудагы жаныбарлардын жана өсүмдүктөрдүн жашашы үчүн бул кийинки абалдын чоң мааниси бар. 4° тан ылдый сууган кезде суунун катмарлары өтө суук болсо да, тыгыздыгы кемчил бол-

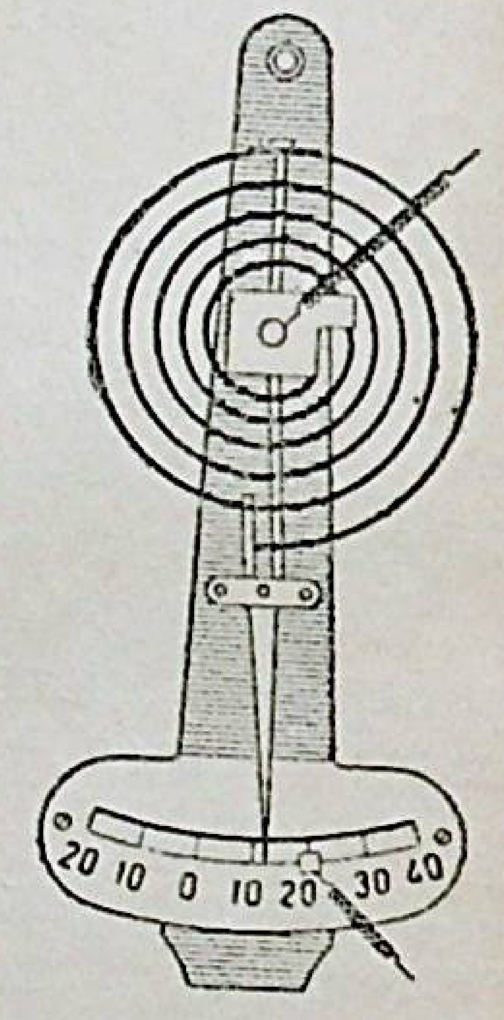
гондуктан, ылдый түшпөстөн, көлчүктөрдүн үстүндө калышат. Ошондуктан кыш күндөрүндө терең көлчүктөрдө, 47-сүрөттө көрсөтүлгөндөй, температуранын бөлүнүшү[1] белгиленет. Бул болсо, суук убактарда суунун ичиндеги бардык жаныбарлардын жана өсүмдүктөр жашап турушун камсыз кылат.

56. Жылуулуктан кеңейүүнү техникада пайдалануу. Жылуулуктан кеңейүүнү техникада пайдалануу, башталгыч курста айтылып кеткен толуп жаткан мисалдарынан башка, биз төмөнкүлөргө токтолобуз:



48-сүрөт. Сааттын ичиндеги теңдөө балансгоо дөңгөлөгү.

1. Сааттын ичиндеги теңдөө балансгоо дөңгөлөгү. Кышкы температурадан жайкы температурага өткөн кезде, так жүрүүчү сааттын балансгоо дөңгөлөгү кеңеер эле (48-сүрөт), анын радиусу чоңоёр эле, саат артта кала турган болор эле. Сааттын жүрүшүн өзгөрбөс кылып сактоо үчүн, дөңгөлөктүн алкагы *AB* диаметрине бекитилген эки жарым шакектерден жасалат. Температура жогорулаган кезде бош учтары дөңгөлөктүн борборуна жакындай алгандай кылып жарым шакекчелер түрдүү заттардан жабыштырылып жасалат. Муну менен жылыгандан *AB* диаметринин кеңейиши теңделет дагы, балансалоо дөңгөлөгүнүн маятник сыяктуу болгон механикалык касиети сакталат. Ушуну менен температура өзгөргөндө сааттын так жүрүүчүлүгү камсыз кылынат.

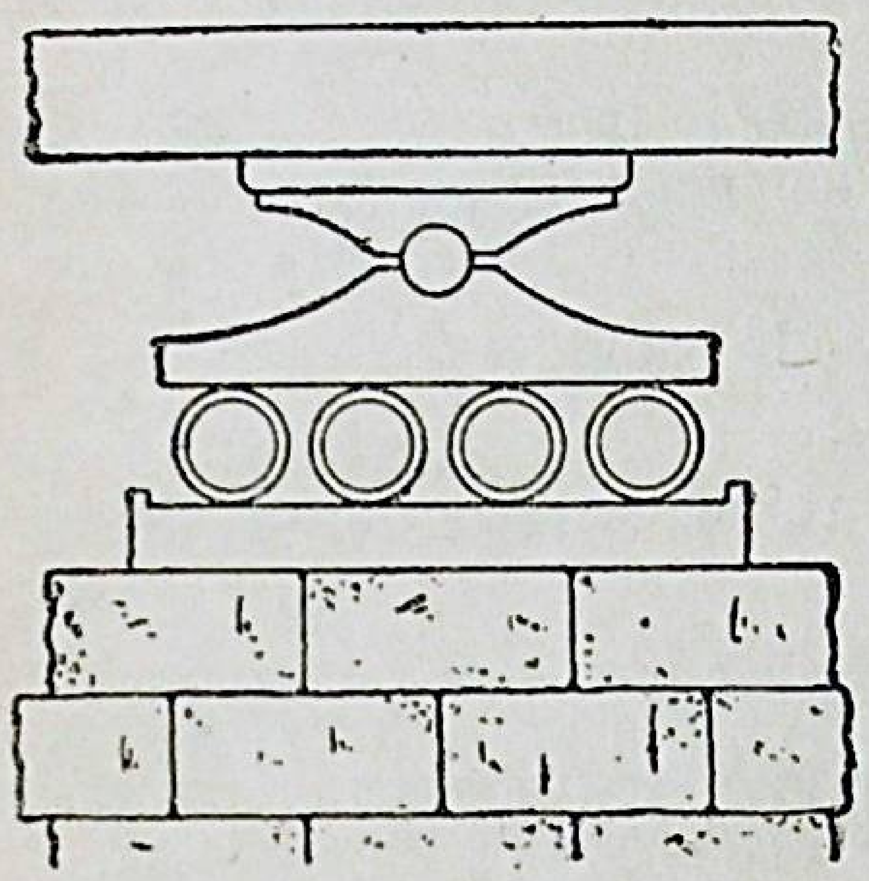


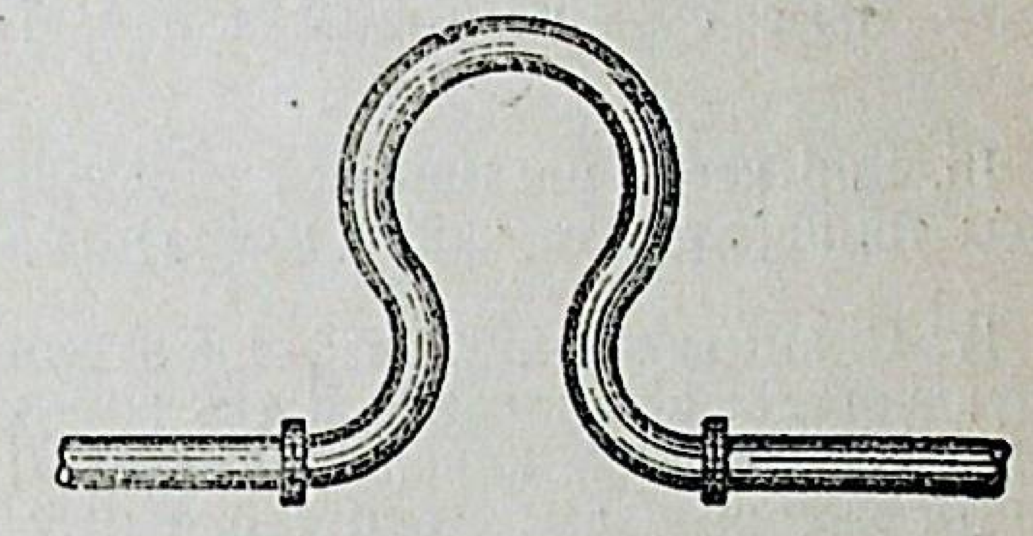
49-сүрөт. Биметаллдык пластинканы сигнализатор катарында пайдалануу.

2. Терморегулятор. Электр менен жылынуучу атайы шкафтарда — термостаттарда температураны бир калыпта кармап туруу үчүн биметаллдык терморегулятор колдонулат, мунун конструкциясынын бирөө 49-сүрөттө көрсөтүлгөн. Кеңейиши түрдүүчө болгон эки металлдан жабыштырылган спираль кылып оролгон пластинканын кыймылга келип турган учу керектүү болгон температура төмөндөп кеткенде термостаттын жылыткычы менен туташтыра турган контакт менен жабдылган. Термостат менен, анын ичиндеги терморегулятор керектүү болгон температурага жылыган кезде спираль ийилет кыймылдуу контакт кыймылсыз контакттан сол жакка жылат дагы жылынуу токтолот.

Ошол эле куралдын өзүн термометр катарында градусташтырууга болот. Аларды өрт сигнализатору катарында пайдалануу мүмкүн: ал, температура өрттөн жогорулаганда электр чынжырын бириктирет жана өрткө каршы күрөшүүчү охранага сигнал берет.

Көпүрөлөрдү жана металлдан жасалган узун курулуштарды курган кезде (50-сүрөт, катоктор), металл бөлүктөрдү же рельстерди жабыштырган кезде (51-сүрөт, болттор үчүн узунчараак келген тешиктер) буу проводдорун салган кезде(52-сүрөт, түтүк-компенсаторлордун ийилген участоктору) кеңүү эсепке алынат.


50-сүрөт. Металл көпүрөнүн учтарынын астындагы роликтүү тиректер.


51-сүрөт. Буу проводдорундагы серпилген компенсаторлор.

---

[1] Дарияларда, агуудан суунун катмарынын жылышы натыйжасында айтылган температуранын бөлүнүшү бузулат.

5-көнүгүү.

1. Нерселер жылыган кезде кеңишинин жана суунган кезде кысылышынын турмуштагы жана техникадагы мисалдарын келтиргиле.

2. Нерселердин кеңишине кайсы өлчөй турган курал негизделген?

3. Термометрди жасоо үчүн нерселердин: суюк жана газ түрүндөгү — абалынын кайсынысы ыңгайлуу жана эмнеликтен?

4. Барабар болгон темир жана жез тилкелердин учтары жабыштырылып, узунунан кошулуп түзүлгөн пластинканы жылыткан кезде, анын формасы кандайча өзгөрөт?

5. Суунун эң чоң тыгыздыгы 4° кезинде болгон бөтөнчөлүгүнүн жаратылышта кандай мааниси бар?

6. Кеңүүнүн биномдорунун кандай физикалык мазмуну бар?

7. Болот рельстин узундугу 0° кезинде 8 *м ге* барабар. Температурасын — 25° тан + 35° ка чейин өзгөрткөндө анын узундугу канчалык өзгөрөт?

Жообу: ≈ 5,76 *мм.*

8. Болот рельстин узундугу 35° кезинде 8,00336 *м* ге барабар. Мындай температура кезинде рельстер бири биринен алыстыгы 2 *мм* аралыкта жатышат. Температура —15° болгондо, айрым рельстердин арасындагы аралык кандай болот?

Жообу: 6,8 *мм.*

9. Телеграфтын темир зымынын эки столбасынын арасындагы эң кичине узундугу — 30° кезинде 20 *м* болот. Ал + 32° ка чейин ысытылганда канчалык узарат?

Жообу: 15 *мм.*

10. Киевдин жанындагы Днепрге салынган болот көпүрөнүн узундугу 0° кезинде 1082 *м.* Температура — 10° тан + 20° ка чейин өзгөртүлгөндө, бул көпүрөнүн узундугу канчалык өзгөрөт?

Жообу: 35,7 *см.*

11. 12 *л* бата турган бидонго 0° кезде толтура керосин куюлган. 20° ка

чейин ысытылганда канча грамм керосин ашып төгүлөт? Идиштин кеңиши эсепке алынбайт. Керосин үчүн $D_0 = 0,8\ \frac{г}{см^3}$.

Жообу: 188 г.

12. Суунун 0° кезиндеги тыгыздыгын эсептеп чыгаргыла.

Жообу: 0,9993.

13. 1 $дм^3$ жездин 400° кезиндеги массасын эсептеп чыгаргыла $\left(D_0 = 8,9\ \frac{г}{см^3}\right)$.

Жообу: 8,83 *кг.*

14. Бир кесек коргошундун 0° кезиндеги көлөмү 100 $см^3$ жана 200° кезиндегиси 101,74 $см^3$. Коргошундун сызыктуу кеңишинин коэфициентин тапкыла.

Жообу: 0,000029.

15. 100 г сымаптын 200° кезиндеги көлөмү кандай $\left(D_0 = 13,6\ \frac{г}{см^3}\right)$?

Жообу: 7,6 $см^3$.

16. Бир кесек платинанын көлөмүн 0,01 ге чоңойтуу үчүн, аны 0° тан кайсы температурага чейин ысытуу керек?

Жообу: 370°.

17. Сызыктуу кеңүү коэфициентинин таблицасына негиздеп төмөкүлөрдү түшүндүргүлө: а) эмнеликтен так жүрүүчү сааттардын маятниктери же узундуктун эталондору инвардан жасалат; б) эмнеликтен кварцтан жасалган идишти кызарганча ысытып туруп муздак сууга таштаса да жарылбайт?

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Сызыктуу жана көлөмдүк кеңүүлөрдүн коэфициенти деп эмнени айтабыз?
2. Катуу нерселердин сызыктуу кеңишинин коэфициенти кандайча аныкталат?
3. Сызыктуу кеңүүнү эсептеп чыгаруу үчүн формуласы кандай?
4. Катуу нерселердин көлөмдүк кеңишинин коэфициенти кантип эсептелип чыгарылат?
5. Суюк нерселердин кеңүү коэфициенттеринин чоңдуктарын катуу нерселердин коэфициенттеринин чоңдуктары менен салыштырганда кандай болот?
6. Температура өзгөргөндө тыгыздыктын жана салыштырма салмактын өзгөрүшү кандай?

Адабият: П е р е л ь м а н. Физикалык хрестоматия, 1-китеп 129—153-беттер.

Статьялар: „Курулуштун жантык стенасын түзөө", „Термометрдин тарихы", „Термометрлер жана алардын түзүлүшү", „Суунун жылуулук кеңейиши".

III. ГАЗДАРДАГЫ, СУЮКТУКТАРДАГЫ ЖАНА КАТУУ НЕРСЕЛЕРДЕГИ МОЛЕКУЛЯРДЫК КУБУЛУШТАР.

1. МОЛЕКУЛЯРДЫК-КИНЕТИКАЛЫК ТЕОРИЯНЫН НЕГИЗДЕРИ.

57. Молекула. Жылуулук кубулуштары заттын түзүлүшү менен тыгыз байланыштуу. Азыркы илимдин маалыматтары боюнча ар бир нерсе м о л е к у л а деп аталган эң майда бөлүкчөлөрдөн турат.

З а т т ы н ч о ң ө л ч ө м ү к е з и н д е г и д е й э л е х и м и я л ы к н е г и з г и к а с и е т т е р г е э э б о л у п, ө з ү н ч ө ж а ш о о г о м ү м к ү н б о л г о н э ң к и ч и н е ө л ч ө м д ө г ү з а т м о л е к у л а д е п а т а л а т.

Молекуланын жашашы жөнүндөгү элести кандай байкоолордон түзүүгө болот?

Байкоолордун бир тобу бизге, заттын өтө майда бөлүктөргө бөлүнүүгө жөндөмдүү экендигин көрсөтөт. Столдун үстүнө төгүлгөн бир канча тамчы эфирдин жыты көлөмү жүздөгөн *куб* метр болгон үйдүн ичинде бүт тарай тургандыгын күндөлүк байкоолордон ар ким билет. Жыты күчтүү болгон ар бир газдын, мисалы, химиялык лабораторияда кокусунан чыгарылган хлордун жыты да алыс жерден сезилет. Эгерде жүндөн жасалган буюмдарды күбөдөн сактоо үчүн колдонула турган нафталиндин бир нече кристаллы үйдүн ичинде турса, анын жыты да үйдүн ичинен узакка чейин сезилет. Заттын бөлүкчөлөрү адамдын жыт алуу органдарына таасир кылган кезде гана жытты туюу мүмкүн. Чоң үйдүн туш келген жеринде жытты сезүү — анда мындай бөлүкчөлөрдүн бар экендигин көрсөтөт. Заттын болор-болбос санынан жыттын чоң мейкиндикке таралышы, заттын алынган саны эң эле майда бөлүкчөлөргө бөлүнө тургандыгын көрсөтөт.

1 $см^3$ сыяны 12—15 *л* сууга куюп, бул суунун баарын боёого мүмкүн экендигине оңой ишенүүгө болот. Боёлуш, тунук суунун ар кандай жеринде боёочу заттын бөлүкчөлөрүнүн бар болушуна карай да болот. Аягында барып, азыркы

убактагы микроскоптор аркылуу узундугу 0,001 *мм* ге чейин болгон буюмдарды көрүүгө болот жана көп убактарда мындай буюмдар кандайдыр бир микроорганизмдин органдары болуп, өз кезеги менен дагы составдуу бөлүктөргө бөлүнүшөт.

Ошентип, бир жагынан турмуштагы байкоолор, көбүнчө илим жолу менен изилдөөлөр, зат өзү турган абалга карабастан, өтө майда бөлүкчөлөргө бөлүнүүгө жөндөмдүү деген корутундуга алып келишет.

Бирок бул байкоолорду талкуулаган кезде: мындай өтө майда бөлүкчөлөргө пределсиз эле бөлүнө береби же бул бөлүнгүчтүктүн предели барбы? деген суроо келип чыгат.

Ошол маселеге жооп берүү үчүн мындай тажрийба жасоого болот: таза суунун өтө жазы бетине кичине гана бир тамчы май тамызылат; май суунун бетине кең так болуп жайыла баштап, майдын катмары тынымсыз түрдө жукара берет. Ошондой болсо да суунун бардык бош бети майдын жука катмары менен бүт каптала электе эле майдын жайылышы токтолуп калат. Мына бул учур, майдын жайылышында анын жукарышы, б. а. жайылышы үчүн шарт суунун эркин тегиздиги болсо да, вертикалдык багытты карай жайылышы акыркы пределине жетти жана ошол сакталат дегенди көрсөтөт. Бул предел молекула болот.

Ишке ашырылышы оңой болгон бул байкоо, бардык катуу, суюк нерселер жана газдар — молекулалардан түзүлгөн деген толуп жаткан илим маалуматтарына туура келет.

Молекулалардын ченеми миллимикрондун[1] ондук үлүштөрү катарында эң эле кичине экендигин илимий эсептөөлөр көрсөтүшөт. 0° жана кадиресе атмосфералык басым кезиндеги 1 $см^3$ абанын ичинде $2{,}7 \cdot 10^{19}$ молекула бар.

Заттын касиетин жана заттын молекулалардан түзүлүшүнүн негизинде анын ичинде болуп жаткан кубулуштарды түшүндүрүүчү теория **молекулярдык** теория деп аталат.

Молекуланы көз менен, же оптикалык куралдар[2] менен түздөн-түз байкоого мүмкүн болбосо да, теория негизинде жасалган корутундулар толуп жаткан тажрийбалык изилдөөлөр менен текшерилген.

Молекула да, өз кезеги менен, **атом** деп аталган бөлүкчөлөргө бөлүнөт.

Элементтин өзүнүн жана анын түрдүү кошулмаларынын молекулаларынын составына кирген химиялык элементтин эң кичине саны атом болот.

---

[1] *Миллимикрон* (мμ) 0,001 микронго (μ), же 0,000001 *мм* ге барабар.

[2] Азыркы убакытта „электрондуу микроскоп" деп аталган, анын жардамы менен ири молекулалардын фотографиясын алууга мүмкүн болгон атайы курал ойлоп табылган. Бул молекулалардын бирөө белоктун молекуласы болот; мунун өлчөмү — $43 \cdot 10^{-8}$ *см.*

Атомдун өзү бир кыйла татаал түзүлүшкө ээ экендиги илим тарабынан XX кылымда ачылган. Анын түзүлүшү жөнүндөгү элести, курстун мындан аркы бөлүктөрүндө, атомдун составдуу бөлүктөрү менен таанышкандан кийин гана, түзүүгө мүмкүн.

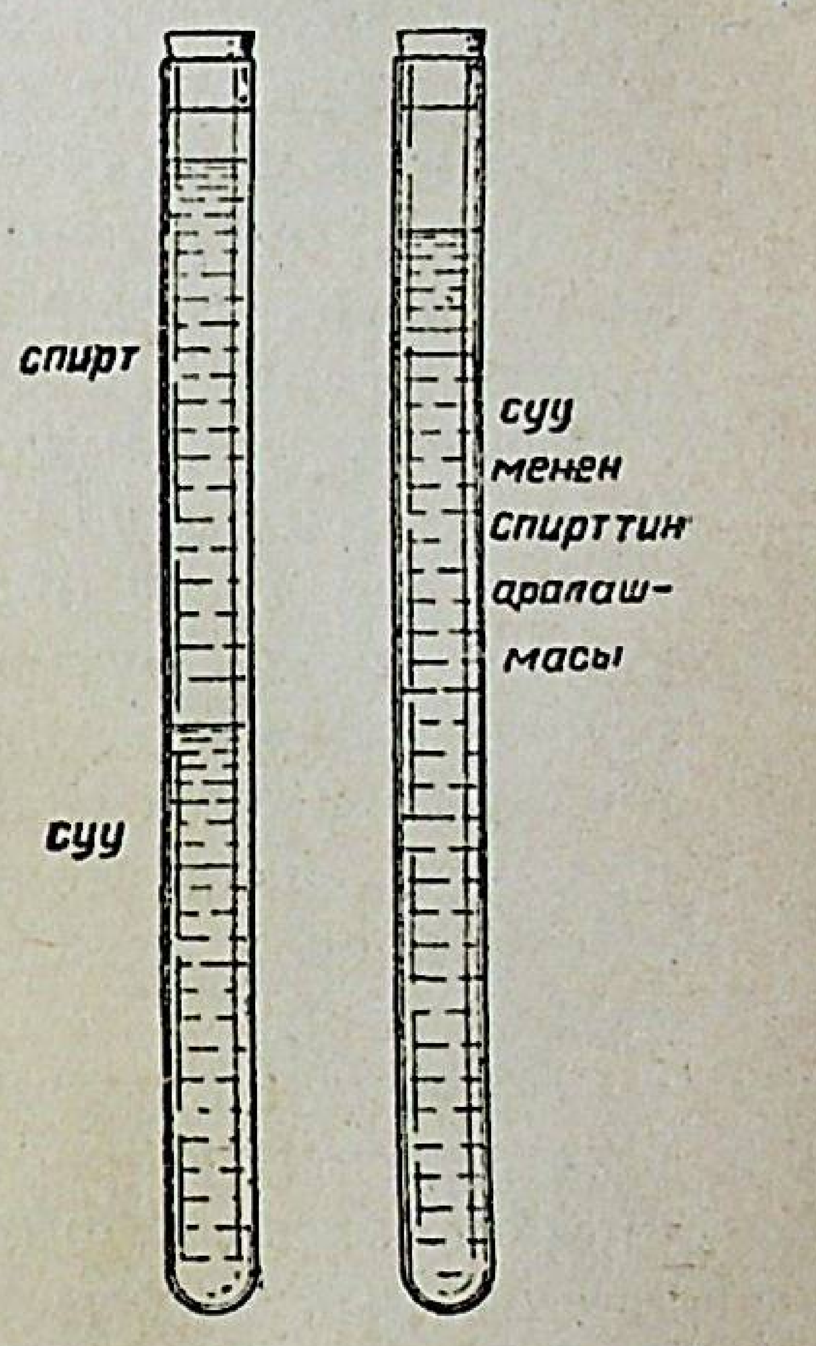
58. Нерсенин молекулалары аралыктар менен бөлүнгөн. Ар кандай нерсе молекулалардан түзүлгөн деп кабыл алып, молекулалар нерсенин ичинде кандайча жайланышкан: бүткүл мейкиндикти туташынан толтуруп турушабы же болбосо бири биринен бош аралыктар менен ажыралып турушабы? — деп суроого болот. Мунун жообун байкоолор жана тажрийбалар берет.

1. Жыттуу газдын бүткүл үйдүн ичине таралышы — анын молекулалары бири биринен алыс аралыкта боло алуучулугун көрсөтөт; газ таралган абанын молекулаларынын араларында да аралыктар бар.

2. Басымды чоңойткон кезде бардык нерселердин кысылышы, газдарда өтө күчтүү жана суюктуктар менен катуу нерселерде андан көп чабал боло турган кысылыштарына карай, аралыктардын бар болушуна жол койсок, жеңил түшүнүктүү болор эле да, ал эми зат бүткүл көлөмдү туташынан толтуруп турат деп эсептесек, аны түшүндүрүүгө кыйын болор эле.

3. Кысылуудан башка да, нерсенин формасынын башкача өзгөрүшү — жылышы, ийилиши, толгонушу — молекулалардын араларында бош аралыктар бар деген пикирге алып келишет.

4. Бардык нерселер суунган кезде кысылууга жана ысыган кезде кеңейүүгө жөндөмдүүлүгү да дал ошол корутундуга алып келет.



52-сүрөт. Суу менен спирт аралаштырылганда көлөм кичиреет.

5. Молекулалардын арасында аралыктардын бар экендигин төмөнкү тажрийбада көрсөтөт.

Узундугу 1 *м* чамасында жана диаметри 2 *см* чамасында болгон айнек түтүктүн ичине (52-сүрөт) жарымына чейин суу куябыз да үстүнө боёлгон спиртти өтө сактык менен куябыз, мында бөлүнүп туруунун чеги таамай көрүнүп тургандай болсун. Спирттин үстүңкү четин резинка кырчоо менен же болбосо чапталган кагаз лента менен белгилеп коёбуз. Андан кийин бул эки суюктукту тең чайкап аралаштырабыз. Аралаштыргандан кийин аралашманын жогорку чети аралаш-

тыртанга чейинкисинен ылдый турганын байкоого болот. Демек, аралашманын көлөмү аралаштырылган бөлүктөрдүн көлөмдөрүнүн суммасынан кичине. Көлөмдүн мындайча кичирейиши — молекулалар эми тыгызыраак түзүлгөн топторго кайра топтолду дегенди көрсөтөт; бул болсо, молекулалардын араларында бош аралыктар бар болсо гана мүмкүн.

Бардык байкоолор, молекулалар ар кандай нерселердин ичинде бири биринен аралыкта турушат деген корутундуга алып келишет.

59. Илинишүү. Эгерде нерселер аралыктар менен бөлүнгөн молекулалардан түзүлгөн болсо, эмнеликтен молекулалар ажырап кетпестен, нерсе (газдардан башкасы) өз көлөмүн, ал эми катуу нерсе болсо, — анын үстүнө, өз формасын сактап турат? Айнек таякчаны сындыруу үчүн, тактайдын бир кесегин чаап алуу үчүн, металлдан жасалган зымды үзүү үчүн жана жалпы алганда катуу нерсенин бир бөлүгүн экинчисинен кандайда болсо бир жол менен ажыратып алуу үчүн күчтүү көп жумшоого туура келе тургандыгы белгилүү иш.

Бул кубулуш — нерсенин молекулаларынын араларында аларды бири биринен белгилүү бир аралыкта кармап турууучу күчтүн бар экендигин көрсөтөт. Нерсенин молекулаларынын араларындагы өз ара тартуу күчү илинишүү[1] деп аталат.

Эгерде сындырылган нерсенин бөлөк бөлүгүн кайрадан тиркеп, анын бүтүндүгүн калыбына келтирүүгө аракет кылсак, мындан ар дайым натийжа чыкпайт; мындан, илинишүү күчтөрү өтө кичине болор-болбос аралыктарда гана болот деген корутунду келип чыгат; алар бул аралыктын сыртында байкоого мүмкүн болбогондой болуп ылдам кемийт.

Эгерде жаңыдан табылуучу илинишүүчү күчтөрүнүн эң чоң аралыгын радиус деп алып, ошол радиус менен шар сызсак анда, борборго жайлашкан молекула менен өз ара таасир кылуучу молекулалар гана ал шардын ичинде турмак.

Борбордо жайлашкан молекуладан илинишүү күчү аракет кылып, бардык молекулаларды ичине алган шар молекулалык аракеттин сферасы деп аталат. Тажрийбалык маалуматтардын негизинде эсептеп чыгаруулар боюнча молекулалык аракеттин сферасынын радиусу $6 \cdot 10^{-6}$ *см* ден кем[2].

Бирок нерсенин бөлүктөрү тиешесинче жакындатылган

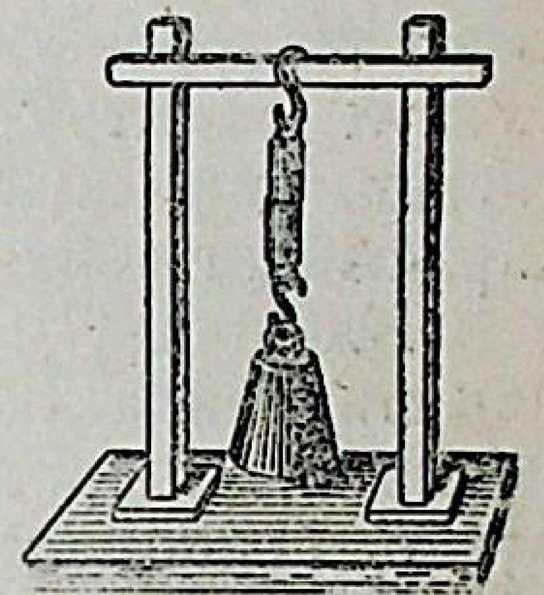
---

[1] Илинишүү күчтөрүн тартылуу күчтөрүнөн айруу керек; азыркы көз караштар боюнча молекулалык күчтөрдүн теги электр болот. Молекулаларды белгилүү аралыктан өткөрө жакындатканда, алардын арасында, бардык молекулалардын түздөн-түз тийишүүлөрүнө тоскоолдук кылуучу молекулярдык түртүүлөр аракет кыла баштайт.

[2] $10^{-6} = 0{,}000001$; жалпы алганда $10^{-n} = \frac{1}{10^n}$

кезде илинишүү күчтөрүнүн келип чыгышын тажрийба жолу менен ашкерелөөгө мүмкүн эмеспи?

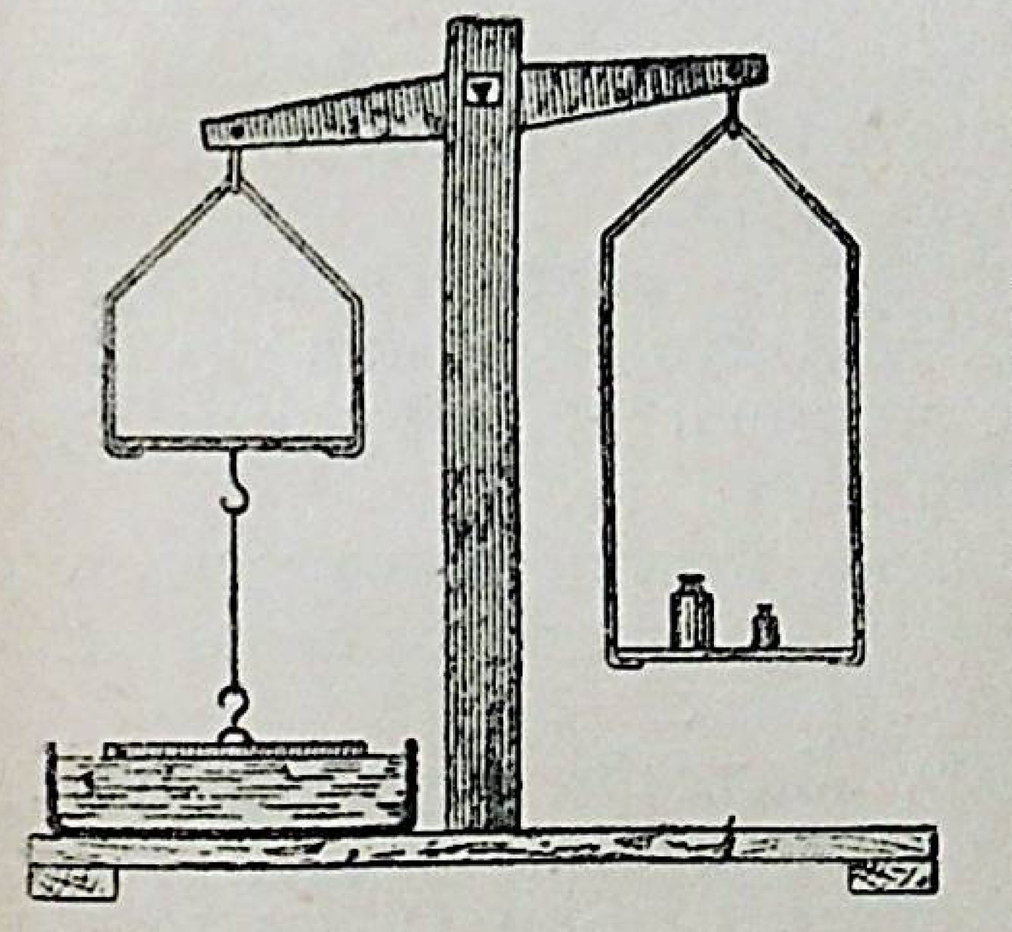
1. Катуу нерседеги илинишүү. Коргошун цилиндрдин эки учунан эки шакекти өткөрөбүз, аны ортосунан бычак менен кесип жана ошол замат цилиндрдин кесилген бөлүктөрүн бирин бирине улаштырып кайтадан цилиндрди түзөбүз. Кайра түзгөндө аба калбасын үчүн жана бөлүктөрдүн экөөнү тең мүмкүн болушунча жакын ыкташтыруу үчүн, бир бөлүктү экинчисинин үстүнө жылдырып жана басып турабыз.



53-сүрөт. Коргошун цилиндрдин эки кесегинин ортосундагы илинишүү гирдин салмагына чыдап турат.

Эгерде кесилген жер окистенип кетүүгө үлгүрбөгөн болсо[1] жана абанын катмары кысып чыгарылган болсо, анда эки бөлүк бир бүтүн болуп кошула алат. Ошондон кийин цилиндрди жогорку шакектен подставкага асып коюуга (53-сүрөт) жана төмөнкү шакекке жүк асып коюуга болот, мына ушунда цилиндр ортосунан бөлүнүп кетпестен, бир кыйла оор жүктү көтөрүп тура берет.

Башка жумшак нерселерде да: момдо, каучукта ж. б. мына ушундай илиништирүүнү иштөөгө болот.



54-сүрөт. Суюктуктун катмарларынын арасында илинишүү бар.

Эгерде эки айнек пластинкасын эң жакшы жылмартса же эки болот пластинкасын ошондой эле жылмартса жана бир биринин үстүнө каптаса, алар жабышат жана бир бирин кармап тура алат. Айнек болгон учурда кармап турууучу күч 1 квадрат *см* үчүн 6 *кГ* га жетет.

2. Суюктуктагы илинишүү. Суюктуктун молекулаларынын ортосунда илинишүүнүн бар же жок экендигин билүү үчүн, таразанын бир табагына жипке тагылган айнек пластинканы асып коюуга болот; асып коюудан мурда пластинканы кирден абдан жакшылап тазалап, горизонталь абалда тургандай кылып асуу керек. Таразада аны теңдеп, ичине суу куюлган жапыс жана кең идишти анын асты жагынан ал суунун бети айнекке тийгенге чейин келтиребиз (54-сүрөт). Эгерде идиш акырындык менен подставканын үстүнө түшүрүлсө, суу өзүнө тарткан айнек пластинка

---

[1] Эгерде окистенсе же кирденип калган болсо, кесилген жердин бетин бычак менен абдан жакшылап кыруу керек.

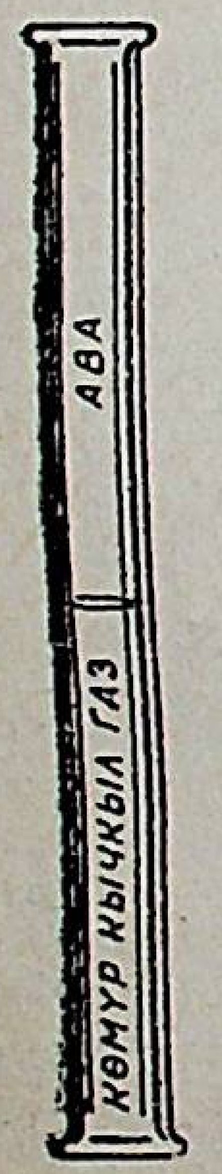
да ылдый түшөт, таразанын тең салмактуулугу бузулат, бул болсо илинишүүнүн бар экендигин көрсөтөт.

Таразанын экинчи табагына пластинка суудан ажырагаңга чейин өтө сактык менен (аягында бир бирден) бытыра сала баштайлы. Пластинканын астыңкы бетин текшерсек, ал суунун тамчылары менен капталганын көрөбүз, демек, суунун эки катмарынын ортосунда үзүлүү болгон болот. Ушул сыяктуу бардык учурларда таразанын экинчи табагына асылынган жүктүн салмагы суюктуктардын катмарларынын арасындагы илинишүү күчтөрүн ченейт.

Илинишүү күчүнүн болушу жана алардын эң жакын аралыкта пайда болушу нерселердин бөлүкчөлөрүн желимдөө, бекитүү, ширетүүлөрдөн болжолдоого мүмкүндүк берет.

3. Газдардагы илинишүү. Газдарга келе турган болсок, биринчи караштa газдардын молекулаларынын ортосундагы илинишүү жөнүндө эч нерсе айтууга болбой тургандай көрүнөт, анткени — алардын молекулалары бири биринен алыс аралыктарга бат таралып кетет, бирок газдардын кеңейүү жана кысылуу кубулуштарын үйрөнүү иши газдарда да илинишүү күчтөрү бар, бирок бул күчтөр өтө кичине деген корутундуга экинчи бир жол менен алып келишет.

60. Диффузия. Өзгөрбөс тышкы шарттарда да молекулалардын бири экинчилерине карата салыштырмалуу тынчтыкта турабы же болбосо мындай учурда да алардын салыштырмалуу которулуштары болобу, — деген суроону алдыга коюуга болот.



55-сүрөт. Газдардын диффузиясы.

Теги түрдүү болгон эки нерсе бири бирине тийишкенде, алардын молекулалары көп учурларда бул эки нерсенин чектери аркылуу өтө тургандыгын тажрыйбалар көрсөтөт.

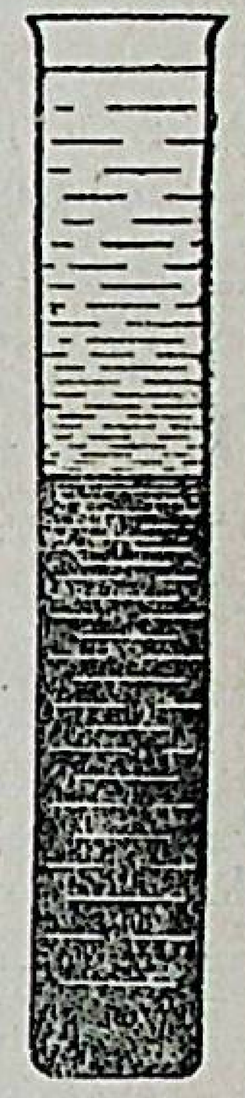
Кандайдыр бир тышкы күчтүн таасирисиз бир нерсенин молекуласынын экинчи нерсеникине өтүшү д и ф ф у з и я[1] деп аталат.

Нерселердин түрдүү абалдары үчүн диффузиянын кубулушу менен таанышалы.

1. *Газдардын диффузиясы.* Бир айнек цилиндрди углекислый газ менен толтурабыз (55-сүрөт) жана аба толтурулган экинчи цилиндрди анын үстүнө оозуна оозун туура келтирип көмөрүп койсок, аз эле убакыт өткөндөн кийин акиташ суусунун жардамы менен болсо да, жогорку цилиндрдин ичинде углекислый газдын бар экендигин билүүгө мүмкүн. Бир аз убакыт өтөр замат эле идиштердин экөөндө тең аба менен углекислый газдын бир тектүү аралашмасы пайда болот. Катмарлардын баштапкы жайланышы — оору жеңилинин астында болушуна карабастан аралашууга карама-каршы аракет кылуу керек деген Архимеддин закону боюнча, ооруурак газдын, углекислый газдын, молекулалары жогору жакка оошконун, жеңилирээк болгон абанын молекулалары ылдый түшкөнүн бул тажрийба көрсөтүп турат.

[1] Д и ф ф у з и я деген ат латиндин сын „диффузус" сөзүнөн алынат. Бул „алыс созулуучу, таралуучу" дегенди билдирет.

2. *Суюктуктардын диффузиясы.* Суюктуктардын диффузиясын байкоо үчүн айнек цилиндрге жарымына келгенге чейин таза суу куюп андан кийин түбүнө жете турган түтүк аркылуу этияттык менен кандайдыр бир боёлгон туздун коюу эритмесин, мисалы көкташтын эритмесин куюп жана бул цилиндрди кандайда болсо бир тегиз нерсенин үстүнө акырын алып барып коюу керек; цилиндр мында тынч турууга тийиш.


56-сүрөт. Суюктуктардын диффузиясы.

Адегенде суу менен эритменин арасындагы чеги өтө айкын болуп көрүнүп турат; бир канча күндөн кийин чекке эң жакын турган суунун катмары акырындап көгүлтүрлөнө, эритме агарып тунуктана баштайт; убакыт өткөн сайын түстүн өзгөрүшү өзгөргөн чектен тартып, улам арылап тарала баштайт; бир канча жумадан же айдан кийин цилиндрдин бийиктигине жараша аралашма бир түстүү болуп калат. Мында да оор суюктук жогору карай, жеңилирээги — ылдый карай которулат.

3. *Катуу нерселердин диффузиясы.* Катуу нерселердин диффузиясы жөнүндөгү тажрийбаны сабактарда жасоого мүмкүн эмес, анткени — мындай тажрийба бир канча жылдарга созулат. Эгерде түрдүү металлдан, мисалы алтындан (тыгыздыгы 19) жана коргошундан (тыгыздыгы 11) жасалган эки пластинканы катуу кысып, ооруураагын астына койсок, ошондо узак убакыт өткөндөн кийин коргошундун чек арасындагы катмарында алтын бар экендигин, алтындын чек арасындагы катмарында коргошун бар экендигин байкоонун мүмкүндүгүн илимдик изилдөөлөр көрсөттү. Ооруураак нерсенин молекулалары жогору карай, жеңилирээгиники — ылдый карай, б. а. оордук күчүнүн таасирине каршы келип которула турганын бул тажрийба көрсөтөт.

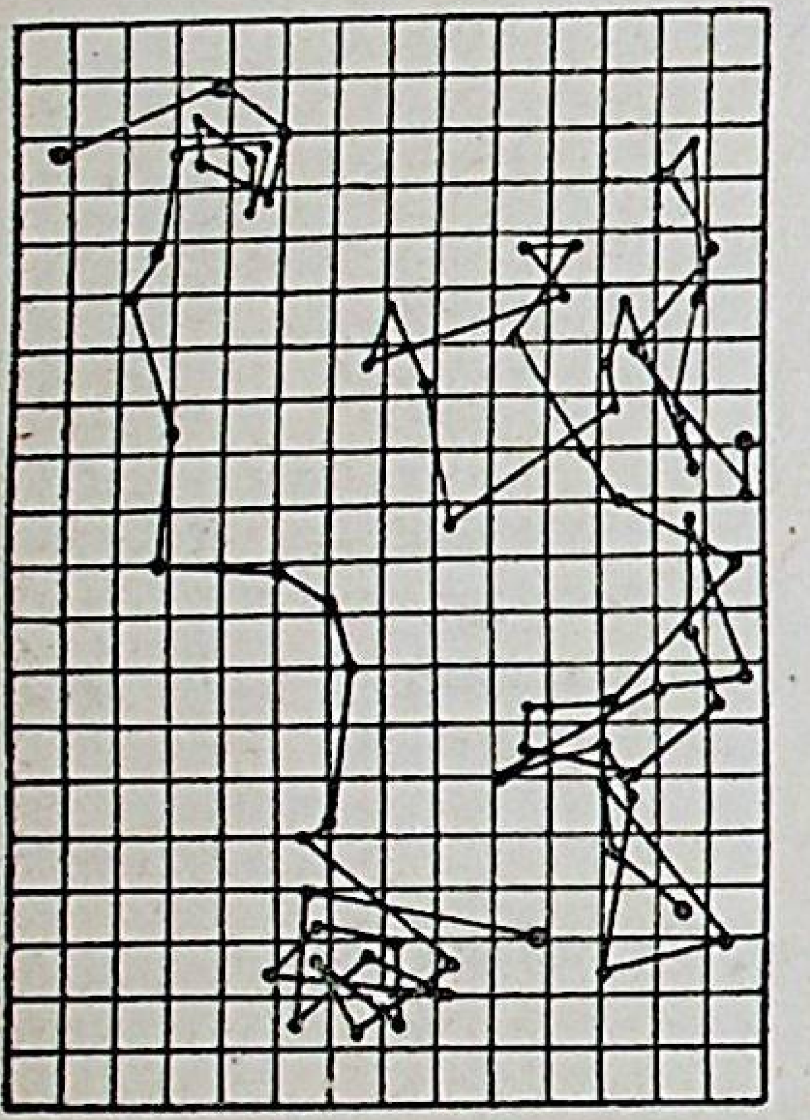
Эгерде диффузиялашуучу нерселерди жогорураак температурадагы кезинде алсак, диффузия ылдам өтөт.

4. Диффузиянын жаратылыштагы көрүнүшү. Жерде өтө оор газдардын, мисалы жердин жаракаларынан, фабриканын трубаларынан, жанар тоодон углекислый газдын бөлүнүп чыккан бардык учурларында, ал өзүнүн бөлүнүп чыккан жеринде кала бербестен абага диффузиялашат, ошондуктан жалпы айтканда белгилүү калыңдыктагы катмардын чегинде бүткүл жер боюнча атмосферанын бирдей составы сакталат. Топурак-

тагы түрдүү туздардын эритмелеринин диффузиясы да мына ушундай болуп жүрөт.

61. Броундун молекулярдык кыймылы. Молекуланын кыймылын көз менен түздөн-түз байкоо мүмкүн эмес, анткени — молекуланын өзүн эң күчтүү микроскоптор менен да байкоого мүмкүн эмес. Ошондой болсо да анын кыймылын толуп жаткан кыйыр байкоолор менен далилдейт. Алардын ичинен, 1827-жылда эле англиялык ботаник Броун жасаган байкоолор молекулалык кыймылды түздөн-түз көрүүгө өтө жакын алып келгендей болушат.

Эгерде кандайдыр бир жеңил порошокту, мисалы гуммигут боёгун сууга салып чайкап, мына ушул боёктун бөлүкчөлөрү ичинде калкып жүргөн бир тамчы сууну микроскоптун жапкыч айнегинин астына койсок, порошоктун микроскоптон көрүнгөн (молекулага караганда бир кыйла ири) бөлүкчөсү ийри-буйру сымак траектория боюнча тынымсыз кыймылда турганын байкоого мүмкүн.



57-сүрөт. Броундун кыймылында заттын бөлүкчөсүнүн жүрө турган жолу.

Молекулалык кыймылдын тартипсиз болушу аркасында, ар бир учурда молекулалардын бөлүкчөгө урунуулары ар бир жактан бирдей боло алышпайт. Анда бөлүкчө тең салмактууланбаган урунуу жакка карай кыймылдайт. Андан кийинки учурда мындай тең салмактууланбаган урунуу бөлүкчөгө кандайда болсо башка жактан берилүү мүмкүн жана анын кыймылы багытын өзгөртөт. Убакыттын бирдигинде мындай өзгөрүүлөр өтө көп болгон кезде түртүлүүчү бөлүкчөнүн кыймылы дирилдөө сыяктуу мүнөздү алат.

Бул дирилдөөнүн эч качан токтолбой тургандыгын жана кандайдыр бир тышкы — механикалык, электрдик ж. б. — таасирлерге багынбай тургандыгын, бирок температуранын жогорулашы менен өскөнүн текшерүү тажрийбалары көрсөттү.

Окумуштуу Перрен деген микроскоптон көрүнгөн жердеги бөлүкчөлөрдүн абалын ар бир $^1/_2$ минутада белгилеп барган жана белгилеген абалдарды түз сызыктар менен туташтырган; 57-сүрөт, бөлүктүн удаалаштык которулуштары жөнүндө, демек — белгилүү убакыттын ичинде кыймылдап турган молекулалардын түрткүлөрүнөн тең аракетке келтирүүчүнүн багыты жөнүндө талкуулоого мүмкүндүк берет.

Бул сыяктуу байкоолорду кандайдыр бир заттын эң майда

бөлүкчөлөрү (чаң же абанын ичиндеги тумандын тамчылары) таралган газдарда да байкоону жасоого болот.

Бул тажрийбалар молекулярдык кыймылды түздөн-түз байкоону абдан жакындатып келтиришет.

62. Молекулярдык-кинетикалык теория. Катуу нерселерди (муздун, иоддун, камфоранын, нафталиндин) жана суюктуктардын бууланышынын дайыма болуп турган кубулушу, диффузиянын өтө көп таралган кубулуштары жана броундун кыймылы — бардык үч абалда турган нерселердин ичиндеги молекулалардын туруктуу кыймылын таануу үчүн жеткиликтүү негиз беришет. Ошондуктан заттын курулушу жөнүндөгү азыркы окуу төмөнкү негизги тыянакка алып келет: *нерселер иретсиз тынымсыз кыймылда турган молекулалардан түзүлүшөт.*

Катуу нерселердеги диффузиянын акырын болушу жана катуу нерселердин формалары менен көлөмүнүн турактуулугу — катуу нерселердин молекулалары өздөрүнүн тең салмактуулук абалынын жанындагы күүлөнүшү кичине болгон термелишти жасап, өтө кичине жолдорду өтүүгө жөндөмдүү деген болжолго алып келишет. Суюктуктардын диффузиясынын өтө ылдамдуулугу, алардын аракеттенишине оңтойлуулугу жөнүндөгү жана молекулалардын топторунун бири бирине караганда ордунан которулууга жөндөмдүүлүгү жөнүндөгү корутундуга алып келишет. Газдын эң тез болгон диффузиясы, анын кеңейүүгө жөндөмдүүлүгү — газдын молекулалары мүмкүн болгон ар кандай багыттарды карай тынымсыз кириш кыймылда болот дегенди кабыл алууга аргасыз кылышат; бул түз сызыктуу которулуп орун алууда молекулалардын бири-бири менен жана газ идишке салынган болсо, идиштин капталдары менен урунушуулары мүмкүн, ар бир жолу урунууларда молекуланын жолу өзгөрөт. Газдарда жана суюктуктарда молекулалардын айлануу кыймылы болуу мүмкүн.

63. Жылуулук абалды молекулярдык-кинетикалык теория боюнча түшүндүрүү. Диффузиянын ылдамдашынын температура аркасында жогорулашы жылуулук абалдын жана молекулалардын кыймылынын ылдамдыктарынын байланышы бар экендигин көрсөтөт. Нерсенин температурасын жогорулатуу — молекулалардын кыймылынын ылдамдыгын күчөтүү деген болот.

Эгерде биз кандайда болсо бир жол менен молекулалардын иретсиз кыймылынын ылдамдыгын күчөтсөк, анда нерсенин температурасы жогорулайт.

Нерсенин жылуулук абалы анын молекулаларынын иретсиз кыймылы менен байланыштуу.

Жылуулук кубулуштары нерсенин молекулаларынын механикалык кыймылы менен байланышкан болсо да, *жылуулук бүт бойдон эле молекулалык-механикалык кыймылдан ке-*

лип чыгат деп айтууга болбойт. Ар бир айрым молекуланын кыймылы жылуулук кубулушун түзбөйт.

Жылуулук кубулушунун келип чыгышы үчүн ага катышуучу абдан көп молекулалар зарыл болот. Бирок өтө көп же массалык деген бул бир белги да, жылуулук кубулушун түзүүгө жетишсиз болот. Молекулалардын жылуулук кыймылдары тартиби жок, баш аламан болот; молекулалардын кыймылында эч бир багыт боюнча да кандайдыр бир басымдуулук жок; кыймылдар үчүн бардык багыттар тең мүмкүн, бирдей баалуу болот.

Жылуулук дегенибиз — механикалык кыймылга салыштырганда татаалыраак формадагы кыймыл экендиги бул талкуулоодон көрүнүп турат.

Эгерде бир молекула болсо да, кала берсе анын кандайдыр бир бөлүгү болсо да, кыймылдаса, б. а. кинетикалык энергияга ээ болсо, мында механикалык кыймыл өзүнүн бардык закондору менен орун алат.

Жылуулук кубулушунун жашашы үчүн кичине бөлүктөрдүн механикалык кыймылынын бар болушу зарыл болуу гана эмес, мында кыймылга катышуучулардын абдан көп болушу жана алардын кыймылынын баш аламандыгы керек болот. Ошондуктан механиканы үйрөнгөн кездеги колдонулгандарга караганда жылуулук кыймылын үйрөнүүнүн башка амалдарына алып келет.

Жылуулук молекулалардын кинетикалык энергиясы менен байланыштуу деген жобонун кубатталышы жакында, жылуулук кубулуштарын текшергенде кезигет. Бирок жогоруда айтылган бир кубулуш өзүнүн түшүндүрүүсүн мына ушундан табат. Нерселердин кинетикалык энергиясы, чекенелеп болсо да, сүрүлүүнүн аркасында жылуулукка өткөнүн биз жогоруда көрдүк.

Нерсенин механикалык кыймылы кезинде, анын бардык точкалары белгилүү траекторияларды чийишет: алга умтулган кыймылы кезинде — параллел сызыктарды; (эгерде молекулалык кыймыл аркасында кыйшаюуларды эсепке албасак) айлануучу кыймылда — борбордош айланаларды сызышат ж. б.

Кинетикалык энергия жылуулукка өткөн кезде нерсенин так уюшулган кыймылы молекулалардын уюшулбаган, тартипсиз кыймылдарына өтүшөт.

Биллион, биллиондогон молекулалар болгон кезде, бардык молекулалардын бир убакыттын ичинде белгилүү бир багытты карай болуучу кыймылына караганда, ар кандай багыттарды карай боло турган кыймылдардын келип чыгышы мүмкүнүрөөк боло турган иш.

Молекулалардын кыймылынын эки түрүнүн — тартиптелгенинин жана тартиптелбегенинин — ичинен баш аламан (тартиптелбеген) кыймылдар көбүнчө боло турган кыймылдар болуп эсептелет.

Демек — материянын кыймылынын жылуулук формасы нерсенин эң майда бөлүкчөлөрүнүн баш аламан кыймылы болуу аркасында, ал кыймылдын башка формаларынан ажырайт.

Жылуулук кубулуштарын, нерсенин айрым бөлүкчөлөрүнүн кыймылынын негизинде түшүндүрүүнү, азыркы кинетикалык теориянын негизин түзүүчү, орустун улуу окумуштуусу Ломоносов биринчи жолу айткан.

Илим Академиясына жасаган өзүнүн докладында ал: „Арестотелдин элементардык оту же жаңы илимпоздордун штили боюнча, бир нерседен экинчи нерсеге өтүп эч кандай болорболбос ыктымал, себеби жок боло туруп эле каңгып жүрүүчү жылуулук чыгаруучу өзгөчө материя деген, — жалаң кыялын нерсе экендигин мен далилдедим („Жылуулук жана суутук себиби жөнүндө ой жүгүртүү") жана от менен жылуулук, нерсенин өзүн түзүүчү өзгөчө материянын бөлүкчөлөрүнүн коловраттык кыймылы экендигин ошону менен бирге кубаттаймын".

Мына ушул бөлүкчөлөрдүн ички кыймылдары менен Ломоносов жылуулуктун бир нерседен экинчи нерсеге өтүшүн, катуу нерселердин эришин жана суюктуктардын буга айланышын түшүндүрөт.

Михаил Васильевич Ломоносов (1711—1765) — орус табийгат илиминин негизин салган гениалдуу орус окумуштуусу. Анда айрыкча күч менен орус калкына таандык болгон терендик жана таланттын көп кырдуулугу ачылды. М. В. Ломоносов балыкчы-дыйкандын баласы болгон; ал 19 жашында гана окууга мүмкүндүк алган. Бирок 34 жашында эле Россия илим Академиясынын анык мүчөсү болду.

М. В. Ломоносов өз заманында батыш европалык илимден ондогон жылдар алдыга кеткен. Ал азыркы табийгат илиминин бардыгы негизделип турган, жаратылыштын негизги закону — энергиянын сакталыш законун биринчи жолу айткан. Батыш Европа окумуштуулары, Ломоносовдун иштеринен 100 жылга жакын убакыт өткөндөн кийин гана бул законду таануга келишти. Химияга сан методдорун киргизүүдөгү эмгек сиңиргендикти дайыма француз химиги Лавуазьеге караштуу деп эсептөөчү эле. Бирок Лавуазьеден көп мурун эле Ломоносов таразаны химиянын негизи кылган. Ломоносов Лавуазьеге чейин көп убакыт илгери, илимде биринчи жолу химиялык реакцияларды заттардын жоголбостугун экспериментальдык далилдеген жана ошентип ал заттын сакталыш законун чыгаруучу болгон. Ломоносов материянын кинетикалык теориясынын толук эмес чыгармасын биринчи жолу берген. Ал жаңы илим — физикалык-химиянын негизин салды. Ал эң көп санда астрономиялык байкоолор жүргүзгөн жана биринчи жолу Венерада атмосфера бардыгын айкындаган; алар түрдүү оптикалык куралдардын конструкциясын жасады, атмосфера-

лык электричествону изилдеп, жарыктын теориясын ж. б. иштеп чыгарган.

Ломоносовдун геология областындагы иштеринин айрыкча зор мааниси болду. Ломоносов биринчи жолу жердин кабыгындагы тынымсыз жүрүүчү өзгөрүштөр тууралу пикирди өрчүтүп жана жаратылышка тарихий көз менен кароону көрсөттү. Мында дагы Ломоносов батыш Европа илиминен көп алдыда болучу. Жердин жана жер катмарларынын өзгөрүш идеясына батыш Европа окумуштуулары, андан бир кылымдай кийин таанууга келишти.

М. В. Ломоносовдун илим чыгармачылыгы, анын кызыгышынын артыкча кеңирилиги менен таң калтырат жана бардыгында эмнеге гана ал тийишпесин М. В. Ломоносов эстен кетпес из калтырды. Ал Улуу түндүк дарыя жолунун проектин чыгарды, тоо иштери жана металлургия жөнүндө эмгектер жазды, айнек фабрикасына жетекчилик кылды жана түстүү айнек технологиясын иштеп чыгарган.

М. В. Ломоносов өз заманынын көрүнүктүү акыны болучу; ал орус тилин реформалады жана азыркы орус грамматикасын негиздөөчү болду. М. В. Ломоносовдун проекти боюнча Россияда биринчи Москва университети түзүлдү.

М. В. Ломоносов орус элин абдан сүйгөн, өзүнүн улуттук таламдарын туруктуу сактаган, көрүнүктүү коомдук ишмер болучу.

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Молекула деген, атом деген эмне?
2. Илинишүү күчтөрү деп эмнеге айтылат жана алар эмнеден көрүнөт?
3. Диффузия эмнеден көрүнөт?
4. Молекулярдык-кинетикалык теориянын негизги белгилери кандай болушат?

Адабият. Перельман, Физикалык хрестоматия, I чыгарылышы (тиешелүү статьялары). Перрен, Броундун кыймылы жана молекулалардын чындыгы. Ми, молекулалар, атомдор, дүйнөлүк эфир. Покровский. Г. И., Физикалык кубулуштардын негиздери, II жана IV глава. Муратов М., Ломоносовдун жаш чагы 1944, 122-бет.

2. ГАЗДАРДЫН КАСИЕТТЕРИ.

64. Газдар жөнүндөгү окуунун өрчүшү. Газдар жөнүндөгү илим, механика өзүнүн илим негизин алган ошол эле XVII кылымда башталган. Бул окуу китебинин I бөлүгүндө механиканын өрчүшүнүн тарихий очеркинде сүрөттөлгөн, замандын ошол эле өндүрүш керектөөлөрү газдар жөнүндөгү окуунун өрчүшүнө таасир кылган.

Металлды өтө көп керектөөлөр иштелип жаткан кендерди терендетүүнүн зарылдыгына алып келген. Мындай терендегенде соруучу насостор сууну тартып чыгара албай турган болуп калышкан, анткени — алар сууну 10 *м* ге гана көтөрө алышкан. Бул кыйынчылыктарды четтетүүнүн зарылдыгы окумуштууларды газдардын касиеттерин үйрөнүүгө аргасыз кылды.

Экинчи жагынан алганда өндүрүштө ошол кезге чейин жумшалып келген адамдын, айбандын, шамалдын жана суунун күчү сыяктуу кыймылдаткычтарга караганда күчтүүрөөк келген ... Жаңы өтө кубаттуу буу кыймылдаткыч куруу аракети окумуштууларды буулар жана аларга окшош газдардын[1] касиеттерин үйрөнүүгө аргасыз кылган.

Өндүрүштүн керектөөлөрү газдардын касиеттерин үйрөнүү милдетин окумуштуулардын алдына койгондон кийин, алардын көңүлү көбүнчө абага токтолгон.

Галилейдин окуучусу Торичелли XVII кылымдын башында атмосфералык басымды ченөөнүн жолун тапкандыгын (1-бөлүк) жана ошонун аркасында атмосфералык басымдын бар экендигинин талашсыз далилин бергенин билебиз. Ошол эле убакта Паскаль атмосфералык басымдын бийиктиктен өзгөрүшүн үйрөнгөн.

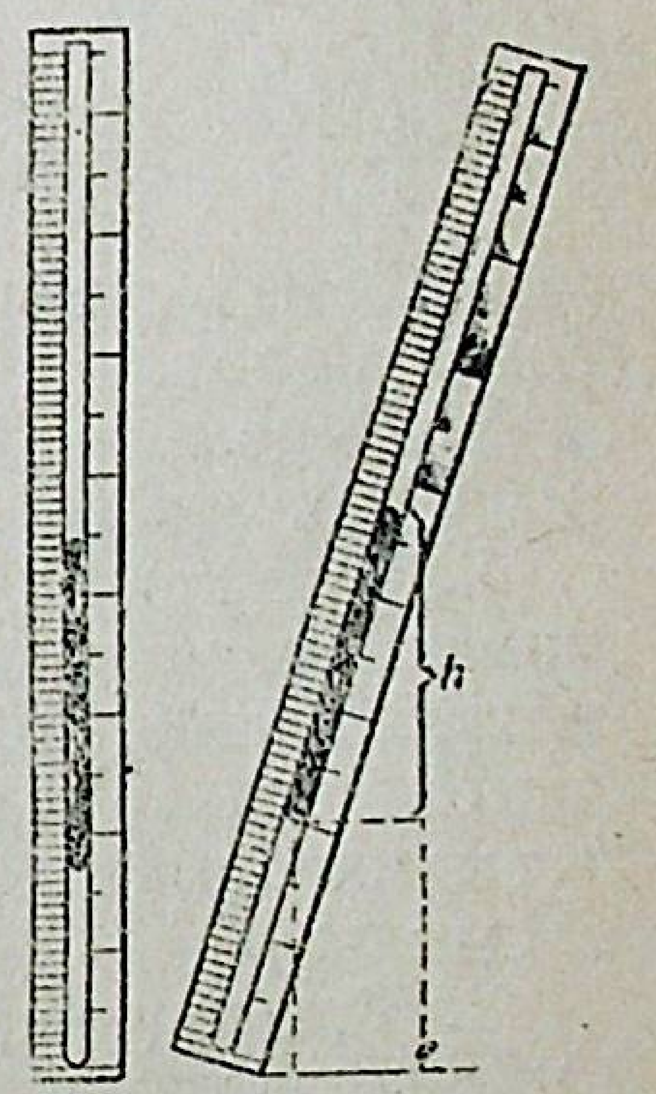
1650-жылда Герике аба насосун ойлоп чыгарган.

XVII кылымдын аягында механикалык жана жылуулук таасирлеринин аркасында газдардын (абанын) кысылуучулугу жана кеңейүүчүлүгү үйрөнүлө баштаган.

65. *7-лабораториялык иш.* Турактуу температура кезинде газдын ошол эле бир массасынын көлөмү менен басымынын ортосундагы өз ара катышты чыгаруу (Бойль-Мариоттун закону).

Куралдар: 1) Мельденин куралы; 2) масштаб; 3) бир барак миллиметрдик кагаз; 4) барометр — жалпы бардык топтор үчүн.

Иштин жүрүшү. Иш, түтүктүн түюкталган учу менен сымаптын арасындагы газдын ошол эле массасынын көлөмүн жана басымын ченөөгө алып келет. V көлөмүн эркибизче алынган бирдиктерде, мисалы, көлөмдүн бирдиги деп аба мамысынын 1 *мм* узундугуна туура келген көлөмдү алып ченөөгө болот; анда газдын көлөмүнүн шарттуу бирдиктеринин саны газ мамысынын узундугундагы миллиметрдин санына барабар болот (58-сүрөт).



58-сүрөт. Мельденин куралы.

Астында газ турган жана газдын өзү тең салмактуу кезинде идиштин капталдарына баскан p басымын, түтүктү горизонтко карата түрдүү жантык абалдарга коюп өзгөртүүгө болот. Ар кандай абалда газга тийген басым, атмосфералык басым H ты түтүктүн ичиндеги сымап мамысынын басымын кошконго барабар болот; сымап мамысынын басымы болсо, анын жогорку жана төмөнкү баштарынын арасындагы вертикаль боюнча деңгелдердин айырмасы менен ченелет. Эгер түтүктү ачык башын төмөн каратып айландырсак, түтүк ичиндеги газдын басымы, жогоруда айтылгандай эсептелген сымап мамысынын басымын чегергендеги H ка барабар болот. V жана p ортосундагы көз каран-

[1] „Газ" деген ат XVII кылымда ал убакта суюктукка айланбоочу бууларды белгилөө үчүн киргизилген болучу. „Газ" деген сөз „Хаос" деген гректин сөзүнөн алынган. Бул „байыркы, аңырайган" дегенди билдирет.

дылыкты табуу үчүн V жана p нын тиешелүү маанилеринин ар бир түгөйү үчүн алардын көбөйтүндүсүн эсептеп чыгаруу керек. Ошентип, иш, түтүктүн ар түрдүү кыйшаюусунун учурунда V жана p нын тиешелүү маанилеринин мүмкүн болушунча көп сандуу түгөйлөрүн алууга алып келет. Байкоолордун натийжаларын төмөнкү таблицага жазуу керек.

Тажрыйба №	Шарттуу бирдиктерде V көлөмү	Басым $p=H\pm h$ сымап мамысынын *мм* санында	Жүзгө чейинки тактык менен эсептеп чыгарылган pV нын көбөйтүндүсү	Эң чоң же эң кичине көбөйтүндүнүн орточодон ажыратуу проценти
1				
2				

Көлөмдү жана басымды ченөөнү төмөнкү жол менен иштөөгө болот.

1. Барометр боюнча атмосфералык басым H ты сымап мамысынын *мм* саны боюнча ченегиле.

2. Түтүктүн туюкталган учун ылдый каратып тик койгула; миллиметрдик кагаз боюнча аба мамысынын узундугун миллиметрлеп ченегиле жана миллиметрлердин санын шарттуу бирдиктердеги V көлөмү деп алгыла; сымап мамысынын узундугу h ты миллиметрлеп ченегиле; ченелген көлөмгө туура келген басымды $p=H+h$ *мм* сымап мамысын эсептеп чыгаргыла.

3. Түтүктү вертикалдан бир кыйла бурчка (мисалы 25° ка) кыйшайткыла; аба мамысынын узундугун миллиметрлеп масштаб боюнча ченегиле, андан V көлөмдүн чоңдугу келип чыгат; сымап мамысынын жогорку жана төмөнкү баштарынын ортосунда деңгелдердин айырмасын вертикаль боюнча ченегиле, мындан бул мамынын h басымы келип чыгат, бул учурда астында аба болгон басым $p=H+h$ ты эсептеп чыгаргыла.

4. Туюкталган учу ылдый жакта болгон түтүктүн эң кем дегенде дагы эки абалы үчүн мисалы, 50° жана 75° үчүн ченөөнү кайталагыла.

5. Түтүктү горизонталь койгула; V көлөмүн ченегиле. Бул учурда абанын басымы эмнеге барабар?

6. Түтүктүн, ачык башын ылдый каратып, аны горизонталь абалдан бир кыйла бурчка (25°) койгула, абанын көлөмүн жана сымап мамысы h тын эки башындагы деңгелдердин айырмасын вертикаль боюнча масштаб менен ченегиле, абанын $p=H-h$ басымын эсептеп чыгаргыла.

7. Түтүктүн, эң жок дегенде эки жантык абалы үчүн жана ачык башы ылдый караган вертикаль (тик) абалы үчүн ченөөлөрдү жана эсептеп чыгарууларды кайталагыла.

8. Бардык ченөөлөр үчүн pV нын орточо маанисин тапкыла жана эң чоң жана эң кичине көбөйтүндүлөрдүн орточодон ажыратылышып процент менен туюнтулгандагысын тапкыла. Бул ажырым чоңбу? Айрым көлөмдөр жана басымдар бир кыйла көрүнүктүү ажырымдуу болгон учурда pV көбөйтүндүсүн (байкоонун таксыздыгынын пределин эсепке алганда) турактуу деп эсептөөгө болобу?

9. Горизонталь окко V маанисин, вертикалга p маанисин салып, p жана V нын көз карандылыгынын графигин түзгүлө.

10. Турактуу температура кезинде газдын ошол эле бир массасынын көлөмү менен басымынын ортосундагы өз ара катыштык законун кандайча айтуу керек?

66. Бойль-Мариоттун закону. Өзгөрбөс температура кезинде газдын ошол эле бир массасынын басымы менен көлөмүнүн ортосундагы көз карандылыкты төмөнкү тажрийбада үйрөнүүгө болот.

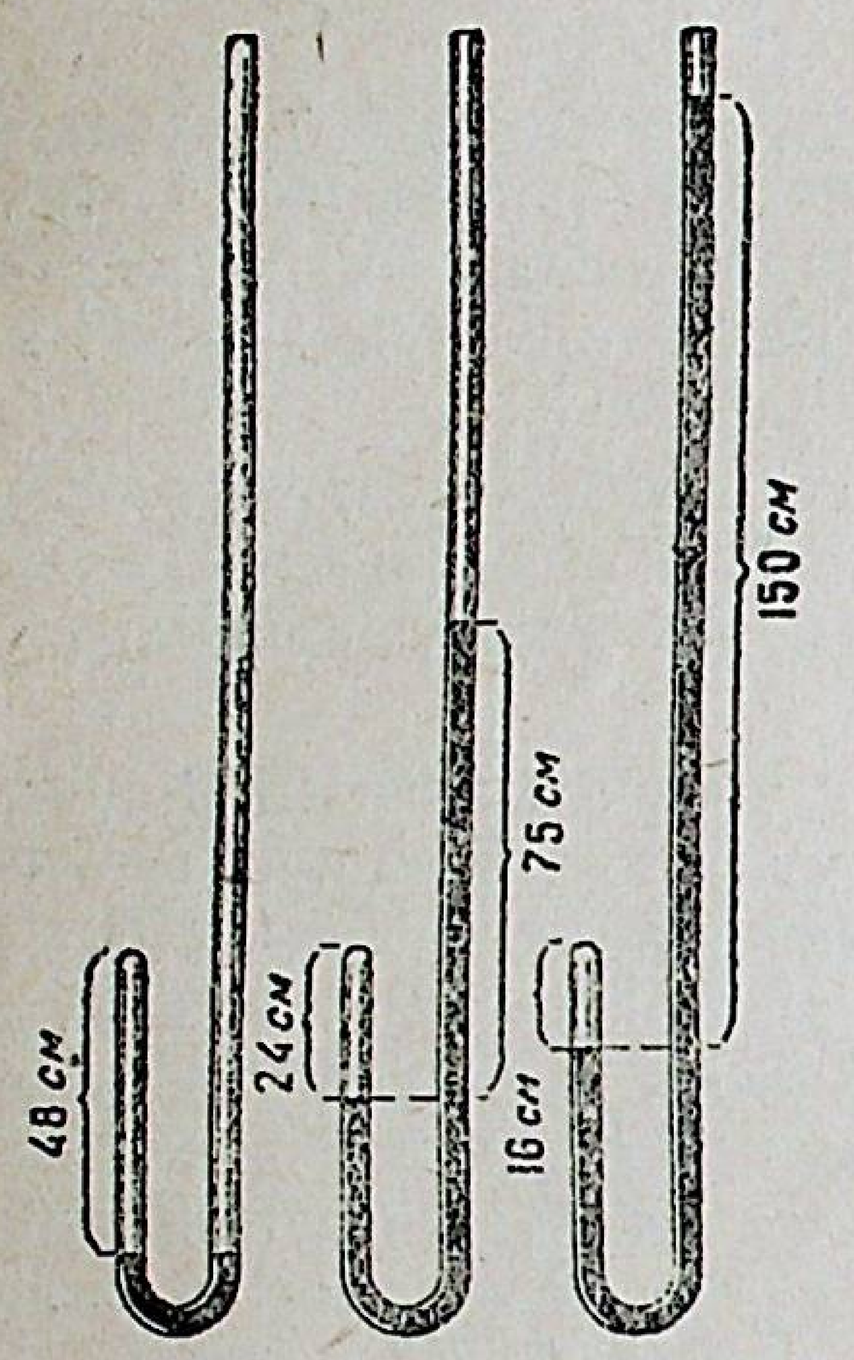
Кыска ийни ийилген узун айнек түтүктү алалы (59-сүрөт). Түтүктүн узун учу ачык, кыска учу туюк. 59-*а* сүрөттө көрсөтүлгөндөй, сымапты ийиндеринин экөөндөгү деңгел бирдей болгондой кылып куюп, биз сымап бөлүп турган көлөмдүн ичиндеги аба атмосфералык басымдын астында турат деп айта алабыз. Тажрийба жасалган кезде атмосфералык басым $p_1=75$ *см* болгон сымап мамысына барабар болсун дейли. Жабык ийининин ичиндеги аба эки эсе кичине көлөмдү алганга чейин сымап куябыз; $V_2=\dfrac{V_1}{2}$ (59-*б* сүрөт).

Ачык ийиндеги сымап мамысынын бийиктигин жабык ийиндеги деңгелдин үстүнөн алып өлчөсөк, 75 *см* сымап мамысы келип чыгат, ошентип жаңы көлөмдөгү аба $p_2=75$ *см* сым. мам. $+75$ *см* сым. мам. $=150$ *см* сым. мам., б. а. $p_2=2\,p_1$ басымында болгон.

Баштапкы көлөмдөгү үч эсе, $V_3=\dfrac{V_1}{3}$ ге чейин кыскандай кылып, сымапты дагы куйсак, анда анын үстүндөгү жалпы басым $p_3=225$ *см*. сым. мам., демек, $p_3=3\,p_1$ болот (59-*в* сүрөт).

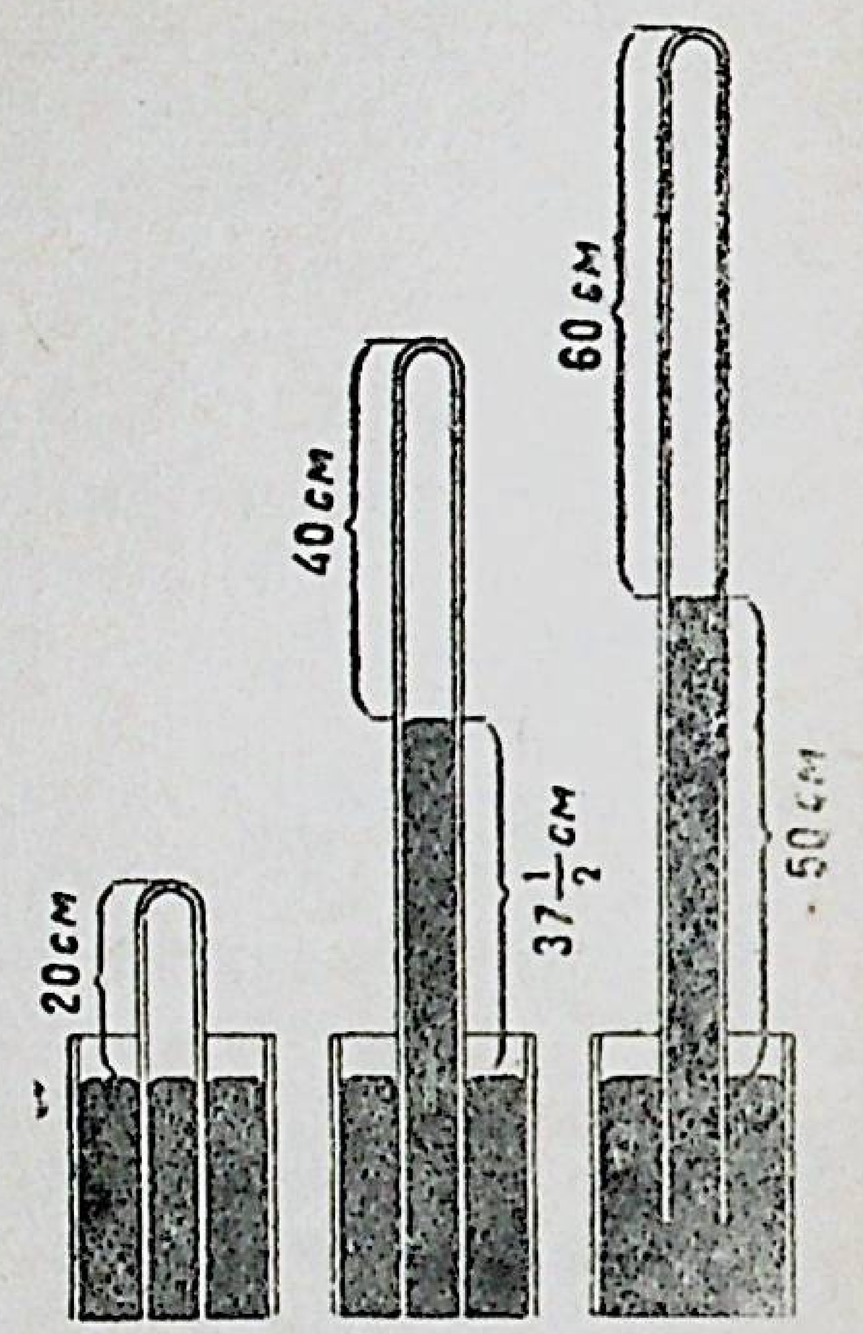
60-сүрөттө көрсөтүлгөн куралды алып, биз туюк жагы башында абасы бар туюк түтүктүн ичиндеги сымап менен кең ачык идиштеги сымап бир деңгелде тургандай кылып, түтүктү орнотобуз. Бул, түтүктүн ичиндеги аба атмосфералык басымдын астында болгондугунун белгиси болот. Түтүктүн ичиндеги аба баштапкы көлөмүнө караганда эки эсе чоң көлөмдү алгандай кылып түтүктү көтөрөбүз: $V_2=2\,V_1$. Анда сымап туюк ийинде көтөрүлөт жана ченөө көрсөткөндөй кең идиштеги деңгелден $37^1/_2$ *см* бийиктикте болуп калат. Демек — эми 75 *см* лик сымап мамысынын атмосфералык басымы эки эсе көбөй-

гөн көлөмдөгү абанын басымын жана $37^1/_2$ *см* келген сымап мамысынын басымын тең салмактап турат. Аба басымынын үлүшүнө атмосфералык басымдын жарымы гана, башкача айтканда $p_2 = \frac{p_1}{2}$ туура келет. Көлөм үч эсе көбөйгөнгө чейин



а б в

59-сүрөт. Үстүнө болгон басым чоңойгондо газдын көлөмү кичиреет.



60-сүрөт. Үстүнө болгон басым кичирейгенде газдын көлөмү чоңоёт.

түтүктү улам көтөрүп олтуруп, абасы бар түтүктүн ичиндеги жана сырткы идиштеги сымаптын деңгелдеринин айырмасын ченейли, ал 50 *см* ге барабар болуп чыгат. Демек — түтүктүн ичиндеги абанын басымы атмосфералык басымдын үчтөн бири (75 — 50), б. а. $p_3 = \frac{p_1}{3}$ болуп калат.

Бул эки катар тажрийбалардын натийжаларын салыштырып көрөлү:

Көлөмдүн кичирейиши:

Көлөм	V_1	$V_2 = \frac{V_1}{2}$,	$V_3 = \frac{V_1}{3}$.
Басым	p_1,	$p_2 = 2p_1$,	$p_3 = 3p_1$.
Көбөйтүндү	p_1V_1,	p_1V_1,	p_1V_1.

Көлөмдүн чоңоюшу:

Көлөм	V_1,	$V_2 = 2V_1$,	$V_3 = 3V_1$.
Басым	p_1,	$p_2 = \frac{p_1}{2}$,	$p_3 = \frac{p_1}{3}$.
Көбөйтүндү	p_1V_1,	p_1V_1,	p_1V_1.

Ушул сыяктуу тажрийбалардын негизинде англиялык физик Бойль 1662-жылда жана француз физиги Мариотт 1676-жылда, бири бирисиз эле төмөнкү законду табышкан. Ага булардын жалпы аты берилген. Ал закон мына бул:

Көлөмдү басымга көбөйткөндөгү көбөйтүндү — турактуу температура кезинде газдын ошол эле бир массасы үчүн турактуу чоңдук болот.

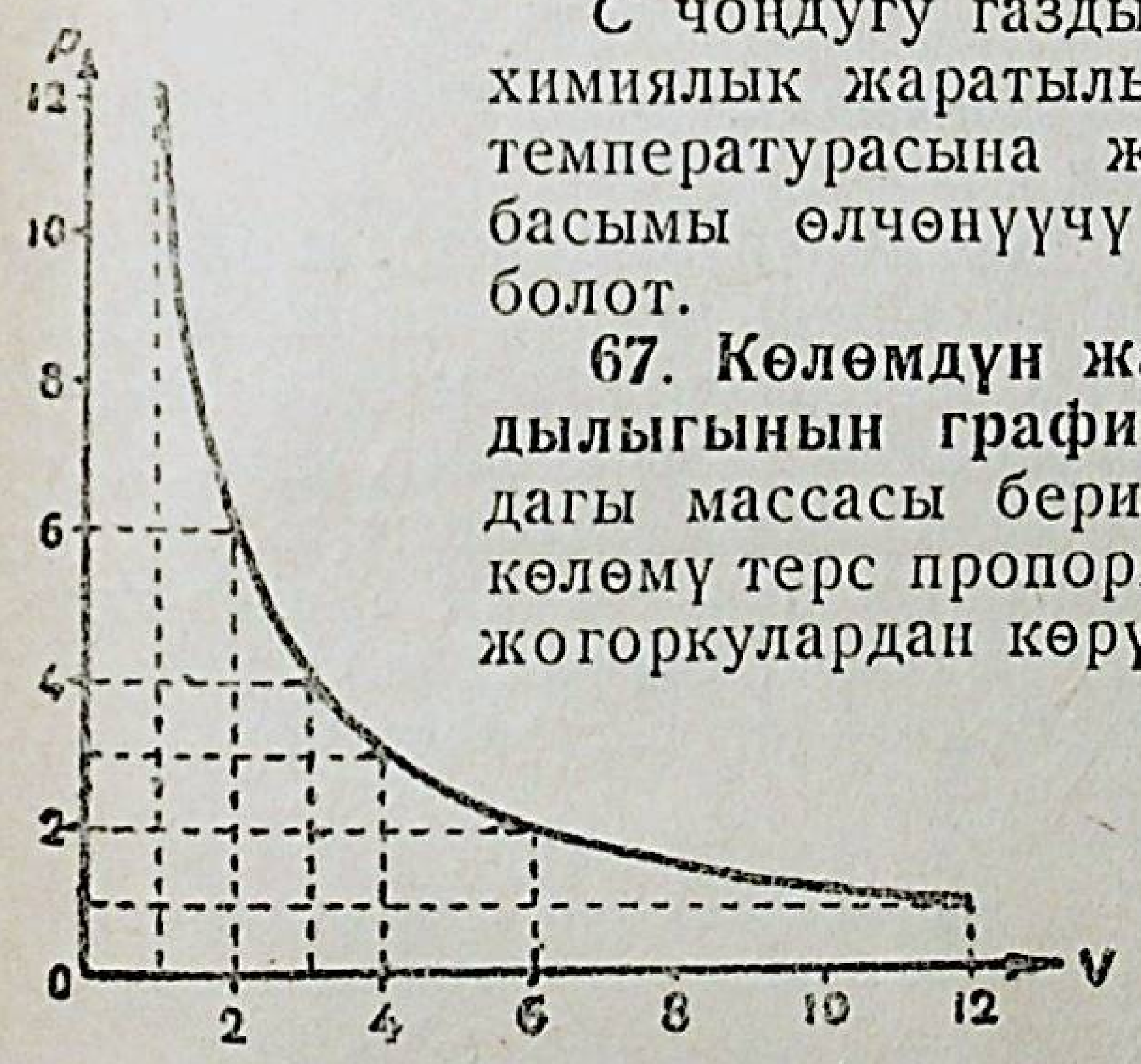
Эгерде газдын берилген *m* грамм массасынын көлөмүн *V* аркылуу, анын басымын *p* аркылуу белгилесек, анда закон төмөнкү математикалык туюнтманы алат. (Бойль-Мариоттун законунун формуласы):

$$\boxed{Vp = C} \quad (C — \text{турактуу чоңдук}). \qquad \text{(IX)}$$

Мында *C* тамгасы менен ар бир тажрийбадагы көбөйтүндүнүн турактуулук мааниси белгиленген. Ар түрдүү тажрийбаларда бул турактуу чоңдуктар ар түрдүү болууга мүмкүн.

C чоңдугу газдын алынган массасына анын химиялык жаратылышына, өлчөнгөн убактагы температурасына жана газдын көлөмү жана басымы өлчөнүүчү бирдиктерге көз каранды болот.

67. Көлөмдүн жана басымдын көз карандылыгынын графиги. Өзгөрбөс температурадагы массасы берилген газдын басымы менен көлөмү терс пропорциялаш чоңдуктар экендиги жогоркулардан көрүнүп турат. Эгерде эки чоңдук өз ара функциялык көз карандылык менен байланышкан болсо, анда бул көз карандылыкты координаталардын кайсы бир окторуна тиешелүү ийри сызык менен көрсөтүүгө болот (61-сүрөт).



61-сүрөт. Газдын көлөмүнөн басымынын көз карандылыгынын графиги.

Абсцисса огун көлөмдөр огу деп алып, анын үстүнө бир катар барабар кесиндилерди алабыз, мында бул кесиндилердин ар бири шарт менен көлөмдүн бирдигин көрсөтөт. Ордината огун басымдардын огу деп алып, анын үстүнө ошондой эле бир катар тең кесиндилерди алабыз, мында алардын ар бири шарт менен басымдын бирдигин көрсөтөт. $V = 12$ *л*, $p = 1$ *ат* учуру үчүн график түзөлү. Чиймеде төмөнкү маанилерге туура келген точкаларды табабыз:

$$\left.\begin{array}{l} p = 1,\ 2,\ 3,\ 4,\ 6,\ 12 \\ V = 12,\ 6,\ 4,\ 3,\ 2,\ 1 \end{array}\right| \; Vp = 12.$$

Табылган точкалар аркылуу сызык сызабыз.

Мындан келип чыккан ийри сызык геометрияда гипербола деп аталат. Физика жагынан ал газдын турактуу температура кезиндеги абалынын өзгөрүшүн көрсөтөт, ошондуктан изотерма[1] деп аталат.

68. Газдын тыгыздыгынын басымга көз карандылыгы. Газдын тыгыздыгы $D=\frac{m}{V}$ болгондуктан, $V=\frac{m}{D}$ жана $\frac{pm}{D}=$ $=C$, же $\frac{p}{D}=\frac{C}{m}$ болот.

C жана m турактуу чоңдук болгондуктан, $\frac{C}{m}$ да турактуу чоңдук болот, аны C_1 менен белгилейбиз; демек:

$$\boxed{\frac{p}{D}=C_1} \qquad \boxed{\frac{p_1}{p_2}=\frac{D_1}{D_2}}, \qquad (X)$$

б. а. газдын тыгыздыгы анын турактуу температурадагы басымына түз пропорциялаш болот.

Бойль-Мариоттун закону чын көрүнүшкө карата биринчи жакындоо гана болуп, чамалуу закон экенин кийинки изилдөөлөр көрсөттү. Ал гана эмес кичине эле басымдар кезинде да pV көбөйтүндүсү турактуу болуп кала албайт, мында бир газдар жана бирдей басымдарда Бойль-Мариоттун закону боюнча келип чыгууга караганда күчтүүрөөк кысылышат, экинчи газдар начарыраак кысылышат; бир кыйла чоң басымдарда, 100 *ат* дан жогорураак болгондо, четтөөлөр чоң болуп чыгат.

Бойль-Мариоттун законунан тышкары чыгуу таблицасы.

V	Аба		Углекислый газ		Водород	
	p	pV	p	pV	p	pV
1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
$^1/_2$	1,9978	0,9989	1,9829	0,9914	2,0011	1,0006
$^1/_8$	7,9457	0,9932	7,5194	0,9399	9,0339	1,0042
$^1/_{20}$	19,7199	0,9860	16,7054	0,8353	20,2687	1,0134

68а. Бойль-Мариоттун законунун негизинде маселелерди чыгаруу. Бойль-Мариоттун законундагы негизги маселелер берилген үч маалумат боюнча бир чоңдукту издеп табуудан турат; ошентип төрт негизги учур болуу мүмкүн. Шарттарды жазууну жана маселени чыгарууну төмөнкү жол менен алып баруу ыңгайлуу болот.

Тамгалуу мисал. V көлөмүндөгү жана p басымындагы газ берилген. Эгерде аны p_1 басымда алсак, анын ошол эле температурадагы жаңы көлөмүн табуу керек:

	Көлөм	Басымы
Башталгычтары	V	p
Акыркылары	x	p_1

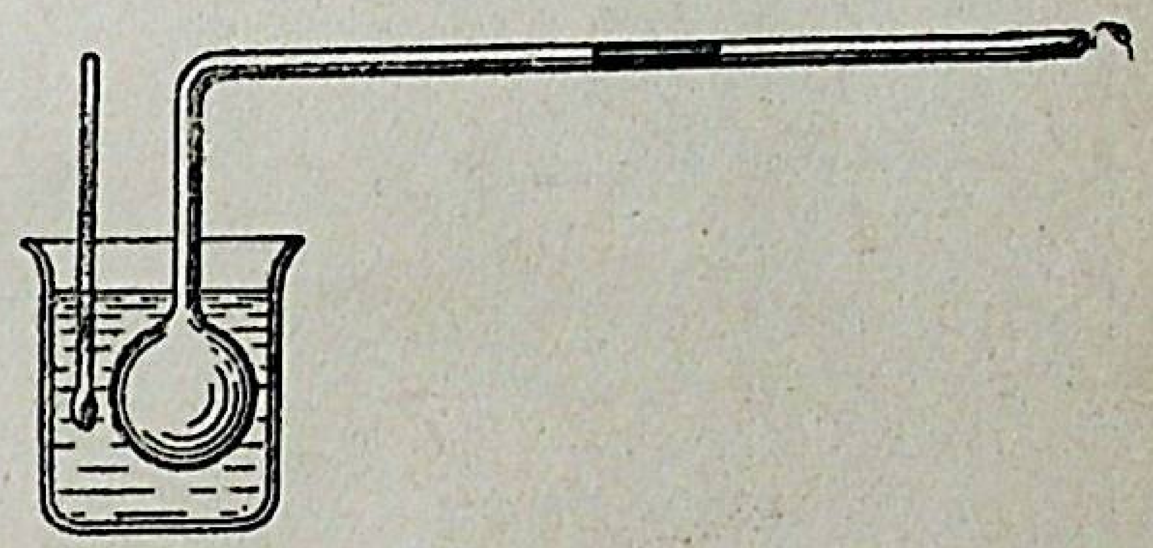
$$xp_1=Vp;\quad x=\frac{Vp}{p_1}.$$

Сандуу мисал. 75 *см* сымап мамысынын басымында 15 *л* көлөмүндөгү газ 12 *л* көлөмгө чейин кысылган (ошол эле температурада). Анын жаңы басымы кандай?

$$\left.\begin{matrix}15\ л — 75\ см \\ 12\ „ — x\ \ „\end{matrix}\right\}\ 12\cdot x=15\cdot 75;\quad x=\frac{15\cdot 75}{12};\quad x=93{,}75\ см\ \text{сым. мам.}$$

69. Гей-Люссактын закону. Газдардын кеңишинин коэфициентин ченөө үчүн дилатометр деп аталган куралдан пайдаланышат (латиндин дилатере — кеңитүү деген сөзүнөн алынган).

Дилатометр дегенибиз (62-сүрөт) айнек шар болуп, ага кууш айнек түтүк тик бурч болуп данекерленген. Шардын көлөмү жана түтүктүн кесилиши абдан жакшылап ченелген. Изилдене турган газ же аба (нымдын изи да калтырылбастан) шарга толтурулат. Андан кийин түтүктүн горизонталь бөлүгүнө бир тамчы начар буулана турган суюктук жиберилип, ал изилденүүчү газдын көлөмүн бөлүп турат. Адегенде шарды эрип турган музга салып, бир тамчы суюктук турган жерге чейинки газдын көлөмүн 0° кезинде ченешет.



62-сүрөт. Дилатометр.

Шарды ысытылган сууга салып, сууга малынган термометр аркылуу суунун, демек — газдын температурасын ченешет. Андан кийин ошол эле атмосфералык басымдагы газдын ошол эле саны алып турган жаңы көлөмдү ченешет. Дилатометрдин өзүнүн кичине эле кеңишин эске албай койсо да болот.

Мына ушулардан келип чыккан маалыматтар өзгөрүлбөс басым кезинде газдардын көлөмдүк кеңейүүнүн коэфициентин (§ 54-нү карагыла) эсептеп чыгарууга мүмкүндүк беришет.

Гей-Люссак газдардын кеңейишин чебердик менен изилдөөлөрүнөн 1802-жылы бардык газдар үчүн көлөм турактуу басым кезинде 1° ка жылытуудан 0° кезиндеги баштапкы көлөмдүн ошол эле бир бөлүгүнө өсө тургандыгын тапкан. Ошон-

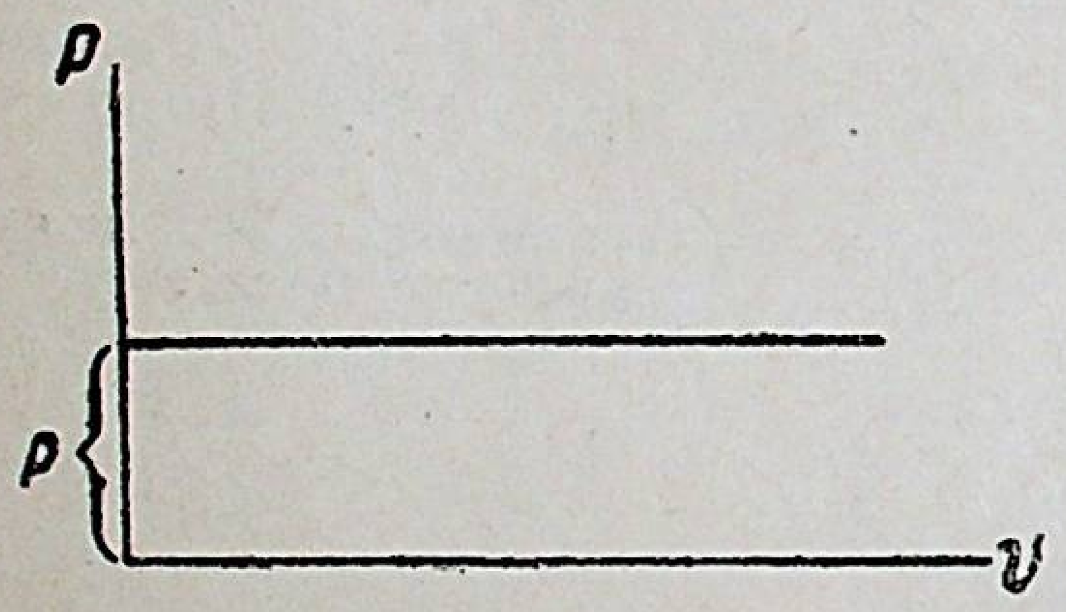
[1] Грекче изос деген сөз — барабар деген маанини берет.

дуктан Гей-Люссактын закону төмөнкү туюнтманы алат: ***бардык газдардын турактуу басым кезиндеги көлөмдүк кеңишинин коэфициенти бирдей жана*** $\beta = \frac{1}{273} = 0{,}00366$[1] га барабар. Газдын көлөмү каалаган температура t да $V = V_0(1+\beta t)$ (§ 54-нү карагыла) формулада туюнтулат.

Гей-Люссактын закону да жакындатылган закон болот. Гей-Люссактан кийин жасалган изилдөөлөр, түрдүү газдардын көлөмдүк кеңишинин коэфициенттери, аз гана болсо да, бири биринен ажырала тургандыгын көрсөттү, атап айтканда:

Азот үчүн . . .	$\beta =$ 0,00367	Гелий үчүн	$\beta =$	0,00366
Аммиак „ . . .	0,00380	Кислород „ . . .		0,00367
Водород „ . . .	0,00366	Күкүрттүү ангидрид үчүн		0,00385
Аба „ . . .	0,00367	Углекислый газы үчүн .		0,00373

Газды ысытканда турактуу басым кезинде басым p нин ошол эле бир маанисине көлөм V нин толуп жаткан мааниси туура келет. Эгер абсциссалардын огуна көлөмдүн маанилери, ал эми ординаталар огуна басымдын туура келген маанилери чечеп коюла турган болсо, анда көлөм өзгөрүүгө жараша басымдын өзгөрүшүн көрсөтүүчү график бул учурда абсциссалардын огуна параллель болгон түз сызык түрүндө келип чыгат (63-сүрөт).



63-сүрөт. Изобара.

Бул график и з о б а р а[2] деп аталат, ал эми процесстин өзү и з о б а р а л ы к деп аталат.

70. 8-лабораториялык иш. Абанын көлөмдүк кеңишинин (турактуу басым кезинде) коэфициентин ченөө.

К у р а л д а р: 1) узундугу 30 *см* ге жакын жана диаметри 2,5 *мм* болгон айнек түтүк (64-сүрөт); түтүктүн бир учу туюкталган жана чамалап алганда, орто ченине анчалык чоң эмес сымап мамысы орундаштырылып, ал аба мамысын бекитип турат; 2) термометр; 3) айнектен жасалган кенен түтүк; 4) масштаб; 5) ысык суусу бар чайнек; 6) эрип турган муз.

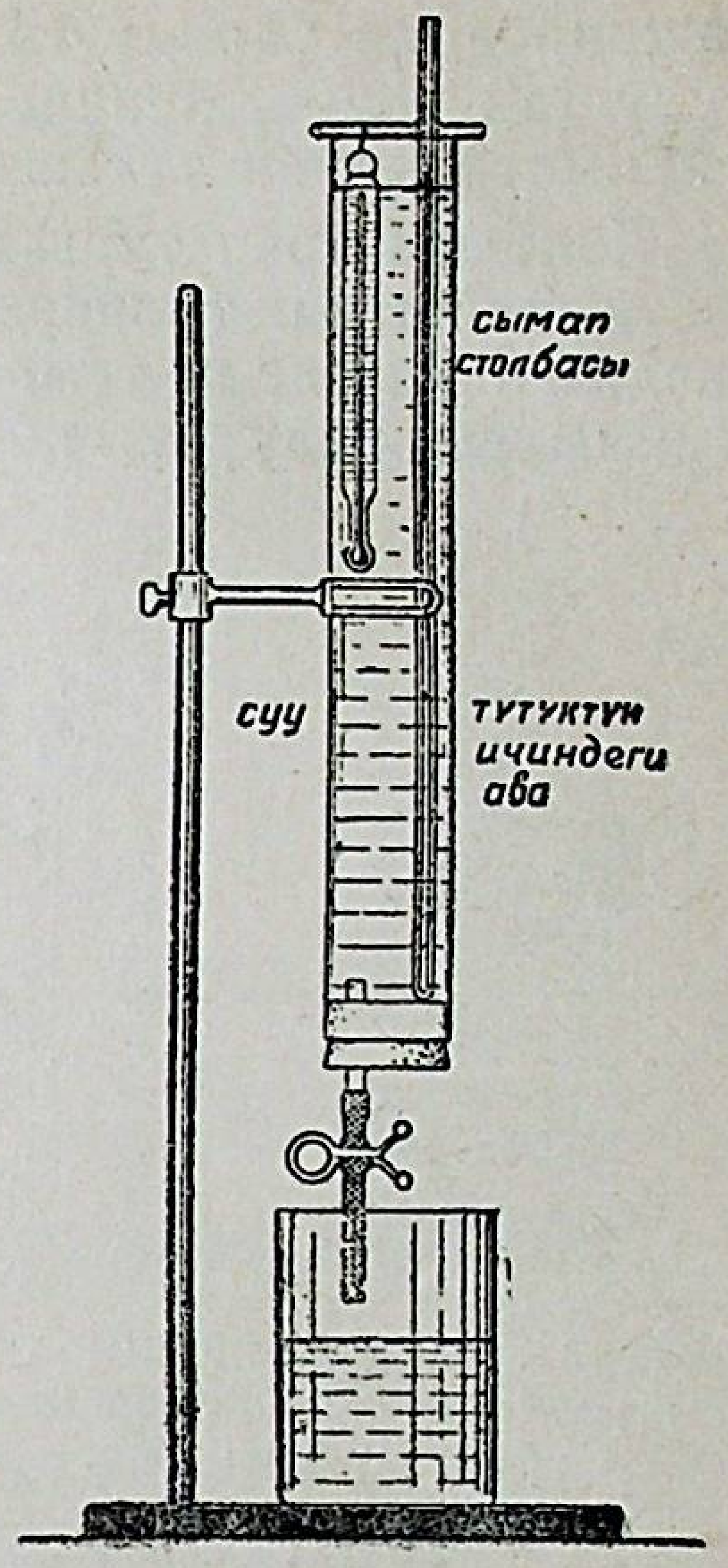
И ш т и н ж у р у ш у. 1. Масштаб боюнча түтүктүн бүткүл узундугу L *мм* ди жана сымап мамысынын узундугу l *мм* ди ченегиле.

2. Кенен түтүктүн ичине эрип турган музду салгыла же ал жок болсо муздак суу куйгула; кенен түтүккө куюлган сууга же музга термометрди жана бүтөлгөн башын ылдый келтирип абасы бар т ү т ү к т ү т и к е с и н е н (вертикаль) салгыла; суунун температурасын $t_0°$ жана түтүктүн ачык башынан тартып, сымап мамысынын үстүңкү учуна чейинки l_0 аралыкты жазгыла; абанын $V_0 = L - l - l_0$ көлөмүн шарттуу бирдиктерде эсептеп чыгаргыла.

3. Идишти эрип турган кардан же муздак суудан бошотуп, жылуу суу куйгула; анын ичине термометрди жана абалуу түтүктү салгыла; температура $t°$ ту жана түтүктүн ачык башынан сымап мамысын үстүңкү учуна чейинки l_1 аралыгын жазгыла; жаңы $V_1 = L - l - l_1$ көлөмүн эсептеп чыгаргыла.

4. Суунун 40° тан ашпаган түрдүү температуралары кезинде ченөөлөрдү кайталагыла.

5. Ченөөлөрдүн натийжаларын таблицага жазгыла.



64-сүрөт. 8-лабораториялык иш үчүн курал.

Түтүктүн узундугу $L = ...$ *мм*; сымап мамысынын узундугу $l = ...$ *мм*.

$t_0°$ кезинде түтүктүн аягынан сымап башталган жерге чейинки аралык $l_0 = ...$ *мм*. Башталгыч температура $t_0°$. Башталгыч көлөм $V_0 = L - l - l_0$.

Тажрийбанын №	Температура $t°$	Түтүктүн аягынан сымапка чейинки аралык l_1	Абанын көлөмү $V_1 = L - l - l_1$	Көлөмдөрдүн айырмасы $V_1 - V_0$	Температуралардын айырмасы $t - t_0$	Көлөмдүк кеңүүнүн коэфициенти $\beta = \frac{V_1 - V_0}{V_0(t - t_0)}$
				Ортосу . . .		

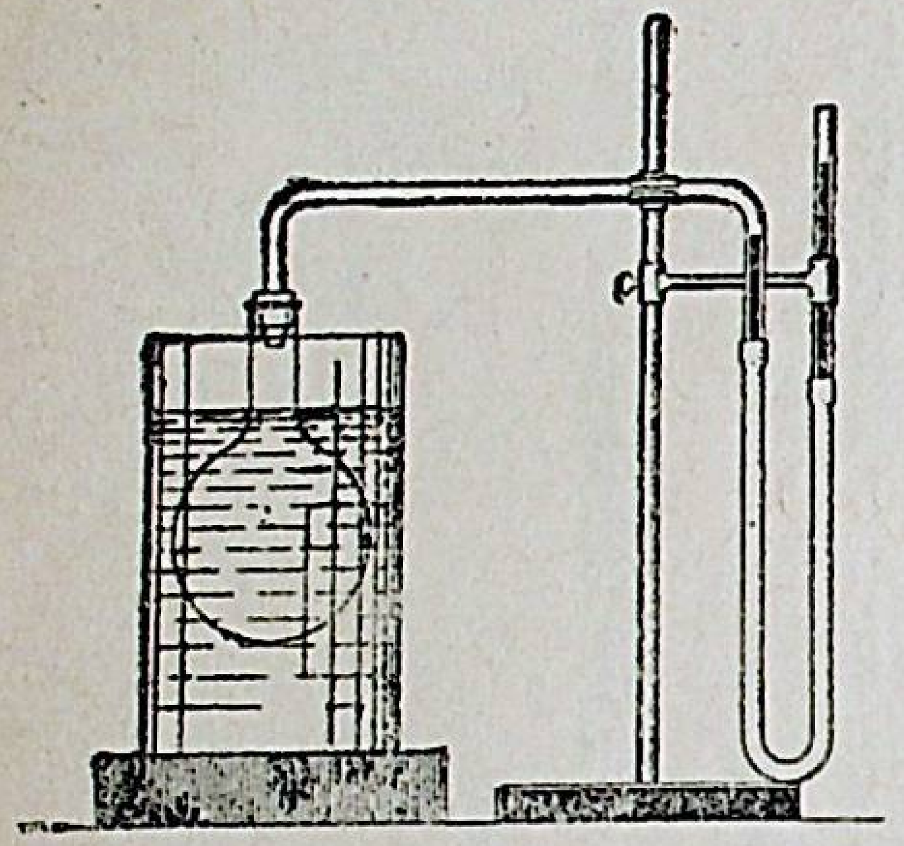
71. Газдардын басымынын термикалык коэфициенти.

Газ идиштин ичинде болгон кезинде (мисалы кислородду жана башка газдарды табуучу заводдордогу болот баллондордун ичинде болгон кезде), температура өзгөргөн кезде анын көлөмү өзгөрбөйт (идиштин көлөмүнүн бир аз өзгөрүшү эсепке алынбайт). Мындай учурда температуранын өзгөрүшүнөн газдын басымы өзгөрөт.

[1] Келтирилген санды андан кийинки изилдөөчүлөр берген.
[2] И з о с — барабар; б а р ю с — оор деген сөздөрдөн.

Газдын басымы температурага көз каранды экенин төмөнкү тажрыйбадан үйрөнүүгө болот. Ичине аба же башка газ толтурулган колба, ичиндеги суюктуктун ордуна сымап куюлган манометр менен туташтырылат (65-сүрөт).

Колбаны эрип турган муз салынган идиштин ичине коюшат, идиштин температурасы, демек — колбанын ичиндеги газдын башталгыч температурасы 0° ка барабар. Манометрдин кыймылга келүүчү ийнин которуп олтуруп, ийиндеринин экөөндөгү сымаптын деңгелин бир деңгелге коюшат. Ошондо колбанын ичиндеги газдын p_0 басымы жана газдын өзүнүн идиштин капталдарына болгон басымы атмосфералык басымга барабар болот.



65-сүрөт. Газдын басымы температурага көз каранды экенин үйрөнүү үчүн курал.

Кандай да болсо бир көрсөткүч аркылуу манометрдин кыймылсыз ийниндеги сымаптын деңгелин белгилешет жана ошол аркылуу газ алып турган көлөмдү белгилешет. Колбанын астындагы муз салынган идишти жылдырып, колбанын астына, колба баткандай кылып жылуу суу куюлган башка идишти коёбуз.

Манометрдин кыймылга келүүчү ийнин кайтадан которуп олтуруп, газды баштагы көлөмүн алууга аргасыз кылып, кыймылсыз ийниндеги сымаптын деңгелин көрсөткүчкө алып келишет. Эми эки ийиндериндеги сымап мамыларынын бети бир деңгелде турушпайт: ачык ийниндеги сымап, газ менен туташкан ийниндегиге караганда жогору турат; эки мамынын бийиктигинин айырмасы h болсун дейлик. Демек — эми газда атмосфералык басым менен сымап мамысынын h басымынын суммасына барабар болгон жаңы p_t басымы бар болот. Суунун t температурасын ченеп, 0° кезиндеги башталгыч басымдын ар бир бирдигин 1° ка жылытуудан кандай бөлүккө өзгөргөнүн эсептеп чыгарууга болот.

0° кезиндеги башталгыч басымдын ар бир бирдиги турактуу көлөм кезинде 1° ка жылытуудан кандай бөлүккө өзгөрө тургандыгын көрсөтүүчү сан, басымдын термикалык коэфициенти деп аталат.

Басымдын термикалык коэфициенттерин ченөөнү биринчи жолу 1787-жылда француз Шарль жасап, законду тапкан, ал законго анын аты коюлган: *басымдын термикалык коэфициенттери турактуу көлөм кезинде бардык газдар үчүн өз ара барабар болот.*

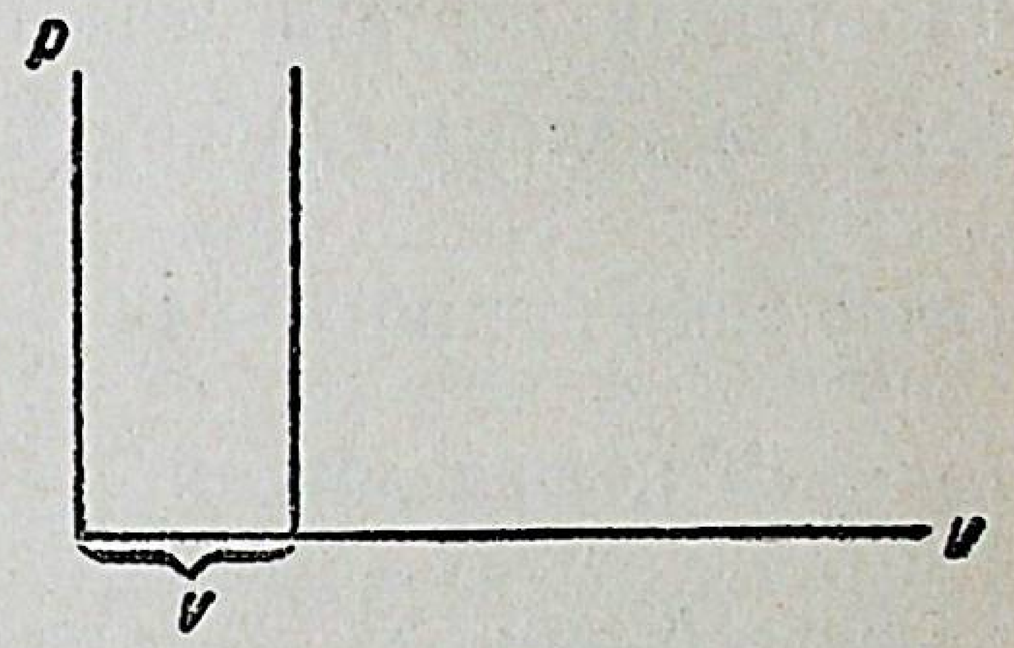
Эгерде басымдын коэфициентин β аркылуу белгилесек, анда:

$$\beta = \frac{p_t - p_0}{p_0 t}; \qquad \boxed{p_t = p_0(1+\beta t)} \ \text{болот.} \qquad (XI)$$

Турактуу басым кезиндеги газдардын көлөмүнүн кеңүүнүн коэфициенти жана турактуу көлөм кезиндеги басымдын термикалык коэфициенти өз ара дал келген сандар менен туюнтулат.

Шарлдин закону да жакындатылган закон.

Көлөм турактуу кезинде газды жылытканда көлөмдүн ошол эле бир V маанисине p басымынын толуп жаткан маанилери туура келмекчи. Эгерде абсцисса огуна көлөмдүн маанилерин, ал эми ординаталардын огуна басымдын тиешелүү маанилерин өлчөп коё турган болсок, анда басымдын көлөмгө көз каранды экенин көрсөтүүчү график, бул учурда ординаталардын огуна параллель жаткан түз сызык түрүндө болуп чыгат (66-сүрөт).



66-сүрөт. Изохора.

Бул түз сызык изохора[1] деп аталат, ал эми бул процесстин өзү — изохордук деп аталат.

72. Идеал газ. Газдардын баарысы Бойль-Мариоттун жана Шарль-Гей-Люссактын закондорунан четтей тургандыгы жогоруда айтылган болучу. Газдын берилген массасынын көлөмдөрү турактуу температура кезинде басымга абдан дал келгендей тескери пропорциялаш түрдө өзгөрбөйт, түрдүү газдардын термикалык коэфициенттери бири биринен (билинер-билинбес болсо да) айырмасы болот жана түрдүү температура кезинде турактуу болуп тура беришпейт. *Газдардын эки законуна тең так багына турган газ „идеал газ“ деп аталат.* Идеалдык газдын касиеттерине водород менен гелий баарыдан жакын келет.

Физикада чыныгы газдарга караганда идеалдык газдар үчүн закондорду жеңил көрсөтүүгө боло тургандыктан, идеалдык газдын закондору каралат.

Идеалдык газ үчүн табылган закондорго, чыныгы же реалдык газдарга туура келе тургандай кылып ондоолор киргизилет.

73. Газ термометри. Жогоруда баяндалган (65-сүрөт), колбасына водород толтурулган куралга окшош курал газ водород термометри катарында кызмат кыла алат. Температурасы

[1] Изос-барабар; хора-орун (грекче).

ченеле турган заттын ичине колба матырылат; манометрдин ачык ийнин ары-бери жылдырганда газ ошол эле бир көлөмгө келет; атмосфералык басым жана сымап мамыларынын айырмасы боюнча колба ичиндеги газдын басымы ченелет жана формула (XI) боюнча температура эсептелип чыгарылат. Газ термометринен илимий изилдөөлөрдө пайдаланышат жана башка термометрлерди аны менен салыштырышат.

74. Абсолюттук температура. Температура азайганда, туруктуу көлөмдө турган газдын басымы да кемигендиги (XI) формуладан көрүнүп турат. Мисалы, эгерде 0° кезиндеги берилген көлөмдөгү басымы $1\,\frac{кГ}{см^2}$ болсо, анда $t=-1°$ кезинде анын басымы $1\cdot\left(1-\frac{1}{273}\right)=\frac{272}{273}$ ге барабар болот; $t=-10°$ кезинде, басым $\frac{263\,кГ}{273\,см^2}$ га барабар болот; $t=-100°$ кезинде, басым $\frac{173\,кГ}{273\,см^2}$ га барабар болот ж. б.

Туруктуу көлөмдөгү газдын басымы кайсы температура кезинде 0 га айлана алат, — деген суроону алдыга коюуга болот. Бул температураны x аркылуу белгилеп жана $p_t=0$ деп алып, (XI) формуладан төмөнкүнү табабыз:

$$0=p_0(1+\beta x);\ 1+\beta x=0;\ x=-\frac{1}{\beta};\ \beta=\frac{1}{273};\ x=-273°.$$

Демек, — 273° С температурасы кезинде идеал газдын басымы 0 га айланар эле. Газдын басымы — газ молекулаларынын кыймылынын жана мына ушундан идиштин капталдарына тийген урунуулардын натийжасы болот. Ошентип, температура — 273°С кезинде идеал газдын молекулаларынын и л г е р и л ө ө кыймылы токтолор эле деп эсептөө керек. Ошондуктан — 273°С ***температуралардын абсолюттук нуль температурасы деп кабыл алынган. Абсолюттук нулдан тартып эсептеле турган температуралар абсолюттук деп аталат.***

Эгерде температура Ц е л ь с и й боюнча — 110° ка; — 20° ка; 0° ка; + 37° ка; + 100° ка; + 150° ка барабар болсо, анда абсолюттук температуралар: 163°; 253°; 273°; 310°; 373°; 423° ка теңдеш барабар болот. Жалпы алганда, эгерде Ц е л ь с и й боюнча температураны t аркылуу, буга туура келген абсолюттук температураны T аркылуу белгилесек, анда бул сандардын ортосунда төмөнкүдөй өз ара катыш бар болуп чыгат: $T=273+t$ жана $t=T-273$ болот. 0°С ден төмөн 273° та жаткан температураны абсолюттук нуль деп алуу, $\beta=\frac{1}{273}$ коэфициентинин маанисине негизделген. $\beta=\frac{1}{273}$ коэфициентинин мааниси анчалык төмөн эмес температура кезиндеги ченөөлөрдөн келип чыккан орточосу деп табылган; бул кезде газдар идеал газы деп алынган.

Коэфициенттин бул мааниси эң эле төмөнкү температуралар үчүн өзгөрүүсүз сакталат деп болжолдоого негиз жок. Өтө төмөн болгон температуралар кезинде газдардын касиеттери өзгөрөт; газдар суюк жана катуу абалга өтө алышат. 1934-жылкы эл аралык комиссиянын токтому боюнча, абсолюттук нуль температурасы үчүн — 273,16°С температура кабыл алынган.

Мында абсолюттук нуль болжолдоодон чыгарылат, молекулалардын и л г е р и л ө ө кыймылы токтолот дегенге көңүл буруу керек. Бул, ар бир кыймыл токтолот дегенге такыр жатпайт; абсолюттук нулга жакын ченинде молекулалардын ичинде жүргөн эң майда бөлүкчөлөрдүн кыймылы сакталып кала берет.

74а. Газдардын көлөмүн жана басымын абсолюттук температура аркылуу туюнтуу. Абсолюттук температураны киргизүү, газдын көлөмүнүн жана басымынын формуласын өтө жөнөкөйлөтүүгө жана алардын жардамы менен эсептөөнү эң жеңилдетүүгө жардам берет.

Формулага кирген эки мүчө $1+\beta t$ ны абсолюттук температура аркылуу төмөнкүчө туюндурууга мүмкүн: $1+\beta t=1+\frac{t}{273}=\frac{273+t}{273}$. Бирок $273+t=T$, ал эми 273 тү T_0 менен алмашууга мүмкүн. Анда $1+\beta t=\frac{T}{T_0}$. Ушундай эле $1+\beta t_1=\frac{T_1}{T_0}$; $1+\beta t_2=\frac{T_2}{T_0}$ ж. б.

Анда Гей-Люссактын закону $V=V_0\frac{T}{T_0}$ формула менен, ал эми Шарлдин закону $p=p_0\frac{T}{T_0}$ формула менен туюндурулууга мүмкүн.

Демек, туруктуу температурада массасы берилген газдын к ө л ө м ү а б с о л ю т т у к т е м п е р а т у р а г а т ү з п р о п о р ц и я л а ш. Туруктуу көлөмдө массасы берилген газдын б а с ы м ы а б с о л ю т т у к т е м п е р а т у р а г а т ү з п р о п о р ц и я л а ш.

6-көнүгүү.

1. Абсолюттук шкала боюнча төмөнкү температураларды туюнткула: 1) агарганча ысуунукун (1200°); 2) кызарганча ысуунукун (500°); 3) суунун кайноо температурасын; 4) муздун эрүү температурасын; 5) сымаптын катуулануу температурасын (— 39°); 6) лабораторияда жетиле турган эң төмөн температураны (— 272,18°).

2. Цельсий шкаласы боюнча төмөнкү абсолюттук температураларды туюнткула: 1) водороддун катууланyу температурасын (16°); 2) суюк абанын кайноо температурасын (80°); 3) океандарда суунун бетинин орточо температурасын (290°); 4) кишинин денесинин температурасын (310°); 5) вольт жаасынын температурасын (3800°).

75. Газдык абалдын формуласы. Бойль-Мариоттун закону турактуу температура кезинде басым жана көлөмдүн арасындагы көз карандылыкты белгилейт; Гей-Люссак жана Шарлдин закондору болсо, бир чоңдуктун — көлөмдүн же басымдын экинчинин мааниси өзгөрбөс болгондо — температурага көз карандылыгын беришет.

Бирок жаратылышта жана техникада чоңдуктардын үчөөнүн өзгөрүшү бир убакта болуп турат.

Жерден жылынган аба массалары көтөрүлгөн кезде алардын көлөмү, басымы жана температурасы бир убакта өзгөрөт. Кысылган кислород керектөөчүлөргө ташып жеткирүү үчүн кислород заводдогу баллондон болот баллондорго толтурулганда басым менен көлөм бир убакта өзгөрөт. Ичинен күйүүчү кыймылдаткычтардын ичинде поршень астында күйүүчү тутанган кезде, газдын абалын мүнөздөй турган бардык чоңдуктар бир убакта өзгөрүшөт.

Ошондуктан газдын берилген массасынын бардык үч чоңдуктар: к ө л ө м, б а с ы м ж а н а т е м п е р а т у р а н ы н о р т о с у н д а г ы ө з а р а к а т ы ш т ы белгилөө өтө маанилүү учур болот.

Келтирилген мисалдардын бардыгында идеалдык газдар эмес, реалдык газдар катышат; бирок реалдык газдардын касиеттерин үйрөнүүгө Бойль-Мариоттун, Гей-Люссактын жана Шарлдин закондору туура келе ала турган идеалдык газдын касиеттерин үйрөнүү аркылуу акырындап жакындоого мүмкүн.

Газдын берилген саны үчүн чоңдуктар — көлөм, басым жана температуранын ортосундагы байланышты математикалык түрдө туюнтуу мүмкүн.

t температурада жана p басымда болгон V көлөмдүү каалаган газды, ошол эле массадагы газды баштапкы шарттардагы 0° температурада, V_0 көлөмдө жана p_0 басымдагы мүнөздөмөлөр аркылуу туюндурулгандыгынан болот.

Бойль-Мариоттун жана Гей-Люссактын закондору бир чоңдук турактуу болгондо эки чоңдуктардын арасындагы көз карандылыкты гана табууга жардам берет.

Ошондуктан, алдыга коюлган маселени чечүү үчүн алынган газдын массасын ой менен баштапкы жана кийинки абалдын кандай болбосун бир гана мүнөздөмө менен айырмалана тургандай кээ бир элестетилген абал боюнча өткөрүү керек.

V_0 көлөмүндө жана p_0 басымда 0° (T_0 абсолюттук температурасы) температурада алынган газ ушул эле p_0 басымда

берилген акыркы температурага t га (T абсолюттук температурасы) чейин ысытылды дейлик. Анда Гей-Люссак закону боюнча анын жаңы, арадагы, көлөмү $V_1 = V_0 \frac{T}{T_0}$.

Эми, газ ушул арадагы абалында мурунку эле T температурада берилген акыркы p басымга чейин кысылды деп эсептей алабыз. Бойль-Мариоттун законун колдонуп $Vp = V_1 p_0$ ду табабыз.

Газдын баштапкы, аяккы жана ортолук өтмө абалын төмөнкү таблица түрүндө жайлаштырып коюуга болот:

Абал	көлөм	басым	температура	
Баштапкы . . .	V_0	p_0	o	$V_1 = V_0 \frac{T}{T_0}$
Ортоңку өтмө .	V_1	p_0	T	$Vp = V_1 p_0$
Аяккы	V	p	T	

V_1 маанисин акыркы формулага койгондо:

$$Vp = V_0 p_0 \frac{T}{T_0}, \text{ же } \frac{Vp}{T} = \frac{V_0 p_0}{T_0} \text{ келип чыгат.}$$

Ошол эле талкуулоону $T°_1$, $T°_2$, $T°_3$... температуралары үчүн кайталоого жана ар бир жолу окшош формулаларды алууга мүмкүн болгондуктан, анда:

$$\frac{V_1 p_1}{T_1} = \frac{V_2 p_2}{T_2} = \frac{V_3 p_3}{T_3} = \ldots = \frac{Vp}{T} = \frac{V_0 p_0}{T_0} \text{ болот,}$$

же:

$$\boxed{\frac{Vp}{T} = \frac{V_0 p_0}{T_0}} \qquad \text{(XIIa)}$$

$V_0 p_0$ турактуу чоңдук болгондуктан, $\frac{V_0 p_0}{273}$ тийиндиси да турактуу чоңдук болуп, аны B аркылуу белгилөө мүмкүн; ошондо жогорудагы барабардыктар К л а п е й р о н д у н т е ң д е м е с и деп аталган түргө келет:

$$\boxed{\frac{V_1 p_1}{T_1} = \frac{V_2 p_2}{T_2}}, \qquad \text{же } \boxed{\frac{Vp}{T} = B} \qquad \text{(XIIб)}$$

Газдын берилген массасы үчүн көлөмдү басымга көбөйткөндөгү көбөйтүндүнү абсолюттук температурага бөлгөндөгү тийиндиси турактуу чоңдук болот.

Эгерде ар бир газды анын грамм-молекула өлчөмүндө алсак (§ 77), анда 0° температурадагы анын көлөмү $V_0 = 22410$ *см*^{3} болот.

Анда каалаган газдын грамм-молекуласы үчүн газ турактуулугу B атмосфералык нормалдуу басым кезинде бирдей сан менен туюнтулат,

$$\text{атап айтканда,} \quad 82,06 = \frac{am\ cм^3}{\text{градус гр. мол.}}$$

барабар.

Ар түрдүү газдардын грамм-молекуласы үчүн эсептеп чыгарылган жалпы газ турактуулугу **у н и в е р с а л д ы к** газ турактуулугу деп аталат.

Газдык абалдын теңдемеси, температура жана басымдардын берилген маанилери боюнча газдын тыгыздыгын оңой эле табууга мүмкүндүк берет.

Чындыгында, газдын көлөмүн, анын массасы жана тыгыздыгы аркылуу туюнтса:

$$V = \frac{m}{D}$$

жана көлөмдүн бул туюнтмасын газдык абалдын теңдемесине койсок:

$$\frac{\frac{m}{D_1} p_1}{T_1} = \frac{\frac{m}{D_2} p_2}{T_2} \quad \text{болот.}$$

Массанын m чоңдугуна кыскартсак жана газдын бир абалы үчүн нормалдуу абалды алсак, төмөнкүнү жазууга болот:

$$\frac{p_1}{D_1 T_1} = \frac{1\,am}{D_0 273},$$

мында D_0 — нормалдуу шарттардагы газдын тыгыздыгы; эгерде нормалдуу шарттардагы газдын тыгыздыгы белгилүү болсо, анда кийинки теңдемеден бул газдын тыгыздыгынын маанисин, берилген p_1 жана T_1 шарттары үчүн табууга болору көрүнүктүү.

$$D_1 = D_0 \frac{273\ p_1}{T_1 \cdot 1\,am}.$$

7-көнүгүү.

1. Нормалдуу басым кезинде, ичинде 6 *л* аба бар шар, 4 *л* дик идиш менен катышып турат. Бул идиштер кошулгандан кийин кандай басым белгиленет?

2. 6 *am* басым астында, ичинде 8 *л* кислород бар кислороддук баллон бош идиш менен биригишет, биригишкенден кийин 2 *am* басым белгиленет. Бириктирилген бош идиштин сыйымдуулугу кандай?

Жообу: 16 *л*.

3. Колба ичиндеги абанын көлөмү 0° кезинде жана нормалдуу атмосфералык басымда 3 *л*. Температурасы 10° учурунда жана 74 *см* сымап мамысынын атмосфералык басым кезиндеги анын көлөмүн аныктагыла.

4. Температурасы 15° жана 100 *см* сымап мамысынын басым кезинде водороддун көлөмү 2 *л*. Эгерде анын көлөмү 1,5 *л* ге чейин кичирейтилип температура 30° ка чейин көтөрүлсө, анын басымы кандай болот?

Жообу: 140 *см* сым. мам.

5. 0° жана 75 *см* сымап мамысынын басым кезиндеги абанын көлөмү 1,2 *л* келет. Нормалдуу басым кезинде анын көлөмү 1 *л* болуу үчүн кандай температура керек?

Жообу: — 42°.

6. 0° жана нормалдуу атмосфералык басым кезинде колбанын ичиндеги абанын салмагы 1 *Г*. Температура — 10° жана сымап мамысынын басымы 114 *см* болгон кезде бул аба кандай көлөмдө болот? Аба үчүн $d_0 = 0,00129 \frac{Г}{см^3}$.

Жообу: 498 *см*³.

7. Температурасы 4°, терендиги 103 *м* болгон суунун астындагы 1 *см*³ абанын салмагы кандайча болот?

Жообу: 0,014 *Г*.

8. Абанын (көбүкчөсүнүн) ыйлакчасынын көлөмү температурасы 100° болгон суунун астындагы 1 *м* терендикте 0,1 *см*³ га барабар. Ал, суунун астынан нормалдуу атмосфералык басым астында чыгып жана 15° температурада болсо, анын көлөмү кандай болот?

9. Эгерде $d_0 = 0,002 \frac{Г}{см^3}$ болсо, $t = 100°$ жана сымап мамысынын басымы 80 *см* кездеги углекислый газдын салыштырма салмагын тапкыла.

Жообу: $0,0015 \frac{Г}{см^3}$.

10. Эгерде көлөмү 30 *л* ге, басымы 40 *am* га жана температурасы 15° ка барабар болсо, газ баллонунун ичиндеги углекислый газдын салмагын тапкыла.

Жообу: 2275 *Г*.

11. Газ баллонунун ичиндеги кислороддун көлөмү 18 *л*, басымы 32 *am* жана температурасы 15°. Кислороддун салмагын табуу керек жана кайсы температурада анын басымы 40 *am* болорун аныктоо керек (көлөм өзгөрбөйт); $d = 0,00143 \frac{Г}{см^3}$.

12. Эгерде, $d_0 = 0,00009 \frac{Г}{см^3}$ болсо, сымап мамысынын басымы 72 *см* жана — 5° температура кезинде 3000 *м*³ келген аба шарын толтуруп турган водороддун салмагын аныктагыла?

Жообу: 260 *кГ*.

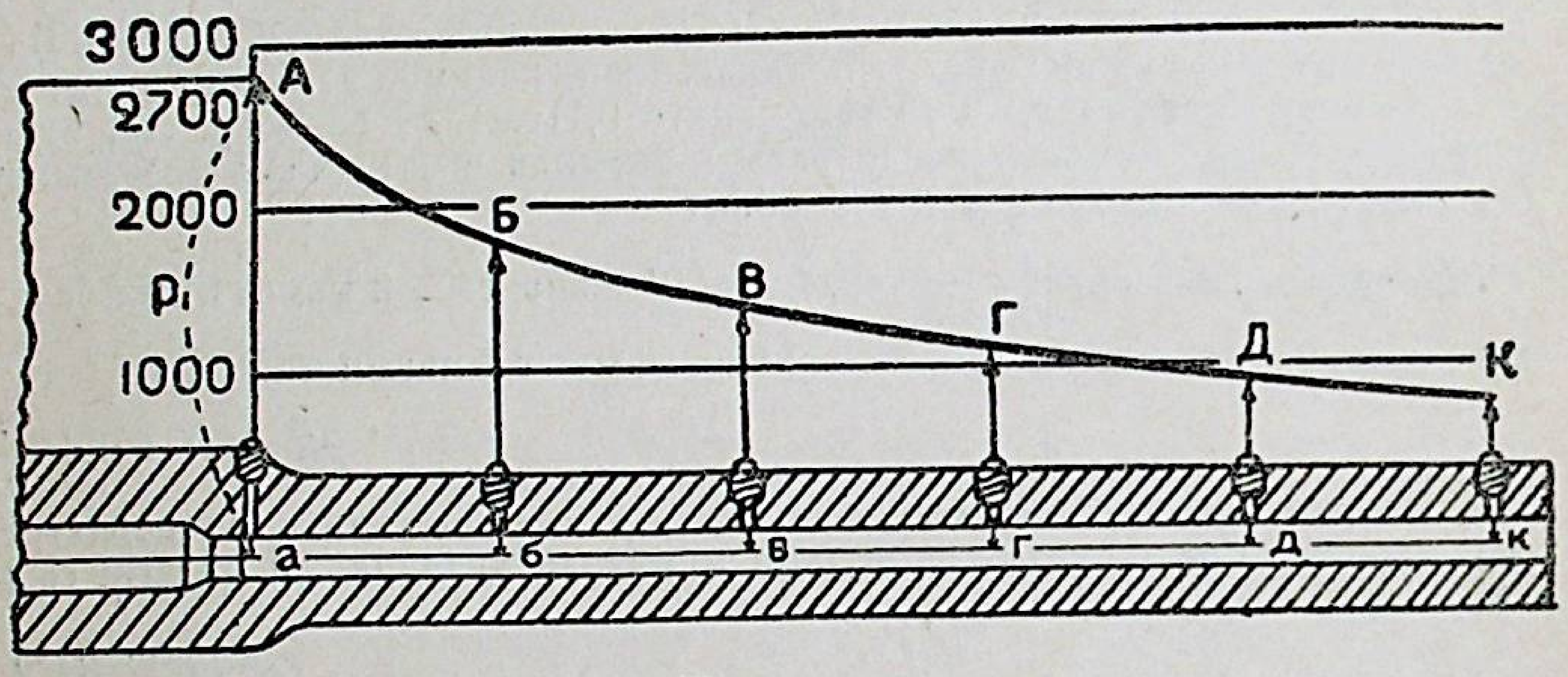
13. 67-сүрөт, мылтыктын каналынын боорундагы дары күйүүдөн пайда болгон газдын басымынын кыйшык сызыгын көрсөтөт. Басымдын кыйшык сызыгынын жүрүшүн түшүндүрүү керек. *Б* жана *К* точкаларындагы басым эмнеге барабар? Сүрөттүн өлчөмү боюнча *А* точкасынан кандай аралыкта басым 1000 атмосферага барабар?

76. Газдын молекулярдык-кинетикалык теориясы. Ар бир газ, башка нерселер сыяктуу молекулалардан турат. Өзү үчүн мүмкүн болгон бардык көлөмдү ылдам ээлеп алуудагы газдын жөндөмдүүлүгү, бир жагынан, газдын молекулаларынын арасындагы илинишүү күчүнүн болор-болбос аз экенин, экинчи жагынан, газдын молекулалары бир кыйла ылдамдыкта **и л г е р и к а р а п** жылып турганын көрсөтөт.

Газдын молекулаларынын кыймылын жайкы кечиндеги желимчилердин тобунун кыймылына эң жакын окшоштурууга

болот. Желимчилердин тобу, идиштин ичиндеги газ сыяктуу, бир кыйла белгилүү көлөмдү узак сактап турат, бирок анын ичиндеги айрым желимчилер ар тарапка иретсиз учуп жүрүшөт. Молекулалар башка молекулаларга жана идиштин капталдарына урунуп, андан серпилгич шарлар сыяктуу кийин карай ыргуу аркасында гана өздөрүнүн түз сызыктуу жолдорун өзгөртүшөт.

Сан жетпес молекулалардын мына ушул тынымсыз кайталап урунуп турыуулары газдын идиштин капталдарына жана газдын ичиндеги нерселерге берген басымды түзөт. Биздин сезүү органдарыбыз да, биздин куралдарыбыз да, түрдүү импульс [1] менен боло турган айрым молекулалардын урунууларын белгилей алышпайт. Импульстардын кайсы бир орточо чоңдугу туюнулат, мына ушул, ал газдын басымын түзөт.



67-сүрөт.

Молекулалардын тартиби жок кыймылы кезинде орто эсеп менен алганда ар кандай багытты карай бирдей сандагы урунуулар болуп турат, ошондуктан газдын капталдарды басып турушу да бирдей болот.

Кыймылдын ошол эле иретсиз болушу орто эсеп менен алганда, капталдарга таасир кылган урунуулардын бардык күчтөрүнүн тең аракет кылуучусу капталга, же болбосо газдын ичиндеги ар кандай туш келген бетке перпендикуляр болууга тийиш дегенге алып келет.

Бул теориянын негизине карай Бойль-Мариоттун закону кандайча түшүндүрүлөт? Көлөм кичирейген кезде капталга удаалашып урунуулардын ортосундагы өтүү жолдору кичиреет, ошол эле убакытта, молекулалар бомбалоочу бет дагы кичиреет, демек — урунуулар жышталат жана ошону менен бирге басым чоңоёт. Көлөм чоңойгон кезде карама-каршы кубулуш келип чыгат.

[1] Импульс күчтү анын аракет кылган убакытына көбөйткөндөгү көбөйтүндү аркылуу ченелет.

Молекулалар идиштин капталдары менен гана эмес, бирибири менен да урунушат. Теория жагынан эсептөөлөр боюнча молекулалардын эки урунуштарынын ортосунда өтүлө турган орточо бош жол λ төмөнкү сандар менен туюнтулат: 0° жана 1 *ат* басым кезинде H_2 үчүн $\lambda = 11{,}2 \cdot 10^{-6}$ *см*, O_2 үчүн $\lambda = 6{,}5 \cdot 10^{-6}$ *см*, N_2 үчүн $\lambda = 6{,}0 \cdot 10^{-6}$ *см*.[1]

Водороддун молекулалары секундасына $15{,}1 \cdot 10^9$ урунууларды, кислороддун молекулалары $6{,}55 \cdot 10^9$ жана азоттун молекулалары $7{,}55 \cdot 10^9$ урунууларды баштарынан өткөрүшөт.

Водороддун молекулаларынын бош чуркашынын узактыгы $0{,}66 \cdot 10^{-10}$ секунда, кислороддуку $1{,}52 \cdot 10^{-10}$ секунда жана азоттуку $1{,}32 \cdot 10^{-10}$ секунда.

Урунуулардын эң көп санын көңүлгө алып чоң басымдар кезинде байкалган Бойль-Мариоттун законунан тышкары чыгууну түшүнүүгө болот. Көлөм бир кыйла кичирейтилген кезде, молекулалардын ортосундагы урунуулар өтө көбөйүп кетишет; ошону менен бирге, кадиресе шарттарда аз гана билинип турган, молекулалар ортосундагы өз ара таасир да өсөт.

Бул өз ара аракеттенүүчүлүк, көлөмгө тескери пропорциялаш болбой, ал өзгөрүлө берүүдөн токтоп, газдын ичиндеги басымды көбөйтөт.

Экинчи жагынан, ар бир молекула белгилүү көлөмдү алып турат. Мисалы, водороддун молекуласынын диаметри $2{,}3 \cdot 10^{-8}$ *см* ге, кислороддуку $2{,}9 \cdot 10^{-8}$ *см* ге, азоттуку $3{,}1 \cdot 10^{-8}$ *см* ге барабар. Кысылуу чындыгында, газдын ичиндеги бардык молекулалардын көлөмдөрүнүн суммасы менен газ толуп турган идиштин көлөмүнүн ортосундагы айырманы түзгөн көлөмдүн эсебинен гана болуу мүмкүн. Газ канчалык күчтүү кысылган болсо, ичинде кысылуу мүмкүн болгон көлөм ошончолук кичине болот. Ошондой болсо да, Бойль-Мариоттун законун формуласына, газ алып турган бүткүл көлөм кирет. Кысылган кезде газдардын чыныгы кылыгы идеалдык газдан (§ 72) тышкары чыгуунун экинчи себеби мына ушунда турат.

Эми Шарлдин законун түшүндүрүүгө келели. Бул закон молекулалардын кыймылынын ылдамдыгы менен байланышкан. Молекула эң чукул убакыттын ичинде урунуулар ортосундагы бош жол боюнча кыймылдай турган молекуланын орточо ылдамдыгы $\bar{u}$ теория жана тажрийбадагы түздөнтүз ченөөлөр көрсөткөндөй, төмөнкү сандар менен көрсөтүлөт: 0° жана 1 *ат* басым кезинде водород үчүн $\bar{u} = 1845 \frac{м}{сек}$, кислород үчүн $\bar{u} = 460 \frac{м}{сек}$, азот үчүн $\bar{u} = 493 \frac{м}{сек}$.

[1] Бул жана мындан кийинки параграфтагы бардык сандар милдеттүү түрдө үйрөнүү үчүн эмес, тааныштыруу үчүн келтирилет.

Температуранын жогорулашы менен молекулалардын ылдамдыгы өсө берет. Туруктуу көлөм кезинде газ жылыганда, анын молекулаларынын ылдамдыктары өсүүдөн, алардын капталга урунууларынын импульстары (саны) көбөйөт, демек — басым да чоңоёт, мына ушул тууралу Шарлдин закону айтат.

Жогоруда келтирилген газдардын молекулаларынын чоң ылдамдыкта кыймылдашы эмне үчүн газдардын диффузиясы салыштырмалуу акырындык менен пайда болот деген түшүнбөстүктү туудурруу мүмкүн. Бул карама-каршылык молекулалар өзүлөрүнүн кыймылында кезиктирүүчү эң көп сандагы бири-бири менен урунуулары менен түшүндүрүлөт.

Айтылгандарга молекулалык кыймылдын ылдамдыгы жөнүндөгү бир эскертүүнү кошолу. Молекулалардын ылдамдыктары тууралу сүйлөгөн кезде, бардык молекулалардын ылдамдыктары эң эле бирдей болот экен деп ойлоо жарабайт. Тартиби жок урунууларда кайсы бир молекулалардын ылдамдыгы чоңоюу, экинчилериники — кичирейүү мүмкүн, бирок жалпы алганда бардык кубулуштар бардык молекулалардын ылдамдыгы бирдей болгондой болуп турушат. Чындыгында да, жакындатылган теориялык эсептеп чыгаруулар төмөнкүлөрдү көрсөтөт: эгерде кандайдыр бир температурада орточо ылдамдык $485\frac{м}{сек}$ га барабар болсо, анда бардык молекулалардын 1% инин ылдамдыгы $100\frac{м}{сек}$ дан төмөн болот, 8% тики—100 менен $200\frac{м}{сек}$ ортосунда болот, 15% тики 200 менен $300\frac{м}{сек}$ ортосунда болот, 20% тики—300 менен 400 $\frac{м}{сек}$ ортосунда, 21% тики — 400 менен 500 $\frac{м}{сек}$ ортосунда, 17% тики — 500 менен $600\frac{м}{сек}$ ортосунда, 10% тики—600 менен $700\frac{м}{сек}$ ортосунда жана 8% тики $700\frac{м}{сек}$ дан жогору болот.

Молекуланын орточо кинетикалык энергиясы абсолюттук температурага пропорциялаш экенин теориялык тыянактар көрсөтөт.

77. Газдын грамм-молекуласы жана анын ичиндеги молекулалардын саны. Газдын грамм-молекуласы (бардык заттардыкы сыяктуу) деп берилген заттын молекулалык салмагы кандай сан менен туюнтулса, так эле ошондой граммдардын санына ээ болгон газдын массасы аталат.

Водороддун грамм-молекуласы 2,016 *г* ды, кислороддуку 32 *г* ды, азоттуку 28 *г* ды түзөт. Водороддун тыгыздыгы $D=0{,}000090\frac{г}{см^3}$, кислороддуку $D=0{,}001429\frac{г}{см^3}$, азоттуку $D=0{,}001251\frac{г}{см^3}$ болгондуктан, $V=\frac{m}{D}$ формуласы боюнча ар кандай газдын грамм-молекуласы ошол эле бир көлөмдө турганын, атап айтканда нормалдуу шарттарда $V=22{,}41$ *л* экенин эсептеп чыгарууга болот.

Теориялык корутундуларды эксперименталдык жол менен табылган чоңдуктарга байланыштыруучу бир катар пикирлер аркасында, ***ар кандай заттын грамм-молекуласынын ичинде ошол эле бир сандагы молекулалар бар*** экендиги белгиленген.

Заттын грамм-молекуласынын ичиндеги молекулалардын бул саны, жогоруда айтылган жобону айтып берген италиялык физик Авогадронун атына арналып, Авогадронун саны деп аталган.

Эң так эсептөөлөр боюнча Авогадронун саны $N_A = 6{,}02\cdot10^{23}$ болот.

Мындан, 0° кезиндеги жана § 57 де келтирилген атмосфералык басым кезиндеги 1 $см^3$ ичиндеги молекулалардын санын келтирип чыгарууга болот, атап айтканда:

$$\frac{6{,}02\cdot10^{23}}{22410}\cong2{,}7\cdot10^{19} \text{ (Лошмидттин саны).}$$

Ар кандай молекуланын, же атомдун массасын да ушундай эсептеп чыгарууга болот. Мисалы, молекуласы эки атомдон болгон водороддун атомунун массасы $\frac{2{,}016}{2\cdot6{,}02\cdot10^{23}}=1{,}67\cdot10^{-24}$ *г* га барабар.

78. Газдардын касиеттерин техникада колдонуу. Газдар техникада кеңири колдонулат. Кысылган түрүндө аба пневматикалык деп аталган түрдүү машиналарды жана аспаптарды аракетке келтирүү үчүн жумушчу нерсе болуп кызмат кылат. Вагондордун астына жайлаштырылган цилиндрлердин ичине үйлөп толтурула турган кысылган аба, вагондордун аба тормоздорунун колодкаларын аракетке келтирет. Өтө жакшыртылган азыркы убакыттагы тормоздор советтик ойлоп чыгаруучулар Матросов жана Казанцевдин тормоздору болот. Пневматикалык тормоздор троллейбустарда жана чоң жүк автомобилдеринде дагы колдонулат. Жүктөрдү трубалар боюнча жөнөтүп туруу иши кысылган жана сейректелген абанын жардамы менен иштелет. Мындайча берүүлөр ири ишканаларда, кала берсе чоң шаарларда колдонулат (пневматикалык почта деген). Тиешелүү температурада жана нымдуулукта болгон аба, үйлөрдү жылытуу жана анын ичиндеги абаны тазалоо үчүн, өндүрүштөрдүн складдарындагы сырьёну жана даяр буюмдарды кургатуу, же нымдантуу үчүн үйлөнөт. Үйлөрдү, кендерди желдетүү (вентиляция) максатында абаны кысуу жана которуу үчүн, печтерде отунду күйдүрүү үчүн куралдар менен машиналарды аракетке келтирүү үчүн дайындалган машиналар абаүйлөөчү машиналар деп аталат.

Абанын атмосферадан аба проводуна өтүшү эки жол менен болууга мүмкүн: же сорулуу (мында аба проводунун ичинде атмосфералык басымдан кем басым—депрессия келип чыгат), же үйлөө (мында аба проводунун ичиндеги басым атмосфералык басымдан артып кетет) жолдору. Кендерден жана үйлөрдөн абаны соруп чыгуу кызматын көбүнчө вентиляторлор аткарат: үйлөөнү компрессор деп аталган бөтөнчө машиналар аткарат.

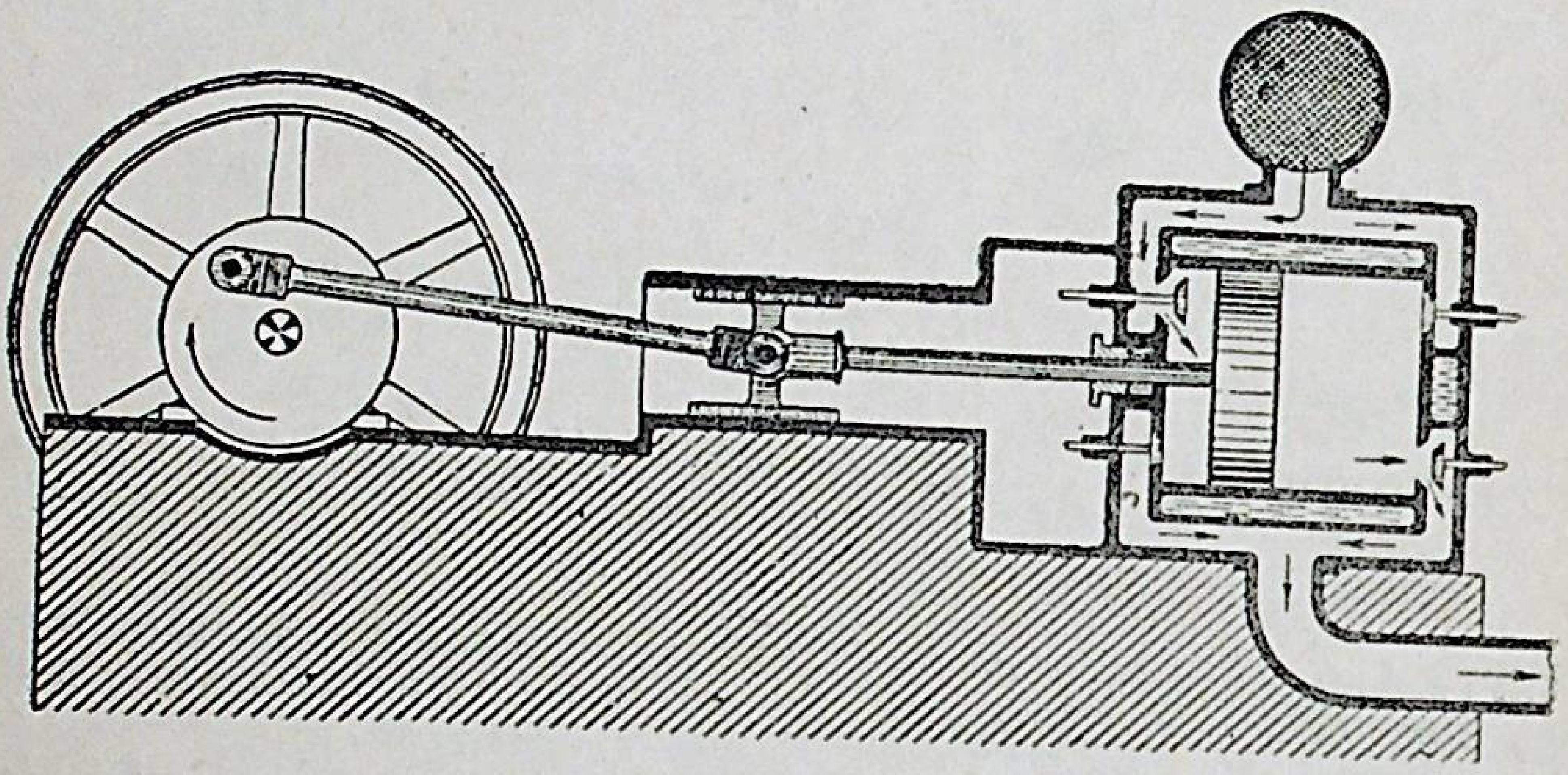
Аба үйлөөчү машиналардын аба үйлөөгө жарамдуулугу азыркы убакта өтө чоң; печтер үчүн минутасына 2000 $м^3$ га чейин аба жана рудниктерди желдетүү үчүн

$$12000\ \frac{м^3}{мин} \text{ га чейин барат.}$$

Вентиляторлордун арасынан кеңири түрдө колдонула тургандары, түзүлүшү жагынан борбордон качуучу насоско окшогон борбордон качуучу вентиляторлор болот (I б. § 119 ду карагыла). Калактуу дөңгөлөк тегеренген кезде дөңгөлөктүн калактарынын араларындагы болгон абанын бөлүкчөлөрүн калактар илип кетишет жана кыймылга келип, инерция боюнча дөңгөлөктөн чыгып кожухтун ичине киришет жана үйлөп чыгаруучу тешик аркылуу сыртка чыгышат.

Алардын ордуна октогу тешик аркылуу абанын жаңы бөлүктөрү сорулат, булар да ошол эле процессти кайталашат.

Вентиляторлор үйлөрдү желдетүүдөн башка да, ишканаларда өндүрүштөн келип чыга турган калдыктарды (газдарды, чаңды, таарындыларды, күмдөрдү) сыртка чыгаруу үчүн, жеңил материалдарды (стружкаларды, жүндү, кылды, зыгырдын буласын, данды ж. б.) аба аркылуу ташуу үчүн; буу казандарындагы жасалма тартуу ж. б. үчүн колдонушат.



68-сүрөт. Компрессордун узунунан жара кесилгендеги көрүнүшү.

Компрессор же үйлөөчү насос катарында түзүлүшү башталгыч курстан белгилүү болгон сейректетүүчү насостун ар кандайын колдонууга болот. Бир көлөмдүн ичине абаны соргон кезде ошол эле поршень абаны экинчиси үйлөй алат. 68-сүрөттө компрессордун узунунан жара кесилгени көрсөтүлгөн.

Деңиздик коргонуу иштеринде болсун жана кургактагы коргонуу иштеринде болсун согуш техникасында кысылган аба өтө көп колдонулат. Өтө күчтүү броненосецтерге каршы коргонуунун чыныгы амалдары — өзү кыймылга келүүчү торпедалар болот. Торпедаларды миноносецтерден ыргытуу жумуштары жана алардын сууда жылышы кысылган абанын жардамы менен иштелет.

Кысылган аба менен корабддердеги жана көбүнчө суу астында сүзүүчү кайыктардагы эң көп механизмдер аракетке келтирилет; кайыкты жогору жакка, суунун үстүнө чыгаруу керек болгондо, кысылган аба балластык цистернадагы сууну кысып чыгарат.

Ичинен күйүүчү кыймылдаткычтардын цилиндрлеринин ичиндеги отундун күйүүнөн пайда болгон ысык газдар бул кыймылдаткычты кыймылга келтирет.

Аягында барып газдын басымы ар кандай от алма куралдардан окту, снярядды, минаны чыгарып ыргытуу үчүн пайдаланылат.

Түрдүү автоматтык куралдарда газдын басымы менен кайтадан заряддоо жасалат. Надулдуу деп аталган тормоздордо стволдон чыккан газдардын басымынан артка тебүүдөн артка чегинип жылууну азайтуу үчүн пайдаланышат. Артиллерия орудиясынын накатнигиндеги кысылган аба, өзүнүн серпилгичтик күчү менен атылган орудиянын стволунун артка чегинип жылуунан кийин, аны кайтадан өз ордуна, кайтарат.

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

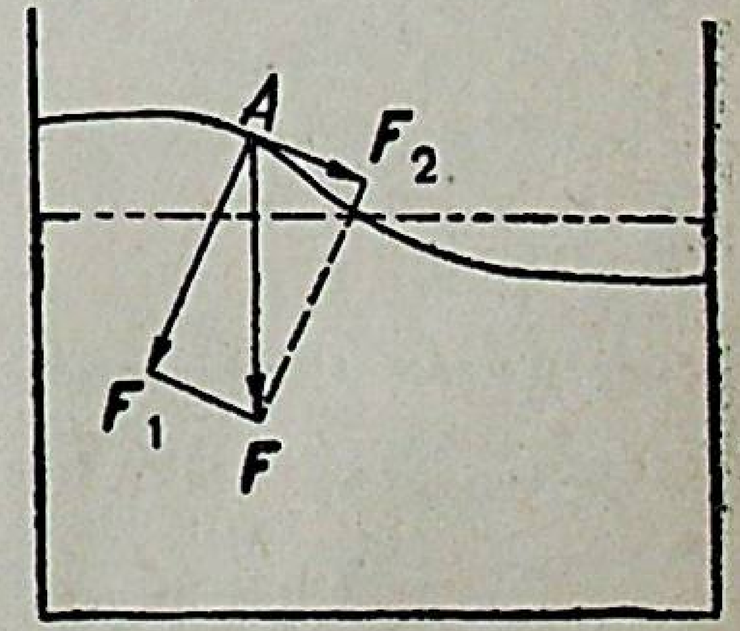
1. Бойль-Мариоттун закону эмнени билдирет?
2. Гей-Люссактын закону эмнени билдирет?
3. Молекулярдык-кинетикалык теория боюнча газдын басымы кандай түшүндүрүлөт?
4. Туруктуу көлөмдө газдын басымы температурадан кандай көз каранды?
5. Молекулярдык-кинетикалык теориянын негизинде, Бойль-Мариоттун, Гей-Люссактын закондору жана алардан чегинүүлөрү кандай түшүндүрүлөт?
6. Идеалдык газ деп кандай газды айтабыз жана ал эмнеликтен окуу үчүн киргизилет?
7. Абсолюттук температура деген эмне, кандай жол менен жана эмне үчүн киргизилет?
8. Туруктуу басымда, газдын көлөмү менен абсолюттук температуранын арасында кандай көз карандылык бар? Туруктуу көлөмдө, газдын басымы менен абсолюттук температуранын арасындачы? Бул көз карандылык кантип график түрүндө сүрөттөлөт?
9. Изотерма, изобара, изохора эмнени туюндурушат?
10. Идеалык газдар үчүн газ абалынын теңдемеси эмнени түшүндүрөт?
11. Газдык туруктуулук кандай чоңдуктарга көз каранды?
12. Газдардын техникалык колдонулушунун мисалдарын келтиргиле.

Адабият: Игнатьев. Аба жана газ абалындагы нерселер. Перельман, Физикалык хрестоматия, I чыгышы, Газдардын касиеттери. Внуков, Физика жана өлкөнү коргоо I китеп, 15—17-беттер. Лейбсон, табылган аба, 1945-ж

3. СУЮКТУКТАРДЫН КАСИЕТТЕРИ.

79. Тышкы күчтүн аракети астында суюктуктун бетинин формасы. Суюктуктар жаратылышта өтө көп таралган (суу, нефть) жана техникада кеңири колдонулат (гидравликалык пресстерде, металлдык куюуда, суюк отунда).

Суюктуктун тышкы негизги белгиси анын агуучулугу, б. а. бирөөлөрдүн бөлүкчөлөрү башкалардыкына караганда жеңил гана которулуп кетиши болот. Мындан суюк абалдын бир канча бөтөнчөлүгү келип чыгат.

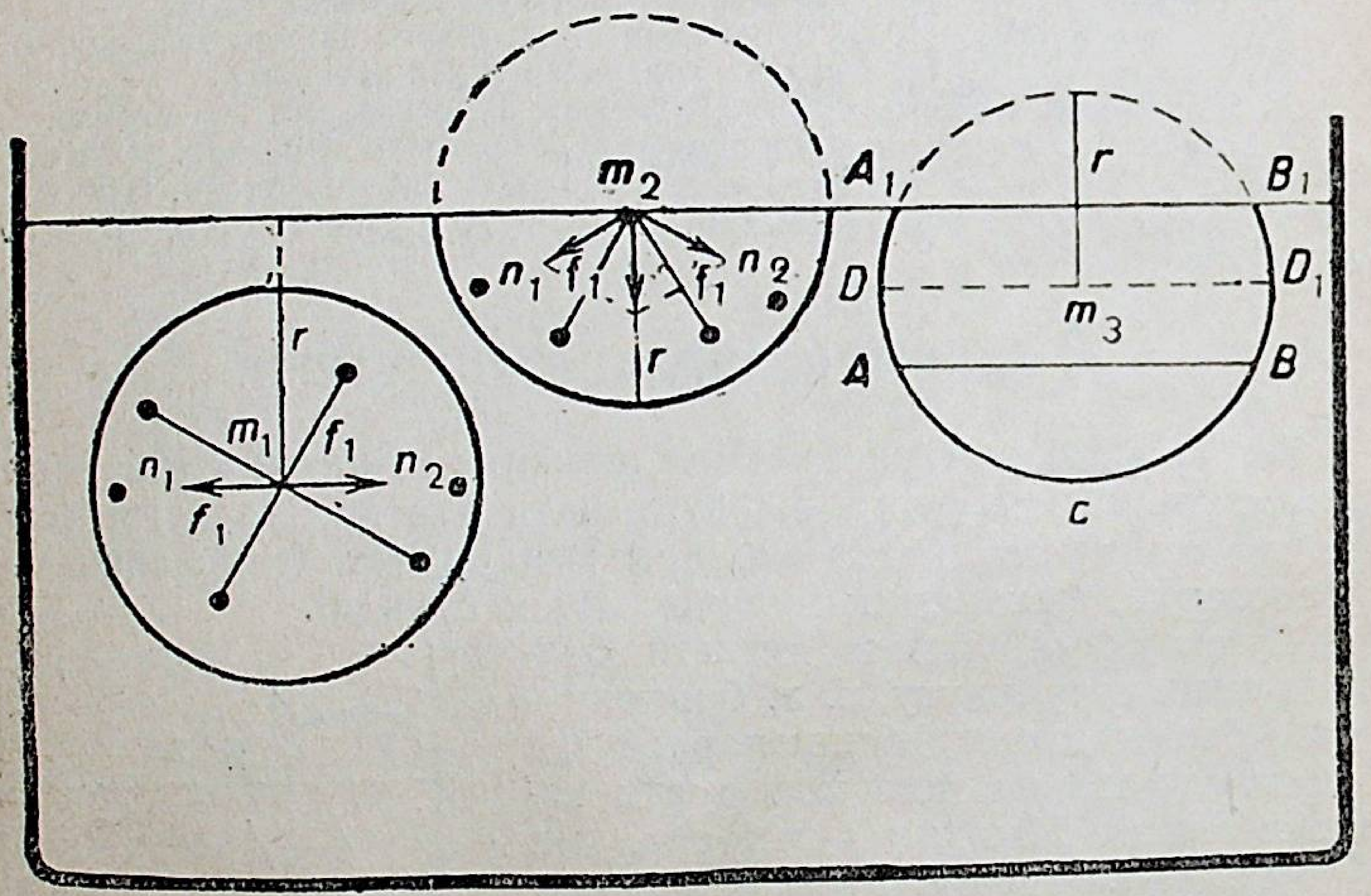


69-сүрөт.

Суюктуктун бөлүкчөлөрү эң кичине күчтүн аракети астында оңой эле которулгандыктан, суюктуктун бети аракет кылуучу күчкө карата нормалдуу болуп турган учурда гана суюктуктун тең салмактуу абалы келип чыгат. Чындыгында, эгерде бир заматтын арасында F күчү суюктуктун бетине бурч боюнча аракет кылса (69-сүрөт), бул F күчүн, (A бөлүкчөсүнүн салмагы) түзүүчү эки күчкө ажыратууга болот: бирөө бетке карата перпендикуляр — нормалдуу түзүүчү F_1 күчү; экинчиси бетке жаныма — тангенциалдык түзүүчү F_2 күчү. Нормалдуу түзүүчү күч суюктуктун бөлүкчөлөрүнүн которулушуна келтире албайт, анткени — башка бөлүкчөлөр толтуруп

турган мейкиндикке багытталган. Тангенциалдык түзүүчү күч, канчалык кичине болсо да, бет боюнча бөлүкчөлөрдүн тайгалап жылып жүрүшүн келтирет, мындай бет ошол замат өзгөрөт. Бул өзгөрүү тангенциалдык түзүүчү күч жоголгонго чейин, б. а. суюктуктун бети аракет кылуучу күчкө карата нормалдуу болуп алганга чейин болуп тура берет. Чоң көлмөлөрдө, көлдөрдө, деңиздерде, океандарда суунун бети томпок болот; анын формасы шардын же тагыраак айтканда, геоиддин формасында болот, б. а. ошол жерлерде жердин аракет кылган тартуу күчтөрүнө бардык точкаларда перпендикуляр болгон беттин формасын алып, бети томпок болот.

§ 80. Суюктуктун үстүңкү катмары. Нерсенин молекулаларынын арасында болгон илинишүүсү (§ 59 ду карагыла) нерсенин үстүңкү катмарын өзгөчө абалга келтирет. Эгерде молекула m_1 (70-сүрөт) тереңдикте болсо, борбор катарында алып, анын



70-сүрөт. Молекулалык аракеттин сферасынын чегинде молекуланын башка молекулалар менен болгон өз ара аракети. (Масштаб сакталган эмес.)

айланасына чийилген молекулалык таасирдин сферасы (§ 59) бүт бойдон суюктуктун ичинде жатат. m_1 ге f_1 күчү менен таасир кылуучу ар кандай молекула n_1 үчүн, борборго караганда ага симметриялык[1] болгон экинчи молекула n_2 табылат, бул молекула m_1 ге ошол эле, бирок карама-каршы багытталган

[1] Берилген точкага караганда симметриялык точкалардан, ошол точка аркылуу өткөн бир түз сызыктын үстүндө, ал точкадан бирдей аралыкта жаткан эки точка айтылат.

f_1 күчү менен таасир кылат; симметриялык эки молекуланын, демек — сфера ичиндеги бардык молекулалардын, борбордогу молекула m_1 ге болгон жалпы аракети нульга барабар болот. Эгерде суюктуктун жана анын буусунун чегинде экинчи m_2 молекуласын алсак жана анын айланасына молекулалык аракеттин сферасын жүргүзсөк, анда аракет сферасына жарымы гана суюктуктун ичинде болуп, экинчи жарымы анын буусунун ичинде болот.

Эгер суюктуктун жана анын буусунун чегиндеги экинчи m_2 молекуласын алып, анын айланасына молекулалык аракеттин сферасын жүргүзсөк, анда аракет кылуу сферасынын жарымы гана суюктуктун ичинде болуп, экинчи жарымы анын буусунун ичинде болот. Биз тандап алган m_2 молекуласына төмөнкү жарым сферада жаткан молекулалардын кылган таасирин гана текшерип көрөлү. Жогорку жарым сферанын таасирин эсепке албай коюуга болот, анткени — ал буунун молекулалары менен толтурулуп, алардын m_2 ге болгон таасири, суюктуктун молекулаларынын аракети менен салыштырганда, жок даражасында кичине болот.

m_2 ге f_1 күчү менен таасир кылган ар кандай молекулалары n_1 үчүн вертикаль диаметри жагынан биринчиге симметриялык болгон, m_2 ге ошол эле диаметрдин, бирок экинчи жагынан, ошол эле бурч боюнча багытталган f_1 күчү менен таасир кылган экинчи n_2 молекуласын табууга болот. Булардын барабар аракет кылуучусу, ромбанын диагоналы катарында, диаметр боюнча вертикаль (тик) ылдый багытталган болот. Башка бардык симметриялык молекулалардын барабар аракет кылуучулары да ушул багытта болот.

Ошентип, молекулалык аракеттин жарым сферасындагы бардык молекулалар, m_2 молекулаларга таасир кылган илинишүүнүн бардык күчтөрүнүн жалпы барабар аракет кылуучусу суюктуктун ичине карай бетке перпендикуляр түрдө багытталган болот.

Өлчөмү кичирээк болгон ушул сыяктуу эле күч, молекулалык таасирдин сферасынын радиусунан кем болгон аралыкта беттен ылдый турган m_3 молекуласына да таасир кылат. Бирөө m_3 молекуласын жогору, экинчиси ылдый жаткан симметриялык эки $BADD_1$ жана $DA_1B_1D_1$ катмарларындагы молекулалардын m_3 ге болгон таасири өз ара жоголушат жана ACB сегментиндеги молекулалардын таасири гана калат.

Ошентип, *калыңдыгы молекулалык таасир сферасынын радиусундай болгон суюктуктун бүткүл үстүңкү катмары, калган суюктукка, ичин көздөй беттин перпендикуляры боюнча, багытталган өзгөчө басым жасап турат.*

Бул басым молекулалык, же беттик басым деп аталат.

Молекулалык басымды түздөн-түз ченөөгө болбойт. Ал, тажрийбалардан алынган башка маалыматтардан эсептелип

чыгарылат. Молекулалык басым өтө чоң. Мисалы эфир үчүн ал 1400 *ат* га, спирт үчүн 2400 *ат* га, суу үчүн 11000 *ат* га барабар[1].

Молекулалык басым менен биринчи жолу таанышкан кезде, суунун (же башка суюктуктун) эң күчтүү болгон молекулалык басымы, ичине матырылган нерсени эмнеликтен кысып былчыратып койбойт? деген суроо келип чыгат.

Бул күчтөр суюктуктун катмарлары арасында аракет кылат; алар молекулалардын катмарларын өз ара жакындатып, суюктуктарга тышкы басымды күчөткөндө, алар абдан аз кысылуунун себеби мына ушундан болот (§ 81). Молекуланын басымы Паскалдын закону боюнча суюктукка болгон ар кандай тышкы басым берилген сыяктуу болуп берилбейт.

Молекулалык басымды магнит менен бир кесек темир ортосундагы тартылуу күчүнө салыштырсак, молекулалык басымдын бул жөндөмдүүлүгүн түшүнүүгө жардам бермекчи.

Адегенде столдун үстүнө бир кесек жез коюлуп анын үстүнө така сымак магнит полюстары менен коюлган дейли. Столдун үстүнө болгон басым кесек жездин жана магниттин салмактарынын суммасына барабар. Эми кесек жездин ордуна ошол эле салмактагы кесек темирди коюп, дагы эле баягы така сымак магнитти коёлу.

Магнит менен темир ортосунда ички тартылыштын бир кыйла күчү аракет кылууга карабастан, столдун үстүнө болгон басым баягысы бойдон кала берет.

81. Суюктуктардын кысылгычтыгы. Суюктуктун ичинде молекулалык эң күчтүү басымдын бар болушу, тышкы басымдын аны басышы чоңойгон кезде, суюктуктардын өтө аз кысылгычтыгын түшүндүрөт. Ар кандай тышкы басым молекулалык басымдын болор-болбос бөлүгүн гана түзөт. Мисалы, тышкы басымды бир атмосферага чоңойткондо, көлөм төмөнкүчө кичиреет:

Суунуку	миллиондон	48	үлүшкө (1—500 *ат* чегинде)
"	"	26	" (2500—3000 *ат* ")
Сымаптыкы	"	3	"
Эфирдики	"	146	"

Кичине басымдар үчүн мындай кысылгычтыкты эсепке албай коюунун мүмкүндүгү түшүнүктүү.

Ошондуктан заттардын бир кыйласы үчүн суюктук абалдын белгиси деп, өз формасынын жоктугун жана туруктуу көлөмдүн сакталышын эсептөөгө болот.

Көлөмдүн өзгөрүшү оң басымда гана эмес, терс басымда, б. а. чойгон кезде да боло турганын көрсөтүп кетүү керек. Туюкталган түтүктөрдүн ичиндеги суюктукту сууткан кезде

[1] Көрсөтүлгөн басымдар суюктуктардын нормалдуу басымындагы кайноо температураларына туура келет.

төмөнкүдөй учурлар байкалган. Мындай суюктук капталдарга жабышуу аркасында температуралык коэфициент боюнча тийиш болууга караганда кем кысылган, б. а. чоюлган.

Артып калган басымды жоготкондон кийин, суюктуктун көлөмү баштагы ченемин алат. Демек — суюктукта көлөмдүк серпилгичтик бар.

82. Беттик катмардын потенциалдык энергиясы. Беттик тартылуу. Басым суюктуктун ичин көздөй багытталгандыктан, тереңдиктеги молекуланын бул беттик катмарга ар кандай келип илиниши бул басымды жеңүүгө байланышкан, көтөрүлгөн нерсенин салмагы жеңүүгө сарп кылынган жумуш көтөрүлгөн нерсенин потенциалдык энергиясына айланган сыяктуу. Бул басымды жеңүүгө сарп кылынган жумуш потенциалдык энергияга айланат. Бирок көтөрүлүп өз жайына коё берилген нерсе жапысыраак деңгелге түшкөн сыяктуу, б. а. потенциалдык энергиясы кем болуп кала турган абалга өткөн сыяктуу, беттик катмардагы молекулаларда потенциалдык энергиялары кем боло турган абалга өтүүгө умтулушат; потенциалдык энергиянын кемиши беттик катмардын өзүн кемитүү эсебинен гана болуу мүмкүн. Суюктуктун молекулалары мүмкүн болушунча которулган кезде, илинишүү күчтөрүнүн таасири астында алар беттик катмардын чоңдугу кичирейгендей кылып которулушат. Ошондуктан, *ар кандай суюктуктун беттик катмары аны кыскартууга умтулушуп бетти бойлото тартылган абалда турат.*

Суюктуктун молекулалары которула алган ар бир кезде, суюктуктун илинишүү күчтөрү аркасында болуп тура турган анын бетинин бул кыскарышы, беттик тартылуунун күчү, же болбосо, тим эле беттик тартылуу деп аталган күчтүн натыйжасы катарында текшерилет.

Беттик тартылуу бетти бойлото багытталган. Эгерде бет жазы болсо, беттик тартылуу тегиздикте жатат; эгерде суюктуктун бети ийри болсо, беттик тартылуу беттин жаныма сызыгы боюнча багытталган болот. Беттик тартылуу жөнүндө айтканда, аны суюктуктун бетин чектеп турган сызыктын узундугунун, бирдигине алып келүүгө макулдашат.

Ошентип, төмөнкү аныктаманы берүүгө болот: *беттик тартылуу суюктуктун бетинин кыскарышын келтирүүчү күч менен ченелет, бул күч бетке жаныма боюнча багытталган жана узундуктун бирдигине тиешелүү.*

CGS системасында беттик тартылуу ченеле турган бирдик $\frac{дина}{см}$ болуп эсептелет.

Беттик тартылуу α тамгасы менен белгиленет.

20° кезде беттик тартылуунун чоңдугу $\frac{дина}{см}$ менен төмөнкү таблицада берилген.

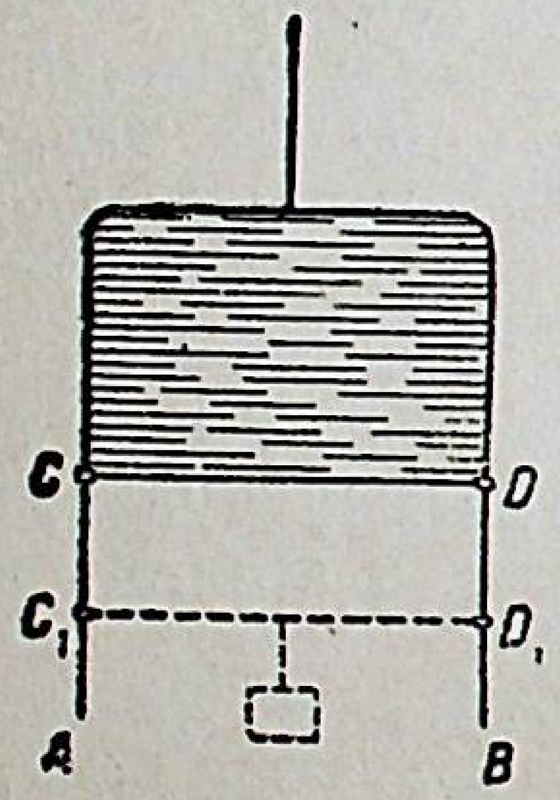
Зат	Суу	Керосин	Сымап	Спирт	Эфир
α	72,5	24	472	22	16,5

Температура жогорулаганда беттик тартылуу кичиреет, муну суу үчүн түзүлгөн төмөнкү таблицадан көрүүгө болот.

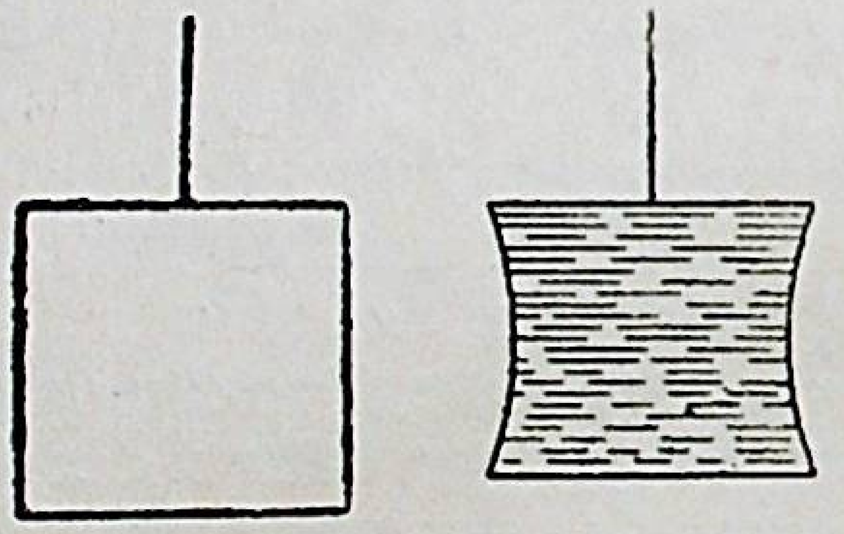
t	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
α	75,5	74	72,5	71	69,5	67,8	66	64	62

83. Беттик катмардын касиеттерин көрсөтүүчү тажрийбалар. Биринчи эле, беттик катмардын тартылууга умтулганын түздөн түз көрсөтүүчү тажрийбаларга токтолобуз.

1. Бир жагы (CD) шакекчелер менен, калган эки жагын бойлоп жыла ала турган зымдан жасалган тик бурчтуктун жактарынын арасына самын чели пайда болсун үчүн самын сууга салынат (71-сүрөт). Чел керилип жана кыймылдуу жагын өзү менен кошо тартып кетет.



71-сүрөт. Суюк челдин чек арасын бойлогон тартылууну гирдин салмагы менен тең салмактоого мүмкүн.



72-сүрөт. Челдин тартылышы тик бурчтуктун жип жактарын ичке тартат.

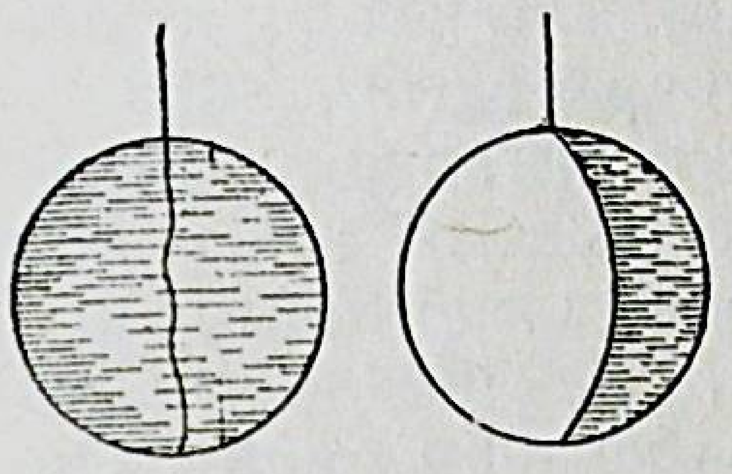
Кыймылга келүүчү жакка туура келген гирди асып коюп, аны тынчтыкта кармап турууга мүмкүн. Бул тажрийбада беттик тартылуунун чоңдугун ченөөгө болот.

2. Тик бурчтук, эки зым жана карама-каршы эки жип жактардан түзүлгөн (72-сүрөт). Абада жип жактар өз ара параллель; самын сууга салынгандан кийин жактардын арасына чел пайда болгондо, жип жактарды беттик тартылуу аянтын ичине карата жаа сыяктантып ийип турат.

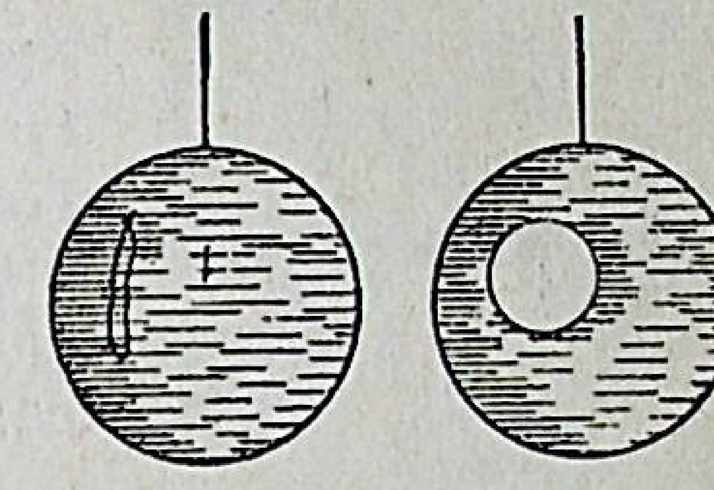
3. Бош байланып коюлган жиби бар зым шакектин ичине самын чели түзүлөт (73-сүрөт). Жиптин бир жагындагы челдин бөлүгү ысытылган зым менен үзүлгөндө, беттик тартылуу

жипти айлананын жаасы өңдөнтүп чоёт. Айлананын жаасы боюнча мындайча ийилүү үстүңкү тартылуу беттин ар бир бирдигине ага перпендикуляр түрдө бир калыпта таасир кылганын көрсөтөт.

4. Жогорку тажрийбанын түрүн өзгөртүүгө болот. Анда зым шакектин ичинде түзүлгөн челдин үстүнө жиптен жасалган илмекти коюу керек (74-сүрөт). Эгерде чел илмектин ичинен үзүлсө, анда ал айлана түрүндө керилип калат.

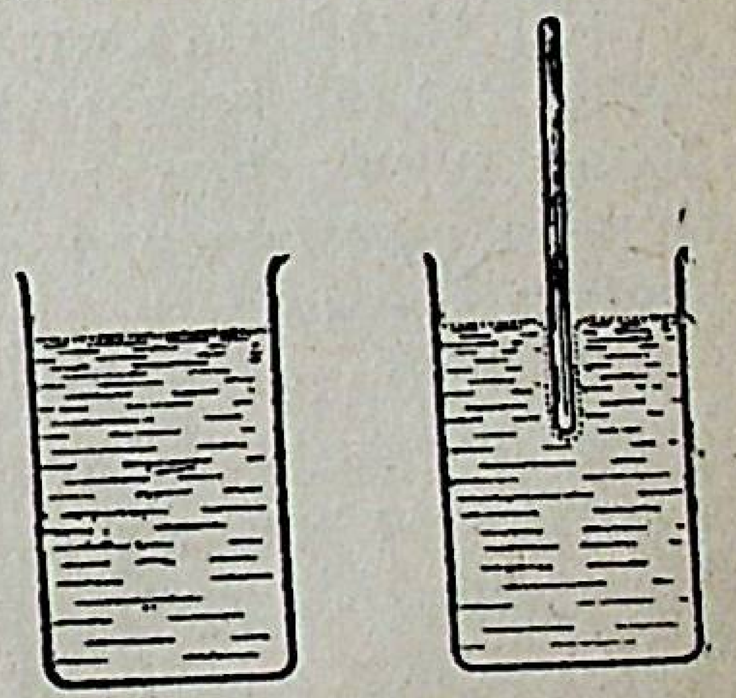


73-сүрөт. Челдин тартылышы байланган жипти жаа боюнча тартат.



74-сүрөт. Беттик тартылуу жиптин узундугунун ар бир бирдигине бир калыпта жана ага перпендикуляр түрдө таасир кылат.

5. Эгерде химиялык стаканга суу куюп, анын бетине плаундун уругун жука катмар кылып сээп, сөөмөйдү же болбосо май сыйпалган айнек таякчаны анын ичине акырындап мала баштаганда, үстүңкү челдин өзгөчө касиетин көрүүгө болот (75-сүрөт). Сөөмөйдүн же таякчанын астында челдин ийилишин идиштин капталдары аркылуу байкоого болот. Сөөмөй жана таякча суудан суурулуп алынганда, алардын кургак экенин көрөбүз.



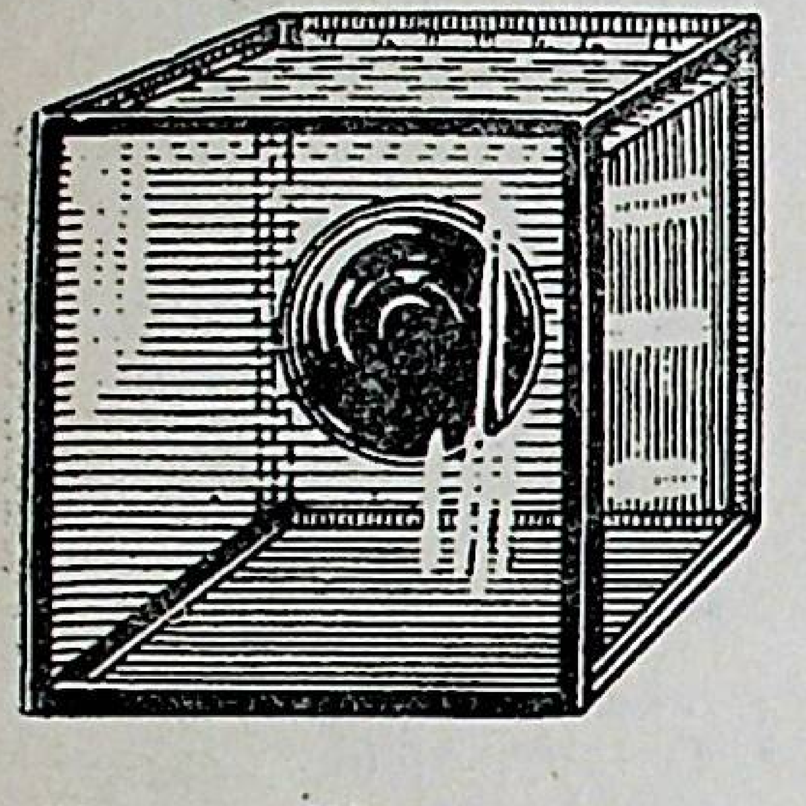
75-сүрөт. Май сыйпалган айнек таякча сууга малынган кезде үстүңкү челди ийип өтөт.

Тажрийбалардын төмөнкү тобу суюктуктун бети эң кичине формасын алууга умтулганын көрсөтүшөт. Берилген көлөм үчүн бардык геометриялык формалардын ичинен эң кичине бет шарда болгонун көрсөтөт. Ошондуктан, суюктуктун беттик тартылуу күчтөрүнүн таасири астында шар формасын ала тургандыгын күтүү керек болот. Чындыгында да, суунун шар формасын биз шүүдүрүмдүн, жаандын бөлүкчөлөрүнөн көрөбүз.

6. Айнек пластинканын үстүнө жиберилген бир аз гана сымап өтө майда шарчаларга бөлүнүп таралат. Сымаптын тамчынын формасы шарга ошончолук окшош болот.

7. Эгерде суюктуктун салмагын экинчи күч менен тең салмактуу кылсак, анда суюктуктун бир кыйла өлчөмү үчүн

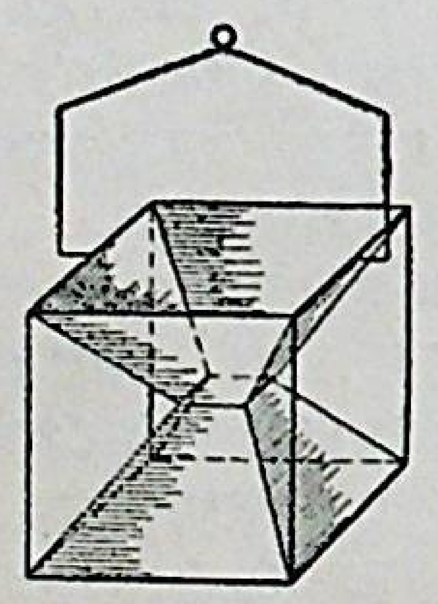
да үстүңкү тартылуунун таасири астындагы суюктуктун формасын байкоого мүмкүн болот. Архимеддин закону боюнча, суюктуктун ичине матырылган нерсе, суюктук тарабынан, нерсенин көлөмүндөгү суюктуктун салмагына барабар болгон күчтүн төмөнтөн жогору түртүп чыгарышын сезет. Эгерде анилинди жана салыштырма салмагы анилиндикине барабар болгон күчтүүлүктөгү кайнатылган туз эритмесин алсак, анда бул эритмеге салынган бир тамчы анилин, кысып чыгарылган эритменин салмагына барабар болгон, төмөнтөн жогору түртүп чыгаруучу күчтү сезет; бул болсо эритме жана анилиндин салыштырма салмактары барабар болгондуктан, анилиндин тамчысынын салмагына барабар болот. Ошондуктан анилиндин салмагы карама-каршы багыттагы түртүп чыгаруучу күч аркасында тең салмактууланат жана аралашманын ичиндеги анилиндин формасы беттик тартылуу менен аныкталат, мындай аралашманын ичинде анилин шар формасын алат (76-сүрөт).[1] Бир нече шарларды таап алып, аларды бирин бирине жакындатсак, алардын кошулуп кетишин байкоого мүмкүн. Алар кошулганда шар формасын сактап калышат.



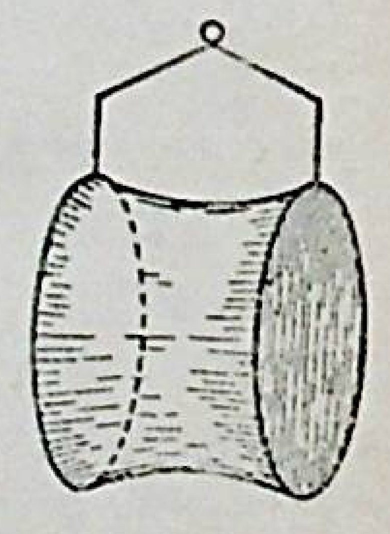
76-сүрөт. Жармашуу күчтөрүнүн гана таасири астында суюктуктун формасы.

Эки шардын көлөмдөрүн кошкон кезде, жалпы шардык бет, кошулуучу эки шардын беттеринин суммасынан кичине экендигин геометрия дагы көрсөтөт.

8. Эгерде түрдүү геометриялык формада болгон зым каркастын арасына чел түзүлсө (77-жана 78-сүрөттөр), анда ар бир каркас үчүн суюк чел ар убакта таамай белгилүү болгон бир түрдү алат, атап айтканда, мүмкүн болгон бардык комбинациялардын ичинен чоңдугу эң аз болгон бет түрүндө болот.



77-сүрөт.



78-сүрөт.

Эми, эгерде берилген суюктукка тийишип турган зат өзгөрсө, же болбосо анын ичинде кандайда болбосун башка бир зат эрип жаткан болсо, ошол суюктуктун беттик тартылышы өзгөрүүнү көрсөткөн тажрыйбаларга өтөлү.

9. Таза суунун бетине салынган камфора же самындын бир кичине кесеги суунун бети менен ийри-буйру болуп чур-

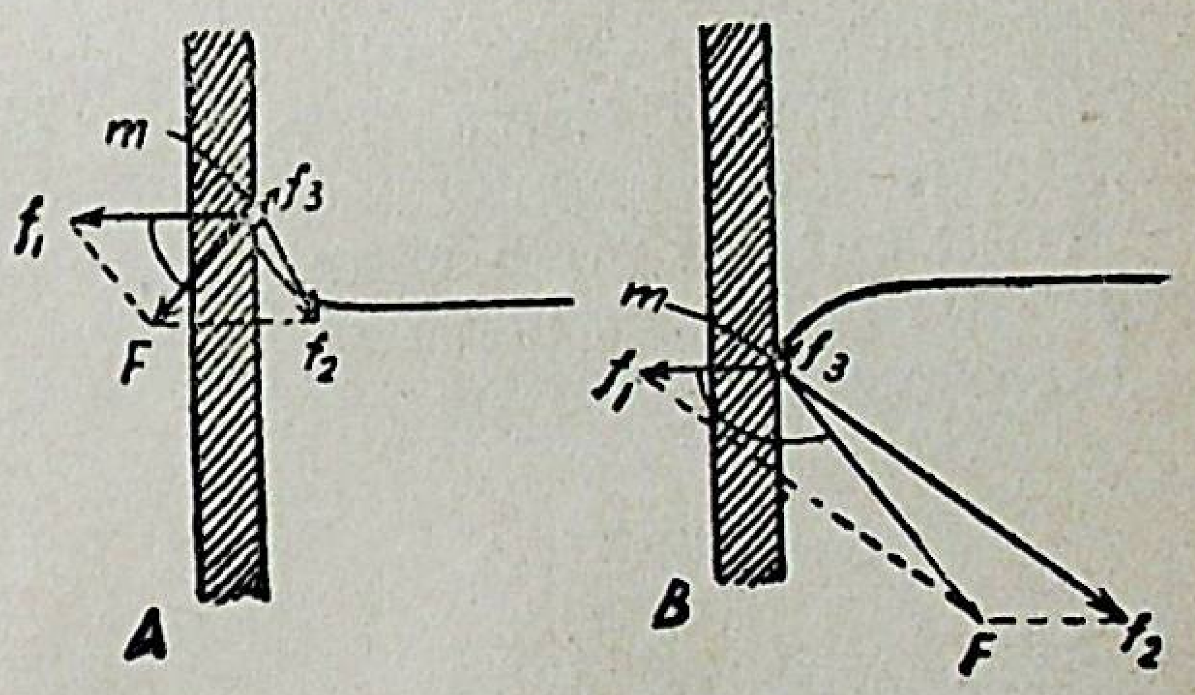
[1] Бул тажрийба Плато тажрийбасы деген наамда белгилүү.

кай баштайт. Камфоранын же самындын эритмесинин агындары таза суунун беттик тартылышын түрдүү багыттарда бир калыпта болбогон түрдө өзгөртүп, бетти бойлоп агып кетишет, мында ошол учурда тартылуу көбүрөөк болгон жакка кесектер которулуп турушат.

84. Нымдалуу. Суюктуктардын ичиндеги илинишүүнү табуу тажрийбаларында (§ 59, 2) пластинканы суюктуктан тартып алганда, анын төмөнкү бөлүгүн суюктуктун тамчылары каптап калган эле. Демек — берилген суюктук менен берилген катуу нерсенин ортосундагы илинишүү, суюктуктун молекулаларынын ортосундагы илинишүүгө караганда күчтүүрөөк болуп чыгат.

Өзүнүн молекулаларынын ортосундагы илинишүүгө караганда, катуу нерселер менен илинишүүсү күчтүүрөөк болгон суюктуктар ошол катуу нерсени *нымдоочу* деп аталат; өздөрүнүн молекулаларынын ортосундагы илинишүүгө караганда, катуу нерселер менен илинишүү кем болгон суюктуктар *нымдабоочу* деп аталат. Нымдоочу суюктуктардын мисалдары: суу, спирт таза айнекке караганда, жезге, темирге, калайга, цинкке[1] караганда сымап болот. Нымдабоочу суюктуктардын мисалдары: май сыйпалган айнекке караганда суу (жалпы алганда ар кандай майлуу катмарга караганда), айнекке караганда сымап болот.

Катуу нерсе менен нымдабоочу суюктуктун ортосундагы илинишүүнү § 59-да тажрийбадагы сыяктуу, маселен, айнек пластинканы сымапка тийгизип, ченеп көрүүгө болот.



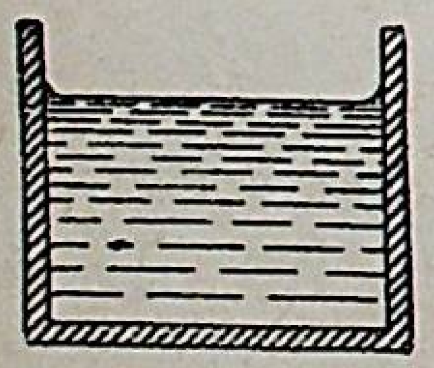
79-сүрөт. Менисктин пайда болушу: *A* — нымдалган учурунда, *B* — нымдалбаган учурунда.

85. Мениск. Суюктуктар ар дайым идишке куюлуп коюлгандыктан, ал эми катуу нерселер менен суюктуктардын ортосунда болсо, жармашуу бар болгондуктан, бул жармашуу идиштин капталдарынын жанындагы суюктуктун бетинин формасына таасир кылышы шексиз. Суюктуктун бетинин жана идиштин капталынын чегиндеги m молекуласын текшерели жана анын айланасындагы молекулалык таасирдин сферасын элестейли. 79-сүрөт боюнча пикир жүргүзүүгө мүмкүн болгондой, сферанын жарымы катуу нерсеге, чейреги суюктукка жана чейреги анын бууларына туура келет. Жарым сферанын ичине алын-

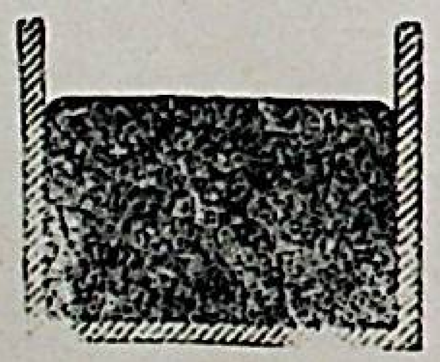
[1] Эгерде айрыкча цинкти күкүрт кислотасына малынган чүпүрөк менен алдын-ала сүртсөк.

ган катуу нерсенин молекулалары m молекуласына идиштин капталынын ичин көздөй ага перпендикуляр түрдө багытталган барабар таасир кылуучу f_1 күчү менен таасир кылат; сферанын төмөнкү чейрегинин ичиндеги суюктуктун молекулалары m молекуласына суюктуктун ичин көздөй бетке караганда 45° бурч боюнча багытталган f_2 күчү менен таасир кылышат; буунун молекулалары ошол эле m молекуласына буунун ичин көздөй бетке караганда 45° бурч боюнча багытталган f_3 күчү менен таасир кылышат. Салмакты кошкондо бардык күчтөрдүн барабар таасир кылуучусун параллелограм эрежеси боюнча табууга болот. Бирок f_3 күчү жана салмак, башкалары менен салыштырганда өтө кичине болгондуктан, чиймени жеңилдетүү үчүн тең таасир кылуучу F ти биринчи эки күч үчүн гана табуу менен чектелүүгө болот, ал кубулуштун мүнөзүн аныктайт. Суюктук менен катуу нерсенин ортосундагы жармашуу, суюктуктун молекулаларынын ортосундагы жармашууга караганда чоңураак болгон учурда, б. а. нымдоочу суюктуктар үчүн тең таасир кылуучу катуу нерсенин ичин көздөй, нымдабоочу суюктуктар үчүн — суюктуктун ичин көздөй багытталган болот.

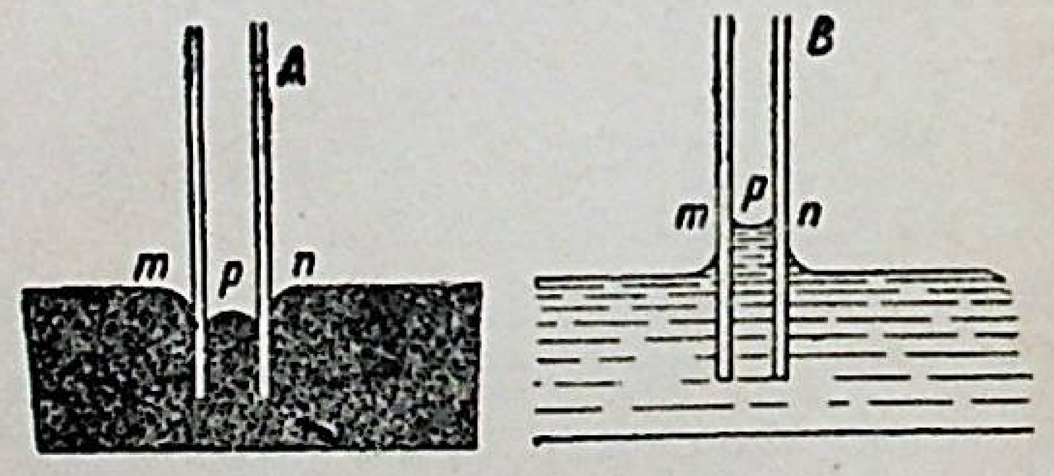
Бул келтирилген талкуулоо чек аранын дал өзүндө турган молекула үчүн гана эмес, калыңдыгы молекулалык таасирдин сферасынын радиусунан чоң болбогон үстүңкү катмардын ичинде жаткан башка молекулалар үчүн да жарайт. Эгерде бетке ошол бир точкада таасир кылуучу күчкө беттин өзү ар бир точкада перпендикуляр болгон учурда гана суюктук тынчтык абалда боло алат. Ошондуктан, *нымдоочу суюктуктун бети капталды бойлоп, көтөрүлүп, анын жанында ийилип турат* (80-сүрөт). *Нымдабоочунун бети — капталдын*



80-сүрөт. Нымдоочу суюктуктун ичин карай иймейген менискиси.



81-сүрөт. Нымдабоочу суюктуктун томпок менискиси.



82-сүрөт. Түтүктөрдүн ичиндеги мениск: *А* — нымдалбаган учурда; *Б* — нымдалган учурда.

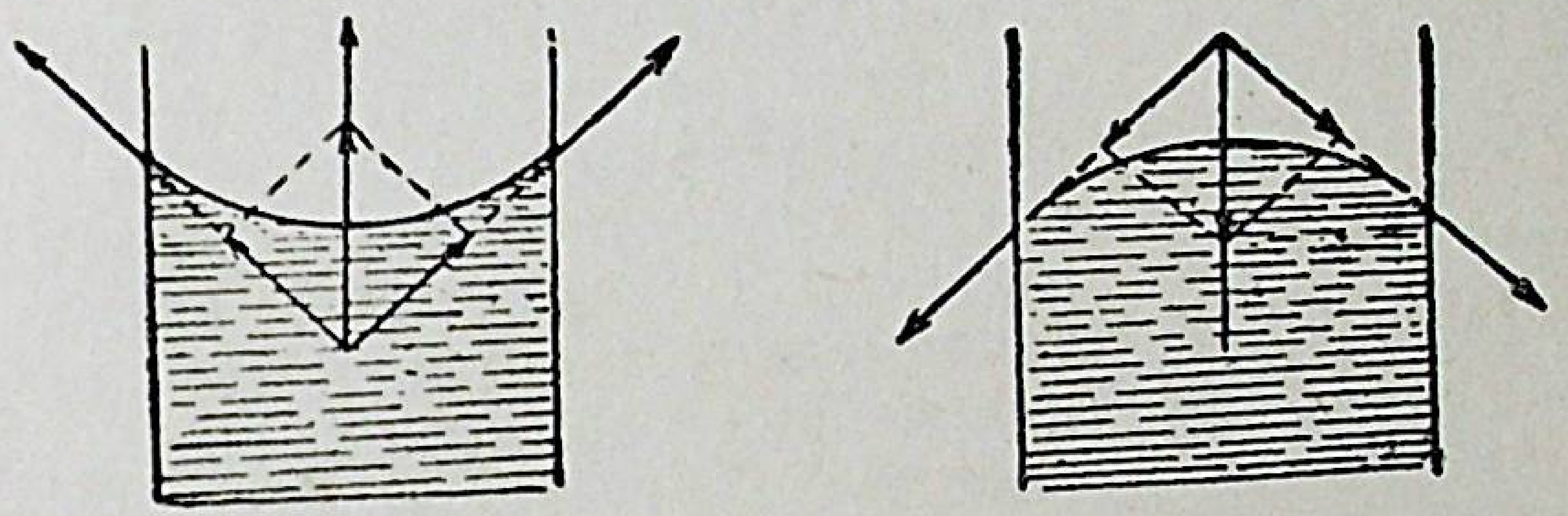
жанында ылдый түшүп ийилип турат (81-сүрөт). Капталдан бир кыйла аралыктагы беттин формасы тике ылдый багытталган оордук күчү жана беттик басымдын күчү менен аныкталат; бул күчтөрдүн таасиринин натыйжасында бет горизонталь болуп калат. Суюктуктун ийри бети м е н и с к (чөөтчө) деп аталат.

Ошентип, түтүк ичинде нымдоочу суюктуктун менискиси ичин карай иймейген болуп, нымдабоочулардыкы томпок болот.

Суюктуктун бети канчалык кичине болсо, менискинин ийрилиги ошончолук ачык көрүнөт. Ошондуктан ал ичке түтүктөрдө таамай көрүнүп (82-сүрөт), кеңири идиштерде аз көрүнөт. Кеңири идиштерде беттин ийрилиги дал капталдардын жанында гана байкалат.

86. Беттик басымдын менискинин формасына көз каранды болушу. Тажрийбада байкалган менискилердин түрдүү формалары беттик басымдын чоңдугуна таасир кылышат.

Чындыгында, эгерде суюктукту чектеп турган беттин формасы ийри болсо, анда бул беттин чеги боюнча жана

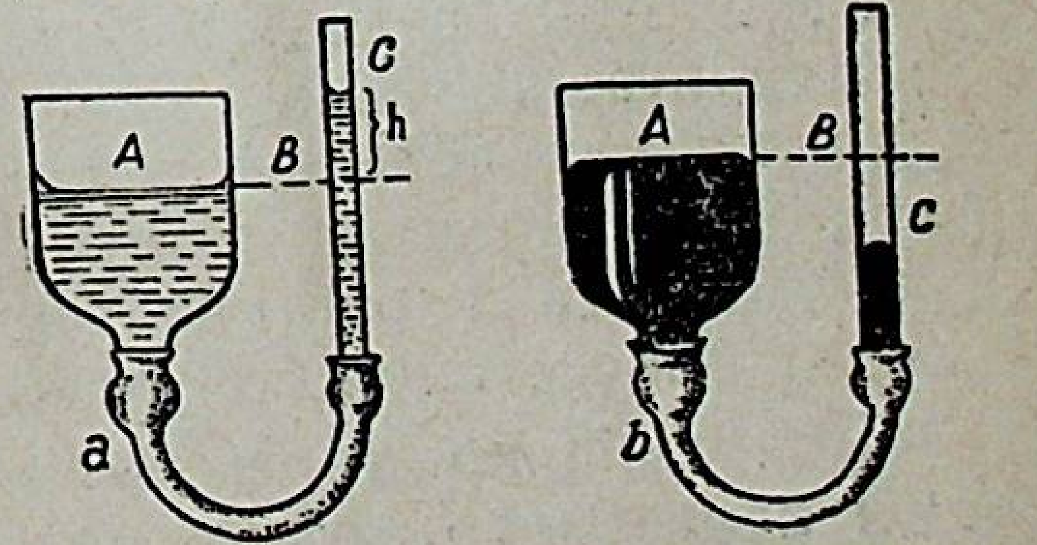


83-сүрөт. Бетки басым менискинин формасына көз каранды.

ар дайым бетке жүргүзүлгөн жаныманын багыты боюнча таасир этүүчү беттик тартылуу күчтөрү кошулган кезде, томпок мениск болгон учурда суюктуктун ичин карай, иймейген мениск болгондо тышын карай багытталган барабар таасир кылуучу күчтү пайда кылышат. Бул күчтөр суюктуктун беттик басымынын чоңдугун өзгөртүшөт. Биринчи учурда бул барабар таасир кылуучу, суюктукка болгон молекулалык басымды кемитет; экинчи учурда — аны чоңойтот.

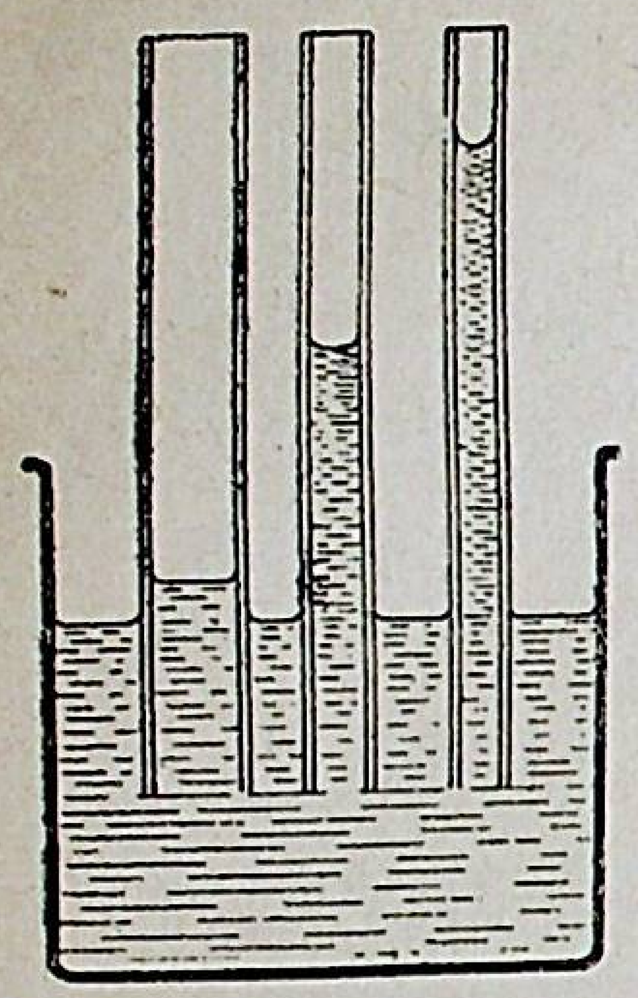
Демек — *беттик басым тегиз бетке караганда ичине карай иймейген менискиде азыраак жана томпойгон менискиде көбүрөөк болот.*

87. Капиллярдуулук. Эгерде бирөө кең жана экинчиси өтө ичке болгон катташуучу айнек идиштерге с у у куйсак, ичке идиштин ичиндеги с у у н у н д е ң г е л и кең идиштегиге караганда ө й д ө турат (84-*а* сүрөт). Түтүктөр жасалган затты нымдоочу ар кандай суюктуктан ушул сыяктуу кубулуш келип чыгат. Ичкерээк ийнинин ичиндеги ичин карай иймейген менискинин ийрилиги чоңураак болуп, ичке басым кең түтүктүкүнө кара-



84-сүрөт. Капиллярдык түтүктөрдүн ичинде нымдоочу суюктуктун өйдөлөшү жана нымдабоочу суюктуктун ылдыйлашы.

ганда кемирээк болот. Эгерде көтөрүлгөн мамынын гидростатикалык басымы молекулалык басымдын кемчилигинин ордун баскан даражадагы бийиктикке ичке ийнинин ичиндеги суюктук к ө т ө р ү л с ө, мына ушул учурда гана мындай идиштердин ичинде тең салмактуулук болот.



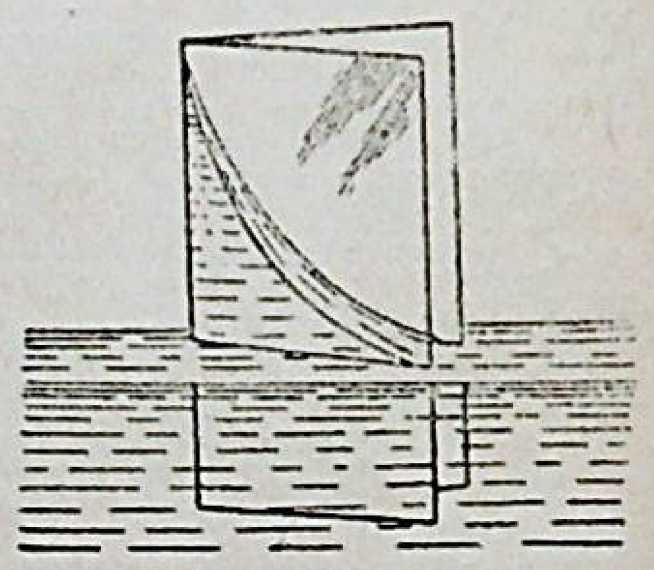
85-сүрөт. Түтүктүн ичинде суюктуктун өйдөлөө бийиктиги түтүктүн диаметрине көз каранды болот.

Эгерде ошол эле айнек идиштерге сымап куюлса (84-*b* сүрөт), анда и ч к е и д и ш т и н и ч и н д е г и с ы м а п т ы н д е ң г е л и к е ң и д и ш т е г и г е к а р а г а н д а ы л д ы й турат. Берилген катуу нерсени нымдабоочу ар кандай суюктуктун деңгели да ушундайча белгиленет. Идиштин ичке бөлүгүндөгү суюктуктун көтөрүлүшүнүн деңгели идиштин кең бөлүгүндөгү суюктуктун мамычасынын гидростатикалык басымы менен молекулалык басымдын артыкчылыгы теңелмейинче көбүрөөк томпок менискинин ички басымынын артык басымы ичке түтүктөгү суюктукту т ө м ө н т ү ш ү р ө берет.

Эгерде кең идиштин ичине диаметрлери түрдүүчө болгон түтүктөрдү түшүрсөк, түтүктүн диаметри канчалык кичине болсо, ичке түтүктүн ичиндеги өйдөлөөнүн, же ылдый түшүүнүн бийиктиги кең идишке салыштырганда ошончолук чоң болот (85-сүрөт).

Өтө ичке түтүктөр, латиндин к а п и л л у с — кыл, деген сөзүнөн алынып, к а п и л л я р д ы к түтүктөр деп аталып кеткен.

К а п и л л я р д ы к т ү т ү к т ө р д ү н и ч и н д е с у ю к т у к т у н ө й д ө л ө ш ж е ы л д ы й л а ш к а с и е т и к е ң и д и ш т е р г е с а л ы ш т ы р г а н д а к а п и л л я р д у у л у к деп аталат.



86-сүрөт. Эки грандуу бурчтун ичинде нымдоочу суюктуктун өйдөлөшү.

Эгерде эки грандуу бурч формасында кошулган эки айнек пластинканы кең идиштин ичиндеги сууга салсак (86-сүрөт), пластинкалардын ичиндеги суюктук тышкыга караганда өйдөрөөк турганын, кыры канчалык жакын болсо, ошончолук өйдө экенин байкоого болот.

Тажрийбалар төмөнкү к а п и л л я р д у у л у к з а к о н д о р у н белгилөөгө мүмкүндүк беришет.

1. Нымдоочу суюктуктун өйдөлөшүнүн жана нымдабоочу суюктуктун ылдыйлашынын бийиктиги түтүктүн диаметрине жана суюктуктун тыгыздыгына терс пропорциялаш.

2. Эки параллель пластинкалардын ортосундагы өйдөлөөнүн бийиктиги, диаметри пластинкалардын ортосундагы аралыкка барабар болгон түтүктүн ичиндегиден эки эсе кем болот.

Капиллярдык түтүктүн ичиндеги менискини жарым сфера деп алууга болот (84-сүрөт). Суюктуктун жана түтүктүн чек арасы — радиусу r болгон (түтүктүн радиусунун) айланасы. Бул айлананы бойлото $2\pi r\alpha$ күчү таасир кылат. Мындагы α — узундуктун бирдигине эсептелүүчү үстүңкү тартылуу күчү болот. Бул күч бийиктиги h жана тыгыздыгы D болгон суюктуктун көтөрүлгөн мамысынын салмагын тең салмактап турат.

Салмак $\pi r^2 hDg$ ге барабар.

Бул күчтөрдүн барабардыгынан α ны аныктоого болот.

$$2\pi r\alpha = \pi r^2 hDg; \quad \alpha = \frac{rhDg}{2}. \quad \text{Суу үчүн } \alpha = \frac{rhg}{2}.$$

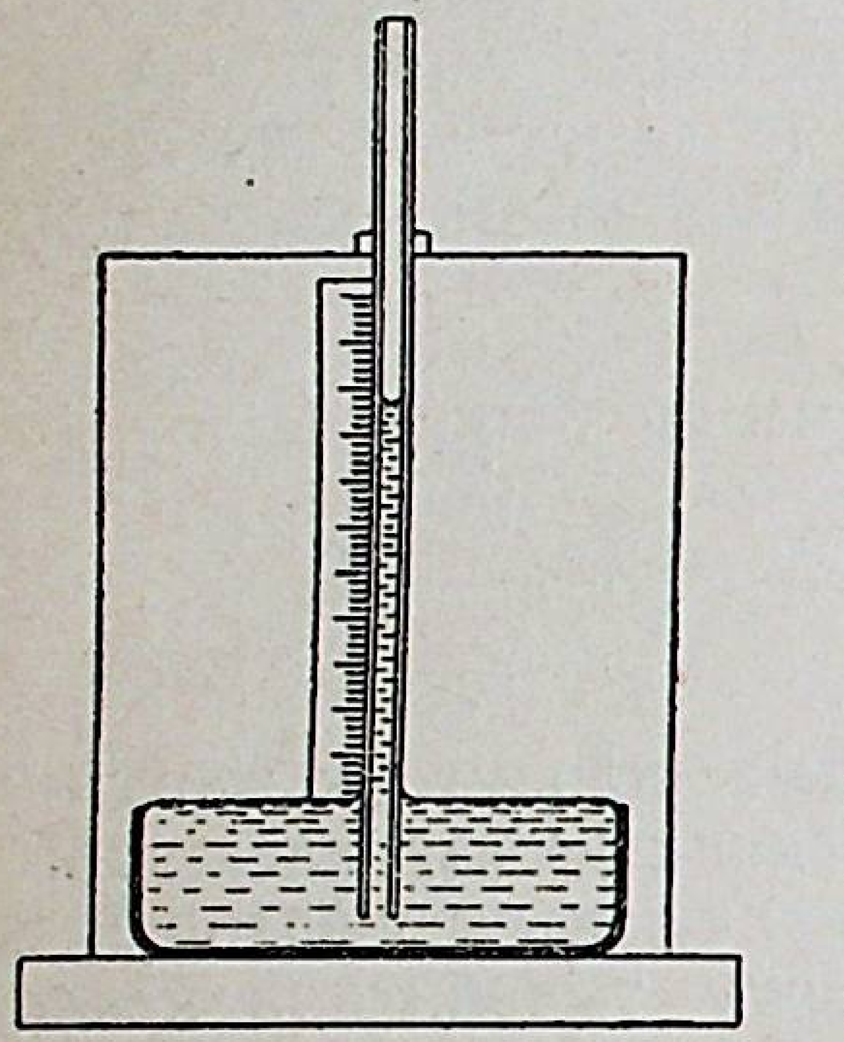
Беттик тартылуу, нымдоо жана капиллярдуулук жаратылышта дайыма болуп турушат жана техникада пайдаланышат. Көзөнөктүү болгон абдан көп нерселер суюктукту өздөрүнүн ичине соруп алышат. Мындайча соруу төмөнкүдөн келип чыгат: суюктук ошол катуу нерсени нымдаганда капиллярдуулук закону боюнча, нерсенин ичиндеги көзөнөктөр түзгөн эң ичке капиллярларды бойлоп көтөрүлөт жана дагы капиллярлар канчалык ичке болсо, ошончолук жогору көтөрүлөт. Мисалы, губка, кант, кагаз (өзгөчө соргуч кагаз), ткандардын көпчүлүгү, кум, бор, жыгач, литография ташы өздөрүнүн ичтерине суюктукту көп сорушат. Жердин астындагы суунун топурактагы капиллярлар боюнча көтөрүлүшү да ушундайча болот. Мындан жерди иштетүү үчүн эки жол табышат. Эгерде жердин астындагы суунун жердин бетине чыгышын жана ал аркылуу бууланышын токтотуу керек болсо, топурактын капиллярын талкалоо керек болот. Бул үчүн жерди айдашат. Нымдуулугу аз жана кургакчыл жерлерде топурактын нымдуулугун сактоо үчүн жерди айдоо иши мүмкүн болушунча эрте жана терең болуу керек. Эгерде жердин астындагы сууну жердин бетине жакындатып келтирүү керек болсо, топурактын ичиндеги капиллярларды сактоо гана эмес, алардын диаметрлерин кичине, ичке кылуу зарыл болот. Бул максат менен огороддордо жөөк салышат жана кайсы бир учурларда айдалган талааны мала таш менен тапташат же тыгыздашат, мындан топурактын ичиндеги капиллярдык жолдор жердин бетине карата ичкерип калышат.

Өсүмдүктөр топурактан туздардын эритмелерин тамырлар аркылуу алып тамактанышат. Тамырлар дегенибиз — эң ичке капиллярлар болот; демек — эритмелердин топурактын ичинен өсүмдүктөрдүн башына көтөрүлүшүнүн себептеринин

бири нымдоочу суюктуктун капиллярдуулук закону боюнча көтөрүлүшү болот.

88. 9-лабораториялык иш. **Беттик тартылуунун чоңдугун аныктоо.**

Куралдар: 1) кең айнек идиш (87-сүрөт); 2) капиллярдык түтүк; 3) күзгү масштабы бар штатив; 4) ийне; 5) микрометр; 6) сыналуучу суюктук.



87-сүрөт. Беттик тартылуунун ченөө үчүн курал.

Иштин негизи: § 87-да чыгарылгандын өз ара катыштары.

Иштин планы. Капиллярдын ичиндеги суюктуктун өйдөлөө бийиктигин жана капиллярдын диаметрин ченөө керек.

Иштин жүрүшү. 1. Идиштин ичине суу (же айнекти нымдоочу башка суюктукту) куйгула.

2. Капиллярдык түтүктүн ички бетин алдын-ала сыналуучу суюктук менен нымдап, аны идиштин ичиндеги суюктукка салгыла.

3. Күзгүлүү масштабды идиштин жанына койгула жана капиллярдагы менискинин төмөнкү бөлүгүнүн бийиктигин кең идиштин үстүңкү деңгелине чейин ченегиле.

4. Түтүктүн төмөнкү тешигине ийнени киргизип койгула, ийне түтүктүн кайсы жерине барып жеткенин белгилегиле жана белгиленген жердеги анын диаметрин микрометр менен ченегиле.

5. Формула боюнча α ны эсептеп чыгаргыла.

6. Ошол эле же башка түтүктөр менен тажрийбаны кайталагыла, α нын орточо маанисин тапкыла, аны таблицадагылар менен салыштыргыла жана таксыздыктын процентин тапкыла.

89. Суюктуктун молекулярдык-кинетикалык теориясы. Диффузия жана суюктуктун ичиндеги башка тектүү бөлүкчөлөрдүн броундук кыймылы суюктуктун молекулаларынын кыймылда боло тургандыгын шексиз белгилешет. Суюктуктун молекулаларынын араларындагы бир кыйла жармашуу суюктуктун молекулалары, газдарда болгон сыяктуу, башка молекулалар менен өз ара таасир кылышпастан түз сызыктуу жолду өтө алышат деп ойлоого мүмкүнчүлүк бербейт. Суюктуктун молекуласы кыймылдайт, анығыраак айтканда, айланадагы молекулалар таасир кылган жерде дирилдеп турат, бирок бардык молекулалардын ылдам кыймылдай тургандыгынан ар бир жеке молекулалардын кыймыл жолунун белгилүүлүгү менен да жана белгилүү мезгилдүүлүк менен да ажырабайт. Суюктуктун ар бир молекуласы убакыттын өтүшү

менен, тегеректеп турган молекулалардын арасынан өтүп кете алат жана башка молекулалар таасир кылган жерге бара алат.

Ошентип, суюктуктун молекулалары тең салмактуулуктун кандайдыр бир алмашып туруучу абалдарынын жанында термелип турушат жана бири экинчисине салыштырмалуу түрдө которулушат. Суюктуктун кыймылдуулугу мына ушул кийинки касиет менен түшүндүрүлөт.

Эгерде суюктуктун молекулаларынын кыймылына окшоштурганда, жаратылыштан издей турган болсок, ага бутакка жаңы эле конгон бал аарынын үйүрү баарынан жакшы окшошуп келет. Үйүр топтогу бал аарылары майда термелүү кыймылдарынан башка да, бирин экинчисине салыштырганда акырындык менен жылып олтурушат.

Газдардын теориясына салыштырганда, суюктуктун кинетикалык теориясы өтө аз иштетилген.

8-көнүгүү.

1. Эмнеликтен кисточканын кылдары суунун ичине салганда таралып кетишет да, суудан чыгаргандан кийин жабышып калышат?
2. Эгерде самындын көбүкчөсүн түтүктөн ажыратпастан үйлөсөк жана эгер түтүккө үйлөгөндү токтотсок, эмнеликтен анын ченемдери кичиреет?
3. Эмне үчүн чакадагы суунун үстүндө жаткан жыгач тегеректи жалпагынан алууга караганда, кырынан оңой чыгарып алууга болот?
4. Нымдоочуну жана нымдабоочуну көрсөтө турган мисалдар келтиргиле.
5. Эгер 76-сүрөттөгү тамчыны борбору аркылуу өткөн октун айланасында ылдам айландыра турган болсок, тамчынын формасы кандайча өзгөрөт?
6. Эгер биринчи жолу куюлган суунун температурасы 10°, экинчи жолкусунуку 30° болсо, диаметри 2 *мм* келген капилляр түтүк ичиндеги суунун көтөрүлүшү кең идиштин ичиндеги суунун деңгелине чейин бирдей болобу? Эгер ар түрдүү болсо, кайсы учурда суунун көтөрүлүшү көп болот?
7. Эгер капилляр ичиндеги суу кең идиштегиге караганда 2 *см* өйдө турса, капиллярдын радиусу кандай?
8. Башка шарттар бирдей болгондо, капиллярлар ичиндеги суунун жана керосиндин көтөрүлүш бийиктигинин катышы кандай болот?

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Тынчтык абалда турган суюктуктун бети тышкы күчкө караганда кандай багытта турат?
2. Суюктукка тышкы күч таасир кылганда, анын кысылгычтыгы тууралу эмне айтууга болот?
3. Суюктуктарда серпилгичтик барбы?
4. Суюктук абалдын (заттардын бир кыйлалары үчүн) негизги белгилери кайсылар?
5. Суюктуктун ичинде молекулалардын кыймылы кандай?
6. Молекулалык аракеттин сферасы деп эмнени айтабыз? Анын радиусунун улгулуу ченеми кандай?
7. Беттик же молекулалык басым деген эмне?
8. Жалаң молекулалык күчтөрдүн таасири астында суюктук кандай формада болот? Эмнеликтен? Мисал келтиргиле.

9. Беттик тартылуу деген эмне, суюктуктун бетине караганда анын кандай багыты бар жана кандай мисалдар менен анын бар экенин кубаттоого болот?
10. Берилген суюктуктун бетинин үстүндө турган же ошого эритилген затка суюктуктун беттик тартылышы көз карандыбы же жокпу?
11. Катуу нерсени суюктук менен нымдоо жана нымдабоо деген эмне?
12. Мениск деген эмне, ал эмнеге көз каранды жана анын формалары кандай?
13. Суюктуктун бетинин ийрилигине үстүңкү басым кандайча көз каранды?
14. Капиллярдуулук кубулушу эмнеден турат?
15. Капиллярдуулук закондору эмнеден турат?
16. Жаратылышта жана техникада капиллярдуулуктун кандай мисалдары белгилүү?

Адабият. Б о й с, Самын ыйлактары, П е р е л ь м а н, Кызыктуу физика, 1-китеп, V глава.

4. КАТУУ НЕРСЕНИН КАСИЕТТЕРИ.

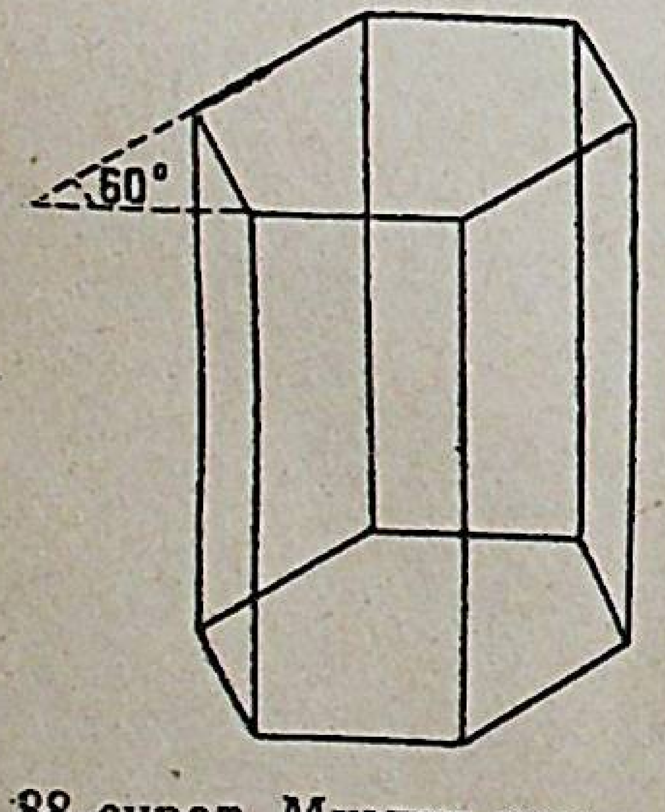
90. Кристаллдык абал. Катуу абалдагы заттын касиеттерин үйрөнүүгө киришкенде, баарыдан мурда, катуу нерсе деп эмнени түшүнүү керек экенин аныктап кетүү керек.

Бул сөздүн так маанисин алганда, *кристаллдардан түзүлгөн бир тектүү нерсе катуу нерсе деп аталат.*

Кристалл деп, заттын табийгы жазык грандар менен чектелген белгилүү бир геометриялык формадагы бөлүкчөсү аталат.

Кристаллдардан түзүлгөн нерсе к р и с т а л л д ы к деп аталат.

Кристаллдын белгиси — анын жазык грандары бар туура геометриялык формасынын болушу гана эмес. Түрдүү багыттардагы түрдүү касиеттери негизги белгилер болот. Ошол эле бир заттын кристаллы жылуулукту, электрди, жарыкты түрдүүчө түрдүү багыттарды көздөй өткөрөт жана урган кезде талкаланат (жарылат).



88-сүрөт. Муздун кристаллы.

Эгерде айнек пластинканы алсак, анын үстүн скипидарга аралаштырылган мом менен жука катмар кылып каптап жана бул катмарга перпендикуляр кылып, ысытылган зымды сайсак, анда эриген мом тегеректин аянтын толтурганын көрүүгө болот: зымдан жылынган айнек бардык багыттарда бир калыпта жылынган болуп чыгат.

Эгерде туура системага кирбеген кристаллдан пластинка кесилип алынса жана аны менен ошол эле тажрийба кайталанса, анда эриген мом эллипстин аянтын толтурат — жылуулукту өткөргүчтүгү түрдүү багыттарга карай түрдүүчө болот.

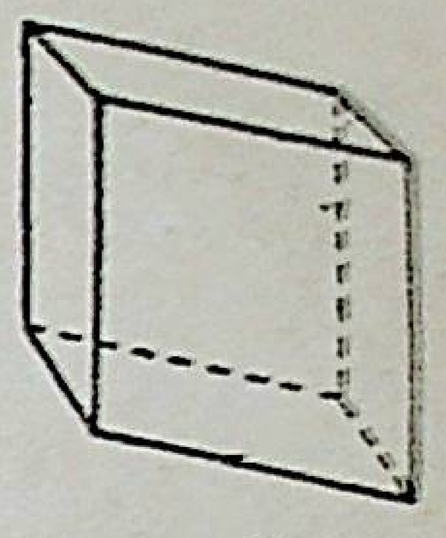
Кристаллдар, эриген суюктук катуулануу кезде (мисалы күкүрт), каныккан эритмеден суюктук бууланган кезде (мисалы кайнатма туз, кант), буудан катуу абалга өткөн кезде (мисалы, муз) түзүлөт.

Ар түрдүү заттардын кристаллдарынын ар түрдүү формасы болот. Кайнатма туздун кристаллынын формасы куб. Карлардын өтө сонун формаларын түзгөн муздун кристаллдары туура алты грандуу призма түрүндө болот (88-сүрөт); исландиялык шпаттын кристаллы ромбоэдр формасында болот (89-сүрөт).

Кайсы бир заттардын бир канча кристаллдык формаларда кристаллдаша турган касиети бар. Буга күкүрт (жаратылышта табыла турган сары күкүрт жана эритилгенде суутуу аркасында алына турган кызыл күкүрт өздөрүнүн кристаллдары жагынан ажыралышат) жана углерод (алмаздын кристаллдары жана графиттин кристаллдары башкача болот) мисал боло алышат.

Химиялык составы бирдей болгон, бирок кристаллдын формалары түрдүүчө болгон эки же бир канча түр өзгөртүүнү түзө алган нерселердин касиети п о л и м о р ф и з м (көп формалуулук) деп аталат.

Бул формалардын бири кайсы бир убакта туруксуз болуп, өзүнөн-өзү экинчи формага өтөт.



89-сүрөт. Ромбоэдр исландиялык шпаттын кристаллынын формасы.

Кристаллдык нерселердин бирөөлөрүндө кристаллдар ири жана көзгө оңой көрүнө турган болот, экинчилеринде алар ошончолук эң эле кичине болуп, аларды микроскоп аркылуу гана же болбосо өтө назик жолдор менен гана көрүүгө болот. Нерселердин кристаллдарынын чендери убакыттын өтүшү менен өзгөрүү мүмкүн. Мисалы, темир жана болоттун майда кристаллдары ири кристаллдарга айланат. Бул айлануу урган жана титиреген кездерде ылдамдайт. Мындай айлануу темир жол рельстеринде, вагондун окторунда, болот көпүрөлөрдө дайыма болуп турат, мына ушундан бул курулуштардын бекемдиги убакыттын өтүшү менен кемип турат.

91. Аморфтук абал. Катуу нерселердин эсебине сөздүн так эмес, шарттуу маанисинде а м о р ф т у к[1] абалда турган нерселерди киргизишет.

Аморфтук абал — кристаллдык формалардын жоктугу жана бардык багыттар боюнча касиеттердин бирдейлиги менен мүнөздөлөт.

Аморфтук абалдагы нерселердин мисалдары: айнек, опал (тунук таш), чайыр, янтар, битум, желим, воск, мом.

Аморфтук абалдагы нерселердин кысылгычтыгы, жылуулукту өткөргүчтүгү, электрди өткөргүчтүгү, жарыктын ылдамдыгы, механикалык касиеттери бардык багыттар боюнча бир-

[1] Грекче а м о р ф о с — формасыз деген сөз.

дей болот. Сындырылган жери кристаллдардыкындай тегиз эмес, оюктуу формада (раковина) болот.

Эриткен кезде аморфтук нерселердин суюктукка өтүшү температуранын тынымсыз өсүшүн бузбастан, акырындык менен жүрүп отурат (§ 101 ди салыштыргыла), мында бир кыйла „жумшаруу аралыгы (интервалы)“ байкалат, мисалы айнек үчүн 500° тан 1000°ка чейинки пределде. Тескери процесс кезинде — „өтө суунуу“ келип чыгат. Мында, эрүү жүрүп жаткандагы температуранын чегинен төмөн кылып суюктуктун абалын сактайт. Андан ары суутканда зат суюк абалда туруп коюуланат, анын жабышкактыгы, б. а. катмарлардын арасындагы ички сүрүлүүлөрү өтө чоңоёт, молекулалар өздөрүнүн кыймылдарын жоготушат жана тартиби жок абалда калышат да, мына ушундан аморфтук абал келип чыгат.

Аморфтук абал дегенибиз — өткөрө суутулган суюктук абал болот (§ 101-а кара), ал катуу, кристаллдык абалга караганда суюктук абалга жакын турат. Чындыгында да, суюктуктар өздөрүнүн салмагынын таасири астында ичин толтуруп турган идиштин формасын алган сыяктуу, аморфтук нерселер да өз салмактарынын таасири астында өз формаларын өзгөртөт.

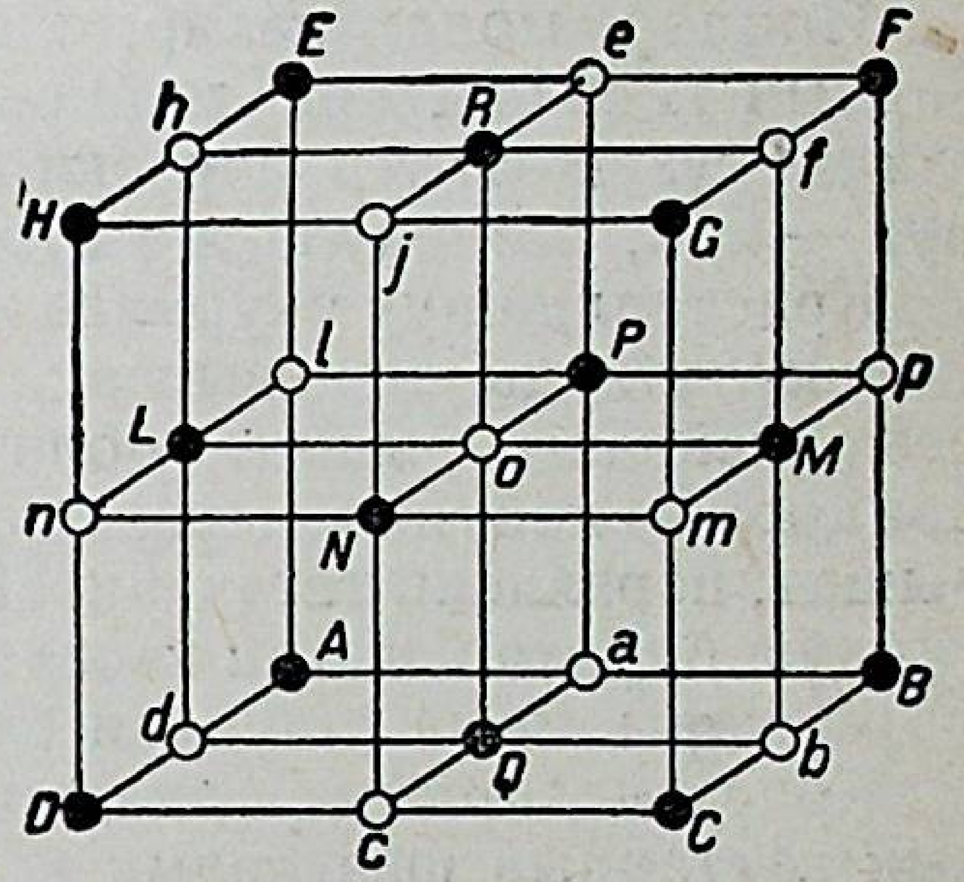
Эки башы менен эки тирекке коюлган узун айнек түтүк, бир кыйла убакыт өткөндөн кийин өз салмагынын таасири астында ийиле баштайт: воронканын ичине ташталган момдун кесектери, воронканы бойлоп жайылып, воронканын тешигинен өзөк сыяктанып чыгышат. Эгерде идиштин түбүнө бир кесек пробка салынып, анын үстүнө мом ташталса жана анын үстүнө коргошун коюлса, бир аз убакыт өткөндөн кийин кесектери горизонталь беттүү туташ нерсе болуп чогулуп, коргошун ал аркылуу түпкө түшүп кетет, пробка болсо, үстүнө калкып чыгат. Форманын мындайча өзгөрүүлөрү температуранын жогорулаткан кезде ылдамыраак өтөт.

Аморфтук абалда молекулалар кристаллдык абалга таандык болгон тартиптүү формага кирип жетише албагандыктан жана мына ушуну менен эрүүнүн салыштырма жылуулугу бөлүнүп чыкпагандыктан, аморфтук заттагы энергиянын запасы кристаллдыкка караганда көбүрөөк болот. Бирок нерсенин энергиясы сырткы бир аракеттин катышпаганынан кичирейүү жагына гана өзгөрөт. Ошондуктан, *аморфтук абал, туруксыз болот жана ыктуу шарттар болгондо кристаллдык абалга өтөт.* Бир кыйла узак убакыт өткөндөн кийин, аморфтук айнекте кристаллдар пайда болот — айнек кирденет: аморфтук айнек канттын кристаллдары менен капталат ж. б.

92. Кристаллдын мейкиндик тору. Кристаллдын тышкы формасынын тууралыгы кристаллдарды түзүүчү заттын молекулалары же атомдору анын ичинде барабар аралыктардагы туура катарлар менен жайланышкан деген болжолдоону, XIX кылымдын орто ченинде, айтууга себеп болгон.

1891-жылы орустун сонун окумуштуусу Е. С. Фёдоров[1] теориялык жол менен кристалл түзүүчү бөлүкчөлөрдүн мейкиндикте орун алышынын законун чыгарды. 21 жыл өткөндөн кийин 1912-жылы рентген нурларынын[2] жардамы менен кристаллдардын ички түзүлүштөрүн түздөн-түз эксперимент изилдөө методдору табылды, муну иштеп чыгарууда орустун экинчи окумуштуусу Ю. В. Вульф бир кыйла роль ойногон. Кристаллдардын структурасы көп сандаган ар түрдүү изилдөөлөр Е. С. Фёдоровдун корутундуларын ачык растады. Азыркы убакытта Е. С. Фёдоровдун айкындаган кристаллдык түзүлүү законду кристаллдар тууралу илим — кристаллографиянын, ошону менен бирге азыркы заттардын түзүлүшү жөнүндөгү илимдин бардык курулушунун былк этпес негизи болот.

Таш туздун кристаллынын түзүлүшүн текшерип көрөлү (90-сүрөт). Ал хлор менен натрийдин — NaCl — химиялык биригиши болот.



90-сүрөт. Кайнатма туздун кристалл тору: ● — натрийдин иондору, ○ — хлордун иондору.

Таш туздун кристаллы хлордун жана натрийдин айрым атомдорунан турат, мында алардын атомдору нейтралдуу (калыс) болбостон, барабар жана карама-каршы болгон заряддарды алып жүрүшөт. Электр зарядына ээ болгон атом *ион* деп аталат (III бөлүктү карагыла). Ошентип, хлордуу натрийдин кристаллы, башка толуп жаткан туздардыкы сыяктуу иондордон турат: натрийдин иону — оң электр

[1] Евграф Степанович Фёдоров (1853—1919) кристаллдар тууралу илимдин теориялык негизин түзгөн. Кристалл түзүүчү бөлүкчөлөр 230 дан көп болбогон жолдор (закондор) менен гана бир-бирине шай келүүн илимде биринчи жолу айкындаган. Бул закондордун ар кайсынысына ылайык белгилүү гана химиялык заттар кристаллданууга мүмкүн. Е. С. Фёдоров кристаллохимиялык анализди тапкан, бул болсо кристаллдардын тышкы формасына карата анын химиялык составын аныктоого жана анын ички структурасы (түзүлүшү) тууралу белгилүү бир корутунду чыгарууга мүмкүндүк берет. Е. С. Фёдоров кристаллды эксперименталдуу үйрөнүүдө дагы анык төңкөрүш жасады. Кристаллографиядагы теодолит методу деп аталган, анын иштеп чыгарган чыгармасы заттарды изилдөөдө окумуштуулардын колуна өтө бай болгон мүмкүнчүлүк берди. *„Фёдоровдун гониометрин“* жана *„Фёдоровдун универсалдык столчосун“* бардык геологдор жана кристаллографтар билишет. Е. С. Фёдоров Уралдын бир нече райондорунун геологиялык түзүлүшүн текшерген. Ал Петербург тоо институтунун директору жана профессору болгон. Москва айыл чарба (азыркы Тимирязев наамындагы айыл чарба академиясы) институтунда лекциялар окуган.

[2] Рентген нурларын (III бөлүк) үйрөнгөнгө чейин бул изилдөөнүн методун түшүндүрүүгө мүмкүн болбогондуктан, мындай изилдөөнүн натийжаларын гана айтуу менен чектелүүгө туура келет.

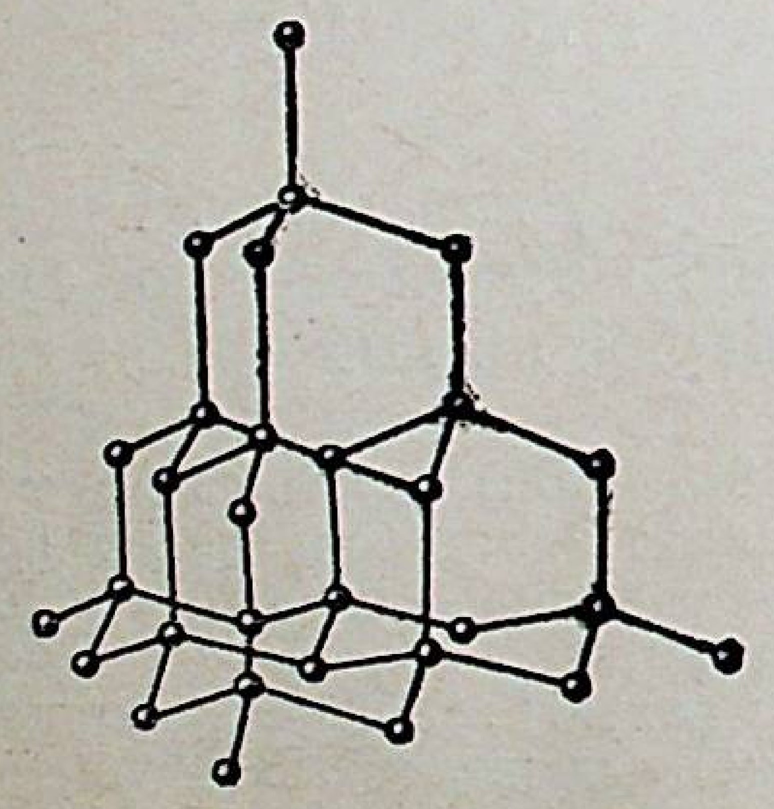
заряддуу, хлордун иону — чоңдугу жагынан оң зарядка барабар болгон — терс заряддуу болот. Хлордун жана натрийдин иондору үч багыттын ар бирөө боюнча гана барабар аралыктарда кезектешип жайланышкан. Натрийдин иону болсо (сүрөттөгү кара тегерек) жана хлордун иону болсо (сүрөттөгү ак тегерек) башка элементердин алты ионунун арасындагы ортолуктары боюнча жайланган.

Иондордун арасында өз ара таасир кылышкан жана кристаллга бекемдик берген күчтөр, электр менен заряддалган нерселердин өз ара таасир кылууларынын күчтөрү болот (III бөлүк, 1-главаны карагыла). Ар бир эки катарды кесип өтүү, калбырдын түйүнүн ион, атом же молекула турган жерин берет.

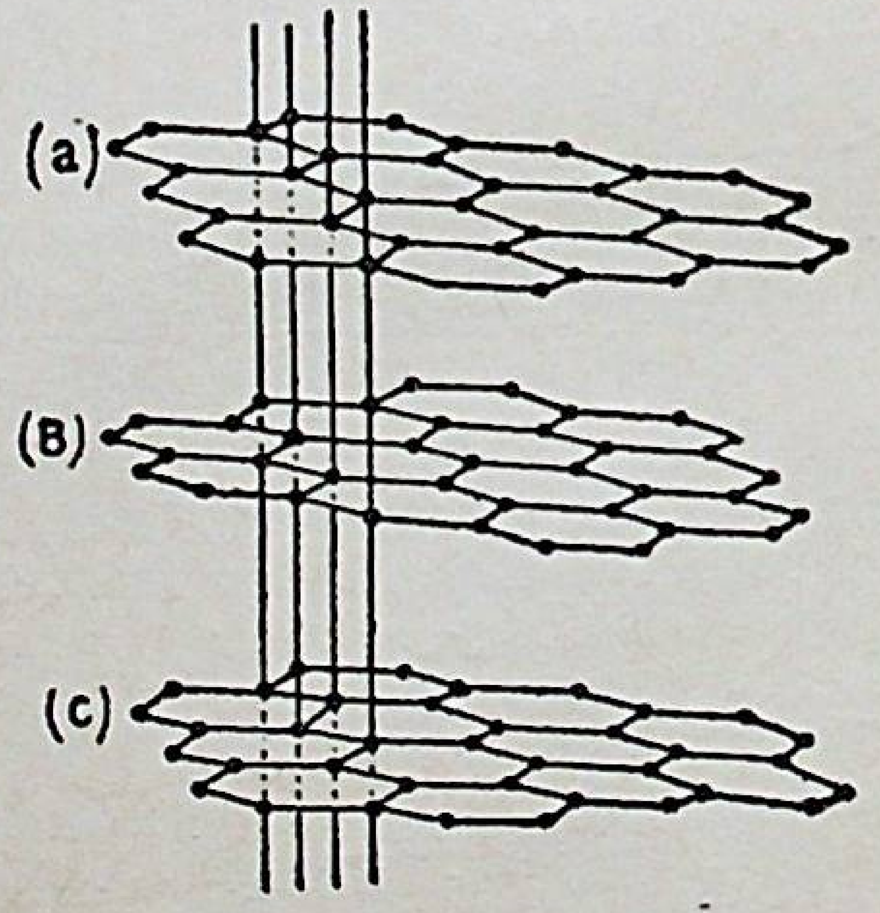
Иондор, молекулалар, же атомдор жайланышкан катарлардын кесилиштери мейкиндикте мейкиндик тору деп аталат. Ар бир эки катардын кесилиши тордун тоомун — ион, молекула же атом туруучу жерди берет.

Кристаллдашуу учурунда жармашуу күчтөрү бир багыттагы молекулаларды тыгызыраак, экинчи багыттардагыны сейрегирээк жайлаштырышат. Молекулалар же алардын бөлүктөрү — иондору — көбүнчө параллель тегиздиктердин үстүнө жайланышат; параллель тегиздиктердин түрдүү топтору мейкиндикте түрдүү бурчтар жасап кесиле алышат, кристаллдардын түрдүү формалары мына ушундан келип чыгат.

Кристаллдардын формаларынын түрдүүчө болушу кристаллдык заттардын физикалык касиеттеринин түрдүүчө болушуна таасир кылат.



90-*а* сүрөт.



90-*б* сүрөт.

Мисалы, алмаздын кристаллы 90-*а* сүрөттө көрсөтүлгөн мейкиндик тору бар түрүндө болот, ал эми углероддун бир түрү болгон графит — 90-б сүрөттө көрсөтүлгөн түрдөгү мейкиндик тору бар кристаллдардан турат. Графит алмазга караганда катуулугунун кемчилдиги менен ажырай тургандыгы белгилүү.

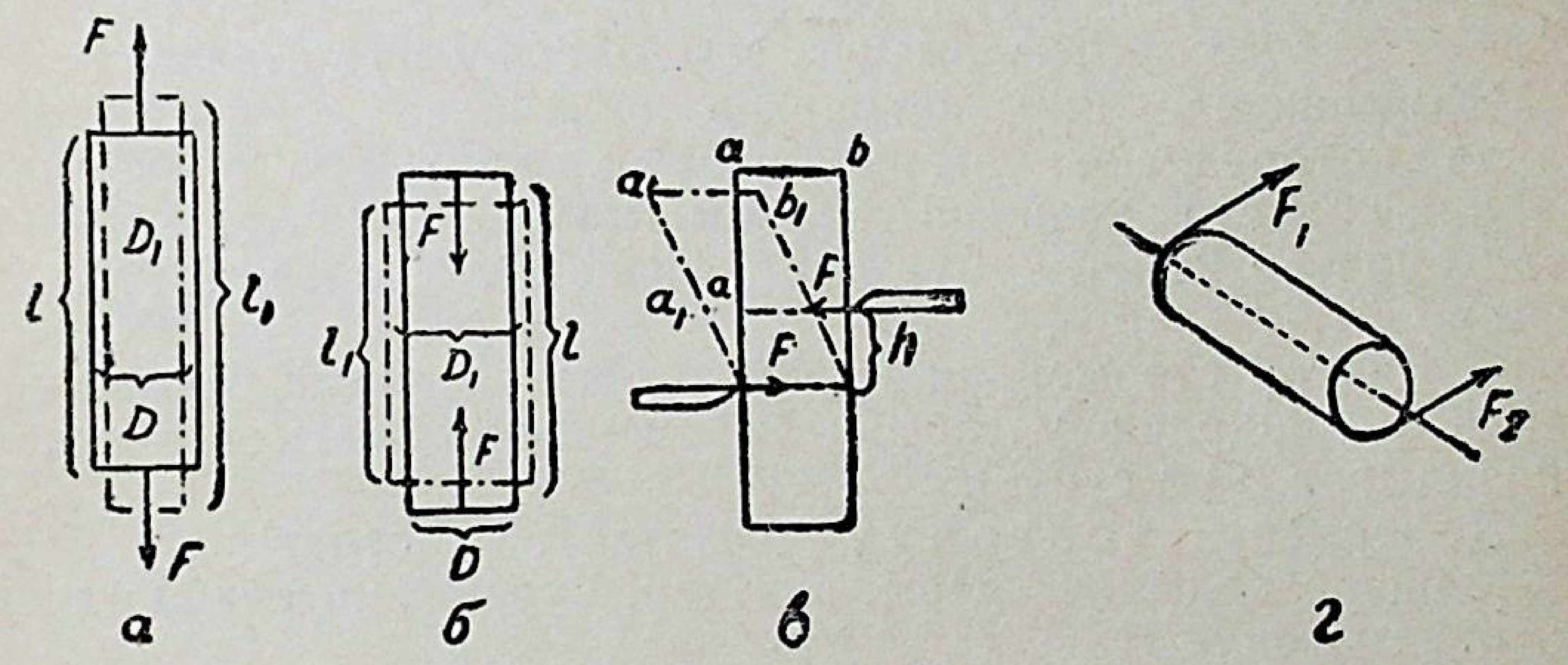
93. Деформация. Нерселер кандай да болсо өз ара таасир кылган кезде, өз ара таасир кылуучу нерселердин формасы же көлөмү же болбосо бир маалда формасы да жана көлөмү да өзгөрөт.

Нерселердин формасынын же көлөмүнүн өзгөрүшү деформация[1] деп аталат.

Деформацияларды үйрөнгөн кезде, катуу нерсе деп, жалаң кристаллдык нерсе гана эмес, сөздүн кадыресе маанисиндеги катуу нерсе болжолдонот.

Стержень түрүндөгү катуу нерсени көз алдыга келтирели. Стерженге салыштырганда деформациялоочу күчтөрдүн багыттарына жараша, деформациялардын төмөнкү түрлөрү келип чыгуу мүмкүн.

1. Күчтөр нерсенин узунунан жаткан огун бойлоп түз карама-каршы жактарга сыртка таасир кылышат (91-*а* сүрөт). Деформация чоюлуу деп аталат.



91-сүрөт. Деформациялардын негизги түрлөрүнүн схемасы.

Чоюлган кезде нерсе узунунан болгон багытта узарат жана туурасынан болгон багытта кыскарат: нерсенин көлөмү чоңоёт. Чоюлуунун мүнөздөмөсү:

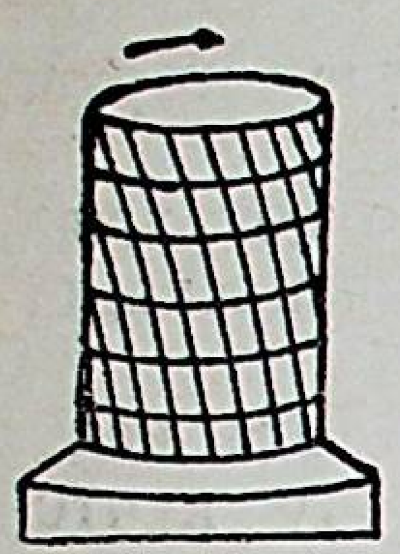
а) Эгерде башталгыч узундук l чоюлгандан кийинки узундук l_1 болсо, анда $\triangle l = l_1 - l$ абсолюттук узаруу деп аталат, абсолюттук узаруунун башталгыч узундукка болгон катышы $\varepsilon = \frac{\triangle l}{l}$ салыштырма узаруу деп аталат.

б) Эгерде стерженди башталгыч диаметри D, чоюлгандан кийинки диаметр D_1 болсо, анда $\triangle D = D_1 - D$ абсолюттук туурасынан кысылуу деп аталат; абсолюттук туурасынан кысылуунун башталгыч диаметрге болгон катышы $\varepsilon_q = \frac{\triangle D}{D}$ салыштырма туурасынан кысылуу деп аталат.

[1] Латин тилинде деформация — форманын өзгөрүшү деген маанини берет.

Чоюлганда ε — оң сан, ε_q — терс сан болот.

2. Күчтөр нерсенин узунунан жаткан огу боюнча нерсенин ичин көздөй түз карама-каршы жактарга аракет кылышат (91-*б* сүрөт).



92-сүрөт. Толгонгон цилиндрде түзүүчүлөр винт сызыктары боюнча ийилет.

Деформация кысылуу деп аталат.

Кысылганда узундук кичиреет жана тууралык чени оңоёт, нерсенин көлөмү кичиреет. Мүнөздөмөсү жогоркунуку сыяктуу, бирок кысылуу учурунда ε — терс сан жана ε_q — оң сан болот.

Ар бир нерсе үчүн деформациянын кайсы бир чектеринде $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_q}$ *катышы турактуу сан* экенин Пуассон тапкан.

3. Күчтөр узунунан жаткан окко перпендикуляр түрдө жакын аралыкта бири бирине параллель түрдө нерсенин ичин көздөй таасир кылышат (91-*в* сүрөт).

Деформация жылышуу деп аталат.

Жылышканда бир катмарлар экинчилерине салыштырганда которулушат: эгерде нерсенин бүтүндүгү бузулса, анда кесилүү келип чыгат. Жылышканда бурчтар өзгөрөт (тик бурчтар кыйшык бурчтарга айланат). Нерсенин көлөмү өзгөрбөйт.

4. Күчтөр стержендин узунунан жаткан огуна салыштырганда цилиндрдин учтарын карама-каршы багыттар менен айландырат (91-*г* сүрөт).

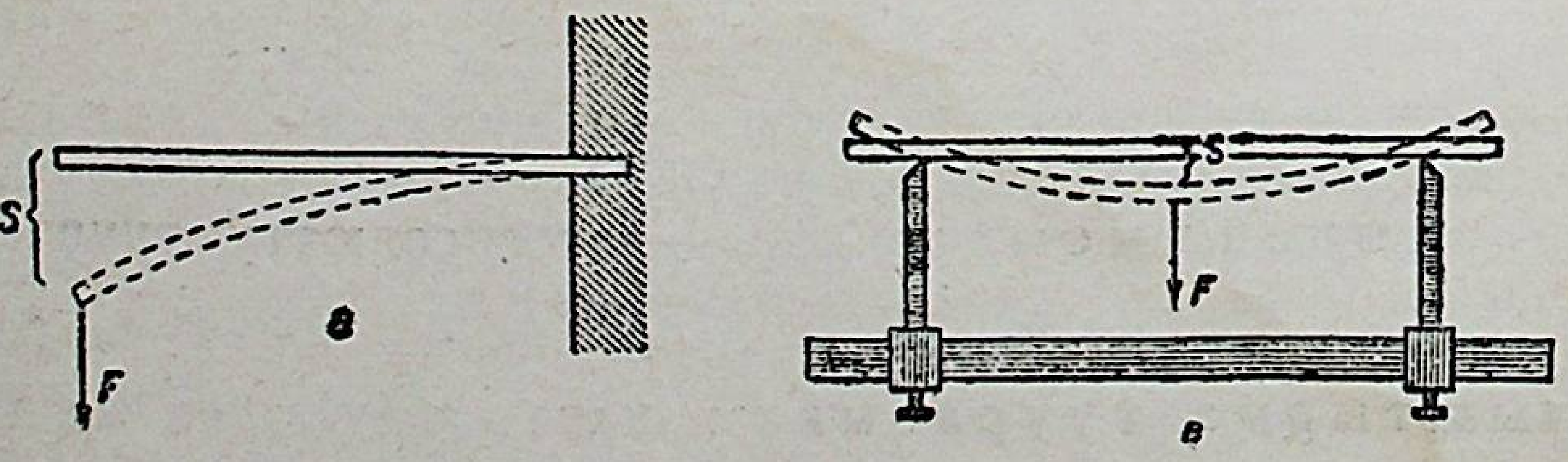
Деформация толгонуу деп аталат (92-сүрөт).

Машиналардын валдары, винттер, бурамалар, отвёрткалар ж. б. толгонушат.

5. Ийилүү деформациясы менен эки башы жерге коюлуп, ортосуна жүк салынган стержень (балка) же болбосо, бир башы бекитилип, экинчи башына жүк салынган стержень (балка) сыналат.

Ийилүүнү ийилүү стрелкасы S менен мүнөздөйт (93-сүрөт).

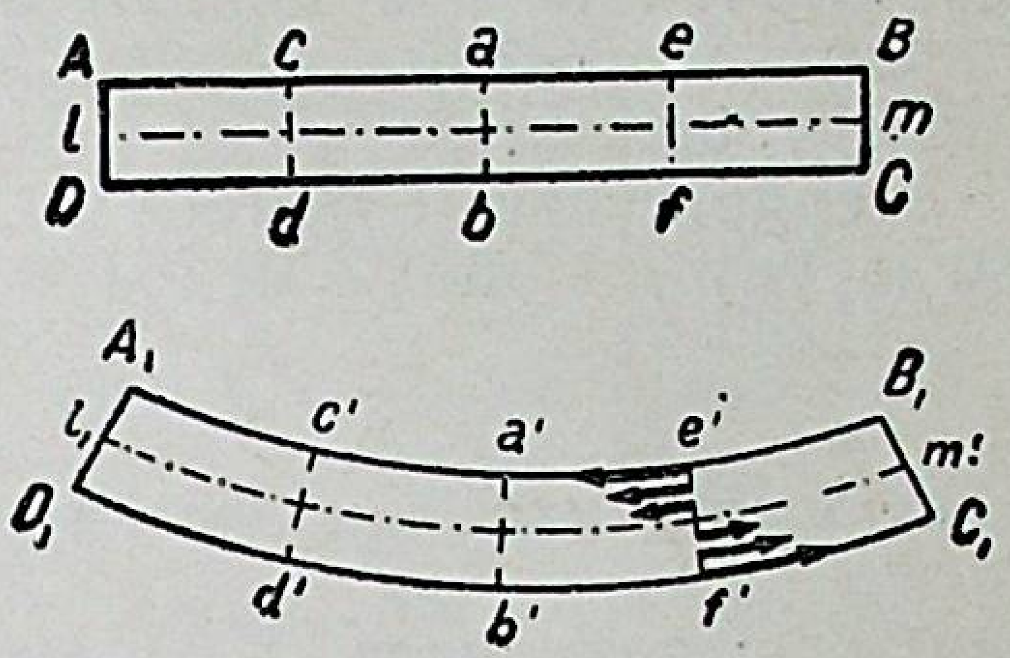
Брустун ийилүүгө канчалык каршылык кыла алышын аныктоо үчүн анын туурасынан кесилиши кандай экенин



93-сүрөт. Ийилүүнүн деформациясы.

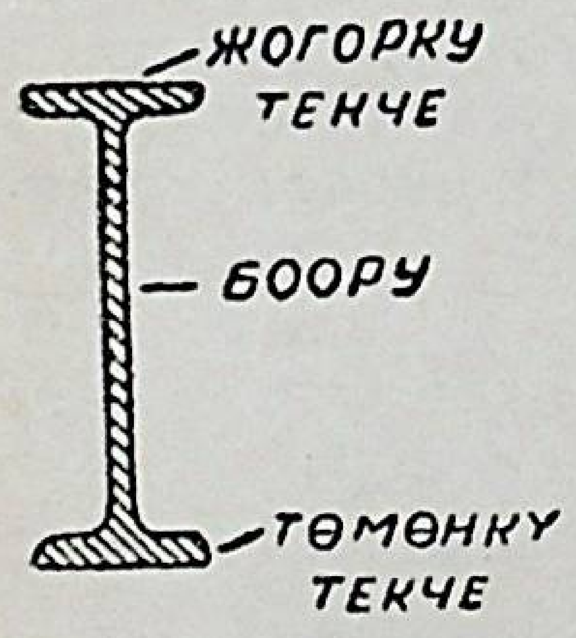
гана эмес, андагы материалдын кандайча бөлүштүрүлгөнүн да билүү керек. Материалдын өлчөмү эки учурда тең бирдей болсо да, эгерде тактай жазысынан салынса, жүк аны кырынан салынгандагыга караганда көбүрөөк иет.

Ийилген убакта дөмпөйгөн жагындагы зат чоюлат, ичин карай имерилген жагында болсо — кысылат. Ийилүүчү нерсенин ичинде чоюлбаган да жана кысылбаган да катмар болууга тийиш; ал нейтралдуу деп аталат. Бул катмардын ичинде жана анын жанында деформация кезинде өтө кичине болгон серпилгич күчтөр пайда болот.



94-сүрөт. Ийилүү деформациясы: пунктир сызык — калыс катмар; e^1 f^1 бул кесилиште таасир кылган тышкы күчтөр.

Ошентип, зат нейтралдуу катмардан (94-сүрөт) канчалык ары которулган болсо, брустун заты ийилүүгө ошончолук чоң чыңалат. Ошондуктан ошол эле сандагы материалдын бирдей болушунда туюк стерженге караганда түтүк ийилүүгө көбүрөөк каршылык көрсөтөт (стержендин ички бөлүгү чыңалбайт, ички бөлүктө турган материалга эч кандай оордук түшпөйт, ал артык баш болуп калат). Биздин скелетибиздин түтүк сыяктуу болгон сөөктөрү, мисал келтирип айтканда да ошол эле өлчөмдөгү заттан түзүлгөн туюк сөөктөргө караганда, бизди жакшыраак кармап турушат.



95-сүрөт. Эки текчелүү балканын кесилиши.

Дан эгиндердин сабактары — түтүктүү; мына ушунун аркасында алар тышкы күчтөргө, мисалы шамалга, күчтүү каршылык көрсөтүшөт. Эгер сабактын бардык материалы туташ стерженге топтолгон болсо, сабак мындай каршылыкты көрсөтө албас эле.

Материалдын негизги массасы орто сызыктан мүмкүн болушунча алыс болуп сыртта тургандыктан, чындыгында бүткүл жумушту аткаруучу текчелердин (же тавралардын) экөө да ичке, бирок жеткиликтүү бекем болгон жана ийилгенде текчелер бири бирине жылышууга каршылык кылган каптал менен туташтырылгандыктан, эки текчелүү (95-сүрөт) балка да ошол эле шартка туура келет.

94. Деформациянын чоңдугунун деформациялоочу күчкө көз каранды болушу. Ар бир деформация материалдын касиеттерине, нагрузканын (деформациялоочу күчтүн) чоң-

дугуна жана нагрузканын ыгына (турактуу, алмашып туруучу, сокку уруучу болушуна) көз каранды болот.

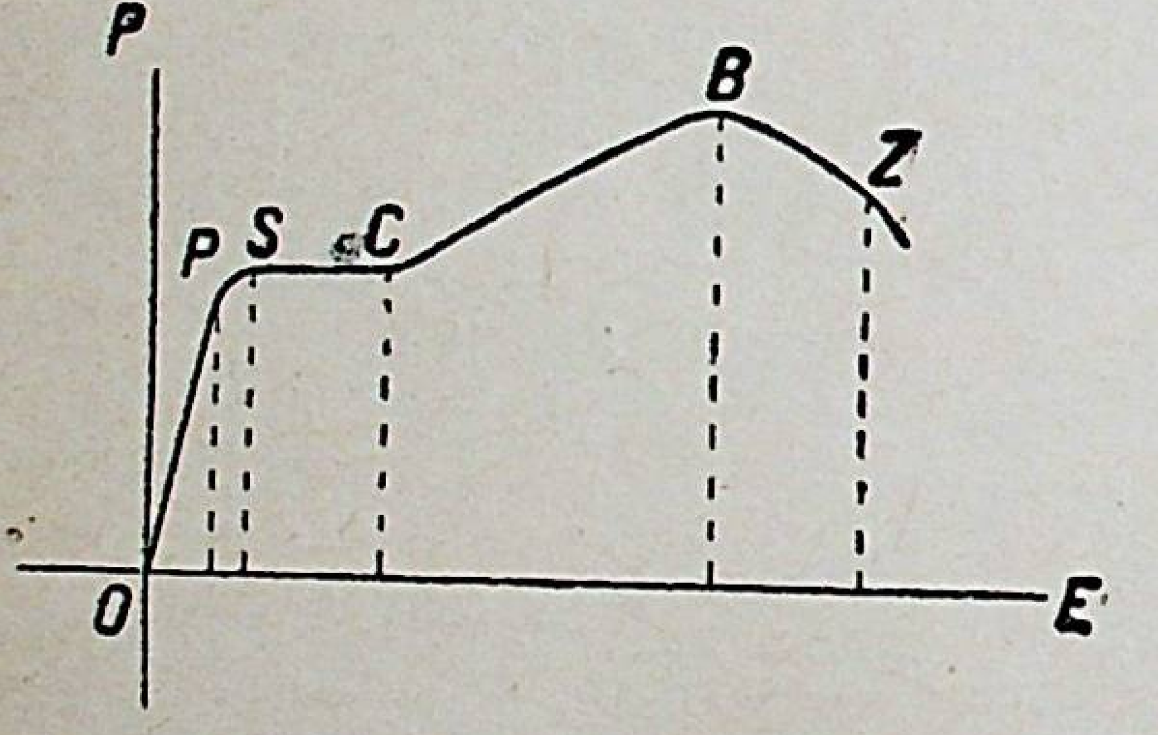
Деформациянын нагрузканын чоңдугуна карай болушун түшүндүрүү үчүн деформациянын кандайда болсо бир түрүн тандап алалы. Чоюлууга токтойлу. Нагрузканы ч ы ң а л у у деп аталган өзгөчө чоңдук менен мүнөздөйбүз. ***Аянттын бирдигине таасир кылуучу күч менен ченелүүчү чоңдук чыңалуу болот.***

Эгерде күчтү F тамгасы менен, аянтты S тамгасы менен, чыңалууну p тамгасы менен белгилесек, анда:

$$p = \frac{F}{S} \text{ болот.}$$

CGS системасында чыңалуу бирдигинин $\frac{дина}{см^2}$ деген атамасы бар; техникада $\frac{кГ}{мм^2}$ бирдиги колдонулат.

Чыңалууну чоңойтуп олтурсак, түрдүү узаруулар келип чыгат; чыңалуунун чоңдугунун ар бир маанисине белгилүү бир узаруу ($\triangle l$) туура келет. Эгерде абсцисса огунун үстүнө с а л ы ш т ы р м а л у у узарууну $\left(\varepsilon = \frac{\Delta l}{e}\right)$, ордината огунун үстүнө p чыңалышын ченеп салсак, изилдөөнүн натыйжаларын график менен көрсөтүүгө болот.



96-сүрөт. Куюлган болот үчүн ε дун салыштырмалуу алысташынын жүккө p көз карандылыгынын графиги.

Куюлган болот үчүн график 96-сүрөттө көрсөтүлгөн. Нагрузканы чоңойткондо сыналуучу зат (металл) өткөн төмөнкү баскычтарды ажыратууга график мүмкүндүк берет.

1. 0 дан P точкасына чейин өзгөрүү. График түз сызыктан турат. Түз сызык — пропорциялаштыктын белгиси болот. Демек—бул ***пределдерде салыштырмалуу узаруу чыңалууга пропорциялаш болот.***

Деформация ченелүүчү чоңдук менен бул деформацияны келтирип чыгарган чыңалыш ортосунда пропорциялаш болгон деформация с е р п и л г и ч деп аталат.

Серпилгич деформациялар кезинде нагрузка алынып ташталгандан кийин, баштапкы форма же көлөм бүт бойдон калыбына келет.

Деформация кезинде нерседе пайда болгон жана баштапкы форманы же көлөмдү калыбына келтирген молекула аралык күчтөрү нерсенин серпилгич күчтөрү деп аталат.

2. Чыңалуунун андан ары өсүшүнүн кезинде (*PS* ийри участогунда) узаруу чыңалуунун өсүшүнөн күчтүүрөк өсөт; пропорциялаштык бузулган болот. Нагрузка токтотулгандан кийин деформация бүт бойдон жоголбогонун тажрийба көрсөтүп отурат. Мындай деформация с е р п и л г и ч э м е с (калдык деформация) деп аталат.

Деформация серпилгич болуп кала берген ошол эң чоң чыңалуу с е р п и л г и ч т и к т и н п р е д е л и деп аталат. Ал графикте P точкасынын ординатасы менен көрсөтүлөт.

3. Графиктин *SC* участогу абсциссанын огуна параллель. Бул чыңалуунун чоңойбогонуна карабастан, узаруу болуп турат дегенге жатат. Узарууну жүргүзө берүүгө кээ бир турактуу чыңалуусу болгон материалдын касиети а г ы м д у у л у к деп аталат. Материал тууралуу ал агат деп айтышат; башкача айтканда материал турактуу (S тен C га чейин) же болбосо начар өчүп турган нагрузка (C дан B га чейин) кезинде же болбосо кемүүчү нагрузка (B дан Z ке чейин) кезинде тез узарат.

4. Материал ылдам узарган кезде, ал ылдам ичкерет жана аягында барып, кандайдыр бир жеринен үзүлөт. Үзүлүү келип чыккан чыңалуу ү з ү л ү ү ч ү же т а л к а л о о ч у ч ы ң а л у у деп аталат.

Үзүлүүчү чыңалууну билүүнүн курулуштар үчүн материалды тандаганда чоң мааниси бар. Ошондуктан ар бир материалдын касиеттери лабораторияларда өтө жетик изилденет.

95. Созулгучтук, морттук, пластикалуулук. Эгерде ушул сыяктуу изилдөөлөрдү түрдүү материалдар, мисалы, тери, бетон, мрамор менен жасап жана болоттуку сыяктуу графиктерди жасасак, анда графиктин формасы жана анын айрым бөлүктөрүнүн ченеми өтө түрдүүчө болуп чыгат. Ошондуктан катуу нерселер, алардын улам өсүп турган нагрузкага катышы боюнча, төмөнкү түрлөргө бөлүнөт.

1. Созулгуч заттар. Эгерде зат үзүлүү алдында агымдуулукту көрсөтсө, аны с о з у л г у ч деп айтабыз. Мындай заттарда деформация менен чыңалуунун ортосундагы пропорциялаштык жагы ап ачык көрүнүп турат. Демек — аларда серпилгич деформациялардын орду кеңири болот. Ошондуктан мындай заттар серпилгич деп аталат. Бул түргө көп металлдар кирет, алардын ичинен биринчи орунда болот турат.

2. Морт заттар. Эгерде зат үзүлүү алдында агымдуулукту көрсөтпөсө, аны м о р т деп айтабыз. Морт заттарда деформация жана чыңалуунун арасындагы пропорциялаштык өтө чектелген пределде гана көрүнөт; демек — алар кем серпилгич. Морттук такыр эле серпилгичтен чыгарылбаганын эсте тутуу керек. Эң эле чоң эмес нагрузканын пределинде морт заттар серпилгичтик деформацияны сыноого мүмкүн.

Морт заттарга: чоюн, бетон, айнек кирет.

3. Пластикалуу заттар. Эгерде зат өзгөртүлгөн формасын сактаса, ал пластикалуу деп аталат. Пластикалуу заттарда кичине нагрузкалар кезинде да калдыктуу деформациялар көрүнүп турат: серпилгич деформациялардын такыр эле орду болбойт; деп айтууга болот; пластикалык заттарга ийленбеген ылай, воск, балкылдап ысыган темир мисал боло алат. Нагрузкасы жетиштүү болгондо жана көбүрөөк серпилгич нерсе балкылдап ысыган же суук түрүндө каалаган форманы берүүгө болот. Мисалы, формасы белгилүү болгон вальцалардын ортосунда ысык прокатка жасап, темирдин түрдүү фасондуу формаларын (бурчтук, тавралык ж. б.) алууга болот, болоттон рельстерди жасоого болот; муздак штамповка менен түрдүү куймалардан монеталар (майда тыйындар), медалдар жасалат.

Келтирилген классификацияны абсолюттук так деп айтууга болбойт. Морт заттар да, эгер аларды күчтүү басымга алганда мисалы мрамор жана айнек сыяктуулар, пластикалуу абалга келтирилүү мүмкүн. Эң чоң басым астында заттын касиеттеринин мындайча өзгөрүшү тоо жыныстарынын түрдүү формаларда болуп түзүлүшү менен түшүндүрүлөт.

96. Туруштук берүүчү чыңалуу. Эгерде чыңалуу болгон кезде нерсе жетиштүү, бекем жана түбөлүк деп эсептелсе, нерсенин эң коркунучтуу жериндеги ошол чыңалуунун чоңдугу туруштук берүүчү чыңалуу деп аталат. Курулуштарды салганда коркунучсуз болсун үчүн курулуш техникасы туруштук берүүчү чыңалууларды колдонот.

Төмөндө киргизилген таблица материалдарды чойгон жана кыскан кезде талкалоочу жана туруштук берүүчү чыңалууну көрсөтөт (профессор Худяковдун „Материалдардын каршылыгы" деген 1930-жылда басылган китебинен алынган).

Чойгондогу жана кыскандагы талкалоочу жана туруштук берүүчү чыңалуулардын таблицасы:

Материалдардын аты	$кГ/мм^2$ ка чойгон кездеги чыңалуу		$кГ/мм^2$ ка кыскан кездеги чыңалуу	
	Талкалоочу	Туруштук берүүчү	Талкалоочу	Туруштук берүүчү
Прокат (сомдолгон) темир	33—40	6—7,5	—	—
Куйма темир	34—44	—	35—55	12—6
Куйма болот	45—100	9—10	70—150	15—8
Чоюн	12—18	2—2,5	70—85	9—6
Узанылган кызыл жез	20—22	7—9	40—70	9—6
Латунь	15	—	7,5	0,75
Кайыш кур	2,8—3,5	0,2—0,28	—	—
Кендир аркан	3,5—6	1	—	—
Кирпич	—	—	1—3	0,07—0,1
Бетон	—	—	0,8—2,5	0,05

Талкалоочу чыңалуунун туруштук берүүчү чыңалууга болгон катышы бекемдиктин запасы же болбосо мыктылыктын даражасы деп аталат.

97. Гуктун закону. Нагрузка чоңойгондо заттын деформациясы түрдүүчө жана өзүнүн закондук ченемдүүлүгү жагынан татаал болуп чыга тургандыгын жогорку талкуулардан көрдүк.

Деформациянын серпилгич деформациясы деп аталган областтындагы закондун ченемдүүлүгү баарыдан жөнөкөй болот. Серпилгич деформация үчүн законду англиялык физик Гук (1635—1702) 1676-жылда эле тапкан. Ал закон, ***салыштырмалуу деформация чыңалууга пропорциялаш*** дегенди айтат.

Бул закон деформациянын бардык түрлөрүндө, бирок графикте жантык түз сызык менен көрсөтүлгөн бөлүктө кичине деформация үчүн гана орун алат (96-сүрөттө *OP* участогу).

Эгерде пропорциялаштык коэфициентти $\frac{1}{E}$ аркылуу, салыштырмалуу узартууну ε аркылуу, чыңалууну p аркылуу белгилесек, чоюлуу же кысылуу үчүн Гуктун закону, төмөнкү математикалык түрдү алат:

$$\varepsilon = \frac{p}{E}. \qquad \text{(XIIIa)}$$

E чоңдугу серпилгичтиктин модулу (чени) же болбосо Юнгдун модулу деп аталат.

ε менен p ни алардын мааниси менен алмаштырсак, анда Гуктун законунун формуласын жайылма түрдө төмөнкүдөй жазууга болот.

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{F}{ES} \text{ же } \boxed{\Delta l = \frac{Fl}{ES}} \qquad \text{(XIIIб)}$$

Бул түрүндөгү закон: *абсолюттук узаруу нерсенин узундугуна деформациялоочу күчкө пропорциялаш жана анын туурасынан кесилишинин аянтына терс пропорциялаш* дегенди айтат.

Серпилгичтин модулунун кандай физикалык мааниси бар? Эгерде $\Delta l = l$ жана $S = l$ десек, ал тууралу элес түзө алабыз; анда $\frac{\Delta l}{l} = 1$ жана $E = F$ болот.

Демек—сан жагынан, серпилгичтиктин модулу дегенибиз абсолюттук узаруу башталгыч узундукка барабар болгон кездеги чыңалуу болот (албетте Гуктун закону тиешелүү шарттарда чоңдук боюнча ар кандайча деформация үчүн туура болот дегенде).

Серпилгичтиктин модулу, чыңалуу үчүн белгиленген бирдиктер менен көрсөтүлөт.

Чоюлуучу заттын узундугу эки эсе болуп кеткенде E ни түздөн-түз ченөө мүмкүн эмес экендикти белгилөө керек; себеби — жалпы алганда заттын стержени эки эсе узаруудан мурун үзүлүп кетет.

E ар кандай узаруудан $E = \frac{Fl}{\Delta lS}$ формуласы боюнча аныкталат.

E берилгенде (XIII б) формулага кирген ар кандай чоңдуктарды эсептеп чыгарууга болот.

98. *10-лабораториялык иш.* Деформациянын чоңдугу менен деформациялоочу күчтүн ортосундагы көз карандылыкты изилдөө.

К у р а л д а р: 1) миллиметр бөлүктөрү бар сызгыч; 2) горизонталдык көрсөткүчтүү жана астыңкы бөлүгүндө илмеги бар спираль пружина; 3) тең жүктөр; 4) штатив.

И ш т и н м а к с а т ы: деформациялоочу күчтүн чоңдугун өзгөртүп жана андан келип чыккан узарууларды ченеп, ошол чоңдуктардын ортосундагы өз ара катыштарды табуу.

И ш т и н ж ү р ү ш ү. 1. Штативге сызгычты вертикаль түрдө бекиткиле жана жогорку башындагы мыкка пружинаны илип койгула.

2. Пружинанын горизонталь бөлүгүнө каршы турган жердеги масштабдын бөлүнүшүн белгилегиле жана аны *O* нагрузкасына туура келген таблицанын жолуна жазгыла.

Тажрийба №	Нагрузканын чоңдугу *F*	Нагрузканы салган кезде көрсөткүчтүн көрсөткөнү	Жүктү алган кезде көрсөткүчтүн көрсөткөнү	Көрсөткүчтүн эки көрсөтүшүнүн орточосу	Пружинанын узарышы Δl	Узаруунун нагрузкага катышы $\frac{\Delta l}{F}$
1	0					

3. Пружинанын төмөнкү илмегине барабар жүктөрдүн бирөөн аскыла жана көрсөткүчтүн көрсөткөнүн белгилегиле.

4. Барабар жүктөрдү бир бирден салып олтуруп нагрузканы акырындап чоңойткула, — нагрузканы жана көрсөткүчтүн ошого ылайык көрсөткөнүн таблицага жаза баргыла.

5. 6—12 нагрузканы илип (пружинанын касиеттерине жараша), барабар жүктөрдү бир бирден алгыла жана ар бир жүктү алган сайын горизонталдык көрсөткүчтүн каршысына токтоп калган масштабдын бөлүмүн калган нагрузкага дал келген жолго жазгыла.

6. Нагрузканы салган жана нагрузкадан бошоткон кезинде келип чыккан көрсөткөндөрүн алып, жүктүн ар бир саны үчүн орточо эсебин эсептеп чыгаргыла.

7. 5-мамычадагы ар бир келерки сандан мурункусун кемитип олтуруп, ошол нагрузкага дал келген пружинанын узарышын эсептеп чыгаргыла.

8. Ар бир жол үчүн келип чыккан узартуунун таасир кылуучу күчкө катышын эсептеп чыгаргыла, бул өз ара катышты сөз менен жазгыла жана аны Г у к т у н законунун формулировкасы менен салыштыргыла.

99. Деформациялар кезинде энергиянын айланышы. Ар бир деформация кезинде деформацияга каршылык кылган серпилгичтин күчтөрү пайда болгондуктан, алардын каршылыктарын жеңүү үчүн деформацияга жумушту сарп кылуу керек болот. Бул жумуш деформацияланган нерсенин потенциялдык энергиясына айланат: кысылган же чоюлган ар бир пружина, толгонгон болот лента, кысылган газ же суюктук серпилгичтиктин күчтөрү аркасында өздөрүнүн баштапкы абалдарын калыбына келтиргенде, жумушту өздөрү жасоого жөндөмдүү болот.

Эгерде нерсенин үстүнө с е р п и л г и ч д е ф о р м а ц и я жасалса, анда жумшалган жумуштун бардыгы потенциалдык энергияга айланат жана деформациялоочу күч алынып ташталганда кайтып келет. П л а с т и к а л у у д е ф о р м а ц и я кезинде нерсенин калдык деформациясы келип чыгат жана деформациялоочу күч алынып ташталганда, деформацияга сарп кылынган энергиянын бир бөлүгү гана серпилгич нерсеге кайтып келет. Калган энергия калдык деформация кезинде нерсени жылытууга сарп кылынат. Чындыгында да, коргошун, ийилгич темир жана башка жумшак нерселер деформация кезинде жылынышат.

100. Катуу нерсенин молекулярдык-кинетикалык теориясы. Өтө акырын болсо да, катуу нерселердеги боло турган диффузия жана алардын кайсы бирөөлөрүнүн көрүнөө бууланышы — алардын мейкиндик торлорунун түйүндөрүндөгү жайланышкан атомдор же иондор кыймылда болушат дегенди көрсөтүшөт. Бирок кристаллдык нерсенин формасы турактуу болгондуктан, атомдордун кыймылы термелме болууга гана мүмкүн[1].

Кристаллдык нерседе бардык атомдордун[2] дээрлик бел

[1] Айрым учурларда кайсы бир атомдор коңшулаш атомдордун таасиринен чыгып, илгерилеген түрдө кыймылдоо мүмкүндүгү бар; катуу нерселерди бууланышы дал ушундайча болот.

[2] Же иондор.

гилүү бир тең салмактуулук абалы бар жана алар бири бирине карата топтошуп которулушпайт (суюктуктан айырмасы). Кристаллдык нерсенин атомдору илгерилөө түрдө кыймылдабастан, тең салмактуулук абалдарынын жанында термелип гана турушат (газдардан айырмасы).

Бул термелүүлөрдүн орто энергиясы турактуу температура кезинде белгилүү бир температурада болуп, температура жогорулаган сайын чоңоёт.

Эгерде газ жана суюктук үчүн окшоштукту издеген сыяктуу, катуу нерсенин атомдорунун абалы үчүн жаратылыштан окшоштукту издесек, буга капастын ичиндеги жапайы айбан абдан жакындап келет, ал капастын ичинде бурчтан бурчка аркы-терки жүрүп турат; анын термелишинин чнемдери капастын чнемдери менен чектелген.

9-көнүгүү.

1. Узундугу 1,5 *м* жана кесилиши 3*мм*² болгон электролитикалык жез зым 20 *кГ* келген күчтүн аракети менен 0,9 *мм* ге узарган. Юнгдун модулун табуу керек. *Жообу:* $11100\,\frac{кГ}{мм^2}$.

2. Эгерде үзүлүүгө чейинки бекемдик предели $40\,\frac{кГ}{мм^2}$ болсо, диаметри 0,8 *см* болгон дюраллюминийден жасалган жумуру стерженди үзүү үчүн канчалык күч талап кылынат? *Жообу:* ≈ 2000 *кГ*.

3. Бийиктиги 2,4 *м* келген чоюн колоннанын кесилиши 1500 *см*². Эгерде Юнгдун модулу $8000\,\frac{кГ}{мм^2}$ болсо, колонна 10 000 *кГ* келген жүктөн кысылуунун чоңдугун табуу керек. *Жообу:* $\approx 0,02$ *мм*.

4. Узундугу 1,8 *м* жана диаметри 0,5 *мм* болгон темир зым 1,5 *кГ* келген жүктөн канчалык узарат? Юнгдун модулу $20\,000\,\frac{кГ}{мм^2}$. *Жообу:* $\approx 0,7$ *мм*.

5. Эгерде жогорку маселедеги зымга 4 *кГ* келген жүк асылса, $40\,\frac{кГ}{мм^2}$ болгон серпилгичтин предели өтүлгөн болобу же жокпу?

6. 5-маселедеги зымдын үзүлүүгө чейинки бекемдиги $60\,\frac{кГ}{мм^2}$ болгондо 10 *кГ* жүккө чыдай алабы же жокпу?

7. Бошотулган болоттун серпилгичтик предели $58,3\,\frac{кГ}{мм^2}$. Юнгдун модулу болсо, $20\,000\,\frac{кГ}{мм^2}$. Эгерде узундугу 2 *м* жана кесилиши 0,8 *мм*² болгон зым 6 *мм* ге узарса, деформация серпилгич болобу же калдыктуу болобу?

8. Эгерде кысылууга бекемделген $100\,\frac{кГ}{см^2}$, бекемдик запасы 10 го барабар, кирпичтин салыштырма салмагы $1,6\,\frac{кГ}{см^3}$ болсо, кирпич трубасынын болууга мүмкүндүгүнүн эң чоң бийиктигин эсептеп чыгаргыла. *Жообу:* 62,5 *м*.

9. Узундугу 1,6 *м* жана кесилиши 0,8 *мм*² болгон темир стерженди 0° тан 40° ка чейин жылытканда канчалык узара алса, температураны өзгөртпөй туруп дал ошончолук узартуу үчүн канчалык күч керек болот? *Жообу:* ≈ 8 *кГ*.

10. Эгерде жез зымдын үзүлүүгө чейинки бекемдиги $4200\,\frac{кГ}{см^2}$ (жездин салыштырма салмагы $8,9\,\frac{Г}{см^3}$) болсо, ошол жез зым өз салмагынан кайсы эң аз узундукта үзүлүшү мүмкүн? *Жообу:* 4720 *м*.

11. Дуб стерженинин узундугу 1 *м* болгондо, ал 4 *кГ* нагрузка кезинде 1 *мм* ге узарсын үчүн, анын кесилиши кандай болуу керек? Модуль Юнга $1000\,\frac{кГ}{мм^2}$. *Жообу:* 4 *мм*².

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Катуу деген сөздүн таамай маанисин алганда катуу нерсе деген эмне болот?
2. Кристалл деп эмнени айтабыз?
3. Кристаллдык форманын тууралыгы эмне менен түшүндүрүлөт?
4. Заттын серпилгичтиги деп эмнени айтабыз?
5. Заттын катуу, суюк жана газ түрүндөгү абалдары серпилгичтердин кайсы түрлөрүн ээлеп турушат?
6. Серпилгич жана серпилгич эмес деформациялар деп эмнени айтабыз?
7. Серпилгич деформациялар үчүн Гуктун закону эмнеден турат?
8. Серпилгичтин предели деп эмнени айтабыз?
9. Материалдын чыңалышы, талкалоочу чыңалуу, туруштук берүүчү чыңалуу деп эмнени айтабыз?
10. Созулгуч, морт, пластикалуу заттардын ортосунда кандай айырмалар бар?
11. Серпилгичтиктин модулу деп эмнени айтабыз жана анын физикалык кандай мааниси бар?
12. Серпилгичтиктин модулу кайсы бирдиктер менен ченелет?
13. Деформациялар кезинде энергиянын кайсы айлануулары болушу мүмкүн.

Адабият. П е р е л ь м а н, Кызыктуу физика, 1 бөлүм, V главадагы макалалар. Вульф, Симметрия жана анын жаратылыштагы көрүнүштөрү. Х о д а к о в, Кристаллдардын архитектуралары.

IV. ЗАТТЫН АГРЕГАТТЫК АБАЛЫНЫН ӨЗГӨРҮШҮ

1. ЭРҮҮ ЖАНА КАТУУЛАНУУ.

101. Эрүүнүн жана катууланууунун температурасы. Эрүү жана катууланууунун кубулуштары жана алардын негизги белгилери толук эмес орто мектептин курсунда жазылган эле. Анда белгиленген фактыларды жана жоболорду эстейли.

Нерсеге жылуулук берилген кезде нерсенин катуу абалдан суюк абалга өтүшү эрүү деп аталат.

Нерсе жылуулукту кайра бергенде, суюк абалдан катуу абалга өтүшү катуулануу деп аталат.

Ар бир кристаллдык зат үчүн белгилүү тышкы басым кезинде эрүүнүн белгилүү температурасы болот, ал температура катууланууунун температурасы да болот.

Нормалдуу басым кезиндеги эрүүнүн температурасы эрүү точкасы деп аталат.

Аморфтук нерселер — айнек, мом, воск, парафин — ысытылган кезде кемчил созулгуч болуп, акырындап жумшара беришет жана *аларда эрүүнүн белгилүү температурасы болбойт.* Алардын катуулануу процесси да дал ушундайча келип чыгат.

Нормалдуу басымдагы таза кристаллдык заттардын эрүү жана катууланууусу ар бир зат үчүн мүнөздүү болгон белгилүү бир температураларда болот.

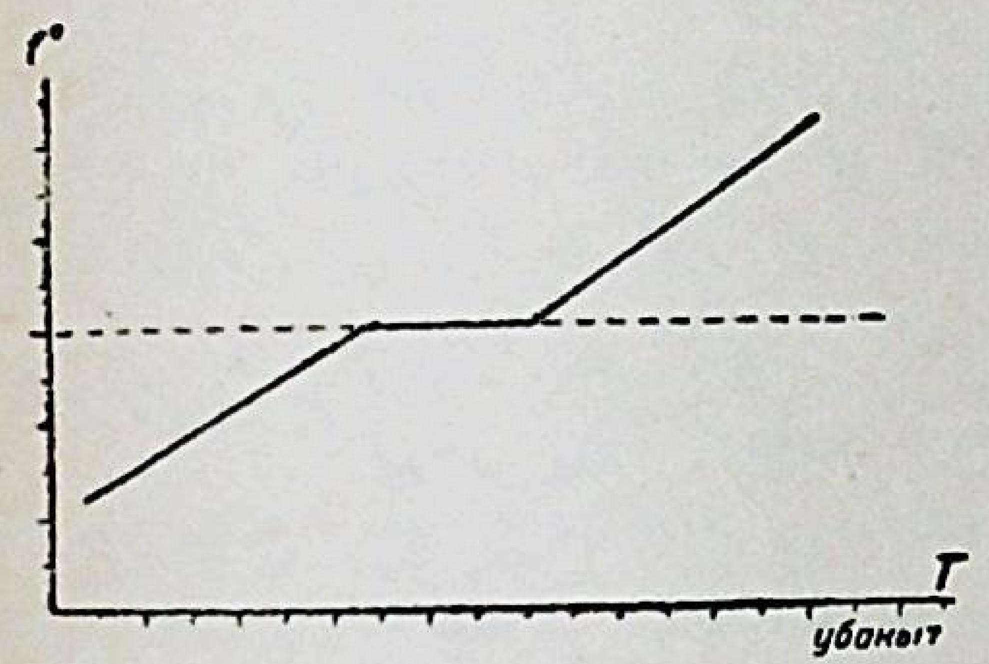
Эгерде пробирканын ичине нафталинди же кандай да болсо башка бир кристаллдык затты салып, анын ичине термометрди коюп, андан кийин акырын гана жылытып, бирдей убакыт өткөн сайын температураны жазып турсак, анда жылуулуктун келип турушуна карабастан, эрүү башталгандан кийин, эрип турган нерсенин температурасы өзгөрбөй тура бергендигин бардык байкоолор көрсөтөт. Жылуулуктун көп же аз келип турушу эрүүнүн жүрүшүн ылдамдатат же акырындатат, бирок эрүү температурасын өзгөртпөйт. Катуу нерсенин бардыгы эрип бүткөндөн кийин жылуулуктун андан

ары келип турушу пайда болгон суюктуктун температурасын жогорулатат.

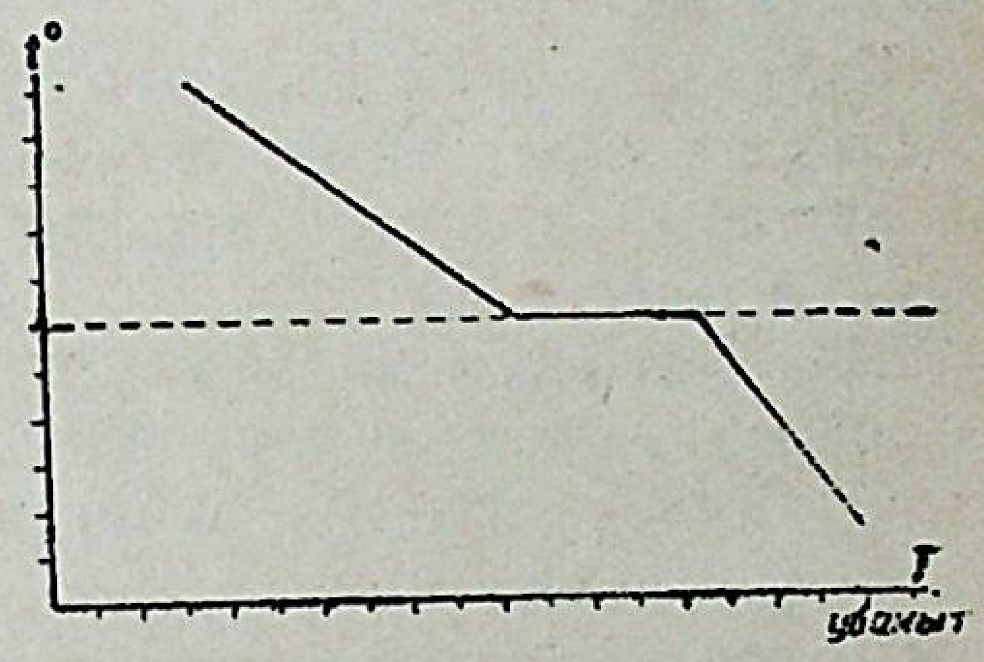
Эгерде заттын температурасынын жылуулук келип турган убакытка көз каранды болушун координаталардын окторуна убакыт менен температураны салып график түрүндө көрсөтө турган болсок, анда график 97-сүрөттө көрсөтүлгөн түрдө болот, мындагы горизонталдык кесинди эрүү убагындагы температуранын турактуу экенин көрсөтөт.

Мунун терс көрүнүшү: суюктуктун суунушу, катууланышы, катуу заттын суунушу 98-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Бул сыяктуу бардык тажрийбалардан төмөнкү жобону чыгарууга болот.



97-сүрөт.



98-сүрөт.

Кристаллдык заттын эришинин же катууланышынын бардык убагында температура турактуу болуп кала берет.

Эритиндилер (сплав) өздөрүн түзүүчү металлдарга караганда ар дайым дээрлик төмөнүрөөк температурада эрийт. Мисалы, калай 238° та эрийт; коргошун 327° та эрийт. Коргошун менен калайдын эритиндиси — третник 170° жакындаганда эрийт.

Таза металлдарга салыштырганда эритиндилердин эрүү температурасынын өзгөрүшүнөн башка дагы касиеттери өзгөрөт. Мисалы, бекемдиги көбөйөт. Алюминий же магнийдин жез, темир менен болгон эритиндилери жана башкалардын бекемдиги чоң, бир кыйла жеңил болуу натийжасында, алар самолёт курулуштарында кеңири таралган болот. Башка учурларда алмаз сыяктуу катуу эритиндилер, кислоталар менен тийишип турса дагы окистанбоочу эритиндилер (дат баспас болот), такыр кеңибейт дээрлик эритиндилер (инвар) ж. у. с. иштеп чыгарылат.

101а. Суюктуктарды өтө суутуу. Кээ бир кезде суюктук катууланбастан эрүү точкасынан төмөн бир канча градуска суунушу мүмкүн. Бул кубулуш өтө суунуу деп аталат. Аны эритилген гипосульфит — серноватисто-кислый натрий менен жеңил алууга мүмкүн. Гипосульфиттин эрүү точкасынан 48°. Гипосульфит суутулганда да пробирканын ичинде ал турсун

бөлмө температурасына чейин суутулганда суюк абалда кала берет. Эгерде пробирканын ичине гипосульфит кристаллчасын таштаса, же аны силкисе, заттын тез кристаллизацияланусу башталат жана анын температурасы эрүү температурасына чейин жогорулайт. Эритилген зат кристаллдарга өткөндө, анын энергиясы кичиреет; бошонулган энергия бардык массага таралат жана анын температурасын жогорулатат.

Суунун өтө суунушу жаратылышта да пайда болот. Тумандын тамчылары күчтүү аяздарда дагы тоңбой кала бериши мүмкүн. Бул сыяктуу тамчылар жерге чөгүп кара тоңголокту түзөт. Булар самолёттор үчүн дагы коркунучтуу, аларды муз менен каптайт.

Кадимки айнек дагы өтө суунган суюктук болот, анткени— температураны төмөндөткөндө анын жармашуунун чоңоюу натыйжасында, анын кристаллизацияланышы келип чыгышы мүмкүн эмес.

102. Эрүүнүн жылуулугу. Катуу нерсени ысыткан кезде температуранын жогорулашы катуу нерсенин молекулаларынын термелүү кыймыл энергиясынын көбөйгөнүн көрсөтөт.

Температура эрүү точкасына жеткенде сырттан келген жылуулуктун агымы, заттын молекулаларынын[1], өз ара байланыштарын өзгөртүүгө жармашуу күчүнө каршы ишке жумшалат. Байланыштарды өзгөртүү жумушуна жылуулукту сарп кылуу, молекулалардын кыймылынын энергиясын жогорулатпайт, демек—аны термометр көрсөтө албайт; ал бүт бойдон абалды өзгөртүүгө кетет. Ошондуктан жылуулуктун бул бөлүгүнүн байыркы аты жашырын жылуулук болгон.

Бирдей шарттарда ар түрдүү заттардын ар бирөөнү эритүү үчүн керек болгон жылуулуктун санынан ошол эле заттар бири биринен ажырашат. Ошондуктан заттардын бул касиетин мүнөздөө үчүн эрүүнүн салыштырма жылуулугу деп аталган өзгөчө чоңдук киргизилет.

1 г катуу нерсени эрүү температурасы кезинде эритүү үчүн талап кылынган жылуулуктун саны менен ченеле турган чоңдук эрүүнүн салыштырма жылуулугу болот.

1 г суюктук катууланган кезде катуулануу температурасында эрүүнүн салыштырма жылуулугуна барабар болгон сандагы жылуулук бөлүнүп чыгат.

Эрүүнүн салыштырма жылуулугунун бирдиктери $\frac{кал}{г}$ жана $\frac{ккал}{кг}$ болот.

Эгерде эрүүнүн салыштырма жылуулугун λ аркылуу, эритилүүчү нерсенин массасын m аркылуу жана эритүүгө керек болгон жылуулуктун санын Q аркылуу белгилесек, анда:

$$\boxed{Q = \lambda m} \quad \text{болот.} \qquad \text{(XIV)}$$

[1] Же иондордун арасындагы.

Азыркы убакытта кадимкидей шарттарда катуу болуп, суюктукка айланбай койбой турган эч кандай химиялык элемент жок. Нормалдуу басымда температураны жогорулатканда катуу абалынан адеп эле буу түрүнө айлана турган углерод 1915-жылда 22 атмосфералык басымда жана 8000° ка жакын температурада суюк абалында алынган.

103. Эрүү же катуулануу кезиндеги жылуулук балансасынын теңдемеси. Абалды өзгөрткөн кезде жылуулуктун санын эсептөө үчүн формулалар кандай түр ала турганын карап көрөлү.

Салыштырма жылуулук сыйымдуулугу $c_ж$ жана температурасы t болгон m массалуу суюк зат температурасы t_1 жана калориметрдин ичиндеги массасы m_2 болгон сууга куюлган дейли; калориметрдин массасы m_1 жана анын салыштырма жылуулук сыйымдуулугу e_1. Эгерде заттын эрүү температурасы t_0 жана катуу абалындагы салыштырма жылуулугу c_m болсо, анын эрүү (катуулануу) жылуулугу кандай болот? Аралашманын акыркы тепмературасы Θ.

t температурасынан суунуунун t_0 температурасына чейин *катууланган кезде суюк заттын берген жылуулугу*:

$$Q = c_ж m (t - t_0).$$

Температура өзгөрбөстөн *катууланган кезде заттын берген жылуулугу* (эрүү жылуулугу):

$$Q_1 = \lambda m.$$

Катуулануу температурасы t_0 дан аралашманын температурасы Θ га чейин *суунган кезде катуу заттын берген жылуулугу*:

$$Q_2 = c_m m (t_0 - \Theta).$$

Башталгыч t_1 температурасынан акыркы Θ га чейин *ысыганда калориметрдин алган жылуулугу*;

$$Q_3 = c_1 m_1 (\Theta - t_1).$$

Башталгыч t_1 дан акыркы Θ температурага чейин *ысытылган кезде суунун алган жылуулугу*:

$$Q_4 = c_2 m_2 (\Theta - t_1).$$

$$Q + Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4.$$

$$c_ж m (t - t_0) + \lambda m + c_m m (t_0 - \Theta) = (c_1 m_1 + c_2 m_2)(\Theta - t_1).$$

10*

Мындан эрүүнүн жылуулугун аныктайбыз:

$$\lambda = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2)(\Theta - t_1) - c_{ж} m (t - t_0) - c_m\, m (t_0 - \Theta)}{m}.$$

104. Эрүү жана катуулануу кезинде нерсенин көлөмүнүн өзгөрүшү. Нерселердин эбегейсиз көпчүлүгү (буга муз, чоюн жана башка бир топ нерселер кирбейт) эрүүдөн кеңейишет, катуулануудан кысылышат.

Химиялык стаканда бир аз парафинди эритип жана аны катканга чейин кармасак, каткан парафиндин бети тегиз болуунун ордуна, ичин көздөй чуңкурайганын көрөбүз. Каткан парафиндин бетинин ичин көздөй чуңкурайып калышы парафиндин көлөмү кичирейүүдөн деп түшүндүрүлөт. Ичин көздөй чуңкурайган бет болот жана коргошун балванкалардан да байкалат, бул болсо парафиндеги сыяктуу, каткан кезде көлөмдүн кичирейишинен деп түшүндүрүлөт.

Муз, чоюн тескерисинче эрүү мезгилинде кысылышат, суу, суюк чоюн катуулануу мезгилинде кеңейишет.

Басмаканада колдонулуучу металлдын составына кирген висмуттун көлөмү да катканда чоңоёт.

Эгер айнек бөтөлкөгө толтура суу куюп, оозун бекем тыгындап, суукка чыгарса суу тоңгондо бөтөлкө жарылат, демек — суу тоңгондо анын көлөмү кичирейбестен, чоңоёт. Суу тоңгондо анын көлөмү чоң күч менен кеңейип, боору калың чоюн бомбанын ичине толтура суу куюп, оозун бекем тыгындап аязга койгондо, анын ичиндеги суу тоңгондо, бомба жарылат. Борбордук буу, же суу жылыткычтары менен жылытылуучу жана водопроводу бар үйлөрдө катуу аяздарда жылытуу жана суу труба системаларынын бузулуп калыштары мүмкүн, бул трубалардын ичиндеги суунун тоңуп калышынан болот.

Суунун каткан кездеги кеңүү жөндөмдүүлүгүн водопровод жана канализация трубаларын салган кезде эсепке алуу керек болот: тоңгон кезде трубалар жарылбасын үчүн, жер астындагы трубалардын температурасы нулдан ылдый түшпөй турган тереңдикке салынууга тийиш. Трубалардын сырткы бөлүктөрү кышында жылуулукту изоляциялоочу материалдар менен капталууга тийиш.

Тоңгон кезде суунун кеңиши жердин бетине зор таасир көрсөтөт. Тоолордун чокуларындагы тоо тектердин эң майда жарыктарына кирип калган суу, ошол жарыктардын ичинде тоңуп, өзүнүн кеңиши менен кошо жарылгандарды чоңойтот, ошентип олтуруп аскалар талкаланат, таштар куюлат жана көчкүлөр болот; күн санап тоолор жапыздоодо жана жарылгандан урагандар ылдый этектерге толууда.

105. Эрүү точкасына басымдын таасири. Ошол эле бир заттын түрдүү басымдардын астында эришин үйрөнүү, бул

жагынан алганда да заттардын ошол эле эки топко бөлүнгөнүн көрсөттү. Эригенде көлөмүн чоңойткон заттар үчүн басым күчөтүлгөн кезде эрүү температурасы жогорулайт, басым бошоңдогондо — температура ылдыйлайт.

Басым бул учурда эриген кездеги көлөмдүн чоңоюшуна тоскоолдук кылат. Ошондуктан молекулалардын күчтүүрөөк күүлөнүшү, б. а. чоңойтулган басымга карабастан көлөмдүн чоңоюшу болсун үчүн жогорураак температура керек болот.

Эригенде көлөмү кичирейе турган заттар үчүн басым күчөтүлгөндө эрүү температурасы ылдыйлайт, басым бошоңдогондо — жогорулайт.

Бул учурда эрүү кезинде болуп турган көлөмдүн кичирейишине басым жардам кылат, ошондуктан зат эрте эрийт, б. а. нормалдуу басым кезиндегиге караганда ылдыйраак температура кезинде эрийт.

Муз үчүн, басымдын ар бир ашык атмосферасына эрүү температурасы 0,0075° ка ылдыйлайт.

***106. 11-лабораториялык иш.* Муздун эришинин салыштырма жылуулугун аныктоо.**

Куралдар: 1) калориметр; 2) майда таштары бар тараза; 3) термометр; 4) майда талкаланган муз; 5) суу.

Иштин жүрүшү. 1. Калориметрдин салмагын өлчөгүлө.

2. Калориметрдин массасын жана башка маалуматтарды таблицага жазгыла.

Тажрийба №	Калориметрдин массасы m	Суунун массасы M	Муздун массасы m_1	Суунун температурасы t	Аралашманын температурасы θ	Муз эрүүнүн салыштырма жылуулугу

3. Суунун массасын аныктагыла жана аны калориметрдин ичине куйгула.

Эскертүү: сууну калориметрге куйганда, термометрдин ичиндеги сымаптын мамысын байкоо оңой болгондой кылып куюу керек.

4. Музду салуунун дал алдында калориметрдин ичиндеги суунун температурасын ченегиле жана жазып койгула.

5. Музду майда кесектеп алгыла, аны фильтрлөө кагазы менен кургаткыла жана калориметрдеги сууга салгыла.

6. Суу менен музду аралаштыргыч менен аралаштырып, муздун кийинки кесекчелеринин эрип бүткөнүн байкагыла. Муз эрүүнүн аягындагы температураны байкагыла жана аны жазып койгула.

7. Тажрийбанын аягында калориметрдин ичиндеги суунун салмагын өлчөп, кемитүү жолу менен, салынган муздун массасын аныктагыла.

8. Калориметр жасалган металлдын салыштырма жылуулук сыйымдуулугун таблицалардан алып, муз эриген кезде калориметр менен суу берген жылуулуктун санын аныктагыла.

9. Муздан пайда болгон сууну нульдан акыркы температурага чейин жылытуу үчүн канчалык жылуулук кеткен?

10. Муздун эришине канчалык жылуулук кеткен?

11. Муздун эрүү салыштырма жылуулугун эсептеп чыгаргыла.

12. Китептин аягындагы 1 таблицада көрсөтүлгөн эрүүнүн салыштырма жылуулугу менен алынган натийжаны салыштыргыла жана таксыздыкты эсептеп чыгаргыла. Иштин натийжасы менен таблицадагы маалуматтардын ортосундагы айырманы эмнеликтен деп түшүндүрүүгө болот?

10-көнүгүү.

1. 0° кезинде алынган 600 *г* музду жылытып 30° кезиндеги сууга айландырышкан. Жылытуу үчүн канчалык жылуулук сарп кылынган?

2. $t = -30°$ кезинде алынган 8 *кг* музду жылытып 20° кезиндеги сууга айландырышкан. Бул жылытууга канчалык жылуулук кеткен?

Жообу: 920 *ккал.*

3. 0° кезиндеги сууну алуу үчүн $t_2 = 40°$ болгон 5 *л* сууга $t_1 = 0°$ болгон канчалык муз салуу керек?

Жообу: 2,5 *кг.*

4. $t_1 = 90°$ болгон 2 *л* сууну 10° ка чейин ылдам суутуу керек. Бул үчүн 0° кезинде алынган канчалык музду сууга салуу керек экенин аныктагыла.

Жообу: 1,8 *кг.*

5. $t = 10°$ кезинде алынган 10 *кг* жезди эритүү үчүн канча жылуулук керек?

6. 150 *г* эритилген калай эрүү температурасы кезинде $t = 12°$ болгон 300 *г* сууга куюлган. Аралашкан кезде акыркы температура кандай болгонун эсептеп чыгаруу керек.

Жообу: $\approx 25°$.

7. 5 *кг* коргошунду данакерлөөчү лампанын жардамы менен эритүү керек. Эгерде лампанын пайдалуу аракетинин коэфициенти 30%, коргошундун башталгыч температурасы 17° болсо, коргошунду эриткен убакта канча керосин сарп кылынган болот?

Жообу: ≈ 22 *г.*

8. Бытыраны жасаган кезде эритилген коргошун эрүү температурасы кезинде сууга агып куюлат. $t = 10°$ кезинде алынган 20 *л* суунун температурасы жасалуучу 50 *кг* бытыраны суутканда, канчалык боло тургандыгын аныктоо керек.

Жообу: $\approx 44°$.

9. Аянты 10 000 $м^2$ болгон таш көчөдөн жана тротуарлардан кар эриткичтердин жардамы менен кар жоготулган. Эгерде кардын калыңдыгы 10 *см*, кардын салыштырма салмагы 0,1, кардын температурасы — 20°, отундун жылуулук берүү жөндөмүүлүгү 3200 $\frac{кал}{кг}$, кар эриткичтин пайдалуу аракетинин коэфициенти 70% болсо, бул үчүн канчалык отун сарп кылынгандыгын аныктоо керек.

Жообу: ≈ 4000 *кг.*

10. Эрте жаз күндөрүндө эртең менен өсүмдүктөрдүн үстүнө кыроо түшөт. Кыроонун түшүмү өсүмдүктүн суунушуна себеп болобу, же аны токтотуп турабы?

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Эрүү жана катуулануу деп эмнени айтабыз?
2. Кристаллдык жана аморфтук нерсенин эриши кандай болот?
3. Эрүү точкасы деп жана катуулануу точкасы деп эмнени айтабыз?
4. Эрүү жана катуулануу температурасынын турактуулук закону эмнеден турат?
5. Эрүү жана катуулануу кездеги температуранын турактуулугун эмнеликтен деп түшүндүрүүгө болот?
6. Эрүүнүн салыштырма жылуулугу деп эмнени айтабыз?
7. Эрүүнүн салыштырма жылуулугу кайсы бирдиктер менен ченелет?
8. Нерсенин берилген массасын эритүү үчүн керек болгон жылуулуктун саны кандай формула менен туюнтулат?
9. Эрүүнүн салыштырма жылуулугун калориметрдик жол менен кантип аныктоого болот?
10. Эрүү үчүн калориметриялык теңдеме кандайча түзүлөт?
11. Эрүү жана катуулануу кезинде нерсенин көлөмү кандайча өзгөрөт?
12. Эрүү точкасы тышкы басымга кандайча көз каранды?

2. БУУНУН ПАЙДА БОЛУШУ.

107. Буунун пайда болушу. Заттын бууга өтүшү б у у н у н п а й д а б о л у ш у деп аталат.

Буунун пайда болушу эки жол менен — буулануу жана кайноо аркылуу түзүлөт.

108. Буулануу. Суу, спирт, эфир, бензин, керосин жана башка бардык суюктуктар убакыттын өтүшү менен өзүнүн санынын кемигенин жана а ч ы к и д и ш т е н т а п-т а к ы р ж о г о л у п к е т к е н и н ар ким өзүнүн турмуш тажрийбасынан билет. Бирок зат жоголбой турган болгондуктан, ал суюк абалдан б у у деп аталган башка абалга өткөн болот.

Турмуштагы ошол эле байкоолор, лабораториядагы өзгөчө тажрийбаларды жасабастан эле, буулануунун төмөнкү тышкы белгилерин белгилөөгө мүмкүндүк беришет: 1) буулануу ар кандай температурада болот; 2) буулануу суюктуктун бетинен гана бууланат.

Бууланууну чоңойтуучу шарттарды келтирип чыгаруу үчүн өзүбүздүн күндөлүк байкоолорубуздан мисалдарды оңой эле табууга болот, атап айтканда: 1) суюктуктун бош бети канчалык чоң болсо, 2) суюктуктун температурасы канчалык жогору болсо жана 3) суюктуктун үстүндө пайда болгон буулар канчалык ылдам учуп кетсе, буулануу ошончолук көп болот.

Түрдүү суюктуктардын буулануу ылдамдыгы түрдүүчө болот: спиртке, сууга жана толуп жаткан башка суюктуктарга караганда эфир бат бууланат, сымап өтө жай бууланууучу суюктук.

Эң аягында, басымды азайтуу аркасында буулануу ылдамдыгы арта турганын тажрийбада көрсөтүүгө болот.

Катуу нерселердин бууланышы. Катуу нерселердин бетинен да буулануу болот: муз, иод, камфора, нафталин жана башка катуу нерселер бууланат.

Көлөмдү буулар менен кандыруу. Бууланууу боштукта же болбосо аба насосунун коңгуроосунун астында баарынан ылдам боло турганын лабораториялык изилдөөлөр көрсөтөт; атмосферада бууланууу, пайда болгон бууларды алып кетүүчү шамал кезинде ылдамыраак болот. Туюк жабык идиштин ичинде суюктуктун үстүндөгү мейкиндикте бууланууу улам акырындап отуруп, акырында буу менен суюктуктун саны андан ары өзгөрбөй калат. Бул шарттардагы буу мейкиндикти к а н ы к т ы р у у ч у[1] б у у деп аталат. Эгерде берилген мейкиндикте буулардын саны дагы көбөйө ала турган болсо, анда бул шарттардагы буу к а н ы к т ы р б о о ч у б у у деп аталат.

109. Бууланууну молекулярдык-кинетикалык теория боюнча түшүндүрүү. Молекулярдык-кинетикалык теория боюнча суюктуктун молекулалары тынымсыз кыймылда турушат, анын үстүнө түрдүү молекулалардын ылдамдыктары түрдүүчө болот. Суюктуктун бетки катмарында чоң ылдамдыкта кыймылдоочу молекулалар ошол беттик катмардан башка молекулалары менен жармашуу күчү таасир кыла албай калган аралыкка (молекулалык аракеттин сферасынан сыртка) учуп кете алышат; мына ушул учуп кеткен молекулалар буунун молекулалары болушат. Эгерде суюктуктун бети кең болсо, беттик катмардан учуп чыгуучу молекулалардын саны да көп болот да, буунун пайда болушу ылдамыраак болот. Эгерде суюктуктун температурасы жогорулатылса, анда молекулалардын кыймылынын ылдамдыгы чоңоёт, суюктуктан учуп чыгуучу молекулалардын саны көбөйөт, мында да буунун пайда болушу ылдамыраак жүрөт. Эгерде суюктук туюк идиштин ичинде болсо, анда суюктуктун үстүндөгү мейкиндикте түз сызыктуу жолдор менен учуп жүргөн анын буусунун молекулалары бири бирине да жана идиштин капталдарына да урунушат. Мындай урунуштар болуп турган кезде, молекулалардын кыймылдарынын багыттары өзгөрүп, алар беттик катмардын молекулалык аракеттик сферасына барып калып суюктукту түзгөн молекулалардын арасына кайрадан кирет.

Эң оболу суюктуктан бууланууучу буунун молекулаларынын саны суюктукка түшкөн буунун молекулаларынын санынан көп болот. Буунун молекулаларынын саны көбөйгөн сайын, кайта суюктуктун ичине учуп кирүүчү молекулалардын саны да көбөйөт. Ошентип, буудан суюктукка өтө турган молекулалардын саны суюктуктан учуп чыккан буунун молекулаларынын санына барабар болгон учурдун болушу ачык иш. Ошол учурдан тартып, буунун саны көбөйбөй калат; буу каныктыруучу болуп алат. *Каныккан кезинде молекулалардын учуп чыгышы токтолбойт,* бирок учуп чыгуучу молекулалардын саны ошол эле убакытта суюктуктун ичине кайтуучу молекулалардын санына барабар болот, суюктук менен

[1] Кээ бир китептерде мындай буу к а н ы к к а н деп аталат.

буунун ортосундагы мындайча өз ара катыш д и н а м и к а л ы к (кыймылдуу) тең салмактуулук деп аталат. Демек, *кандыруучу буу деп өзүнүн суюктугу менен динамикалык тең салмактуулукта турган буу аталат.* Ошол эле заттын суюктугу бар болгон туюк мейкиндикте узак убакыт турган буу, ар дайым каныккан болот.

110. Бууланууунун жылуулугу. Буу пайда болгон кезде буунун молекулалары, илинишүү күчүнүн каршылыгын жеңип, бул күчкө каршы кыймылдашат. Ар кандай каршылыкты жеңүүгө энергия сарп кылуу керек болот. Буунун пайда болушу үчүн зарыл болгон энергия, же жылуулуктун сырткы булагынан, же болбосо бардык бууланууучу суюктуктун молекулаларынын иретсиз кыймылынын кинетикалык энергиясынан алынат.

Бууланганда суюктуктан эң чоң ылдамдыктарга жана демек кинетикалык энергияга ээ болгон молекулалары учуп чыгат. Суюктукта өтө акырын, азыраак кинетикалык энергияга ээ болгон молекулалары калат. Молекулярдык-кинетикалык теория боюнча нерсенин молекулаларынын кинетикалык энергиясы жана нерсенин температурасы өз ара байланыштуу. Молекулалардын кинетикалык энергиясынын азайышына нерсенин температурасынын ылдыйлашы туура келет. Демек— эгер суюктукка сырттан жылуулук келбей туруп бууланса, ал суунууга тийиш.

Буунун ар кандай пайда болушу жылуулукту жутуу менен бирге барат, буунун суюктукка айланышы (конденсация, коюулануу) *жылуулуктун бөлүнүп чыгышы менен бирге барат.* Түрдүү суюктуктар, бирдей шарттарда буу пайда кылуу үчүн түрдүү сандагы жылуулукту талап кылышат. Нерселердин бул касиетин мүнөздөө үчүн б у у п а й д а б о л у у н у н с а л ы ш т ы р м а ж ы л у у л у г у деп аталган бөтөнчө чоңдук киргизилет.

Буу пайда болуу температурасы кезинде 1 г суюктукту буюга айландыруу үчүн керек боло турган жылуулуктун саны менен ченеле турган чоңдук, буу пайда болуунун салыштырма жылуулугу болот.

Буу пайда болуунун салыштырма жылуулугунун бирдиктери төмөнкүлөр болот:

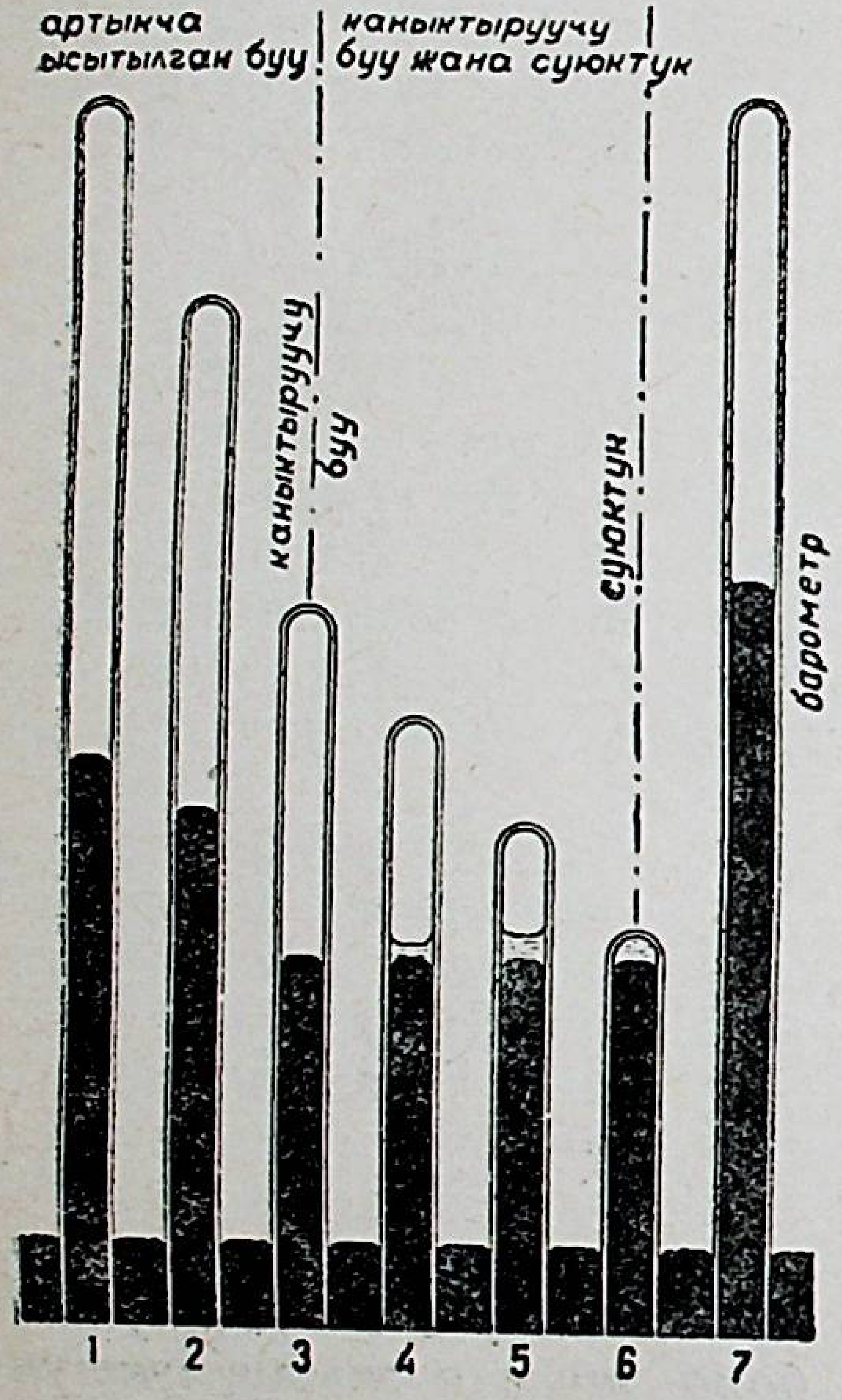
$$\frac{кал}{г} \text{ жана } \frac{ккал}{кг}.$$

Буу пайда болуунун салыштырма жылуулугун r аркылуу, бууланган суюктуктун массасын m аркылуу, буу пайда болгондогу керек болгон жылуулуктун санын Q аркылуу белгилесек, анда:

$$\boxed{Q = rm} \text{ болот.} \qquad \text{(XV)}$$

Конденсация кезинде буунун ар бир граммы, ошол эле температурада 1 г суюктук бууга айланууга керек болгон сандагы жылуулукту бөлүп чыгарат.

Бууланган кезде температуранын ылдыйлашы, же болбосо конденсация кезинде анын жогорулашы жөнүндө турмуштагы байкоолор көп мисалдарды көрсөтөт: 1) сууланган кол кургак колдон муздагыраак; 2) эгерде ал сууланган колду желпилдетсек же шамалга кармасак ого бетер муздайт; 3) ылдам буулануучу суюктуктар, мисалы эфир жана атырлар менен денени суулаганда суукту сезүү күчөйт; 4) жогорку температурага, адам бууланууболбой турган нымдуу абадагыга караганда, бууланууболуп турган кургак абада жеңил чыдайт; 5) ысык жактарда суу көзөнөктүү идиштердин ичинде муздагыраак сакталат: суунун катмары көзөнөктөрү аркылуу өтүп бууланат, ошонун аркасында идиштин жана идиштеги суунун температурасын ылдыйлатат; 6) сууну же сүттү муздатуу үчүн идишти суулуу чүпүрөк менен ороп коюшат; 7) жаан же кар, шамал жок убакытта температуранын ылдыйлашын кармап тура алышат, себеби буу жаанчачынга конденсацияланган кезде алардан жылуулук бөлүнүп чыгып турат; 8) көбүнчө фабрикаларда, мончолордо ж. б. буу жылыткыч колдонулган кезде, буунун сууга конденсациялануу аркасында жылуулук келип чыгат.



99-сүрөт. Көлөмдүн өзгөрүшүнө жараша буунун басымынын өзгөрүшү жана каныктырбоочу буунун белгилүү басым кезинде каныктыруучу бууга өтүшү.

Бууланган кезде суунууну тажрийбада көрсөтүп болот, эгер губканы, же кебезди эфирге чылап буулантса, губканын үстүндө кыроо пайда болот: буулануудан эфир жана анын айланасындагы аба 0° температурага чейин жана андан да төмөн суунат; аба ичиндеги ным ошондо барып, кыроо түрүндө бөлүнүп чыгат.

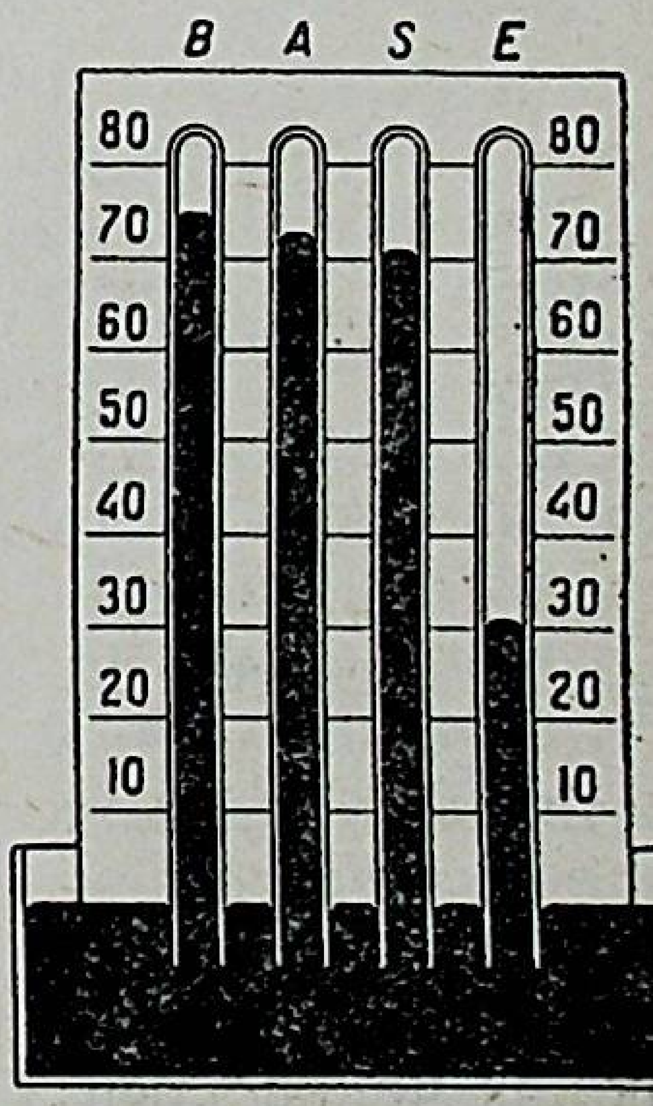
111. Туруктуу температура кезинде буунун көлөмү менен басымынын ортосундагы көз карандылык. Буунун көлөмү менен басымынын ортосундагы көз карандылыкты үйрөнүү үчүн, бууну кандайдыр бир туюк мейкиндикте пайда

кылуу керек жана түрдүү көлөмдөр кезинде анын басымын ченөө керек. Муну Торичеллинин түтүгүнүн ичиндеги сымаптын үстүндөгү мейкиндикте жасоо ыңгайлуу болот.

Эки сымап барометрин алалы (99-сүрөт) да жана алардын биринин ичине сымаптын астына иймек пипетканын жардамы менен изилделүүчү суюктуктун, мисалы эфирдин, бир-эки тамчысын жиберели.

Суюктуктун тамчысы сымаптын үстүндөгү мейкиндикке көтөрүлөт да, анда бууга айланат. Сымап буулардын басымы менен ылдый түшөт. Бул түтүктүн ичиндеги жана барометрдин ичиндеги сымаптын деңгелдеринин айырмасы буунун сымап мамысындагы басымын сантиметр менен берет (99-сүрөт, 1 жана 7 абал). Эгерде түтүктүн ичинде суюктуктун эч кандай изи калбаса, анда бууларды каныктырбоочу деп эсептөөгө болот. Биринчи түтүктү идиштен көтөрүп ошонун аркасында буулар алып турган көлөмдү чоңойтобуз. Анда биз, изилделүүчү жана барометрдик түтүктөрдүн ичиндеги сымап мамыларын салыштырып, буулардын басымы, көлөм чоңойтулганда, кичирейгенин көрө алабыз. Түтүктү ылдый түшүрүп, көлөмдү кичирейтип, басымдын чоңоюшун байкайбыз (99-сүрөт, 2 жана 7 абал).

Көлөмдүн андан ары кичирейишинен суюктуктун эң жука катмары пайда болгонун байкайбыз (99-сүрөттөгү 3-абал). Суюктуктун пайда болушу—мейкиндиктин бууга каныккандыгынын белгиси болот. Түтүктүн жана барометрдин ичиндеги сымаптын деңгелдеринин айырмасы каныктыруучу буулардын басымын берет. Температура өзгөрбөгөн кезде, каныктыруучу буулардын басымы каныктырбоочу буулардын басымынан чоң экенин тажрийба көрсөтөт.



100-сүрөт. Каныктыруучу түрдүү буулардын басымы түрдүүчө болот: *A* түтүктө—суу; *S* түтүктө — спирт; *E* түтүктө — эфир *B* — сымап.

Көлөмдү андан ары карай (4—5 жана 6-абалдар 99-сүрөт) азайтуу жана ар бир жолу сымаптын деңгелдерин салыштыруу төмөнкүлөрдү: 1) көлөм кичирейген кезде буулардан суюктук улам көбүрөөк коюуланганын, 2) калган буулар каныктыруучу болуп кала бергенин жана 3) каныктыруучу буулардын басымы көлөмгө карабастан туруктуу болуп кала бергенин көрсөтөт.

Бул сыяктуу изилдөөлөрдөн төмөнкү корутундулар келип чыгат.

1. Каныктырбоочу буулар үчүн басымдын көлөмгө көз каранды болушу Бойль-Мариоттун закону менен туюнтулат,

мында буулар каныктыруудан канчалык алыс турса, ошончолук так көрсөтүлөт.

2. Каныктыруучу буулардын басымы ошол эле бир температурадагы көлөмгө көз каранды эмес, анткени — көлөм кичиртилгенде буунун бир бөлүгү суюктукка айланат, аны чоңойткондо суюктуктун бир бөлүгү буууга айланат да буунун тыгыздыгы өзгөрбөй калат.

3. Ошол эле бир температурадагы кезинде түрдүү заттардын каныктыруучу бууларынын басымы түрдүүчө болот (100-сүрөт).

112. Каныктыруучу буулардын басымынын температурага көз карандылыгы. Буулардын басымынын температурага көз каранды болушун бир ийни кыймылга келип туруучу катнаш идиштерден түзүлгөн курал менен үйрөнүүгө болот (101-сүрөт). Сымап сол ийниндеги кранга жеткенге чейин оң жактагы кыймылга келип туруучу ийинин көтөрүп, кран бекитилет, сымап бар оң жактагы идиш ылдый түшүрүлөт да, сол жактагы түтүктүн ичинде боштук пайда болот. Сол жактагы түтүктүн үстүндөгү воронкага сыналуучу суюктук куюлат жана кран аркылуу каныктыруучу буулар пайда болгондой өлчөмдө болгон суюктук жиберилет.

Каныктыруучу буу өзүнүн басымы менен сол ийиндеги сымап деңгелин төмөндөтөт жана аны оң ийинде көтөрөт.

Буу бир сол ийинди кең айнек түтүк менен курчап, ал аркылуу суу жүргүзүп, суунун температурасын алмаштырып турушат (101-сүрөт).

Атмосфералык басым жана эки ийнинин ичиндеги сымап мамыларынын айырмасын билип туруп, буунун басымын эсептеп чыгарууга болот.

Сымап мамысынын h бийиктигине барабар болгон деңгелдин айырмасы пайда болот.

Сымап мамысынын бул бийиктиги h *см* (кайноо точкасынан өйдө болгон температурада) каныктыруучу буулардын басымы атмосфералык басымдан канчалык артык болгонун ченейт.

Сымап мамысынын *H см* атмосферанын басымын барометр боюнча ченеп алып, каныктыруучу буулардын басымы $H+h$ *см* сымап мамысына барабар экенин эсептеп чыгара алабыз.

Ар бир температура үчүн каныктыруучу буулардын тиешелүү басымын ченеп, жогорку таблицага жазылган маалуматтарды алууга болот.

Ченөөнүн маалуматтарынан төмөнкү корутундуларды чыгарууга болот.

1. Каныктыруучу буулардын басымы температуранын жогорулашы менен чоңоёт.

2. Каныктыруучу буулардын басымы кайноо температурасы кезинде атмосфералык басымга барабар болот.

Көлөм, басым жана буу температурасынын ортосундагы

Каныктыруучу буулардын таблицасы сымап мамысынын *см* боюнча.

Температура	Күкүрт эфири	Вино спирти	Суу
0	18,6	1,3	0,46
10	29	2,4	1,9
20	44	4,5	1,7
30	64	7,9	3,1
35	76	—	—
40	92	13,4	5,5
50	127	22	9,2
60	174	35	14,7
70		56	23,2
78		76	—
80		83	35,3
90		120	52,4
100		167	76
120			2 *атмосфера*
150			4,7 *атмосфера*
200			15,2 *атмосфера*

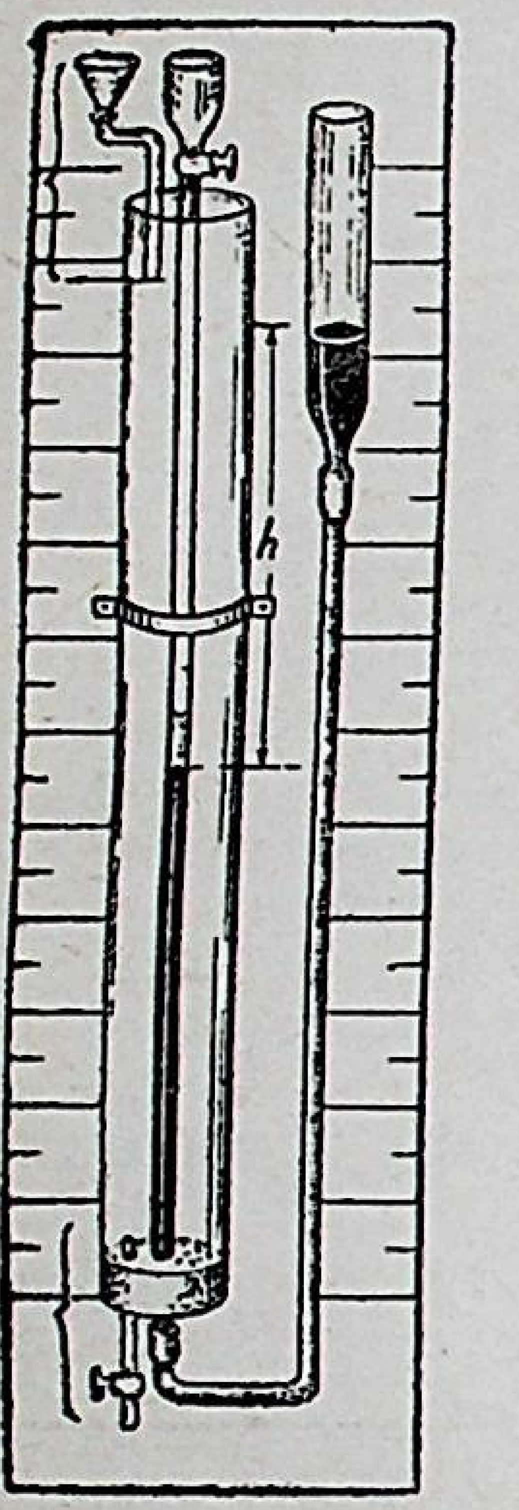
көз карандылыкты молекулярдык-кинетикалык теориянын негизинде жеңил түшүндүрүүгө болот.

1. Көлөм чоңойгон кезде суюктуктун ичинен чыгып кетүүчү молекулалардын саны, б. а. буунун саны көбөйөт; көлөм кичирейтилген кезде болсо, буунун молекулаларынын бир бөлүгү суюктукка айланат да, буунун саны азаят, бул учурлардын экөөндө тең динамикалык тең салмактуулуктун шарты ошол эле бойдон кала берет; өзгөрбөс температура кезинде каныктырылган мейкиндиктин көлөмүнө карабастан суюктуктан учуп чыккан молекулалардын саны суюктукка кайта кирүүчү молекулалардын санына барабар болот. Ошондой эле, температурада буунун молекулаларынын кыймылдарынын орточо ылдамдыгы кандайча турактуу болуп кала берсе так ошондой болуп каныктыруучу буунун 1 $см^3$ деги молекулаларынын саны өзгөрбөстөн кала беришет, ошондуктан буулардын басымы да (алардын молекулаларынын идиштин капталдарындагы аянттын бирдигине урунуулары) өзгөрбөй сакталып тура берет.

2. Температура жогорулаган кезде молекулалардын кыймылынын ылдамдыктары өсөт, ошол убакта эле ыргып чыгып, бууну түзүүчү молекулалардын саны көбөйөт жана басым өсөт.

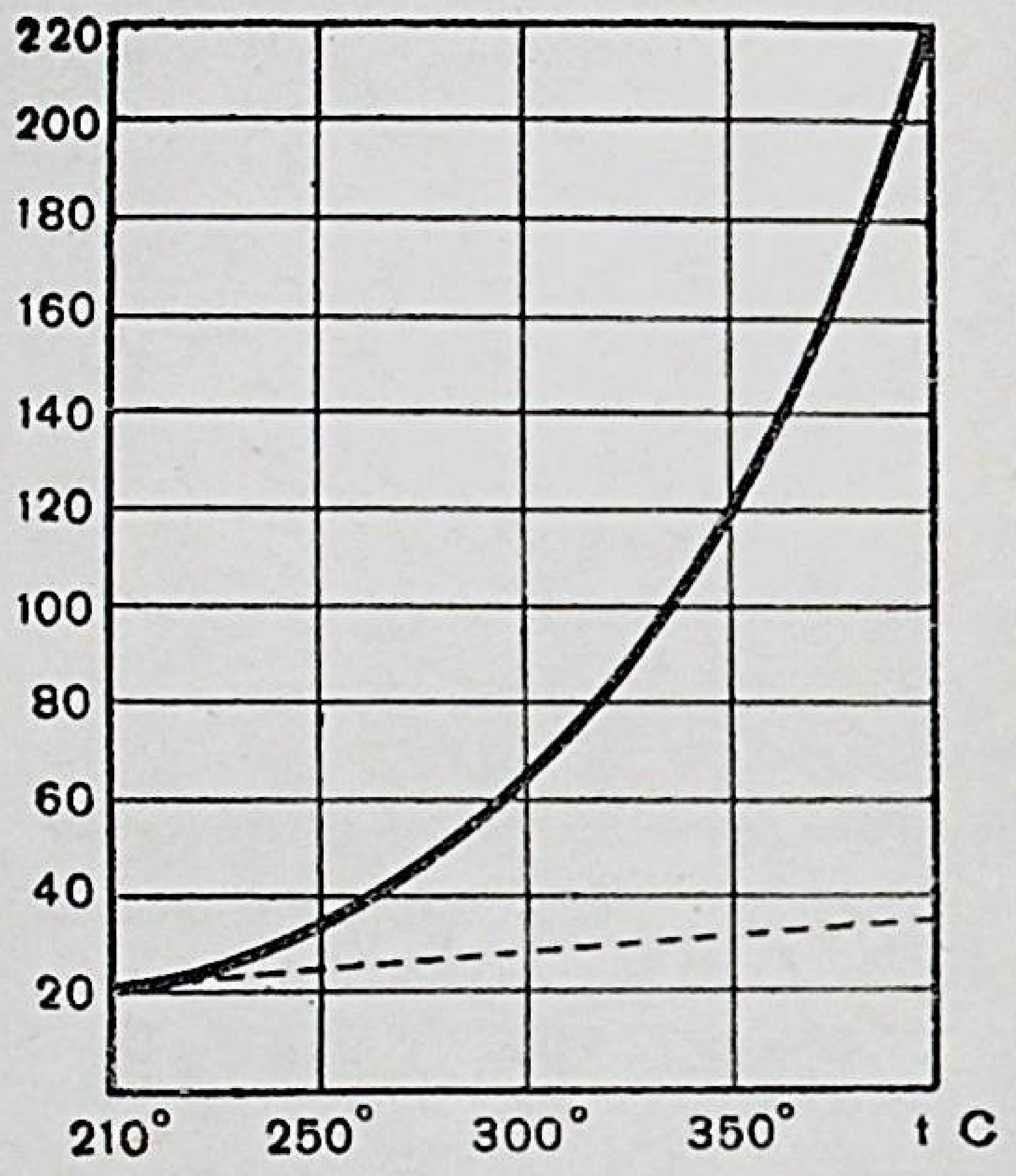
Каныктыруучу буулардын басымы температураны жогорулатканда, идеалдык газдын басымына караганда ылдамыраак көбөйөт (102-сүрөт). Идеалдык газдын басымы температураны жогорулаткан кезде молекулалардын улам күчөгөн ылдамдыгынан гана көбөйөт.

Каныктыруучу буулардын басымы болсо, температураны жогорулатканда эки себептен көбөйөт: молекулалардын ылдамдыгы күчөгөндөн жана ошол көлөмдөгү буунун молекулаларынын саны көбөйүүдөн.



101-сүрөт. Түрдүү температурада буулардын басымын чеНөө үчүн курал.

Ошентип, м е й к и н д и к т и к а н ы к т ы р у у ч у б у у л а р ү ч ү н м а с с а, к ө л ө м, б а с ы м ж а н а т е м п е р а т у р а н ы н о р т о с у н д а г ы ө з а р а к а-



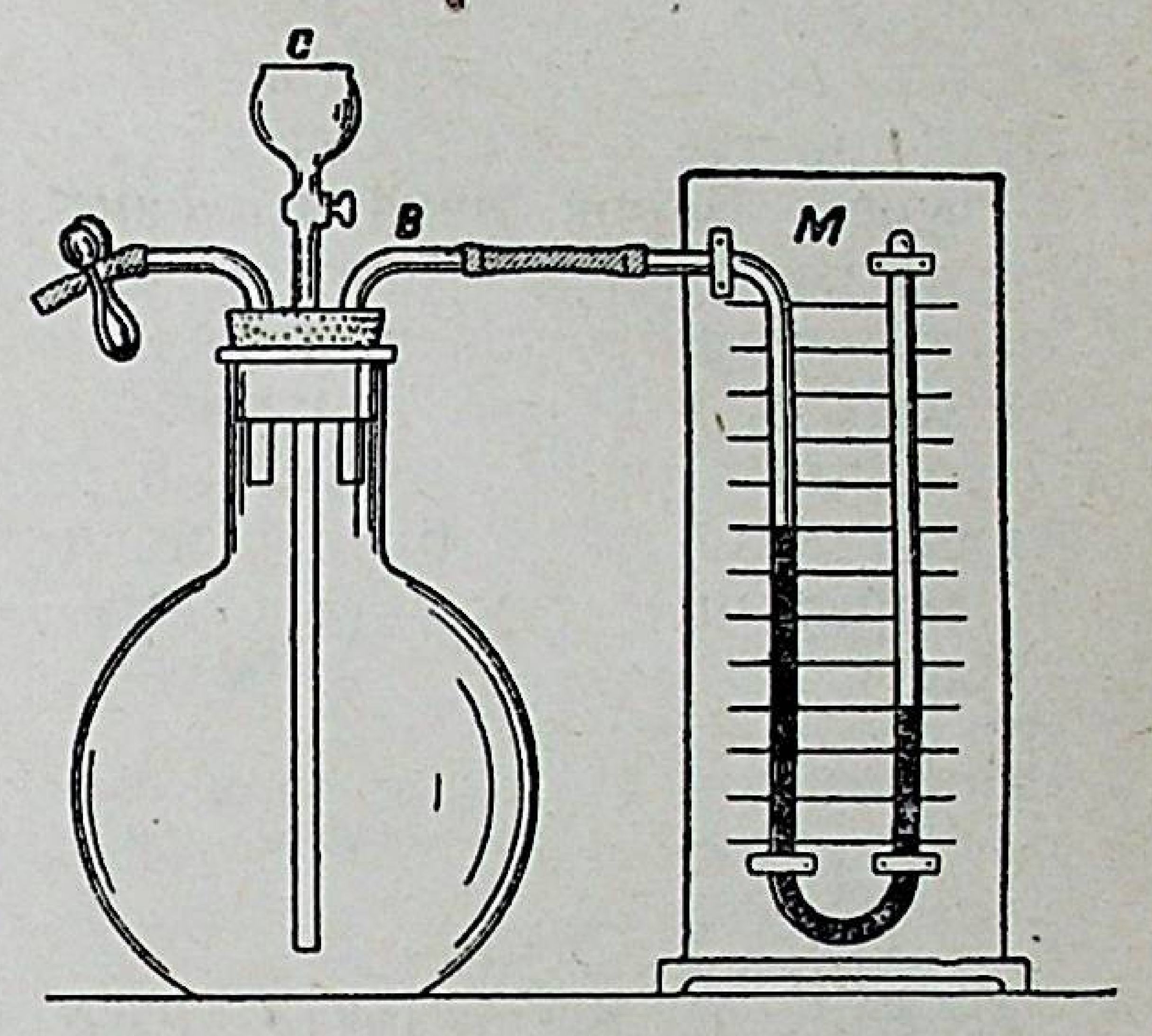
102-сүрөт. Ийри кара сызык буунун басымынын өзгөрүшүн, штрихталган сызык — температура жогорулаган кездеги идеал газынын басымын көрсөтөт.

т ы ш г а з д а р д ы к ы н а к а р а г а н д а б а ш к а ч а б о л о т; эгерде буулар каныктыруучу болуп кала беришсе, газдын массасы мындай өзгөрүүлөрдө өзгөрүүсүз кала турган болсо, анда буулардын көлөмүнүн ар кандай өзгөрүшүндө алардын массасы да алмашып турат.

Каныктыруучу суу бууларынын *p* басымынын таблицасы — 20° тан 30° ка чейин 1° аркылуу жана 30° тан 150° ка чейин 10° аркылуу болгон чектерде сымап мамысынын миллиметри менен 151-бетте көрсөтүлгөн.

113. Дальтондун закону. Ушул убакка чейин буулардын боштукта пайда болушу үйрөнүлүп келинди. Чындыгында болсо, абанын ичинде, б. а. башка газдар же буулар ээлеп турган мейкиндикте да буулануу жүрүп турат. Бул кубулушту үйрөнүү үчүн кең оозду колбаны (103-сүрөт) алалы да, анын оозуна үч түтүгү бар пробканы тыгалы; булардын бирөө (*B*) манометр (*M*) менен туташтырылган, экинчиси (*C*) краны бар воронка менен бүтөт, үчүнчүсү кыпчытмасы бар

түтүк менен бүтөт. Колбанын ичиндеги абанын бир канчасын сыртка сордуруп чыгарып жана манометрдин түтүгүнүн ичиндеги сымаптын абалын белгилейли. *C* кранын ачып, катмары бүткүл тажрийба боюнча түбүндө калгыдай болгон өлчөмдө, мисалы спиртти куялы. Ошол замат эле манометрдин сол ийнинин ичиндеги сымап акырындап ылдыйлай баштайт, бул болсо, спирттин акырындап бууланышын көрсөтөт. Бир канча убакыт күтүп, сымаптын ылдыйлоосу токтогондон кийин, б. а. мейкиндик бууга каныккандан кийин спирттин каныктыруучу бууларынын басымын берүүчү манометрдин эки жакка ийниндеги айырмасынын ылдыйлашын жана абанын температурасын ченейли. Эгерде абанын температурасы 20° ка барабар болсо, анда сымаптын бийиктигинин ылдыйлашы 4,5 *см* ге барабар болуп чыгат. Таблицага карасак, ошол эле температура кезинде боштукта пайда болгон спирттин каныктыруучу бууларынын басымына бул сан дал келгенин көрөбүз. Тажрийбаны улантып, воронканы эфир менен толтуралы да идиштин ичинде, спирттин үстүнө эфирдин катмарын түшүрөлү. Сол ийниндеги сымаптын акырындап ылдыйлашын жана сымаптын бийиктиктеринин айырмаларынын жаңыдан кичирейишин көрөбүз.



103-сүрөт. Газдардын жана буулардын аралашмасынын басымын ченөө үчүн курал.

Бул сыяктуу тажрийбалардан төмөнкү корутундуларды чыгарууга болот:

1. Кандайдыр бир газ же буу ээлеп турган мейкиндикте буулануу, боштуктагы буланууга караганда акырыныраак болот.

2. Башка газдар жана буулар ээлеп турган мейкиндиктин ичиндеги ар бир буунун басымы, ошол эле берилген буу жалгыз өзү бүткүл көлөмдү ээлеп тургандагыдай болот.

3. Буулардын жана газдардын аралашмасынын басымы буулардын жана газдардын ар биринин айрым басымдарынын суммасына барабар (Д а л ь т о н д у н закону).

Дальтондун законунун составдуу бөлүктөрү бири бирине химиялык жолдор менен таасир кылбаган жана суюктук та-

рабынан жутулбай турган аралашмага карата гана колдонулууга мүмкүн.

114. Кайноо. Каныктыруучу буулардын касиеттери суюктуктун кайноосун түшүндүрүүгө мүмкүндүк берет. Идиштин ичине куюлган суюктуктун ичинде аба бар, суюктукту жылыткан кезде аба майда ыйлаакчаланып бөлүнүп чыгат. Бул ички аба ыйлаактарынын ичинде да суюктуктун үстүндөгү абанын ичинде болгон сыяктуу, суюктуктун бууланышы болуп турат. Бирок ички ыйлаактар ылдам эле суюктуктун буусуна каныгып калышат. Суюктук ысытылган кезде анын каныктыруучу бууларынын басымы аба ыйлаактарынын ичинде тынымсыз өсүп турат. Аягында барып, каныктыруучу буулардын басымы тышкы басымга барабар болгон температурага жетишилет. Ошондо буулар ички ыйлаактардан сыртты көздөй атырылып чыгуу үчүн басымдын аз гана артык болушу жетишет.

Каныктыруучу суу бууларынын басымынын (р) таблицасы сымап мамысынын *мм* лери менен.

t°	p мм	t°	p мм	t°	p мм	t°	p мм	t°	p мм	t°	p мм	t°	p $\frac{кГ}{см^2}$
—20	0,77	—10	1,95	0	4,58	10	9,21	20	17,54	30	31,82	110	1,46
—19	0,85	— 9	2,13	1	4,93	11	9,84	21	18,65	40	55,32	120	2,03
—18	0,94	— 8	2,32	2	5,29	12	10,52	22	19,83	50	92,5	130	2,76
—17	1,03	— 7	2,53	3	5,69	13	11,23	23	21,07	60	149,4	140	3,69
—16	1,13	— 6	2,76	4	6,10	14	11,99	24	22,38	70	233,7	150	4,86
—15	1,24	— 5	3,01	5	6,54	15	12,79	25	23,76	80	355,1	200	15,85
—14	1,36	— 4	3,28	6	7,01	16	13,63	26	25,21	90	525,8	240	34,13
—13	1,49	— 3	3,57	7	7,51	17	14,53	27	26,74	100	760,0	280	65,4
—12	1,63	— 2	3,88	8	8,05	18	15,48	28	28,35	—	—	300	87,6
—11	1,78	— 1	4,32	9	8,61	19	16,48	29	30,04	—	—	360	190,3

Суюктуктун ичинен буулардын бөлүнүп чыгышы, суюктуктун кайнашы деп аталат.

Бул айтылгандардан төмөнкүлөр келип чыгат:

1. Каныктыруучу буунун басымы тышкы басымга барабар болгон температурада кайноо пайда болот.

2. Ар бир суюктук үчүн, берилген басымга белгилүү бир температура кезинде гана кайноо болушу мүмкүн.

Нормалдуу басымдагы кайноонун температурасы к а й н о о н у н точкасы деп аталат.

3. Тышкы басым кичирейген кезде кайноо температурасы ылдыйлайт, басымдын жогорулашынан — жогорулайт.

Жерден жогору көтөрүлгөн кезде суу уламдан-улам ылдыйкы температурада кайнай берет.

Буу казанынын ичиндеги суу, казандын ичинде пайда болгон буу суюктуктун үстүнө атмосфералык басымдан чоң ба-

сым берип тургандыктан 100° тан ашып кеткен температурада кайнайт.

4. Суюктуктун кайноо точкасы идиштин материалына анын тазалык даражасына, эриген газдын тегине көз каранды экенин тажрийба көрсөттү; ошону менен бирге, кайнап турган суюктуктун бууларынын температурасы жогоруда айтылган кырдаалдарга такыр көз каранды эмес, ошондуктан ***суюктуктун кайноо температурасы үчүн кайнап турган суюктуктун бууларынын температурасы алынат.***

5. Суюктуктун кайноо температурасы кайноонун бардык убагында турактуу болуп кала берет.

Эрүү температурасынын туруктуулугу кандайча түшүндүрүлгөн болсо, бул кубулуш да ошондой түшүндүрүлөт.

6. Ошол эле бирдей температура кезинде буунун көлөмү өзү пайда болгон суюктуктун көлөмүнөн чоң болот.

100° кездеги суунун буусу өзү пайда болгон ошондой эле өлчөмдөгү суунун көлөмүнө караганда 1 700 эсе чоң көлөмдү алып турат.

7. Таза эриткичтин кайноо температурасына караганда эритменин кайноо температурасы өйдө болот жана эритменин концентрациясы көбөйгөн сайын өйдөлөй берет. Мисалы, 6,6 г кайнатма тузду 100 г сууда эриткенде эритменин кайноо температурасы 101° ка барып жетет; ал эми 25,5 г тузду 100 г сууда эриткенде — 105° ка барып жетет.

8. Кайноо точкасында буу пайда болуунун салыштырма жылуулуктарынын таблицасы.

Суу 539	Күкүрт 362	Спирт 205
Сымап . . . 68	Күкүрт углерод . . . 80	Эфир 85

9. Буу пайда болуунун салыштырма жылуулугу кайноо температурасын өйдөлөткөндө төмөндөйт. Мисалы, суу үчүн:

Кайноо температурасы	0	50	100	150	200
Буу пайда болуунун жылуулугу	595	568	539	506	468

115. Буу пайда болгон жана конденсацияланган кездеги жылуулук балансасынын теңдемеси.

Төмөнкү кубулуш үчүн жылуулук балансасынын теңдемесин түзөлү: калориметрдин суусу аркылуу суунун каныккан буусу өткөрүлөт.

Муздагыраак сууга тийишкенде буу конденсацияланып, жылуулукту бөлүп чыгарат. Конденсациядан келип чыккан суу калориметр ичиндеги суу менен аралаша барып муздай берет. Буу конденсацияланганда жана суу муздаганда бөлүнүп чыккан жылуулуктан калориметр жана анын ичиндеги суу жылынат.

Нерселердин бирөөлөрү конденсацияланган жана муздаган кезде бөлүнүп чыккан жылуулуктун өлчөмү жылынган нерселердин баарысы алган жылуулуктун өлчөмүнө барабар болуу керек. Массасы $m_1 = 80$ г, салыштырма жылуулук сыйымдуулугу $c_1 = 0{,}09 \frac{кал}{г.град}$ болгон калориметрдин ичине баштапгыч температурасы $t_1 = 20°$ болгон $m_2 = 100$ г суу куюлган дейли.

Суунун ичине кайноо температурасы $t = 100°$ болгон $m = 6$ г суу буусу өткөрүлгөн. Эгерде аралашманын акыркы температурасы $Q = 52{,}8°$ болсо, буу пайда болуунун жылуулугун r табуу керек.

Температура өзгөрбөстөн *буу конденсация кезинде берген жылуулук*: $Q = rm$;
t дан Θ га чейин *суунган кезде, суу берген жылуулук*:
$Q_1 = cm(t - \Theta)$.

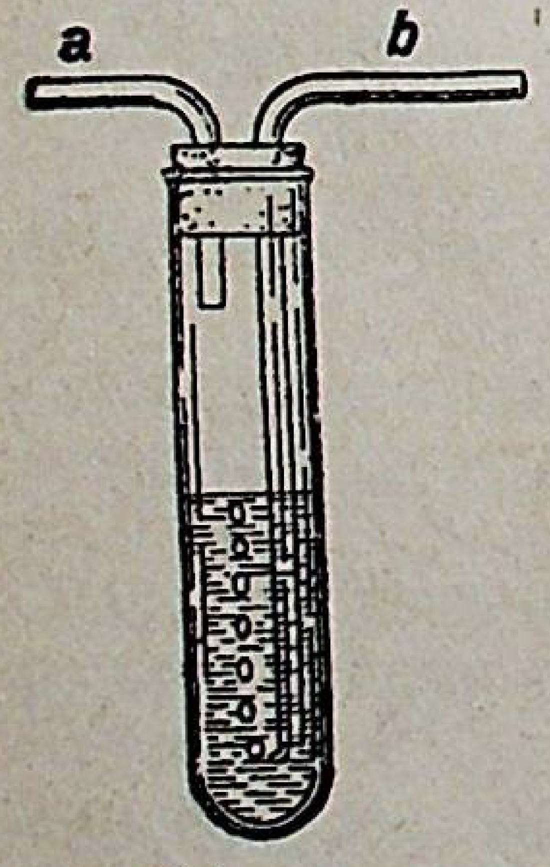
Калориметр алган жылуулук: $Q_2 = c_1 m_1 (\Theta - t_1)$;

суу алган жылуулук: $Q_3 = cm_2 (\Theta - t_1)$.

$$Q + Q_1 = Q_2 + Q_3;$$
$$rm + cm(t - \Theta) = (c_1 m_1 + cm_2)\ (\Theta - t_1);$$
$$r = \frac{(c_1 m_1 + cm_2) \cdot (\Theta - t_1) - cm(t - \Theta)}{m};$$
$$r = \frac{(0{,}09 \cdot 80 + 1 \cdot 100)\ (52{,}8 - 20) - 1 \cdot 6\ (100 - 52{,}8)}{6};$$
$$r = 539 \frac{кал}{г}.$$

116. *12-лабораториялык иш.* Калориметрдин жардамы менен суунун буусу пайда болуунун салыштырма жылуулугун аныктоо.

Куралдар: 1) калориметр; 2) кайнаткыч; 3) термометр; 4) тараза жана майда гирлер; 5) алкагы жана кыпчытмасы бар штатив; 6) сухопарник.



104-сүрөт. Сухопарник.

Эскертүү: Сухопарник дегенибиз кайнаткычтын ичинен буу менен кошо келүүчү суунун бөлүктөрүн чыгаруу үчүн кызмат кылат; бул бөлүкчөлөр сухопарниктин түбүндө калат.

Сухопарник болуп, пробка тыгылган жана пробканын эки тешигине эки айнек түтүкчөлөр өткөрүлгөн пробирка кызмат кыла алат; бул түтүкчөлөрдүн бирөө пробирканын түбүнө дээрлик жетип турат, экинчиси пробкадан аз гана чыгып турат; биринчи b түтүгүнүн учу кайнаткычтын түтүкчөсү менен туташтырылат, экинчи a түтүгүнүн учу калориметрдеги суунун ичине чөктүрүлгөн түтүкчө менен туташтырылат (104-сүрөт).

Иштин жүрүшү. 1. Калориметрдин салмагын өлчөп, комнаталык температурадагы 200 — 300 г суу анын ичине куюлсун. Суунун массасы 0,5 г га чейинки тактык менен аныкталсын, ченөөлөрдүн жана эсептеп чыгаруулардын натийжаларын таблицага жазгыла:

Тажрийба №	Калориметрдин массасы m_1	Суу бар калориметрдин массасы $m_1 + m_2$	Суунун массасы m_2	Суунун температурасы t_1	Буу өткөрүлгөндөн кийин суунун температурасы Θ	Өткөрүлгөн буунун массасы m	Конденсациянын салыштырма жылуулугу r

2. Алдын ала аны сухопарник менен туташтырып, кайнаткычтын ичиндеги сууну кайноого чейин жеткирүү керек.
3. Сухопарниктин түтүгүнүн ичинен буу бурулдап, күчтүү агын менен бөлүнүп чыккан кезде, түтүктүн учун калориметрдеги суунун ичине матыруу керек, бирок түтүктү матырардын дал алдында суунун температурасын байкап алуу керек.
4. Сууну калакча менен аралаштырып, калориметрдин ичиндеги суунун температурасы 10 — 15° ка көтөрүлгөнгө чейин бууну өткөрүп, андан кийин түтүктү сууруп алуу керек.
5. Сууну абдан жакшылап аралаштырып туруп, эң жогорку температурасын жазуу керек.
6. Калориметрдин ичиндеги сууну өлчөө жолу менен калориметрдин ичине отурган буунун массасын аныктоо керек.
7. Калориметрди жана анын ичиндеги сууну башталгыч t_1 температурадан акыркы Θ температурага чейин жылытуу үчүн керек болгон жылуулукту эсептеп чыгаруу керек.
8. 100° тан Θ температурага чейин суунган кездеги буудан пайда болгон суу канчалык жылуулукту бөлүп чыгарат?
9. Буу сууга айланган кезде канча жылуулукту бөлүп чыгарды?
10. $t = 100°$ та 1 г буу суюк абалга айланган кезде канчалык жылуулукту бөлүп чыгарат?
11. Келип чыккан натийжаны таблицадагы берилгендер менен салыштыргыла.

117. Каныктырбоочу бууларды каныктыруучу бууларга айландыруу жолу. Түтүктүн кранын ачып (102-сүрөт) кыймылга келбөөчү ийиндеги сымап кранга жетмейинче кыймылга келүүчү ийнин көтөрөбүз; мындан кийин кранды жаап коёбуз да, крандуу түтүктүн ичинде боштук болуш үчүн сымаптуу идишти төмөн түшүрөбүз.

Крандын үстүндөгү воронкага бир аз суу, же болбосо башка суюктук (спирт, эфир) куябыз; кранды аз гана ачып, буулангандан кийин суунун, спирттин же эфирдин каныктыр-

боочу буулары келип чыккандай кылып, бир канча тамчыны түтүктүн ичине тамызабыз. Эгерде сымап толтурулган куралдын кыймылга келүүчү түтүгүн көтөрө баштасак жана сымап мамысынын басымы менен бууларды кыса баштасак, андан барометрдеги түтүктүн ичинде суюктуктун катмары пайда болот, буулар каныктыруучу буу болуп калат; көлөм кичирейтилген кезде ошол эле өлчөмдөгү буулар кичирейтилген жаңы мейкиндикти каныктырууга жетишерлик болуп алышат. Эгерде, тескерисинче, кыймылга келүүчү түтүктү ылдый түшүрө баштасак, анда суюктук буулана баштайт, суюктуктун катмары жукара баштайт, аягында барып биротоло жоголот; түтүктү андан ары ылдыйлаткан кезде басым кичирейе берет, буулар ээлеп турган көлөм чоңоё берет жана буулар каныктырбоочу болуп калышат. Ал эми, көлөмдү бир кыйла чоңойтуп, б. а. бууларды каныктыруу абалынан алыстатып, кыймылга келүүчү түтүктү которууну токтотсок жана ичин буу ээлеп турган барометрдин түтүгүнүн башын муз же муздак суу менен сууланган чүпүрөк менен суута баштасак, анда жеткиликтүү муздаган кезде, суюктуктун катмары кайрадан пайда боло баштаганын, б. а. каныктыруучу буулардын пайда болушун байкоого болот. Демек — каныктырбоочу бууларды муздатып отуруп ушундай бир температурага жеткирүүгө мүмкүн болуп, температурада алардын басымы каныгуу кезиндеги басымга барабар болуп, буунун өзү каныктыруучу болуп калат; андан аркы суутуп олтуруу каныктыруучу буулардын суюктукка айланышына, суюлушуна же буулардын конденсациясына алып барат. Демек — бууларды суюктукка айландыруунун эки жолу бар: 1) б у у л а р д ы н ү с т ү н ө б о л г о н б а с ы м д ы ч о ң о й т у у, а л а р д ы к ы с у у; 2) б у у л а р д ы н т е м п е р а т у р а с ы н ы л д ы й л а т у у, а л а р д ы с у у т у у.

118. Критикалык температура. Жалаң гана басымды чоңойтуп олтуруп бууларды ар кандай эле температура кезинде суюктукка айландыруу мүмкүн эмес. 1869-жылда ***ар кандай суюктук үчүн белгилүү бир температура болуп андан жогорулаганда суюктуктун буулары кандай*** гана ***басым болбосун суюктукка айлана албай тургандыгы табылган.*** Мындай температура к р и т и к а л ы к т е м п е р а т у р а деп аталат.

Критикалык температурадан өйдө болгон температура кезинде, заттар кандай гана басымга учураса да ал заттардын бирин да суюк абалда табуу мүмкүн эмес.

Суюктук менен буунун ортосундагы айырма жоголсун үчүн критикалык температурасы бар зат астында турууга тийиш болгон басым к р и т и к а л ы к басым деп айтылат.

Туюк идиштин ичинде критикалык басым жана критикалык температура кезинде суюктуктун жана анын каныккан бууларынын аралашмасы турган абал к р и т и к а л ы к абал деп аталат.

Зат критикалык абалда турган кезинде, суюктуктун жана анын буусунун тыгыздыктары бирдей болуп турушат. Суюктукту анын буусунан бөлүп турган мениск, критикалык абал келип чыкканда жоголот, үстүңкү тартылуу нулга барабар болуп, суюктук жана анын буусу ажыратылбас болуп калат.

Критикалык температура кезиндеги буу пайда болуунун салыштырма жылуулугу нулга барабар болуп калат.

Критикалык температура суу үчүн 374,2° ка, спирт үчүн 243,1° ка, эфир үчүн 193,8° ка, көмүр кислотасы үчүн 31,1° ка барабар. Эгерде бул заттардын өздөрүнүн температурасы критикалык температураларынан өйдө болгондо, алар ар кандай басымдар кезинде буу түрүндө кала беришер эле жана газдар деп эсептелер эле.

119. Газдарды суюлтуу. Кадимки суюк нерселердин каныктырбоочу буулары менен газдардын окшош болушу, бууларды суюлтуунун бул же тигил жолдору аркылуу газдарды да суюктукка айландыруу мүмкүн болобу деген ойго алып келген. Чындыгында да, биринчи газ (аммиак) 1799-жылда эле суюктукка айландырылган болучу. Газдарды суюлтуу жөнүндөгү иштер сыналуучу газды суутууну жана кысууну б и р у б а к т а колдонуу аркылуу суюлтуунун жолун берген улуу физик Ф а р а д е й д и н (1791 — 1867) убактысынан тартып өзгөчө күчтүү түрдө илгери жылды. Өткөн кылымдын экинчи жарымына чейин ошол кезде белгилүү болгон бардык газдардын ичинен суюктукка айландырылбаган алты гана газ[1] калган. Буларды суюлтуунун дагы чейрек кылымга чейин токтолуп калышы температураны ылдыйлатуунун техникасы жетишерлик жогорку даражада болбогондугунан келип чыккан. Ал кезде басымды жогорулатуу үчүн машиналар бар болуп, алар басымды бир канча миң атмосферага, андан кийинчерээк он миңдеген атмосферага жеткирүүгө мүмкүндүк беришсе да, ал кезде ылдыйкы температураларды алуу, чамалап айтканда 0° тан төмөн 110° менен чектелген. Ошондой болгондуктан, температураны андан ары 0° тан ылдый бир кыйла ылдыйлатпастан жалаң басымды гана колдонуу бул алты газды суюлтуу үчүн жетишсиз болгон, анткени — алар өздөрүнүн критикалык температураларынан жогорку температураларда туруп кала беришкен.

Чындыгында да, критикалык температура кислород үчүн — 188,8° ка барабар, азот үчүн — 147,1° ка барабар, водород үчүн — 239,9° ка барабар. XIX кылымдын аягында алардын температурасын критикалыктан ылдый төмөндөтө алгандан кийин, бул 6 газдар биринин артынан бири суюк абалга айландырылган болучу жана газды биринчи жолу суюктукка айландыргандан тартып жүз жыл өткөндөн кийин, 1899-жылда,

[1] Азот, водород, кислород, азот окиси, углерод окиси жана метан же саз газы, буларды т у р а к т у у г а з д а р деп аташкан.

туруктуу газдардын эң акыркысы болгон водород, катуу абалга айландырылган болучу. Гелий 1908-жылы суюк абалга жана 1925-жылы катуу абалга айландырылган. Ошентип, суюктук, анын буусу жана газ ортосунда кескин чек жок болуп калды. Заттын абалы анын тыгыздыгы же көлөмү, басымы жана температурасы менен шартталат. Нормалдуу басым жана кадиресе температуралар кезинде каныгуудан дайыма өтө алыс турган суюктуктардын бууларын газдар деп атоо шарт менен кабыл алынган.

120. Ылдый температураларды алуунун жолдору. Ылдый температураларды алуунун баштапкы жолу суутуучу аралашмаларды даярдоо болот. Эгер салмак катышы 3 : 1 болгон кар менен кайнатма тузду аралаштырсак, анда температураны —20° ка чейин төмөндөтүүгө болот[1]. Кар менен туз аралаштырылганда, эрүү келип чыгат; эрүү жылуулук сарп кылынууну керек кылат; ылдам эригенде жана жылуулук сырттан келүү жок болгон кезде, жылуулук эрүүчү нерселердин өздөрүнөн алынат да, температура бир кыйла ылдыйлайт.

Андан ары карай суутууга, кайрадан суюлтулган газдардан алынган суюктуктардын ылдыйлатылган басымы астында, бууланyу жана кайноо кездеринде жетишкен. Ар кандай буулануу жылуулукту жутуу менен болуп олтурат деп § 110 да түшүндүрүлгөн. Ылдыйлатылган басым кезинде буулануу күчөйт да жана кадимки температурадан ылдый болгон температура кезинде кайноонун келип чыгышы мүмкүн. Буу пайда болуунун жылуулугу өтө төмөн температуралар үчүн чоңоёт. Четтен келе турган жылуулук жок кезинде, жылуулук кайноочу суюктуктун өзүнөн алынат. Ошондуктан кайноосунун нормалдуу температурасы төмөн болгон суюктуктар, насостун коңгуроосунун (колоколунун) астында кайнаган кезде, температуранын өтө төмөндөшүн беришет. Мисал, бөлмөнүн температурасы кезинде углекислый газынан (критикалык температурасы +31° С) кысуу менен алынган суюк көмүр кислотасы идиштин ичинен чыгарылган кезде, атмосфералык басым астында ошончолук ылдам бууланып суунуудан катуу көмүр кислотасына айланып кетет. Эфир менен катуу көмүр кислотасынын аралашмасы, соруп чыгаруучу насостун колоколунун астында ошончолук ылдам жана жылуулукту ошончолук жутуп буулангандыктан, анын температурасы —110° ка чейин ылдыйлап барат.

Температуранын андан ары карата төмөндөшү, көп газдардын кеңейишинен алардын температурасы төмөндөйт деген касиеттерине негизделет. Аба үчүн, мисалы, температуранын төмөндөөсү басымды 1 атмосферага кичирейткендеги 0,26° С ка барабар.

[1] 15° тан тартып 50° ка чейин 0° тан ылдый ылдыйлоону берүүчү ондогон башка аралашмалар бизге маалым.

Эгер газ кеңисе, анда кеңиген кездеги газдын таралып кетүүчү молекулалары өз ара илинишүү күчүн жеңүү жагынан жумуш аткарышат. Ылдам кеңигенде газ сырттан жылуулук албайт; кеңүү жумушу газдын өз энергиясы эсебинен иштелет, ошондуктан газдын температурасы төмөндөйт.

Бул жол менен температураны төмөндөтүү үчүн, газ 200 атмосферага чейинки болгон басым менен кысылат да, бул кезде колдонулуп келген эң күчтүү суутуучу аралашма (мисалы —110° ка чейинкиси) менен суутулат; андан кийин газдын басымы ылдам төмөндөтүлөт; мындай кеңейгенде газ ошончолук суунуп кетип, суюк абалга айлана алат.

Кандайдыр бир газды (мисалы кислород) биринчи жолу суюк абалда жетишерлик түрдө алар замат, бул суюктукту соруп чыгаруучу насостун колоколунун астына коюшкан жана төмөндөтүлгөн басым кезинде кайноо абалына келтиришкен; мындан суюктуктун температурасы ого бетер ылдыйлаган жана андан туруктуу газдардын экинчисин (мисалы, азотту) суюлтуу үчүн, суутуучу катарында пайдаланышкан. Нормалдуу басым кезинде азоттун кайноо температурасы —196° ка барабар, төмөндөтүлгөн басым кезинде ал дагы төмөндөйт. Төмөндөтүлгөн басым кезинде кайноочу суюк азот водород ж. б. үчүн суунуучу болуп кызмат кыла алат. Төмөндөтүлгөн басым астында кайнаган кезде температура эң эле төмөндөгөндүктөн, суюлтулган газдын бир бөлүгү катуу абалга айлана алат.

Жакын арада (жогоруда айтылган жолдордон башка жолдордун жардамы менен) абсолюттук нулдан 0,005° жогору болгон температураны ала алышкан.

Төмөнкү таблицада көбүнчө газ абалындагы нерселердин нормалдуу басымы кезинде кайноо жана катуулануунун температурасы келтирилген.

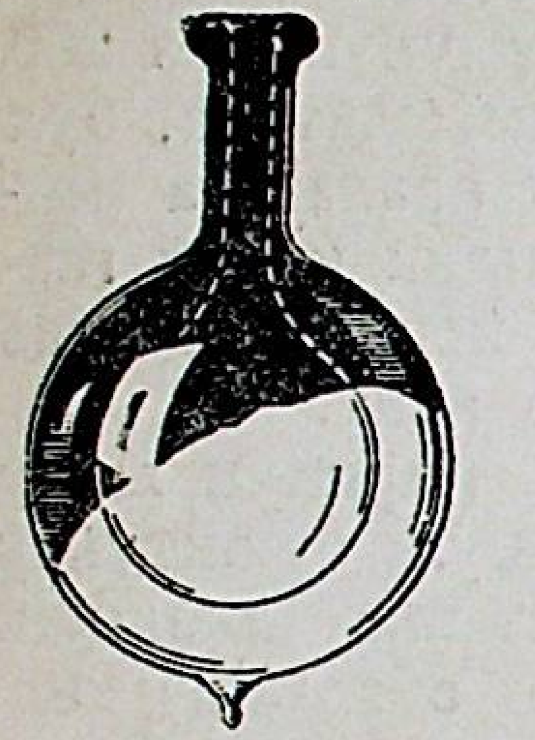
Газдар	Кислород	Аба	Азот	Водород	Гелий
Кайноо t	—183	—193	—196	—253	—269
Катуулануу t . .	—218	—	—210	—259	—271,9[1]

Температурасы 0° С ден 190° ка дээрлик төмөн болгон суюк абал үчүн анын айланасындагы үйдүн $t = 20°$ болгон температурасы өтө ысытылган нерсе болуп саналат. Бул абага тийишкенде суюк аба кайнап, ылдам буулана баштайт.

Абаны суюк түрүндө мүмкүн болушунча узак убакытка сактоо үчүн тегеректеги нерселерден суюк абалга жылуулук тийүүгө тосколдук кылуу керек. Бул максат менен суюк

[1] 26 атмосфералык басым кезинде.

абаны сактоо үчүн Дьюардын өзгөчө идиши колдонулат. Дьюардын идиши кош капталдуу айнек идиштерден жасалып, ички мейкиндиктен аба (жылуулукту өткөрүүчүлүгү аркылуу жылуулук өтүүнү жоготуу үчүн) тышка соруплуп чыгарылган болот, капталдары күзгүдөн жасалган (шоолалнын таралышын кемитүү үчүн); идиштердин оозу тар болот; алар ачык кармалат (105-сүрөт).



105-сүрөт. Дьюардын идиши.

121. Суюлтулган газдарды колдонуу. Газдарды суюлтуунун техникалык жана илимдик мааниси бар. Техникалык жагынан алганда газдарды суюлтуу өнөр жайларда, медицинада ж. б. жумшала турган газдарды ташууну өтө жеңилдетет, анткени — суюк абалдагы кезинде ошол эле көлөмгө абдан көп сандагы зат батат. Ошол жол менен газдаштырылган суу заводдоруна суюк көмүр кислотасы болот баллондордун ичине куюлуп жеткирилет.

Газдарды суюлтуудан келип чыккан, сууктан ылдам бузула турган азыктарды ташыган кезде пайдаланышат.

1897-жылда эле суюк абадан жана жыгачтын көмүрүнөн жасалган аралашма өтө сонун жарылуучу затты бергендигин тапкан.

Жарылуучу патрондорго көмүр порошогу же кизельгур толтурулат да, керосин менен нымдалат; патрондун бир бөлүгү кебез менен толтурулат. Керек кылына турган жерлерде патрондор тешкичтердин көзөнөктөрүнө киргизилип коюлат, суюк аба менен каныктырылат, андан кийин бикфорд жибинин жардамы менен тез жарылат. Жарылбай калган патрондор, жаруучу жумуштарда колдонула турган динамит жана башкаларга караганда, такыр коопсуз болушат, анткени — суюк аба өтө ылдам учуп кетет.

Ошол эле жолдор менен суюк аба жыгачтардын түп дүмүрүн омкоруп чыгаруу үчүн, жердин кыртышын жумшартуу үчүн ж. б. колдонулат.

Суюк аба таза кислородду алуунун жеңил жолун берет, анткени — азоттун кайноо температурасы кислороддукуна караганда төмөн болот жана азот кислородго караганда ылдам бууланып учат. Көп сандаган башка суюктуктарды жана газдарды катуу түрүндө ылдам алуу үчүн суюк аба жакшы амал берет.

Газдарды суюлтуунун илимдик маанисине келе турган болсок, нерсенин абалы температурасына жана өзүн басып турган басымга көз каранды экенин көрсөтүп, баарыдан мурда ал нерселердин түзүлүшүнүн биримдүү экенин дагы бир жолу далилдеди, бирок ал бул нерсе үчүн аягына чейин аныкталган жок. Экинчи жагынан, газдарды суюлткан кезде жетишилген

төмөн температуралар илим изилдөөлөрдүн жылуулук чектерин өтө кеңири түрдө өрчүтүүнү жана 0° тан төмөн 200—270° келген температуралар кезинде көпчүлүк касиеттердин өзгөрүүлөрүн ачууга мүмкүндүк беришти.

Каучук сыяктуу серпилгич нерселер же болбосо жемиш сыяктуу жумшак нерселер мындай температуралар кезинде айнек сыяктуу морт болуп калышат. Сымап чоюлгуч болуп калат; суюк аба менен нымдалган пахта (кебез) дары сыяктуу жарылуучу болуп калат. Заттардын өтө көпчүлүгү (спирт, жумуртканын кабыгы ж. б.) ак жарык менен жарык кылгандан кийин ар түрдүү түстөгү шоолалар (көбүнчө жашыл сымак) менен жаркылдай башташат. Металлдардын көп касиеттери, мисалы, алардын электрди өткөрүүгө жарамдуулугу, өтө өзгөрүп калышат. Бул изилдөөлөрдүн бардыгы заттын түзүлүшүнүн жаратылышына өтө тереңдеп кароого мүмкүндүк беришет. Төмөнкү температуралар областында өтө баалуу натыйжалар кийинки жылдарда СССРдин Илимдер Академиясынын физикалык проблема институтунда алынган болучу.

11-көнүгүү.

1. 10° кезинде алынган бир стакан сууну (250 $см^3$) кайноого жеткирүү үчүн жана кайнаган кезде 20 г сууну бууга айландырып учуруу үчүн канча жылуулук керек?

2. $t_1 = 100°$ болгон 20 г суу буусу $t = 10°$ болгон 800 г сууга өткөрүлгөн. Аралашманын температурасын аныктагыла.

Жообу: 25°.

3. $t = 10°$ болгон 2 л сууну $t_1 = 100°$ болгон суу буусун ага өткөрүп 80° ка чейин ысытышат. Канча бууну өткөрүүгө туура келген?

Жообу: 250 г.

4. $t = 100°$ болгон 63 г суу буусу 500 г сууга өткөрүлгөн. Буу өткөрүлгөндөн кийинки температура 80° болгон. Суунун башталгыч температурасы эмнеге барабар болгон?

Жообу: 9,6°.

5. $t = 16°$ болгон 250 г сууга 12 г эфир буусу кайноо температурасы кезинде өткөрүлгөндө, суунун температурасы 20,7° ка чейин көтөрүлгөн. Эфирдин буусу пайда болуунун жылуулугун эсептеп чыгаргыла.

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Кайноо буулануудан эмне менен ажыралат?
2. Буу пайда болуунун жылуулугу деген эмне?
3. Суюктуктун бууланышынын ылдамдыгы кайсы шарттарга көз каранды?
4. Каныктыруучу буу деп эмнени айтабыз?
5. Суюктуктун бууланышы жана мейкиндиктин каныгуусу молекулярдык-кинетикалык теория боюнча кандайча түшүндүрүлөт?
6. Боштук ичинде бууланууга салыштырганда суюктуктун аба ичиндеги бууланышынын өтө акырындыгын молекулярдык-кинетикалык теориянын негизинде кандайча түшүндүрүүгө болот?
7. Катуу нерселерде бууланну болобу?
8. Бууланну кезинде температуранын төмөндөшүнүн мисалдарын келтиргиле?
9. Каныктыруучу буунун басымы көлөмгө көз карандыбы?
10. Каныктыруучу буу ээлеп турган көлөмдү кичирейткен кезде эмне болот? Аны чоңойткондо эмне болот?

11. Каныктыруучу буунун басымы температурага көз карандыбы?
12. Каныктыруучу буунун басымы атмосфералык басымга барабар болгондо суюктук эмне болот?
13. Тышкы басым жогорулатылган кезде суюктуктун кайноо температурасы кандайча өзгөрөт? Аны кичирейткенде кандайча өзгөрөт?
14. Каныктырбоочу буунун басымы көлөмгө көз карандыбы?
15. Каныктырбоочу бууну каныктыруучу бууга жана каныктыруучу бууну суюктукка кайсы жолдор менен айландырууга болот?
16. Критикалык температура деген эмне?
17. Газдарды суюлтуу кандайча иштелет?
18. Дальтондун закону эмнеде турат?

Адабият. Григорьев, Жаратылыштагы жана техникадагы суюктук. Перельман, Физикалык хрестоматия, I китеп, 153—175-беттер.

3. АБАНЫН НЫМДУУЛУГУ.

122. Абанын нымдуулугу. Жердин үстүндө суу буулары тынымсыз түрдө пайда болуп турушат: бардык көлмөлөрдөн өсүмдүктөрдүн жалбырактарынан бууланув болуп турат, айбандар бууларды деми менен кошо чыгарып турушат. Суу буусунун тыгыздыгы абанын тыгыздыгынан кем болгондуктан (ал абанын тыгыздыгынын 0,62 сине барабар), суу буулары жерден жогору көтөрүлүп атмосферага таралышат.

Атмосфералык басым дегенибиз — кургак абанын басымы менен анын ичиндеги суу буусунун басымынын суммасы болот. Берилген температура кезинде абанын ичинде турган суу буусунун басымы абсолюттук нымдуулук деп аталат.

Бирок нымдуулук менен байланыштуу болгон көрүнүштөрдүн көпчүлүгү, мисалы, буулануунун ылдамдыгы, ткандардын кургашы, өсүмдүктөрдүн солушу, жаныбарлар организмдеринин абалы атмосферадагы болгон буунун санына көз каранды болбостон, бул сандын каныгууга канчалык жакын болушуна көз каранды болот. Суу буусунун басымы сымап мамысынын 6 *мм* келген кезинде, суу буусу ысык июль айындагы чак түштө каныгуудан алыс боло турган болсо, ал кандайдыр бир күзгү салкын күндө абаны каныктыра алат. Абанын нымдуулугун мүнөздөө үчүн, абсолюттук нымдуулуктан башка дагы салыштырмалуу нымдуулук киргизилет. Салыштырмалуу нымдуулук деп, абсолюттук нымдуулуктун ошол температура кезинде абаны каныктыруучу буулардын басымына болгон катышынын проценттер менен көрсөтүлүшү аталат. Каныктыруучу суу буусунун басымы, жогору жакта айтылгандай, ар кандай температура кезинде абдан тактык менен үйрөнүлгөн жана алар үчүн таблицалар түзүлгөн (§ 114 дөгү таблицаны карагыла). Эгерде абанын температурасы $t = 20^\circ$ жана абанын ичиндеги болгон буунун басымы, жогоруда көрсөтүлгөндөй, сымап мамысынын $f = 6$ *мм* ине барабар болсо, анда § 114 дөгү таблица 20° кезинде каныктыруучу буулардын басымы $F = 17{,}54$ экенин көрсөтөт, ошондо салыштырмалуу нымдуулук $\frac{6 \cdot 100}{17{,}54} = 34\%$ ке барабар болот. Жалпы алганда, эгерде абсолюттук нымдуулук f *мм*, абанын температурасы кезинде каныктыруучу буулардын басымы F *мм*, салыштырмалуу нымдуулук B болсо, анда:

$$B = \frac{f}{F} \cdot 100\%$$

болот.

F тин мааниси ар бир температура үчүн таблицалардан алынгандыктан, салыштырмалуу нымдуулукту аныктоо абсолюттук нымдуулук f ти табууга алып барат.

Суу буусунун басымын билип туруп, анын көлөм бирдигиндеги массасын да эсептеп чыгаруу оңой болот. 1 $м^3$ кургак абанын 0° жана нормалдуу 760 *мм* сым. мам. басымы кезиндеги массасы 1293 г болот. H *мм* басымы болгон кезде, анын массасы $\frac{1293 \cdot H}{760}$ болот (§ 68), ал эми t° температурасы жана H *мм* басымы кезинде, 1 $м^3$ абанын массасы $\frac{1293 \cdot H}{760(1+\beta t)}$ болот (§ 71). Суу буусунун тыгыздыгы абага салыштырганда 0,622 ге барабар. Ошондуктан F басымы жана t температурасы кезиндеги 1 $м^3$ суу буусунун массасы төмөнкү аркылуу көрсөтүлөт:

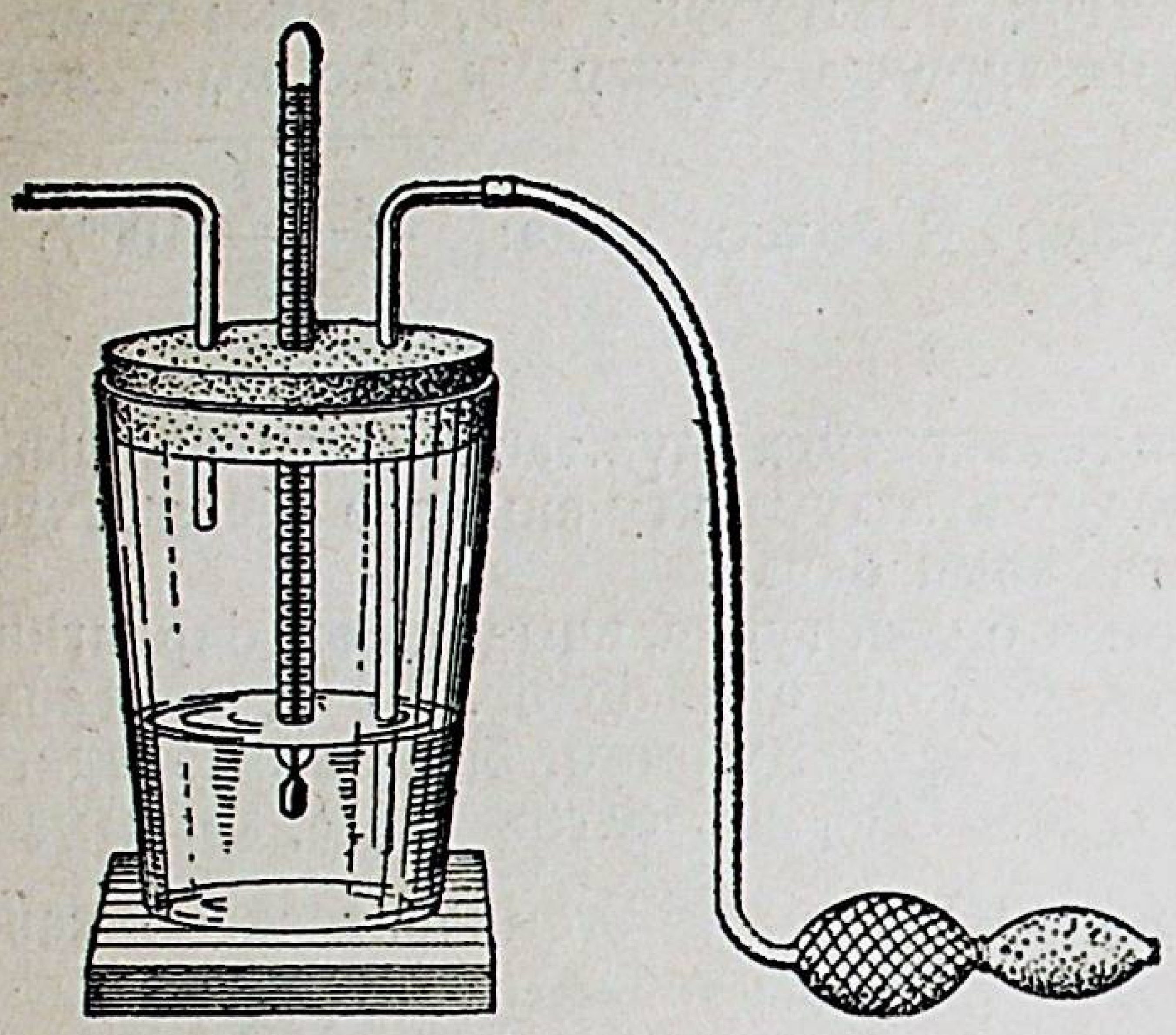
$$m = \frac{1293 \cdot 0{,}622}{760} \cdot \frac{F}{1+\beta t},$$

мында β ны $\frac{1}{273} = 0{,}00366$ га барабар деп алууга болот. Сандарды кайра түзгөндөн кийин $m = \frac{1{,}0582}{1+\beta t} \cdot F$ болот. $\frac{1{,}0582}{1+\beta t}$ бөлчөгү абанын кадимки температурасында дайыма бирге жакын.

1 $м^3$ абанын ичиндеги суу буусунун грамм деп көрсөтүлгөн массасы жана анын сымап мамысынын миллиметрлер менен көрсөтүлгөн басымы бири бирине жакындап дал келген сандар болот; муну төмөнкү таблицадан көрүүгө болот:

Температура t°	Басым p сым. мам. *мм* лери менен	1 $м^3$ абадагы суу буунун г менен болгон массасы
0	4,58	4,84
10	9,21	9,4
20	17,54	17,3
30	31,82	30,3

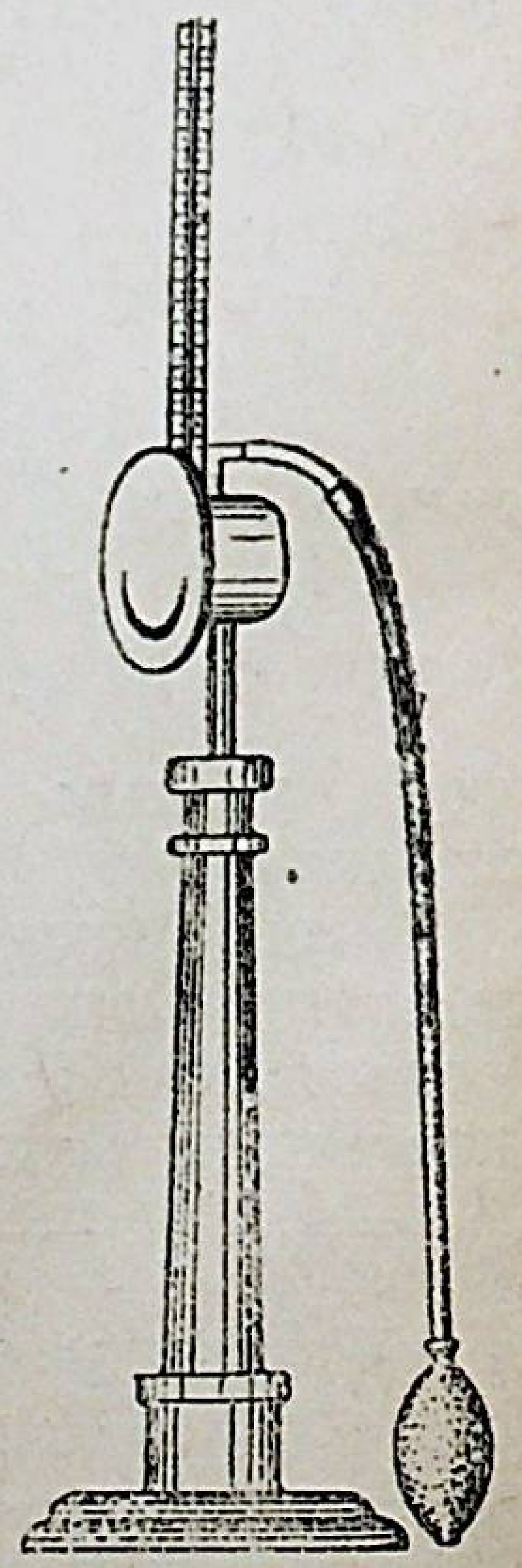
Абсолюттук нымдуулук 1 м³ абанын ичинде болгон суу буусунун граммдарынын саны менен көрсөтүлүүгө мүмкүн.



106-сүрөт. Эң жөнөкөй гигрометр.

123. Шүүдүрүм точкасы. Абсолюттук нымдуулукту аныктоо жолдорунун бири шүүдүрүм точкасын аныктоого негизделген. Шүүдүрүм точкасы деп — абанын ичинде болгон буулар каныктыруучу болуп калган кездеги температура айтылат. Каныктырбоочу бууларды, температураны ылдыйлатуу жолу менен каныктыруучуга өткөрүү мүмкүн экендиги § 117 айтылган эле. Суунуучу буюмдардын үстүндө шүүдүрүмдүн издеринин пайда болушу — каныгуунун белгиси болот; шүүдүрүмдүн пайда болгон кездеги температура шүүдүрүмдүн точкасы катарында белгиленет. Нымдуулукту аныктоо үчүн колдонула турган куралдар гигрометрлер деп аталат[1].

124. Гигрометр. Гигрометрдин ичинде температураны ылдыйлатуу үчүн ыкталган жана аны ченөө үчүн термометр болот. Температуранын ылдыйлашын эфирди ылдам буулантып учуруу жолу менен иштөөгө болот, мында эфир буулануу үчүн зарыл болгон жылуулукту идиштен жана айланадагы абадан алат. Ошондуктан ичине эфир куюлган жана термометр салынган ар кандай стакан эң жөнөкөй гигрометр болуп кызмат кыла алат (106-сүрөт). Эгерде эфирдин ичине түшүрүлгөн түтүк аркылуу абаны үйлөй турган болсок, эфирдин, идиштин жана айланадагы абанын температурасы ылдыйлап кетип, абадагы суу буулары ошол эле басым кезинде каныктыруучу болуп калып, стакандын үстүндө нымдын пайда болушу мүмкүн. Шүүдүрүм биринчи жолу пайда болгон кездеги температура шүүдүрүм точкасы болот. Андан кийин таблица боюнча шүүдүрүм точкасы кезинде абанын каныктыруучу суу бууларынын басымы болгон f изделип табылат; ошол эле басым абанын температурасы кезинде анын ичинде болгон буулардын басымы, б. а. абанын абсолюттук нымдуулугу болот.

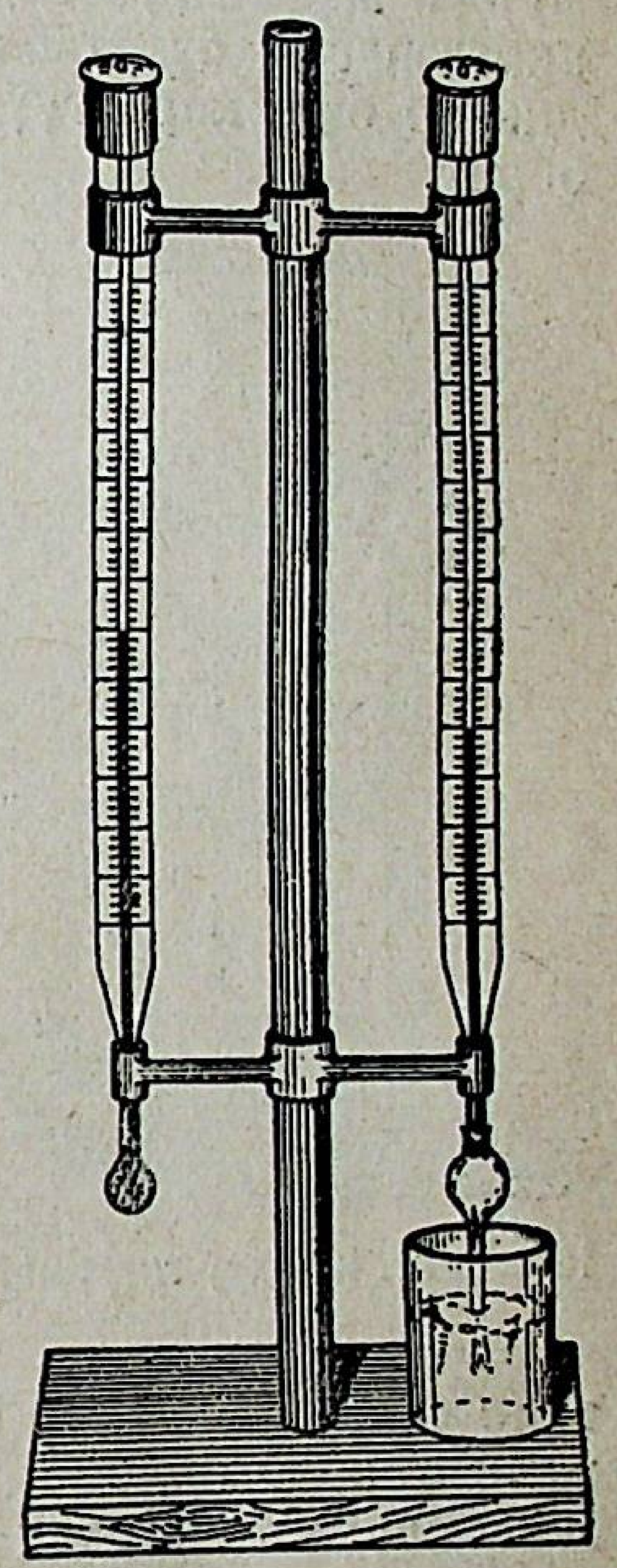


107-сүрөт. Ламбрехттин гигрометри.

¹ Гректин гигрос — нымдуу деген сөзүнөн алынган.

Лабораториялык гигрометрлер шүүдүрүм пайда болуунун учурун тагыраак белгилөөгө мүмкүндүк бериши аркасында жогоруда жазылган гигрометрден ажырайт. 107-сүрөттө Ламбрехттин лабораториялык гигрометринин тышкы көрүнүшү берилген.

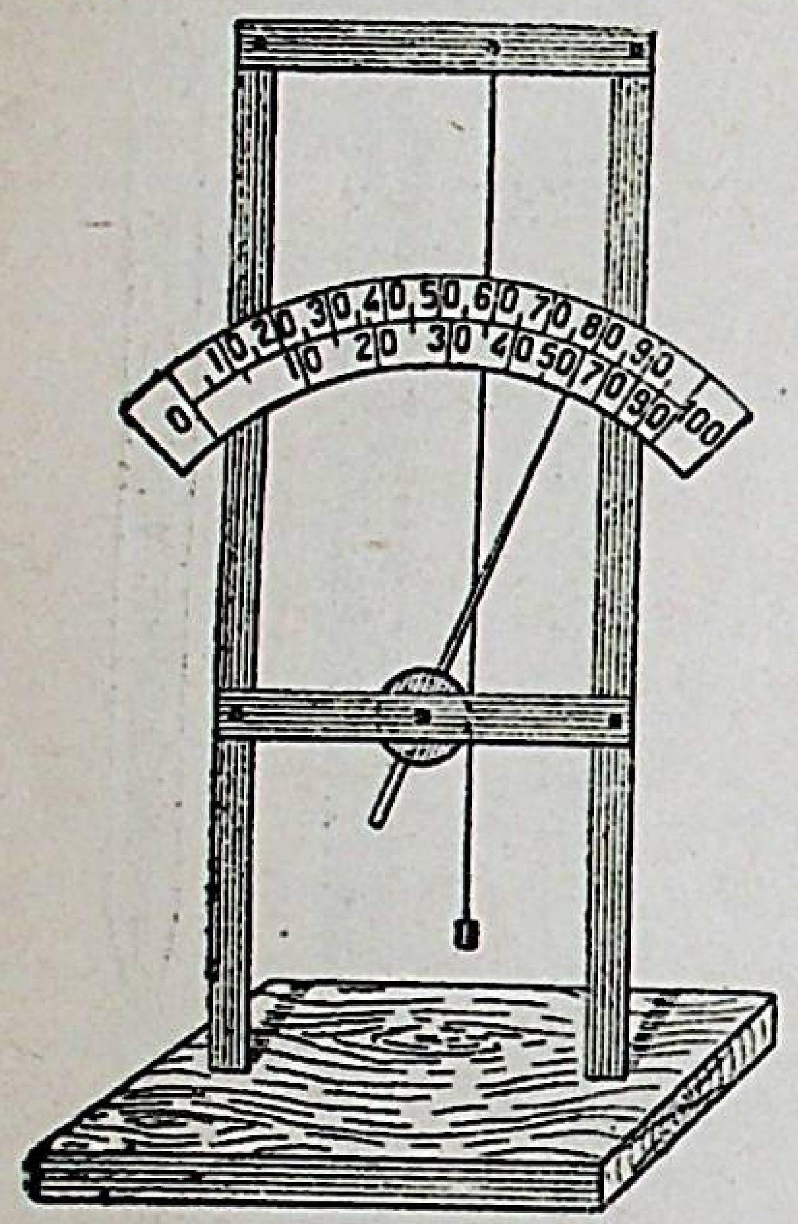
Кутунун ичине эфир куюлуп, ага термометр коюлат. Резинка грушанын жардамы менен эфир аркылуу аба үйлөнөт. Кутунун жакшылап жылмакайланган жана алтынга карматылган тегерегинде шүүдүрүм пайда болот. Анын пайда болушун тагыраак аныктоо үчүн кутунун тегерегине ошол эле металлдан жасалган рама бириктирилип, ал төмөн жакта коробкадан жылчык аркылуу бөлүнүп турат. Кутунун бооруна караганда рама жай муздагандыктан, эки бетти — тегеректин жана раманын — абалын салыштырганда, шүүдүрүм пайда болуу моментин тагыраак аныктоого мүмкүндүк берет.



108-сүрөт. Психрометр.

125. Психрометр. Гигрометрдин жогоруда жазылган түрү нымдуулукту ылдам аныктоо үчүн ыктуу эмес; ошондуктан метеорологиялык станцияларда салыштырмалуу нымдуулукту аныктоо үчүн психрометрлер деп аталган куралдар колдонулат. Августтын психрометри эки термометрден түзүлгөн (108-сүрөт), алардын бирөө байкоо кезинде кургак бойдон кала берет; экинчи термометрдин шариги таза батист менен бир кабат кылынып тыгыз оролуп, батисттин бир учу суу (дистиллирленген же жаан суусу) куюлган стаканга түшүп турат. Суу батисти бойлоп жогорулайт, андан суу буулануп уча баштайт жана бууланган кезде жылуулукту айланадагы абадан жана термометрдин шаригинен алат, ошондуктан нымдалган термометрдин көрсөтүүсү кургактыкынан ылдый болот. Бууланып учуунун ылдамдыгы абанын ичинде болгон буунун каныгуудан канчалык алыс болушуна карай болот:

салыштырмалуу нымдуулук канчалык аз болсо, буулануу ошончолук ылдам болот, жылуулук ошончолук көп жутулат жана термометрлер көрсөткөндүн айырмасы ошончолук чоң болот. Термометрдин бул айырмасы боюнча абсолюттук жана салыштырмалуу нымдуулукту эсептеп чыгарууга болот. Аныктоону ылдамдатуу үчүн мындай эсептеп чыгаруулар күн мурда жасалып, таблицага (китептин аягындагы 4-таблица) киргизилген; бул таблица кургак жана нымдуу термометрлердин ар бир көрсөтүүсү үчүн салыштырмалуу нымдуулукту берет.



109-сүрөт. Кылдуу гигрометр.

126. Кылдуу гигрометр. Мындан да өтө жөнөкөй болгон курал адамдын чачы, нымдуулук өзгөргөндө өзүнүн узундугун өзгөртө турган каситетке негизделген, атап айтканда адамдын чачы нымдуулук көбөйгөндө узарат, азайганда кыскарат. Майы жок кылынган жана тиешелүү түрдө иштелген адамдын чачы бир учу менен рамкага бириктирилет (109-сүрөт), экинчи учуна жеңил гирь тагылат. Чачтын узундугунун өзгөрүшү белгилүү болсун үчүн, чач блокко бир жолу оролгон болот, блокко узун стрелка бириктирилген болот. Гирдин салмагы аркасында чач блокту басып, узарткан кезде аны бир жакка, кыскарган кезде экинчи жакка карай айландырат. Блокко байланган стрелка жааны бойлоп жүрөт; жаанын үстүнө салыштырмалуу нымдуулуктун көрсөтүүлөрү проценттеп жазылган. *О* бөлүмү аба толук кургак болгон кезде жазылат; 100 бөлүмү каныккан кезде жазылат; *О* жана 100 дүн ортосундагы жаа барабар 100 бөлүктөргө бөлүнөт.

12-көнүгүү.

1. Эмне үчүн гигрометрде абаны эфир аркылуу үйлөшөт?
2. Эмне үчүн психрометрде суу батистти бойлоп жогору көтөрүлөт?
3. Ошол эле бир абсолюттук нымдуулук кезинде салыштырма нымдуулук кайсы убакытта көп болот; кышында, жайкы убакытта, түн ичиндеби же күндүз күнүбү?
4. Көз айнек салып жүргөн киши кышында эшиктен үйгө киргенде көз айнегин эмне үчүн аарчууга тийиш болот?
5. Эгерде абанын температурасы $t=20°$, шүүдүрүм точкасы $t_0=9°$ болсо, абсолюттук жана салыштырмалуу нымдуулукту тапкыла.

Жообу: 51%.

6. Эгерде абанын $t=18°$ ка, салыштырмалуу нымдуулук $B=60\%$ ке барабар болсо, шүүдүрүм точкасын аныктоо керек.

Жообу: 10,1°.

7. Абанын температурасы 20°, 24° же 16° болуп, салыштырма нымдуулук 50%, 60% же 80% болгондо, шүүдүрүм точкасын аныктагыла.
8. Эгерде $B=75\%$ болсо, абанын кайсы температурасы кезинде шүүдүрүм $t_0=7$ болот?

Жообу: 11,2°.

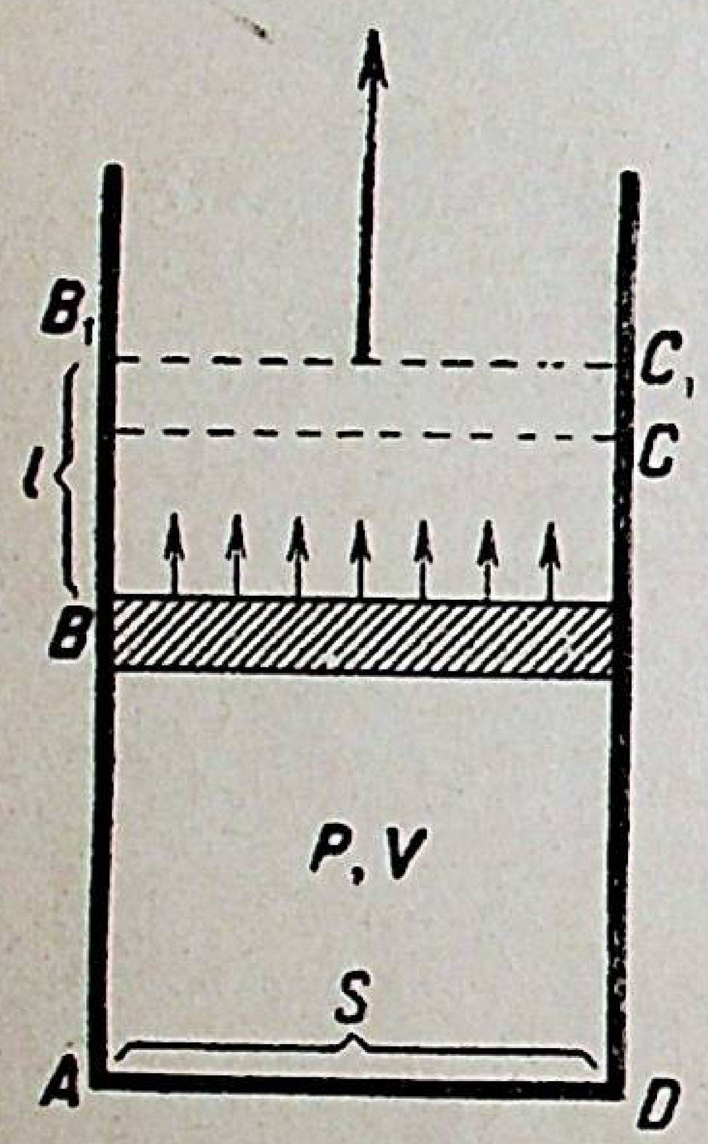
9. Күндүз абанын температурасы $t=22°$; $B=60\%$. Эгерде топурактын температурасы 10° ка барабар болуп калса, түндө шүүдүрүм түшөбү же жокпу?
10. Абанын температурасы 0°; салыштырма нымдуулук $B=70\%$. Эгерде түн ичинде температура —5° ка чейин ылдыйлап кетсе, кыроо түшөбү же жокпу?
11. Психрометрдин кургак термометринин көрсөткөнү: 10°, 12°, 18°, 24°, 30°. Нымдалганынын ошолорго жараша көрсөткөнү: 8°, 9°, 14°, 18°, 22°. Китептин аягындагы 4-таблица боюнча ар бир учур үчүн салыштырма нымдуулукту тапкыла.

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Абанын абсолюттук нымдуулугу деп эмнени айтабыз?
2. Абанын салыштырмалуу нымдуулугу деп эмнени айтабыз?
3. Шүүдүрүм точкасы деп эмнени айтабыз?
4. Шүүдүрүм точкасын кандай жол менен аныктоого болот?
5. Шүүдүрүм точкасын аныктоо үчүн кандай куралдар колдонулат?
6. Шүүдүрүм точкасын билип туруп салыштырмалуу нымдуулукту кантип аныктоого болот?
7. Психрометр деген эмне жана андан кандайча пайдаланышат?

V. ГАЗДЫН ЖАНА БУУНУН ЖУМУШУ.

127. Туруктуу басым кезиндеги газдын жумушу. Газдын касиеттери жөнүндөгү главада, газдын басымы кысылуудан же ысытуудан чоңоё тургандыгы түшүндүрүлгөн болучу. Газдын басымын ашыруу үчүн, кысууга жумуш же ысытууга жылуулук сарп кылуу керек болот. Ошондуктан атмосфералык басымдан өйдө басымга жеткирилген газда айланадагы атмосферага салыштырганда потенциалдык энергиянын запасы болот. Эгерде мындай газга кеңейүү мүмкүнчүлүгү берилсе, ал потенциалдык энергиянын бул ашыктыгынын эсебинен жумушту аткара алат.



110-сүрөт.

Газдын кеңейген кездеги жумушун эсептеп чыгаруунун милдети — бул жумушту анын астында газ орун алган басымынын жана көлөмүнүн өзгөрүшү аркылуу көрсөтүүдөн турат. Адегенде газдын кеңейиши т у р а к т у у б а с ы м кезинде болуп тургандагы кеңейүүнүн эң жөнөкөй учурундагы жумушту эсептеп чыгаралы.

Мындайча кеңейүү газ жеңил, аба өтпөс жана сүрүлүүсүз аракетке келүүчү поршень менен капталган цилиндр ичинде турган кезде болушу мүмкүн (110-сүрөт). Акырын жылыткан кезде газ кеңейип, анын басымы ар бир учурда атмосфералык басымга барабар болот, б. а. ал туруктуу болот. $ABCD$ цилиндринин ичиндеги газдын баштапкы көлөмүн V аркылуу жана басымын p аркылуу белгилейли.

Жылыткан кезде газ кеңейип, поршенди көтөрөт жана V_1 ге барабар болгон AB_1C_1D көлөмүн алат. Поршень $BB_1 = l$ аралыкка көтөрүлгөн кезде, F күчүн жолдун узундугуна көбөйткөндөгү көбөйтүндүгө барабар болгон жумуш аткарылат. Эгерде поршендин аянты S ке жана басымы p га барабар болсо, анда поршенге таасир кылуучу күч:

$$F = pS \text{ болот.}$$

Поршенди көтөрүү жумушу

$$A = pSl \text{ болот.}$$

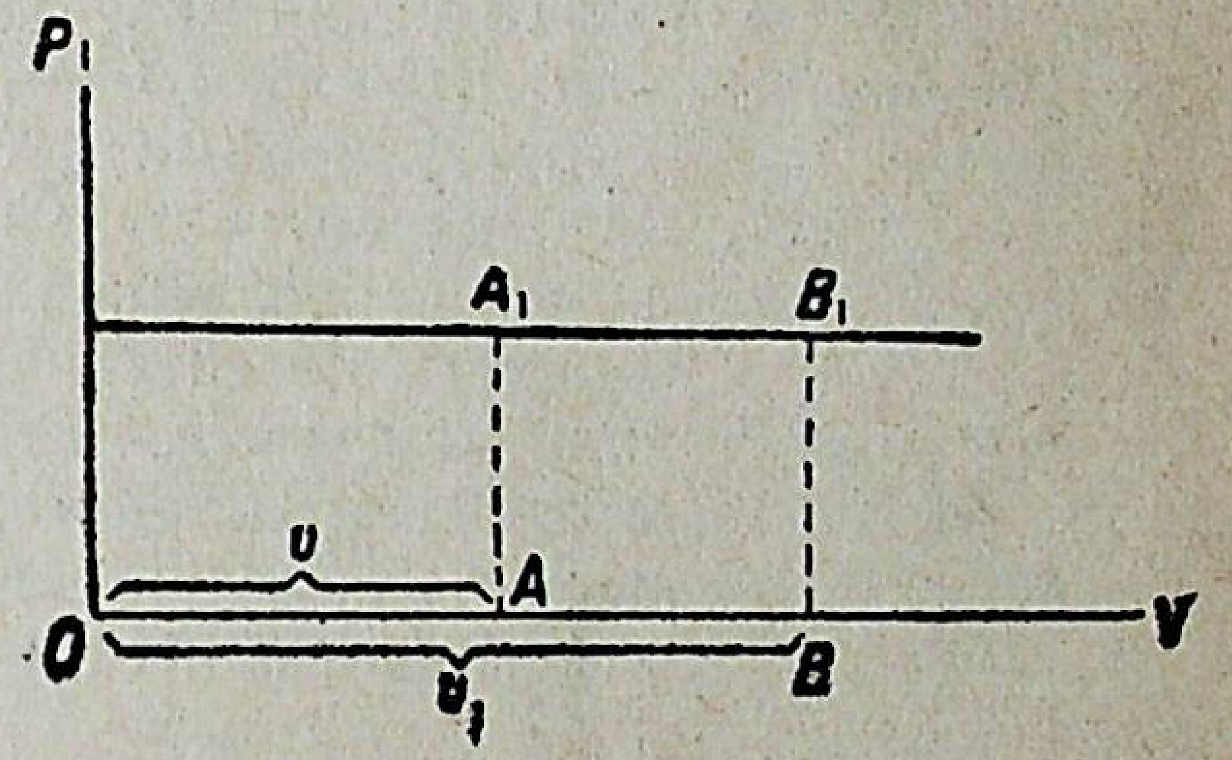
Газ кеңейгендеги көлөмдүн өсүшүн Sl көрсөтөт.

$$Sl = V_1 - V = \Delta V$$

Мындан: $A = p \cdot \Delta V$ болот.

Ошентип, *туруктуу басым кезинде газдын кеңейишинин жумушу басымды көлөмдүн өзгөрүшүнө көбөйткөндөгү көбөйтүндүсү менен ченелет.*

128. Газдын кеңейүүдөгү жумушунун графиги. Өзгөрүүчү көлөм менен туруктуу басымдын ортосундагы көз карандылыкты график түрүндө көрсөтүүгө жана аткарылган жумушту график боюнча эсептеп чыгарууга мүмкүн.



111-сүрөт.

Абсциссанын огун көлөмдүн огу деп алалы жана анын үстүнө бир топ кесиндилерди салалы, бул кесиндилердин ар бирөө көлөмдүн бирдигине туура келет. Ординаталардын огун басымдардын огу деп алалы. Бул учурда көлөмдүн ар бир маанисине басымдын ошол эле бир туруктуу мааниси туура келет. Абсциссанын түрдүү точкасынан тургузулган ординаталар өз ара барабар болушат (111-сүрөт). Ошондуктан тегиздиктин үстүндөгү газдын абалын көрсөтүүчү точкалардын бардыгы абсциссанын огуна параллель болгон бир түз сызыктын үстүндө жатышат.

Туруктуу басым кезинде газдын көлөмүнүн өзгөрүү процесси и з о б а р д ы к деп аталат; бул процессти көрсөтүүчү график и з о б а р а деп аталат.

График боюнча газдын кеңишинин жумушун кандайча эсептеп чыгарууга болот?

Абсциссанын AB кесиндиси $V_1 - V = \Delta V$ көлөмдүн өзгөрүшүн берет; ордината AA_1 басым p ны көрсөтөт. $p \cdot \Delta V$ көбөйтүндүсү, графикте AA_1B_1B аянтынын маанисин берет, ошону менен бир убакта $p \cdot \Delta V$ көбөйтүндүсү газдын жумушунун чени болот.

Мындан: *туруктуу басым кезиндеги газдын кеңишинин жумушу сан жагынан абсциссалардын огу изобара жана көлөмдөрдүн башталгыч жана акыркы маанилерине туура келген ординаталар менен чектелген аянтка барабар деген келип чыгат.*

6373. Физика курсу—12

128а. Өзгөрүлмөлүү басым кезиндеги газдын жумушу. Газдын абалынын өзгөрүшүнүн графиги боюнча жумушту башка процесстерде дагы, мисалы изотермикалык процессинде ченөөгө болобу? (112-сүрөт).

Жогорку тыянактан пайдалануу үчүн, AB ийри сызыгынын бир бөлүгүн $BCC_1DD_1EE_1A_1A$ сынык сызыктары менен алмаштыралы. Мындайча алмаштыруу — көлөм B дан C га чейин, C_1 ден D ге чейин, D_1 ден E ге чейин, андан ары E_1 ден A_1 га чейин өзгөргөн кезде, басым турактуу болуп кала берет, ал эми C, D, E, A_1 точкаларында болсо, — капысынан өсөт дегенди көрсөтөт. Чыныгы кеңейүүнү көңүлдөгү кеңейүү менен мындайча алмаштырган кезде, газды V_1 ден V_2 ге чейин кеңейтүүнүн жумушу сан жагынан $A_1E_1eV_1$, eED_1d, dDC_1e жана $cCBV_2$ тик бурчтуктарынын аянттарынын суммасы менен көрсөтүлөт. Сынык сызык, ийри сызыкка канчалык жакындап барса, бул сумма чыныгы кеңейтүүнүн жумушун ошончолук так көрсөтөт. Эгерде биз ed, dc ж. б. аралыктарды тепетең бөлсөк жана алардын ортосунан абсциссага перпендикуляр тургузсак, анда чиймеде көргөнүбүздөй жаңы бир катар тик бурчтуктар пайда кылабыз, булардын аянттарынын суммасы, ийри сызык, абсциссанын бөлүгү жана четки координаттар менен чектелген аянтка жакыныраак келет. Эгерде сынык сызыктын звенолорунун санын чексиз көбөйтсө, анда анын узундугу өзүнүн чеги болгон ийри сызыктын узундугуна умтулушу геометриядан белгилүү. Ошондуктан биз акыркы корутундуга келебиз: *газдын кеңейишинин жумушун сан жагынан абсциссалардын огу менен, газдын абалынын өзгөрүшүнүн графигинин ийри сызыгы менен жана газдын көлөмүнүн баштапкы жана акыркы маанилерине туура келген ординаталар менен чектелген аянтка барабар болот.*

112-сүрөт. Абалдын өзгөрүү графиги боюнча газ кеңейүүдөгү жумушту ченөө.

Бул корутундуга негиздеп цилиндрдин ичиндеги газдын жана буунун абалынын графиги боюнча жылуулук кыймылдаткычтардын жумушун эсептеп чыгарууга мүмкүндүк берет.

Жылуулук машиналарындагы графикти алууга көчүүдөн мурда, машиналардын өздөрүнүн түзүлүшүн эскерели.

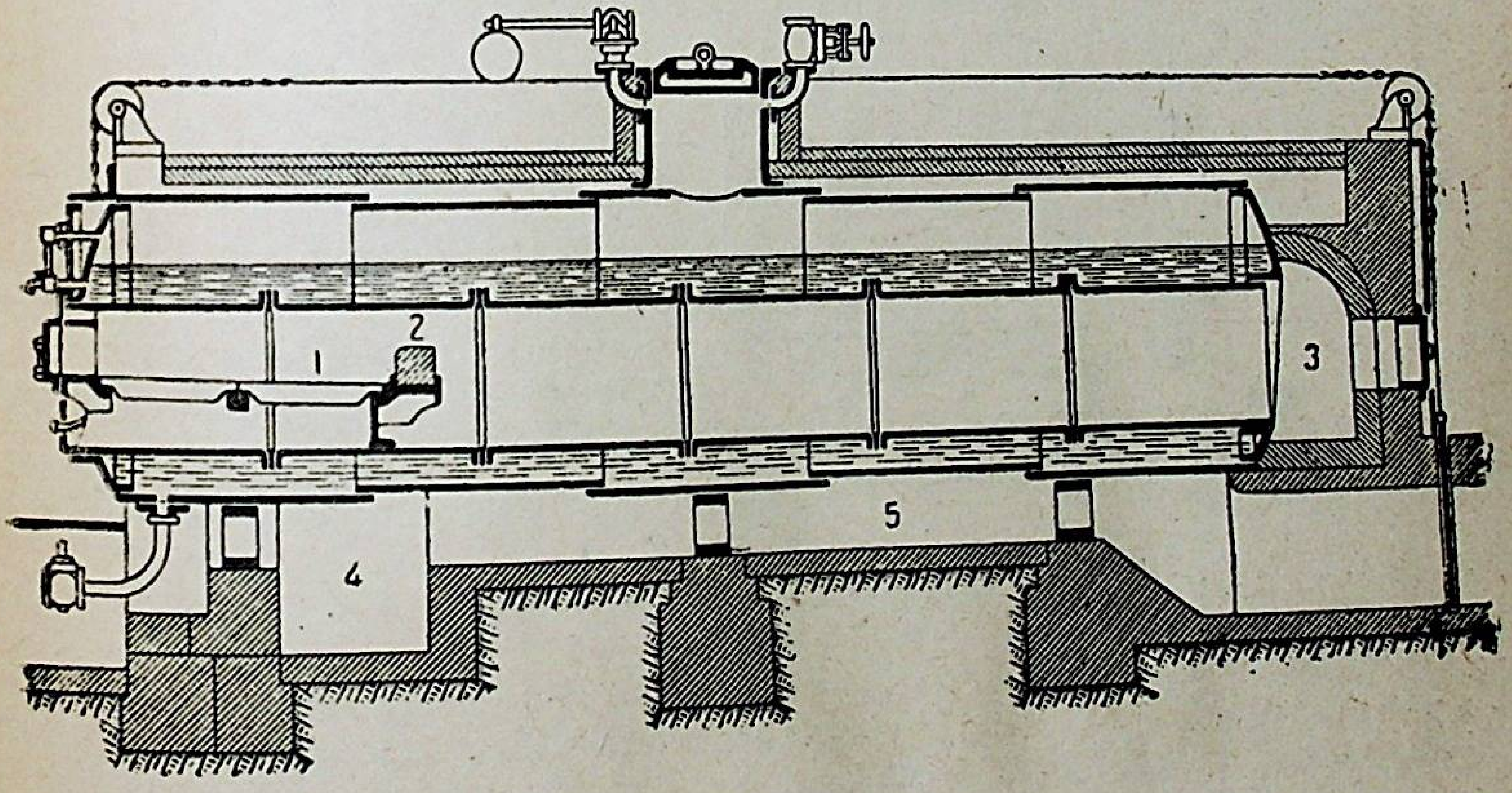
129. Буу кыймылдаткычтар. Отундун энергиясын суу буусунун энергиясына жана аны механикалык жумушка айландыруучу машиналар буу кыймылдаткычтары деп аталат.

Суудан пайда болгон каныктырылган буу атмосфералык басым кезинде суунун көлөмүнө караганда 1700 эсе чоң болгон көлөмдү алып турат.

Техникалык 1 атмосфералык басымы кезинде (1 $кГ/см^2$) суунун кайноо температурасы 99,1° ка барабар; техникалык 5 атмосфера кезинде 151° ка; 10 ат. кезинде 179° ка; 15 ат. кезинде 197° ка; 20 ат кезинде 211° ка ж. б. барабар.

Буу кыймылдаткычтары эки түрдө жасалат; бу машиналары жана буу турбиналары. Буу кыймылдаткычтары буунун жардамы менен иштегендиктен, ар бир буу кыймылдаткычынын жанында буу пайда кылуучу казан болууга тийиш (113-сүрөт) казандын коломтосу болуп, анда отундун химиялык энергиясы жылуулукка айланып турат.

130. Коломто. Коломтолордун түзүлүшү отундун түрүнө карай болот. Катуу отун үчүн коломто казандын астына орноштурулган казандын ордуна „обмуровка“ деп аталуучу кирпич очоктун ичине, же казандын ичиндеги ысытуу моросуна



113-сүрөт.

(113-сүрөт) жасалат. Отун коломтонун ичинде араларында ачыктары бар жарым чоюн брусоктордон түзүлгөн колосниктүү тордун (1) үстүнө салынат. Күйүү үчүн тордун жарыктары аркылуу, коломтонун сольник же үйлөткүч деп аталган аркылуу, коломтонун төмөнкү бөлүгүнөн аба айдалып киргизилет. Күйүүнүн продукттары түтүн морлору (3) аркылуу абага чыгып кетишет.

Отундагы энергиянын бардыгы эле буунун энергиясына айланбайт.

Коломтонун ичинде бул энергия бир кыйла коромжу болот, атап айтканда:

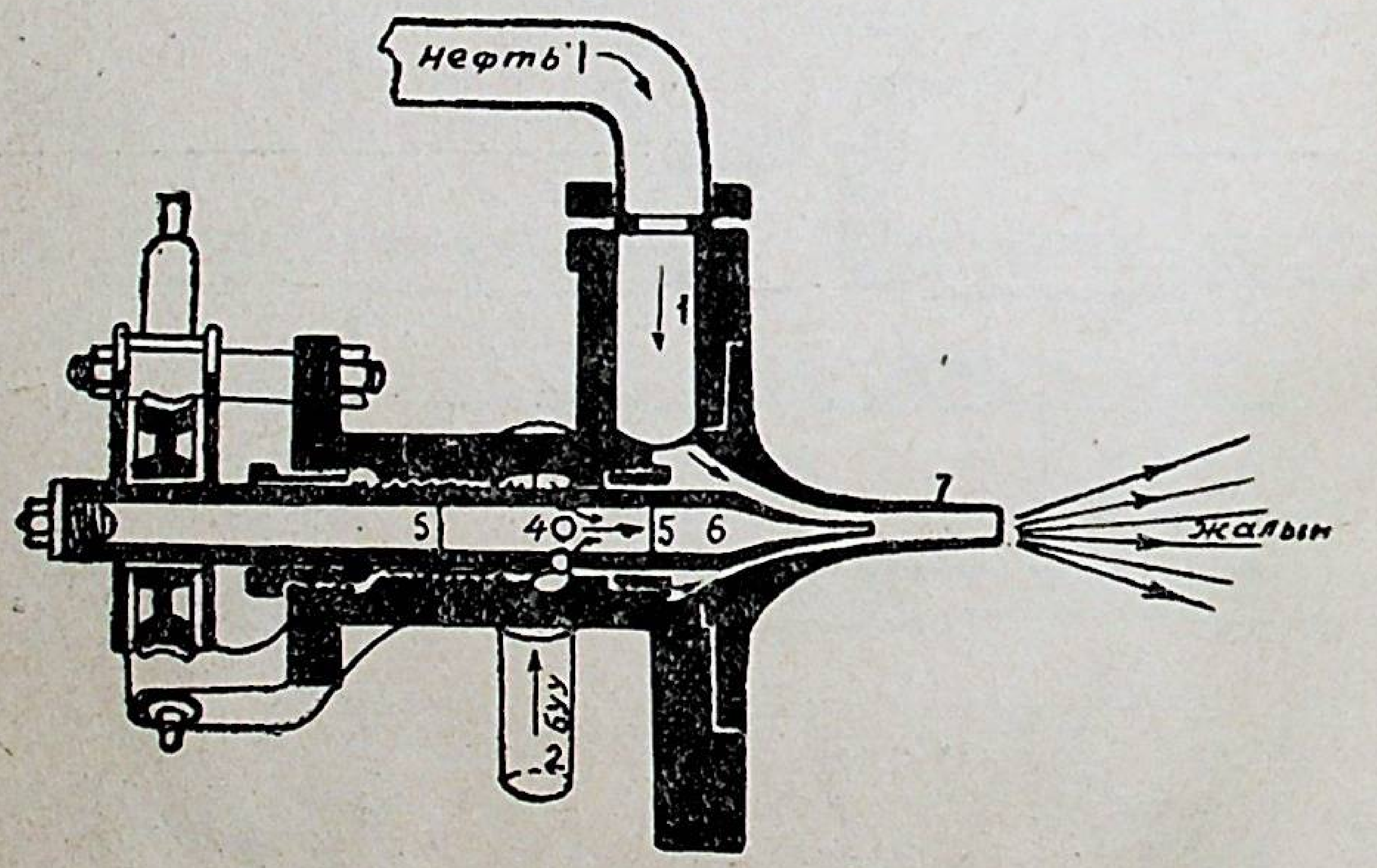
1) отун б ү т б о й д о н к ү й ү п бүтпөйт. Катуу отун болгон учурда анын бир бөлүгү ылдый зольникке түшүп кетет, ыш болуп чөгүп калат, отундун бир кыйла бөлүгү толук окистенбеген бирикмелер түрүндө мор аркылуу учуп кетет; мындай бирикмелер — углерод окиси СО жана углеводороддор; бул коромжу болуу 10% ке барып жете алат;

2) жылуулуктун бир кыйла бөлүгү казандын астынан 300—400° температурада чыгып кете турган күйүүнүн продуктары менен кошо а б а г а к е т е т; бул коромжунун өлчөмү 15% жетет; азыркы убакытта техника казанга келип турган сууну жылытуу үчүн бул жылуулуктан пайдаланууга аракет кылып жатат.

3) жылуулуктун бир бөлүгү ш о л а ч ы г а р у у аркылуу жоголот.

Жалпы коромжу болуу 30 процентке барып жетет.

Жагылуучу с у ю к отундардын ичинен буу казандарынын астына жагуу үчүн көбүнчө нефть жана мазут, б. а. нефтинин калдыктары колдонулат.



114-сүрөт. Форсунка.

Суюк отундарды жагуунун практикада чоң мааниси, аны чачыратып күйдүрүү, абалы болуп эсептелет.

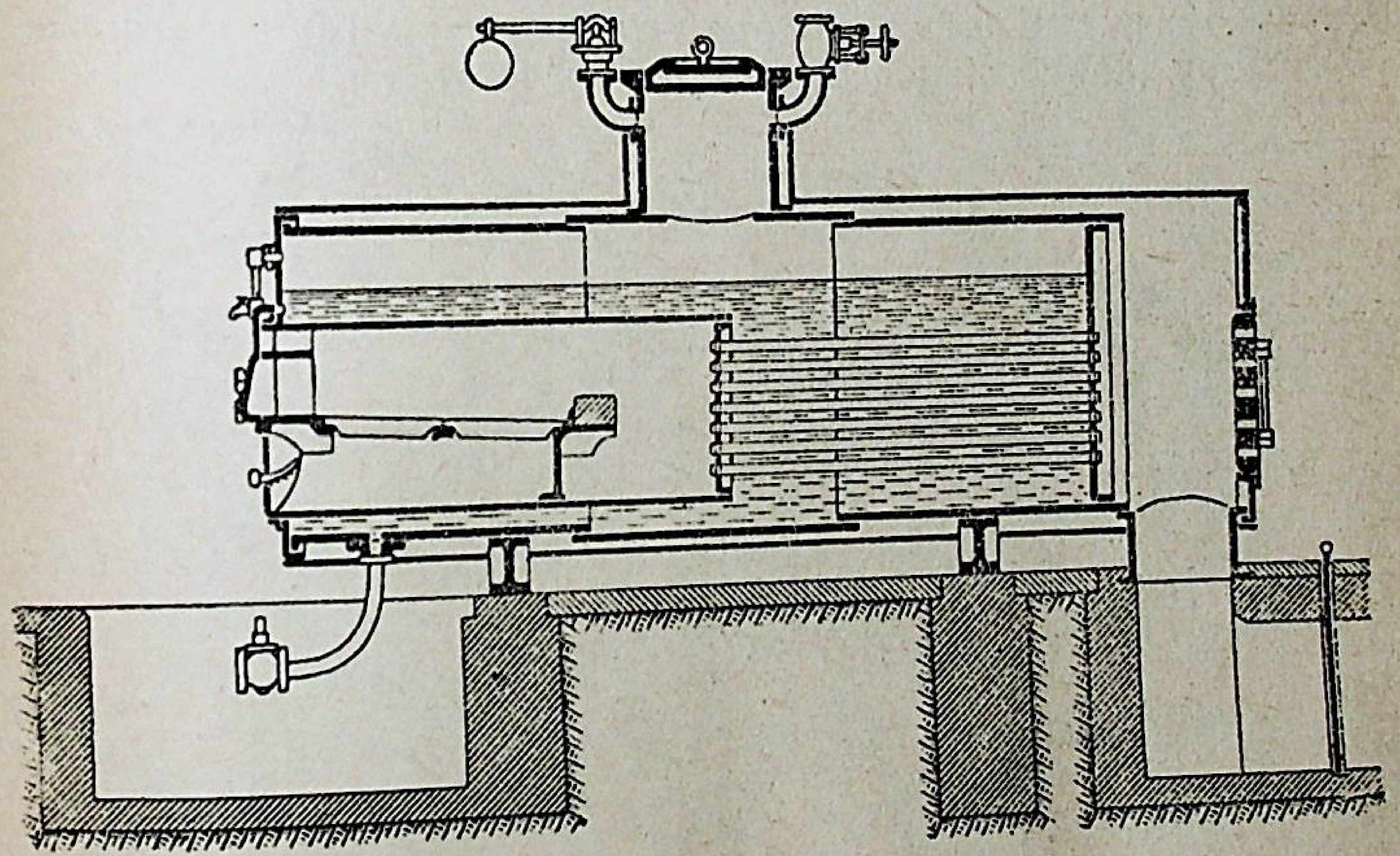
Суюк отунду чачыратуу казандан ф о р с у н к а (114-сүрөт) деп аталган куралдын ичине келтирилген буу аркылуу иштелет.

Суюк отун *1*-түтүк боюнча агып келип, конус *7*-нин ичине кирет, ошол конустун ичине *2*-түтүгү, *4*-тешиги жана буу түтүгү *5*-аркылуу басым астында буу айдалып келтирилет, бул буу *6*-сопло аркылуу *7*-соплого өтө ылдамдык менен агып чыгат, эки соплонун ортосунан өтүп бара жаткан суюктукту өзү менен кошо ала жөнөп, аны чачыратат. Сүрөттө көрсөтүлгөн винттер жана крандар суюк отундун жана буунун келишин тартипке салып туруу үчүн кызмат кылышат.

Форсункалардын жардамы менен чачыратыла турган суюк отундары бар коломтолор — механикалык коломтолордун эң жетилген түрү болот. Мында күйбөй калган отун да, ыш да, кыпын да жок даражасында болот.

Суюк отун куюлган резервуардын ичине салынган змеевик аркылуу өтүүчү буунун жардамы менен нефтти алдын ала жылыткан кезде коломтонун пайдалуу аракетинин коэфициенти 90 процентке чейин барып жетет.

Форсунканын оозунан чыга бергендеги жалындын формасы шыпыргы сыяктуу болуп, анын температурасы 1600° ка барып жетет.



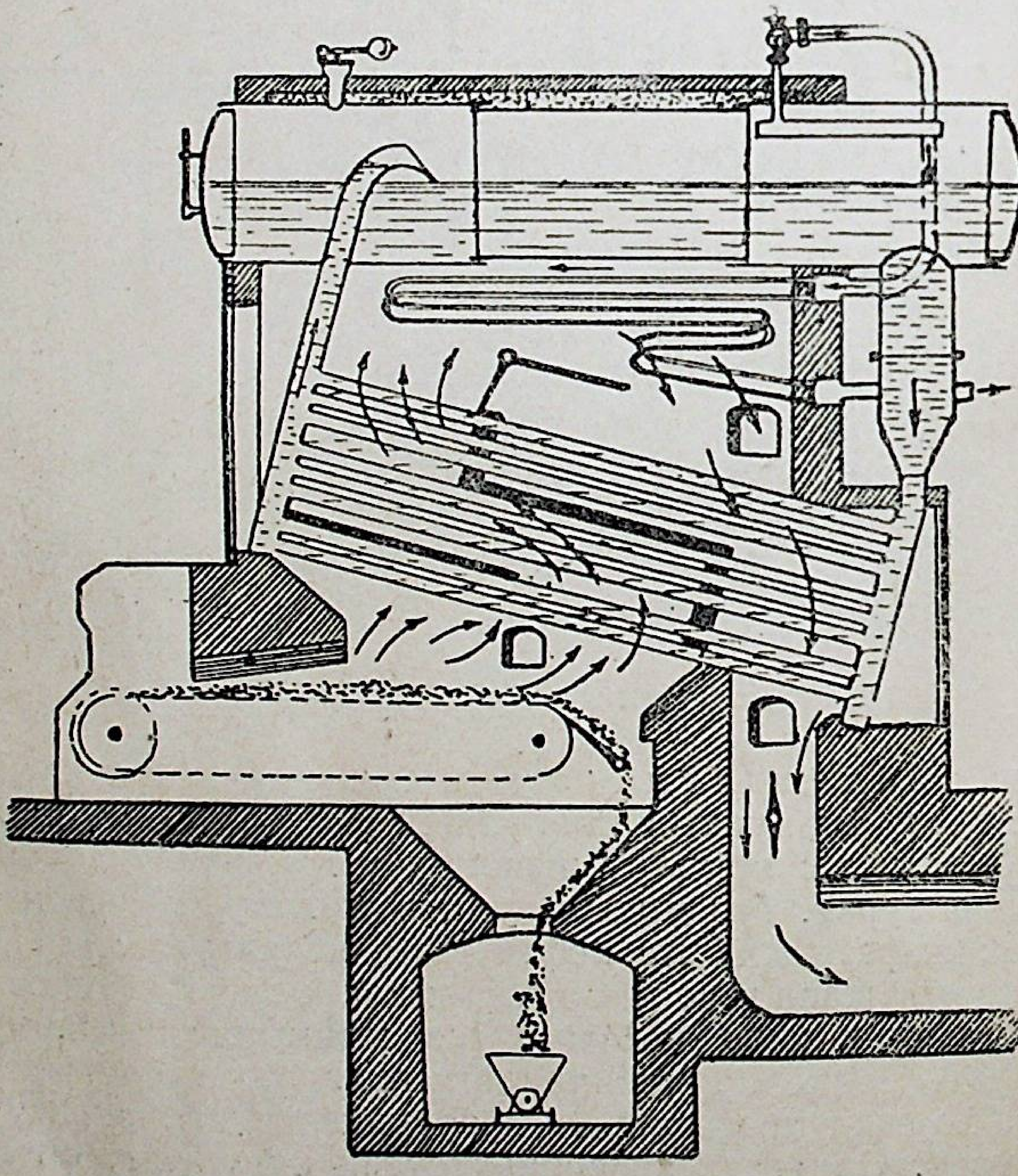
115-сүрөт. Түтүн-ыш түтүктөрү бар буу казаны.

Г а з а б а л ы н д а г ы о т у н д у жагуу үчүн г а з г о р е л к а с ы колдонулат: ал негизинен форсункага окшош болот, бирок бир түтүк аркылуу жагылуучу газ, экинчиси аркылуу жагылуучу жагынан мааба келип турат. Газдардын ичинен жагылуучу жагынан маанилүүсү: жаратылыш же нефть газы, металлургиялык печтердин газдары жана генератордук (жасалма газ) газ болот. Бирок булардын кийинкиси көбүнчө газ кыймылдаткычтары үчүн жумшалат. Топкалардын ичиндеги газ горелкаларынын пайдалуу аракетинин коэфициенти, форсункалардагы сыяктуу, жогору турат. Ошондуктан социалисттик курулушту өнүктүрүү үчүн көмүр райондорунда газдаштыруу проблемасы биринчи

орунга коюлат. Газдаштыруу дегенибиз — таш көмүрдү өз жеринен, кендердин ичинде, жер астында газга кайрадан иштетип, ушундай жол менен алынган газды газ жүрүүчү түтүктөр аркылуу керектөөчү жерлерге өткөрөт да, газды мына ушул жерде буу казандарынын же газ кыймылдаткычтарынын коломтолорунун ичинде күйдүрөт.

Кийинки убакытта, биздин өлкөбүздүн бир катар райондорунда (Саратов, Сталинград, Львов областтары) жер астындагы эң көп сандагы болгон табийгы күйүүчү газды (метан) табуу улам чоңойгон маанини алып жатат. Жолдош Сталиндин көрсөтүшү боюнча 1946-жылы курулган Саратов — Москва газопроводу, тартып келүүчү отундун эң көп санын үнөмдөп, борборду арзан табийгы газ менен камсыз кылып турат.

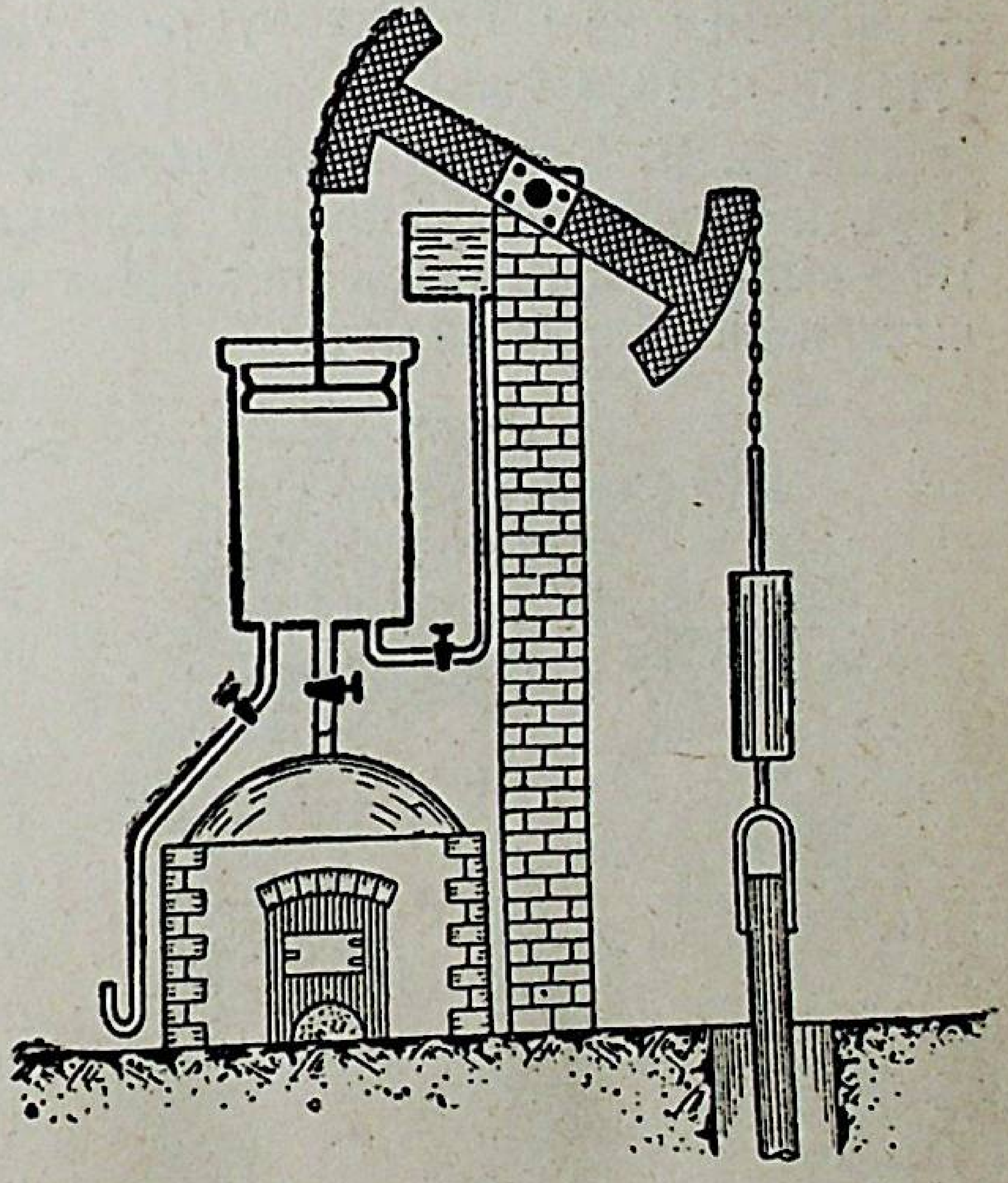
131. Казан. Жагылган отундун, коломтонун ичинде коромжу болгонунан калган энергиясы, казандын ичиндеги сууну ысытууга жетет. Казандын эң жөнөкөй түрү — жазы темирден жасалган жана очокко орноштурулган цилиндр болот (113-сүрөт). Казандын ичинен коломто жайлаштырылган кең ысытуучу мору (кээде алар эки же үч болот) өтөт.



116-сүрөт. Суу-түтүктүү буу казаны.

Казандарды жакшыртып өркүндөтүү жагы төмөнкү багыттарда жүргүзүлөт: 1) буу санынын бирдигин өндүрүүгө, отунду сарп кылуунукемитүү; 2) буунун басымын, демек — анын энергиясын жогорулатуу.

Мындайча жакшыртып өркүндөтүүнүн түрдүү багыттары т ү т ү н - ы ш түтүктөрү бар казандарда (115-сүрөт) жана с у у - т ү т ү к т ү ү казандарда (116-сүрөт) турмушка ашырылат. Түтүн-ыш казаны, ичинде жетишерлик ичке, бир нече жүз түтүн-ыш түтүктөрү орнотулган цилиндрден турат. Жагылуучу газдар бул түтүктөр менен казандын ичине өтөт. Суу-түтүктүү казан, араларына түтүктөр өтүп турган эки резервуардан турат. Резервуарлар жана түтүктөр суу менен толтурулат. Жагылуучу газдар биринчи иретте түтүктөрдү жана жогорку резервуарды ысытат, андан кийин астыңкы резервуарды ысытат.



117-сүрөт. Ньюкомендин буу машинасынын схемасы.

Казан курулушун өрчүтүүдө, орустун көрүнүктүү инженери В. Г. Ш у х о в д у н[1] иштери бөтөнчө ашык роль ойнойду. Ал казандын айрыкча бөлүктөрүн стандартизациялоо маселесин мыкты чечүү менен жана жөнөкөйлүгү менен ажыраган бөтөнчө суу-түтүктүү казандын конструкциясын жасаган. Шуховдун казаны, анын эле системасы болгон, буу ысыткыч менен жабдылган. Шуховдун казандары өнөр жайларында өтө кең колдонууну табышты, бир кыйла чет элдерде таралган буу казандары белгилүү ченде Шуховдун казанынын көчүрмөсү (копия) болот.

[1] Ш у х о в Владимир Георгиевич (1853—1939) — орустун көрүнүктүү инженери жана ойлоп чыгаруучусу, СССР Илимдер Академиясынын ардактуу мүчөсү.

Өтө көп сандагы зор маанилүү ойлоп чыгаруулар В. Г. Шуховко таандык.

В. Г. Шухов нефти иштеп чыгарууда жаңы доорду ачкан, нефтинин крекинг-процессин ойлоп чыгарган; бул процесстин жардамы менен жогорку сорттуу күйүүчү-бензин алышат, бул бензинсиз азыркы автомобиль жана авиация техникасын ойлоого да мүмкүн эмес.

Кийинки жылдарда проф. Л. К. Рамзиндин түз агуучу казанынын конструкциясы түзүлгөн. Рамзиндин казанынын артыкчылыгы, негизинен алганда, төмөнкүдө: мында кадимки казандын зарыл кошундусу — суу келе турган оор жана кымбатка түшүүчү барабан болбойт. Түз өтүүчү казанда суу аргасыздан, түтүктөр аркылуу түздөн-түз айдап өткөрүлөт, суу түтүктөрдүн ичинде буулануунун бардык стадиясын өтөт жана аягында барып жогорку басымдагы өтө ысытылган бууга айланат. Жогорку басымдагы бууга өтүү болсо, азыркы замандагы энергетиканын негизги милдети болуп саналат, анткени — ал отундун 10—15 процентин үнөмдөйт.

Азыркы замандагы казан установкаларында кочегар аянтчасы ар кандай ченөөчү куралдар (приборлор) менен жабдылат. Бул куралдар аркылуу бардык установканы бүт бойдон жана анын айрым бөлүктөрүнүн туура иштешин контролдоп турууга мүмкүн болот.

132. И. И. Ползуновдун жана Д. Уаттын буу машинасы. Суунун буусун колдонуучу машинанын биринчи моделин 1690-жылда Папин жасаган жана ал жөнүндө 1695-жылда чыккан китебинде жазган.

И. И. Ползунов (1730—1766).

Папиндин машинасында казан, поршендүү цилиндр жана сууткучу бири биринен ажыратылган эмес.

Ньюкомендин машинасында (1711-жыл) буу пайда боло турган казан цилиндрден бөлүнүп коюлган (117-сүрөт) жана буу цилиндрдин ичине кезеги менен бир ачылып, бир жабылып турган кран аркылуу киргизилген; буу поршенди көтөргөн жана ошонун аркасында суу насосунун стерженин ылдый түшүргөн. Бууну суутуу жана конденсациялоо үчүн поршендин астына жана цилиндрдин ичине муздак суу чачылып турган. Мунун натийжасында поршендин астында кичине басым пайда болгон. Атмосфералык аба цилиндрдин ичиндеги буунун басымынан артык болгон өз басымы аркасында поршенди ылдый

түшүргөн жапа ошону менен бирге насостун стерженин жана сууну жогору көтөргөн.

Папиндин модели менен салыштырганда Ньюкомендин машинасынын артыкчылыгы төмөнкү болгон: казан цилиндрден бөлүнгөн, бирок сууткучу цилиндр менен бирге болгон.

Машиналардын бул түрлөрүнүн экөөндө да жумуш кыймылы атмосферанын басымы аркылуу жүргүзүлгөндүктөн, аларды буу машиналар деп атабай, атмосфералык машиналар деп атоо туурараак болот.

Цилиндрдин ичиндеги бууну муздатуу аркасында цилиндрдин өзү да өтө муздап кеткендиктен, аны кайрадан жылытуу үчүн отун артык баш сарп кылынган. Папин жана Ньюкомендин машиналары өтө жетилбеген болгон; тынымсыз жумуш алууга жарабаган жана бар болгондогусу „от аракет этүүчү" насос гана болгон.

Универсалдуу буу кыймылдаткычтын идеясын биринчи эле орус теплотехниги Иван Иванович Ползунов (1730—1766) көрсөттү. Завод максаттарына ийкемделген, дүйнө боюнча биринчи болгон, тынымсыз аракеттүү буу — атмосфералык машинаны түзүүдөгү улуу эмгек сиңирүү да Ползуновго таандык. „Ойлоп чыгаруучу жана конструктор, технолог жана машина куруучу, рудаларды жана курулуш материалдарды билгич, тактай тилүүчү тегирмендер жана плотиналар куруучу, горняк жана металлург, механик жана математик, физик жана метереолог, эң көрүнүктүү педагог жана чертёж менен сүрөттүн устасы — бардык жактан талантту болгон өзү үйрөнчүк, Ползунов ушундай болгон"[1].

И. И. Ползунов өзүнүн машинасын чыгарып жаткан жылдарда Д. Уатт Ньюкомендин буу насосун жакшыртып өркүндөтүүнүн үстүндө иштеген

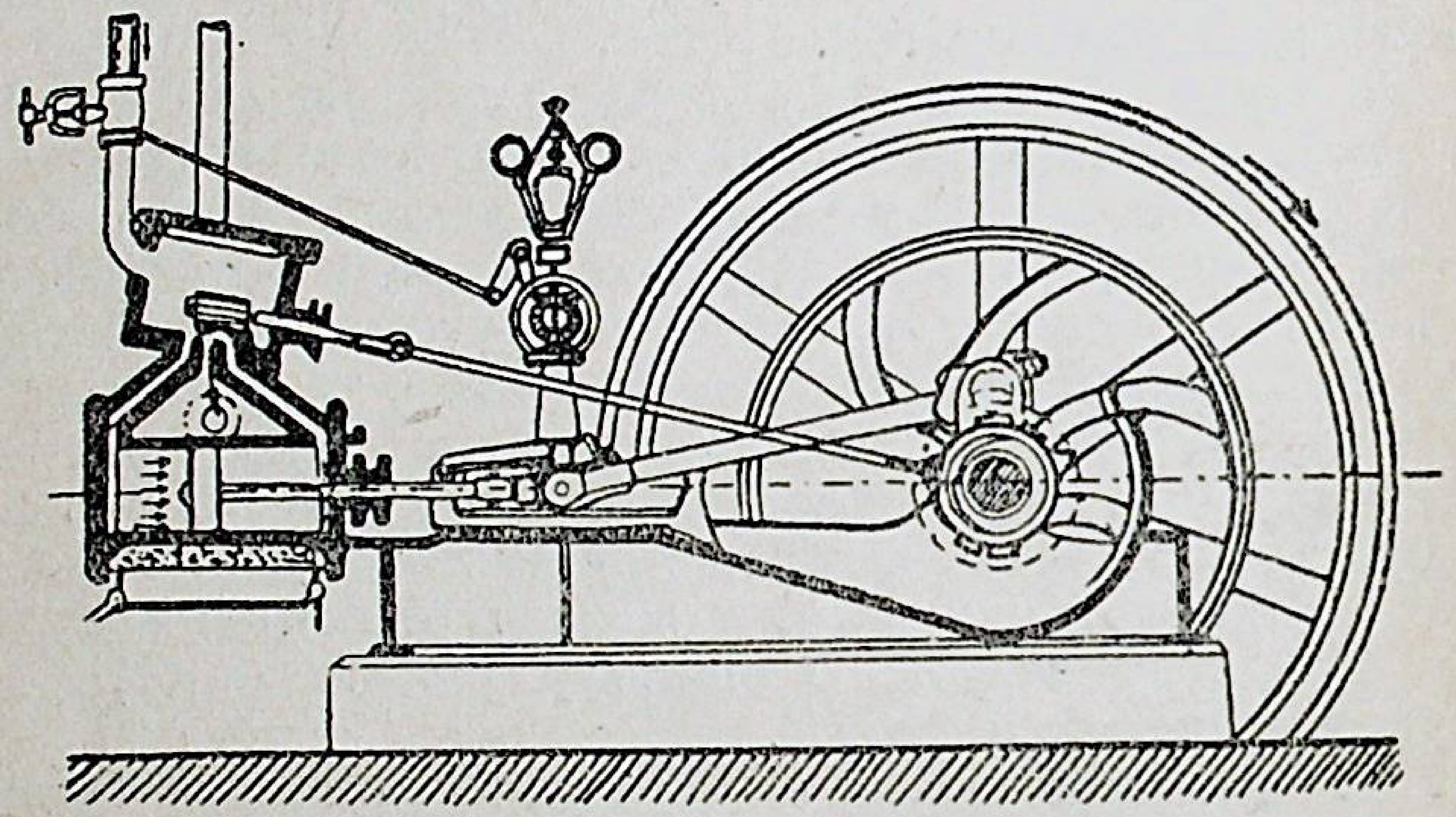
---

[1] В. В. Данилевскийдин, буу машинасын ойлоп чыгаруучу Ползунов 1947 деген китебинен И. И. Ползунов Барнаул тоо заводдорунда иштеген. Тоо заводдору ишинде буу машиналарын колдонуунун эбегейсиз чоң маанисинин бардыгын сезип, Ползунов „эркибиз боюнча түзөтүүгө керек болгонду жөндөмдөөчү от машинасын" чыгарууну алдына максат кылып койду жана 1763-ж. „от аракеттенүүчү" аба үйлөтүүчү машинасынын проектин сунуш кылды. Бул машинанын түзүлүшүн иштеп чыгарганда Ползунов биринчи жолу төмөнкүлөрдү колдонду: а) цилиндрлерди эки катар кылуу, мындан машинанын бир калыптуурак кыймылына жетишкен; б) автоматикалык буу бөлүү; в) чынжыр менен берүү. Ал техниканын тарихинде биринчи жолу буу машинасын металлургия заводдорун тейлөөгө ылайыктоону ойлоду.

Начальниктердин ага кылган тоскоолдуктарына карабастан Ползунов 1765-жылы өзүнүн машинасынын монтажын аяктады. Бирок оор шарттардагы жумуш менен өзүнүн саламаттыгын начардатып, өзүнүн машинасы жүрүүнө бир нече күн калганда Ползунов дүйнөдөн кетти. Анын өлүмүнөн кийин машина жүргүзүлүп, бир канча ай ийгиликтүү түрдө иштеди. Бирок билбестик кийлигишүү менен Ползуновдун машинасы тезден бузулат. Бирок буга карабастан Ползуновдун ойлоп чыгарышы буу машинасынын келиркиде өрчүшү үчүн чоң таасир көрсөттү. Барнаулга көп келүүчү чет эл адистер И. И. Ползуновдун машинасын көрүп жана анын аракети менен таанышышкан.

1764-жылы жакшырып өркүндөтүлгөн Д. Уаттын насосу курулган болучу. Бирок И. И. Ползуновдун иштеринен 21 жыл өткөндөн кийин гана Д. Уатт универсалдуу буу кыймылдаткычтын идеясына келди жана 1786-жылы заводдук максаттары үчүн өзүнүн буу машинасын курган. Бууну поршендин бир бул жагына, бир тигил жагына кезектеп киргизүүдө Уаттын машинасы колдонулган, бул болсо, поршендин бул жакка жана тигил жакка кыймылдашынын экөөн да буу эсебинен жүргүзүүгө мүмкүнчүлүк берген жана ошентип, „кош кыймылдуу“ буу машинасынын түрүн чыгарган (118-сүрөт).

Золотниктүү буу бөлгүч деп аталган бууну автомат жолу менен бөлүүнү Уатт киргизгенден кийин буу машинасын ойлоп чыгаруу, негизги белгилери жагынан аякталган.



118-сүрөт. Кош кыймылдуу буу машинанын схемасы.

Буу машиналарын жасоо жагынан кийинки убактарда пайдалуу аракеттин коэфициентин көтөрүү үчүн күрөш жүргүзүлүп келген. Азыркы убакыттагы стационардык буу машиналарынын пайдалуу аракетинин коэфициенти 12—15%, паровоздуку — 8% болот.

VII класста окулган буу машиналарынын курулушу жөнүндөгү маалуматтарга негизинен таянып, мындан ары бул курулуштун кайсы бир тетиктерин карап чыгалы.

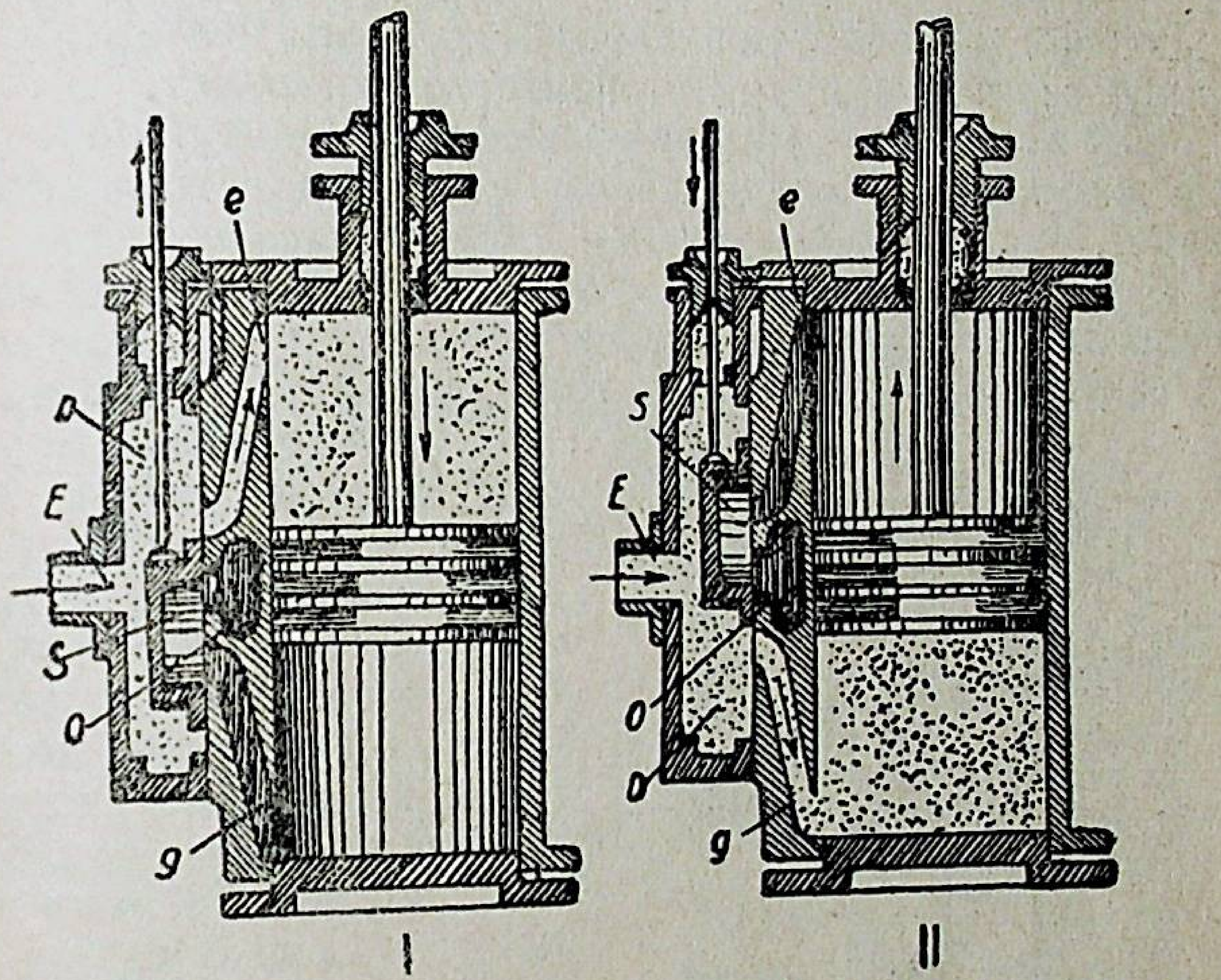
133. Золотник. Буу машинасынын азыркы замандагы түрү улам-улам кайта түзүү аркылуу жүз жылдар бою иштеп чыгарылган.

Ысыткандa буунун басымын жогорулатуу аркасында алынган буунун энергиясын буу машинасы толук пайдаланат.

Буу машинасынын цилиндри бир жолу казан менен, экинчи жолу сууткуч менен кезектешип туташкан кезде гана, буу машинасы иштей алат, мында сууткуч болуп атмосфера абасы да кызмат кыла алат.

Машинанын баштапкы түрүн жакшыртып өркүндөтүү иши цилиндрди казан менен жана сууткуч менен золотниктик кутусу деп аталганды киргизүү аркылуу автоматтык жол менен туташтыруу аркасында турмушка ашырылган.

Цилиндрдин каптал бетинде, цилиндрдин ичине эки четтен кирүүчү эки канал *e* жана *g* жасалат (119-сүрөт), каналдардын тышкы учтары *D* кутусу менен жабылган, бул кутунун ичиндеги эки канал кирет: кутуну казан менен туташтыруучу *E* жана кутуну сууткуч менен туташтыруучу *O*. Кутунун ичинде, поршень менен туташтырылган жана ал аркылуу кыймылга



119-сүрөт. Поршень жана золотниктик коробкасы бар буу цилиндри.

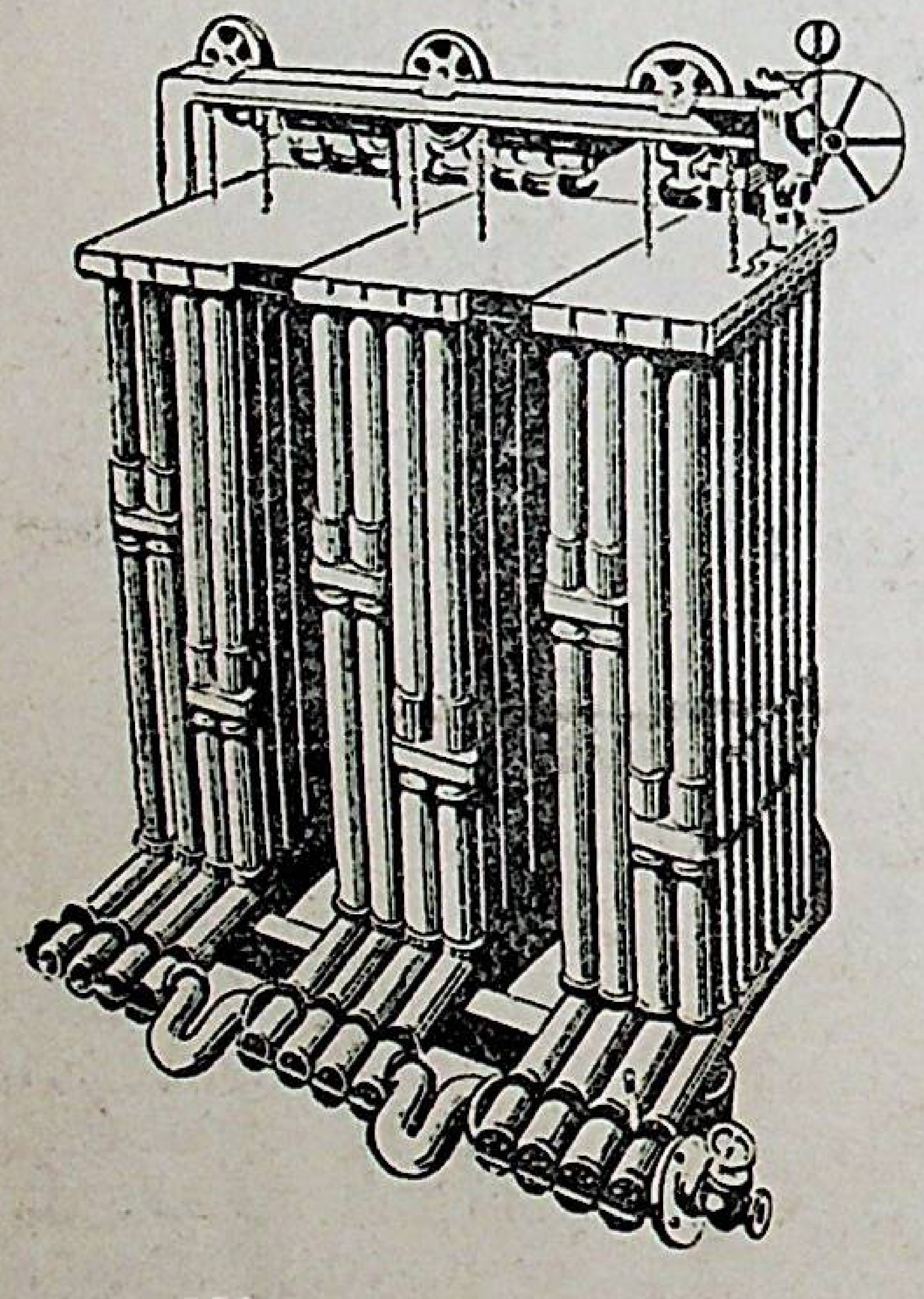
келип турган стерженднн үстүндө золотник деп аталган кичине гана *S* кутусу жүрөт. Золотник бир убакыттын ичинде эки гана тешикти жаап тура алат: цилиндрдин ичиндеги каналдардын бирөөн жана сууткучтун түтүгүн. 119-сүрөттөгү I абалда буу казандан *e* каналы аркылуу цилиндрдин жогорку бөлүгүнө кирет; цилиндрдин төмөнкү бөлүгү болсо, *g* каналы сууткуч менен туташып турат. Буу жана золотник аркылуу сууткуч менен туташып турат. Буу сууткучка тийишүүдөн, анын температурасы ылдыйлагандыктан поршендин ылдый жакы басымы жогоркуга караганда кем болуп калат да, поршень ылдый түшөт. Ылдый түшкөндө поршень өзгөчө механизмдин жардамы менен золотникти карама-каршы кыймылга келтирет. Поршень цилиндрдин түбүнө келип жеткенде, буу үчүн цилиндрге кирүү жолу *g* каналы аркылуу ачык болот (II абал), золотник болсо, *e* каналы цилиндрдин жогорку бөлүгүн сууткуч менен туташтырат. Эми

жогорудан болгон басым төмөнкүдө кем болот да, поршень өз кыймылынын аркасында золотникти ылдый түшүрүп, көтөрүлө баштайт. Поршендин жогорку абалындагы учурда золотник I абалды алат, мына ошентип, бул көрүнүш жогоруда жазылган тартипте кайталай берет: буунун басым күчү поршенди илгерилетүү түрдө бир жолу бир багытта, экинчи жолу карама-каршы багытта которо берет.

VII класстын курсунда белгилүү болгондой, шток, шатун жана кривошип аркылуу поршень кыймылсыз машиналарда маховой дөңгөлөктү же паровоздун дөңгөлөктөрүн айландырат.

Маховой дөңгөлөктүн айланышы кыймылга келтирүүчү тасма аркылуу жумуш кылуучу станокторго өткөрүлөт.

134. Уаттын буу машинасынын өркүндөтүлүшү. Жогоруда жазылган буу машинасы өзүнүн кыймылдаткыч милдетин аткарат, бирок коромжусу көп болуу аркасында анда пайдалуу аракеттин коэффициенти өтө аз. Пайдалуу аракеттин коэффициентин жогорулатуу үчүн анын түзүлүшүнө (негизги принцип сакталып) толуп жаткан толуктоолор киргизилген.



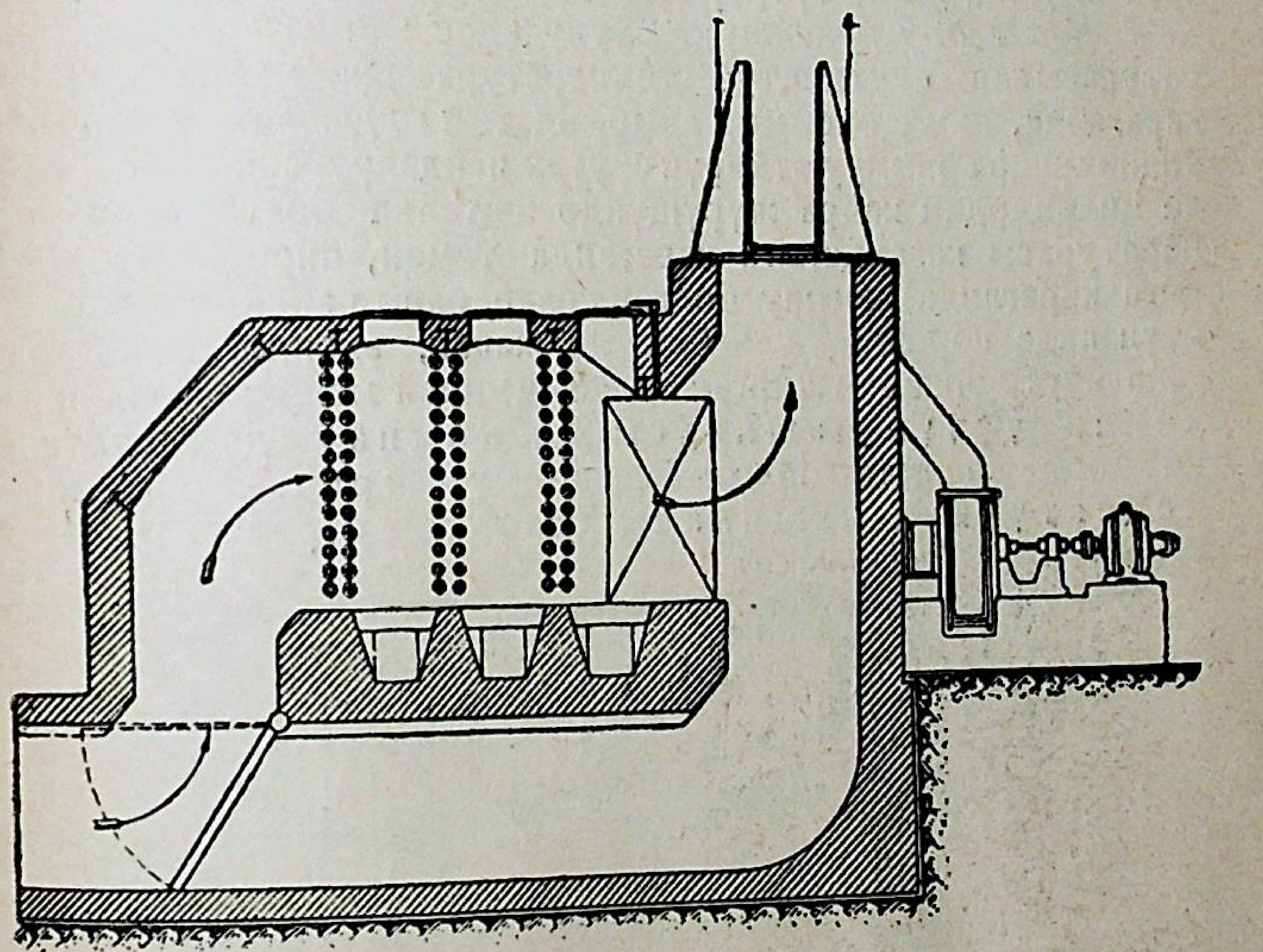
120-сүрөт. Экономайзер.

1. Экономайзер. Буу өндүрүшү эң көп болгон суу-түтүктүү казандын ичинде, мордон чыгып кетүүчү газдардын температурасы 250° ка жакын болот жана ошондуктан алар өздөрү менен кошо абага бир кыйла жылуулукту, эч кандай пайдасын тийгизбестен алып кетишет. Бул кийинки жылуулукту пайдалануу үчүн газдар шыр эле абага чыгарылбастан, ичинде чоюн же темир түтүктөрү бар камера аркылуу өткөрүлөт. Бул түтүктөр аркылуу казанга бара турган суу насостун күчү менен өткөрүлөт. Түтүктөр аркылуу өткөндө сууну коломтодон келген ысык газдар курчап алышып, суу 100° ка чейин ысытылат да, мына ушундай ысык боюнча казанга келип куюлат, ошондуктан казандын коломтосунда отун үнөмдүк менен сарпталынат. Камера түтүктөрү менен чогуу э к о н о м а й з е р деп аталат.

Экономайзердин түтүктөрү 120-сүрөттө, түтүктөрдүн газ менен капталышы 121-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Четке кетүүчү газдардын жылуулугун башка жолдор менен пайдаланып отунду үнөмдөөгө жетишүүгө болот, атап айтканда, алар суунун ордуна түтүктөрдүн ичиндеги абаны ысытышат, бул аба отундун күйүшүн күчөтүү үчүн коломтого айдалат; мына ушундан отундун күйүү температурасы жогорулап жана отундун жылуулугу жакшы пайдаланылат.

2. Өтө ысытылган буу. Буу пайда болгон кезде өзү менен кошо суунун тамчыларын ала кете турган жана температура болор-болбос төмөндөгөн кезде бир азынча суюктукка айланып кете турган каныккан буунун ичинде 20 процентке чейин (салмак боюнча) суу бар болот, бул суу өзүнө отундун сарпталышын талап кылып, эч кандай жумушту аткарбайт. Мындай коромжу болууну жоготуу үчүн каныккан буу ө т ө ы с ы т ы л г а н б у у менен алмаштырылат.



121-сүрөт. Экономайзердин түтүктөрүнүн газдар менен капталышы.

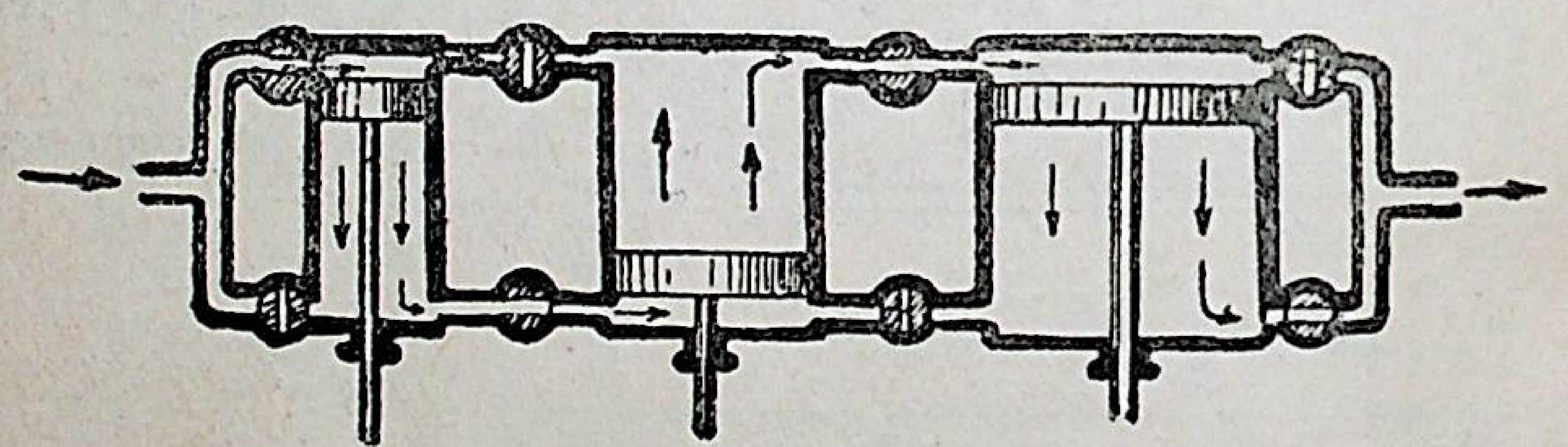
Өтө ысытылган буу каныккан бууну андан ары ысытуудан келип чыгат, мында буунун абалынын өзгөрүшү газдык абалдын теңдемеси боюнча болот. Өтө ысытылган буу суунган кезде адегенде эле суюктукка айланбайт, ал башка өзүн ысытуу үчүн сарп кылынган жылуулукту берет. Мындан башка да, ал каныккан буудан жеңил, ошондуктан цилиндрдин ошол эле бир көлөмүн толтуруу үчүн өтө ысытылган буу аз салмакта керек кылынат.

3. Буунун кеңейиши. Эгерде поршень четки абалына жете электен мурда золотниктик кутудан цилиндрдин ичине буунун келиши токтотулса, ошондо да буу өзүнүн кеңейиши эсебинен поршенди жылдыра берет. Мындан анын басымы улам

төмөндөйт жана поршендин жылуу ылдамдыгы кемий берет (бул убакытта маховик ылдамдыктын турактуулугун сактап, башта чогултклан энергияны берип турат). Поршень кайра жылган кезде, иштелип болгон „ушаланган буу“ сууткучтун ичине аз басым жана аз өлчөмдө өтөт, демек — сууткучка бериле турган жана машинанын жумушу үчүн пайдасыз болгон жылуулуктун өлчөмү кемий берет.

Уаттын 1782-жылда киргизген бул өркүндөтүүсү буу н у к е ң е й т ү ү деп аталат. Цилиндрдин жүрүшү аяктаганга чейин буунун жиберилип турушун токтотуу, б у у н у к ы р к у у деп аталат. Кыркуу үчүн золотник кырксусуз болгон башка учурларда каналдардын терезелерин жаап турууга тийиш болот, буга жараша анын түзүлүшү өзгөрөт.

4. Көп жолу кеңейтүү. Бууну адеп эле казандагы температурасынан сууткучтун температурасына чейин суутууга караганда, анын басымын акырындатып ылдыйлатып бир катар цилиндрлер аркылуу өткөрүп суутуу пайдалуураак болот. Эгерде цилиндрдин кайра жүрүшүндө иштелип болгон буу (температурасы казандагыга караганда төмөн, бирок сууткучтагыга караганда жогору болгон кезде) башта экинчи цилиндрге өтүп анда поршендин кыймылын жасап, экинчи цилиндрден гана сууткучка өтө турган болсо, мындай машина э к и и р е т к е ң е й т ү ү н ү н м а ш и н а с ы ж е к о м п а у н д[1] деп аталат, үч төрт цилиндр болгон кезде — ү ч и р е т, т ө р т и р е т к е ң е й т ү ү н ү н м а ш и н а с ы болот (122-сүрөт).



122-сүрөт. Үч ирет кеңейүү буу машинасынын схемасы.

Ар бир жолу кеңейген сайын буунун басымы азая баргандыктан, буу бардык цилиндрдин поршендерин бирдей күч менен жылдырсын үчүн, басым канча эсе кичине болсо, келерки цилиндрлердин поршендеринин аянттары ошончолук эсе чоң жасалат.

135. Буу машинасынын индикатордук диаграммасы. Буу машинасынын жумушчу заты — суунун буусу болот. Буунун белгилүү бир саны казандан цилиндрдин ичине жогорку басым астында кирет, өзүнүн атмосфералык басымдан артык болгон басымы менен поршенди кыймылга келтирет, цилиндрдин улам чоң көлөмүн толтурат, ошондуктан анын басымы төмөндөйт. Эгерде буунун абалынын мындайча өзгөрүшү үчүн белгилүү бир масштабдагы p басымынын V көлөмүнө көз карандылыгынын графигин чийүү мүмкүн боло турган болсо, анда график боюнча буунун кеңейген кездеги жумушун эсептеп чыгаруу мүмкүн болор эле.

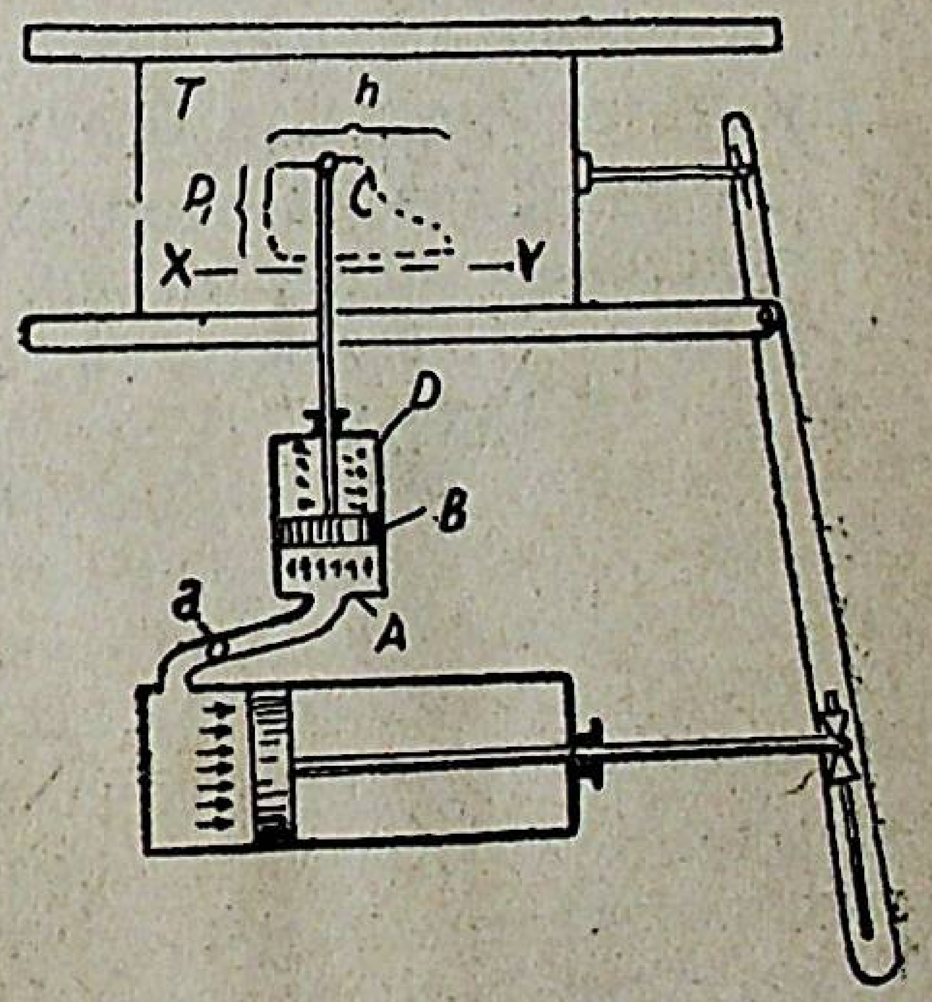
[1] Компаунд — паровоздордун кең таралышы, орус инженерлеринин, эң мурда А. П. Б о р о д и н д и н эмгектери натийжасында болду.

Поршендин кайра жүрүшүнүн алдында бул иштелип болгон буу сууткуч менен туташат, анын басымы ылдыйлайт (төмөндөйт) жана мындай ылдыйлаган басым кезинде анын үстүндө кысуу жумушу жасалат. Басым менен көлөмдүн көз карандылыгынын графиги поршендин кайра жүрүшү кезинде бууну кысуунун жумушун эсептеп чыгарууга мүмкүндүк берер эле.

Мезгил (б. а. поршендин түз жана кайра багыттагы кыймылы) аяктаган кезде, цилиндрдин ошол эле көңдөйү к а й р а д а н буу казанына катнашат жана буунун көлөмү менен басымынын баштапкы мааниси калыбына келет.

Нерсенин акыркы абалы мезгил-мезгили менен баштапкы абалына дал келип турган процесс т е г е р е к, ж е ц и к л д и к процесс деп аталат.

Циклдик процесстер үчүн басым менен көлөмдүн көз карандылыгынын графиги туюк ийри сызык түрүндө көрсөтүлөт. Бул туюк ийри сызык менен чектелген аянт *сан жагынан* алганда, буу кеңейгенде аткарган жумуш менен кыскан кезде буу үстүндө аткарылган жумуштун айырмасына, б. а. аягында барып — *буунун бир мезгилдеги жумушуна барабар* болот.



123-сүрөт. Уаттын индикаторунун түзүлүшү жана аракет кылуу схемасы.

Алдыга коюлган бул максатты турмушка ашыруу үчүн Уатт бир курал түзгөн, бул курал бир цикл убактысындагы басым менен көлөмдүн көз карандылыгынын графигин автомат түрдө чийген.

Бул курал и н д и к а т о р деп, ал чийип берүүчү туюк ийри сызык и н д и к а т о р д у к д и а г р а м м а деп аталат.

Индикатор дегенибиз B поршени бар кичине A цилиндри түрүндө болот (123-сүрөт). A цилиндринин поршень алдындагы бөлүгү a түтүк аркылуу буу цилиндринин бир жагы менен туташат. Түтүктүн ичинде экилиндрдин көңдөйлөрүн туташтыруучу же бөлүп туруучу кран жайлашкан. Индикатордук цилиндрдин поршени өзүнүн D пружинасына келип жогору карай кыймылынын аркасында чыгып турган стерженинин такалат. Бул поршендин тышка

үчүнө, кыймылга келип туруучу пластинканын (планшетка) үстүнө сызыктарды чийип туруучу C карандашы тиркелген.

Рычагдардын жардамы менен планшетка буу цилиндринин штокунан кайталама — түз сызык кыймылына келип турат.

Буу цилиндринин ичине буу жиберилген кезде, ал a түтүгүнүн ичиндеги ачык кран аркылуу индикатордук цилиндрдин ичине өтөт жана пружинаны кысып, поршенди көтөрөт. Буунун басымынын ар бир маанисине пружинанын кысымынын өз даражасы туура келет, ошондуктан карандаш белгилүү түрдө жылат, анын учу кыймылга келип турган планшетканын үстүндө өз жолун чиет. Машинанын жумуш мезгилинин ичинде чиймеде туюк ийри сызык келип чыгат. Эгерде краны жабылса, карандаш атмосфералык басымга туура келген түз сызыкты сызат.

Буунун бир цикл ичиндеги жумушун аныктоо үчүн бул диаграммадан кандайча пайдаланууга болот?

Биринчиден, пружинанын ар бир *мм* ге болгон кысымы кандай басымга туура келгендиги жана ошондуктан карандаштын 1 *мм* ге жылышы белгилүү болгондой кылып, индикатордун пружинасы так калибрленген болууга тийиш. Ошондо миллиметрде ординаталардын узундугу боюнча басымды $\frac{кГ}{см^2}$ да билүүгө болот.

Экинчиден, диаграмманын ар бир абсциссасы кандай чыныгы көлөмдө туура келишин эсептеп чыгаруу үчүн рычагдардын өткөрүлүшүн билүү керек.

Абсциссалар жана ординаталар чийилген масштаб орноштурулгандан кийин, миллиметрдик кагаз же болбосо ченөөчү куралдын — планиметрдин — жардамы менен туюк ийри сызык чектеп турган аянтты ченөөгө мүмкүн.

Индикатордук диаграмма чектеп турган аянттын сан жагынан алгандагы мааниси буу машинасынын ичиндеги буунун бир мезгил ичиндеги жумушунун бирдиктеринин санын берет (тандап алынган масштабга жараша).

Диаграмманы текшерип караганда, абсциссалардын огуна параллель болгон жогорку сызык цилиндр казан менен катнашкан кездеги жумуштун бөлүгүнө туура келгенин көрүүгө болот—мында буунун басымы турактуу болот. Анан барып буунун к ы р к ы л ы ш ы болот, казандан буунун келиши токтолот да, кеңейген кезде буунун басымы ылдыйлайт. Ийри сызыктын тик бутагы цилиндрдин сууткучка катташкан учуруна жана басымдын сууткучтун температурасы менен шарталган чоңдукка чейин басаюуга туура келет. Төмөнкү горизонталь бутак басым жана сууткучтун температурасы кезинде газдын кысылышын көрсөтөт. Солдогу тик бутак поршендин эң четки абалы кезинде цилиндрдин казанга катташкандагы басымдын жогорулашын көрсөтөт.

Азыркы убакта өтө өркүндөтүлгөн башка системалардагы индикаторлор жасалып жатат.

136. Буу машинасынын пайдалуу аракетинин коэфициенти. Буу машинасы буу менен кошо казандан алган Q жылуулугунун өлчөмүнөн, иштеп болгон ушаланган буу *өзү менен* кошо *жылуулукту алып өтө турган* сууткучка Q_1 ни берүүгө тийиш.

Жылуулук кыймылдаткычынын жумушунун негизги шарты, ысыткычтан бир кыйла жылуулукту алуу гана эмес, бул жылуулуктун бир бөлүгүн сууткучка берүүгө аргасыз экендигин эсте тутуу керек.

$$\eta_m = \frac{Q - Q_1}{Q} \qquad \text{(XVII)}$$

катышы буу машинасынын ж ы л у у л у к п а й д а л у у а р а к е т и н и н к о э ф и ц и е н т и деп аталат.

Сүрүлүүсүз жана жылуулукту өткөрүү жана шоола чыгаруу аркылуу жылуулукту коромжулатпай жумушчу аралашмасы идеалдык газ (§ 72) болгондой болуп иштеген идеалдык машина үчүн теориялык эсептеп чыгаруу пайдалуу аракеттин эң жогорку коэфициентин төмөнкүчө көрсөтөр эле:

$$\eta_m = \frac{T - T_1}{T} \qquad \text{(XVIII)}$$

мында T — очоктун абсолюттук температурасы; T_1 — муздаткычтын абсолюттук температурасы.

Температуралардын айырмасы канчалык чоң болсо, жумушка ошончолук көп жылуулук айландырылууга мүмкүн.

Эгерде ысыткычтын ичиндеги идеалдык газдын температурасы 150° C (T=423°), ал эми сууткучтун температурасы T_1=273° болсо, анда идеалдык машина үчүн $\eta = 35\%$ болот. Сууткучтун температурасын T=333° ка чейин жогорулаткан кезде, $\eta = 21\%$ болот.

Техникалык машиналардын баарысы пайдалуу аракет коэфициентин XVIII формула боюнча эсептеп чыгарганга караганда кем беришет.

Азыркы машиналардагы казандын температурасын жогорулатууга умтулушат; кайноо температурасы басымды жогорулатуудан өскөндүктөн, казанды жасоонун азыркы проблемасы 100 атмосферадан артык басымга чыдай турган казандарды жасоо болот.

Поршень алган жумуштун бардыгы эле валдагы пайдалуу жумушка өтпөйт, анын бир бөлүгү поршендин, штоктун, ползундун, кривошиптин, подшипниктердеги валдын ж. б. сүрүлүүлөрүн жеңүүгө кетет. Бул коромжулардын чоңдугу кый-

мылга келүүчү бөлүктөрдүн иштелгенинин сапатына жана алардын кыймылга келүүчү бөлүктөрүнүн чебердик менен жыйналганына карай болот. Кыймылдаткыч берген энергиянын өлчөмүнүн ага киргизген энергиянын өлчөмүнө болгон катышы машинанын пайдалуу аракетинин экономикалык коэфициенти деп аталат.

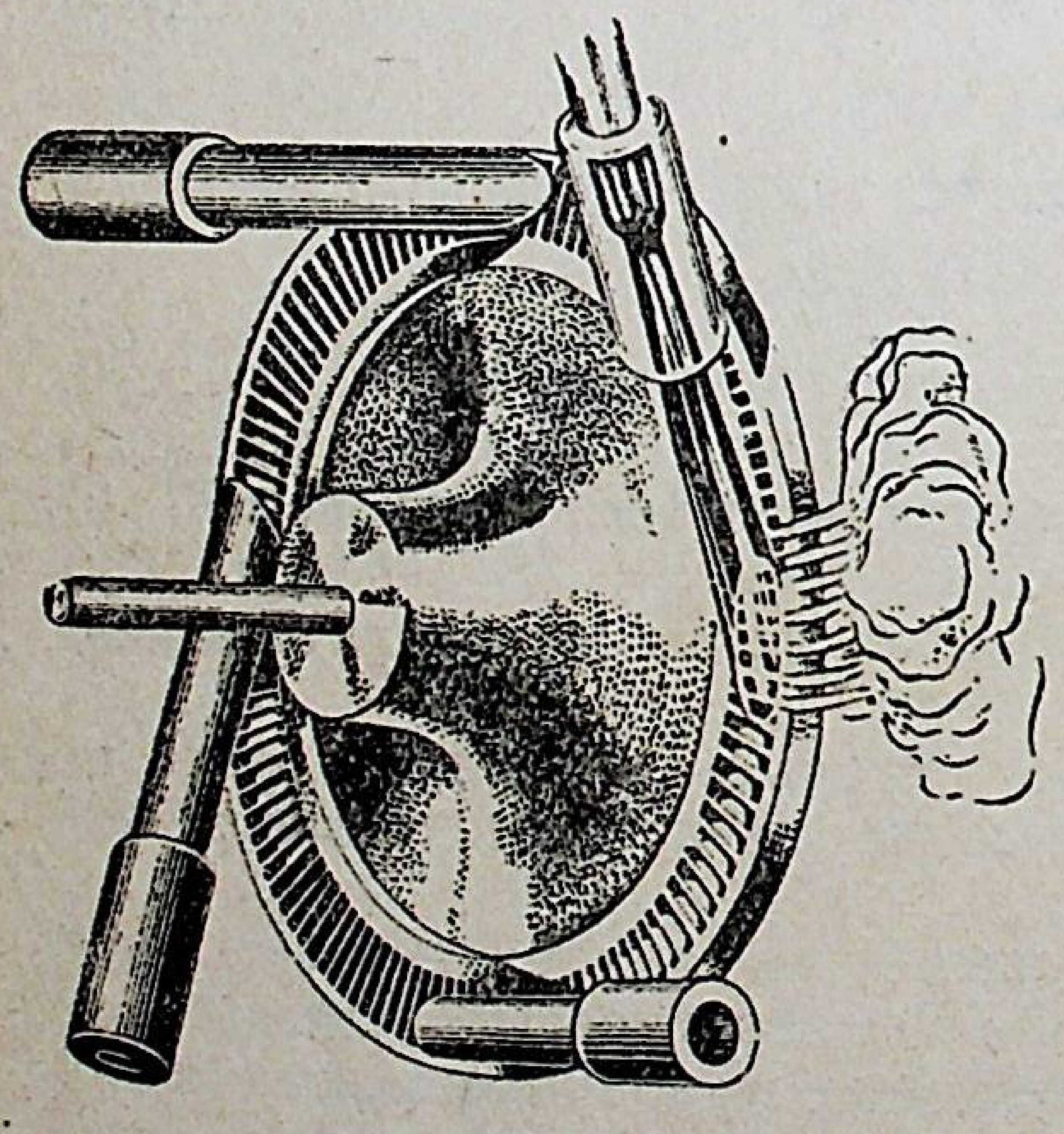
Буу машинасынын валдагы болгон кубаты эффективдүү кубат деп аталат.

Индикатордук диаграмма боюнча эсептелип чыгарылган кубат индикатордук кубат деп аталат.

Машинанын эффективдүү кубатынын индикатордук кубатка болгон катышы пайдалуу аракеттин механикалык коэфициенти деп аталат.

Кыймылсыз буу машиналарынын пайдалуу аракетинин коэфициенти 12—15 процент, кыймылдуулардыкы 6—8 процент.

137. Буу турбиналары. Буу машиналарында вал бир жолу айланган убакытта поршендин илгерилөө кыймылынын ылдамдыгы эки жолу нулга айлангандыктан энергиянын бир кыйла бөлүгү, поршендин инерциясын жана машинанын башка термелүүчү бөлүктөрүн жеңүүгө сарп болот. Термелүүлөр деталдарда чоң чыңалуулар пайда кылып, машиналар тез айланганда коопту вибрациялар чыгарат. Бөлүктөрдүн бекемдигин ашыруу үчүн, аларды массивдүү кылууга туура келет, бул болсо буу машинасын эң оордотот.



124-сүрөт. Буу турбинага бууну жиберүү.

Азыркы техникада поршендүү машиналардын көп кемчиликтеринен бош болгон буу турбиналары жыш колдонулат. Буларда бөлүктөрдүн кайталама-термелүү кыймылдары жок болот, айлануу бир кыйла тез жасалат (бизде кабыл алынган стандарт боюнча минутада 3000 айланат), ошондуктан поршендүү буу машинасына караганда ошондой эле кубатта турбиналар бир далай аз салмакта болот. Алар өз ордун алат жана буу машинасына салыштырып алганда чоң пайдалуу аракет коэфициентине ээ болушат.

Буу турбиналары буунун кинетикалык энергиясын пайдаланышат. Эгерде бууну казандан сууткучтун ичине же болбосо—түз эле атмосферага чыгара турган болсок, буу өтө

чоң ылдамдык менен чыгат. Эгерде чоң ылдамдык менен аракетке келүүчү буу, дөңгөлөктүн калактарына тийсе (124-сүрөт), анын кинетикалык энергиясы дөңгөлөктүн жана аны менен туташкан валдын тегеренүү энергиясына айланат. Буунун басымы менен тегеренүүчү дөңгөлөк буу турбинанын негизин түзөт. Аракетинин принципи байыркыда (Герондун вертушкасы биздин эрага чейин II кылым) белгилүү болсо да, турбиналар азыркы убакыттагыдай түрүндө XIX кылымдын аягында иш жүзүнө ашырылган.

Азыркы убакытта биздин заводдордо, электростанциялар үчүн кубатты 100 000 киловаттка өрчүтүүчү жогорку басымдагы турбиналар жасалат. Мындай кубаттагы поршендүү буу машинасын куруу практикалык мүмкүн эмес.

Электростанциялардан башка, согуш жана чоң океан кемелеринде кубаттуу жана аз орун алуучу кыймылдаткыч болуп буу турбинасы өздөрүнүн кеңири колдонушун табышты.

Турбина курулушунун аякы сөзү, буу менен эмес суюк отун күйгөн кезде пайда болуучу ысытылган газдардын диркиреп агышы менен иштөөчү газ турбиналары болот. Газ турбиналары авиациядагы ичинен күйүүчү кыймылдаткычтар менен ийгиликтүү конкуренция кылат.

Жылуулук установкасынын пайдалуу аракет коэфициентин жогорулатуу үчүн сууткучка берилүүчү жылуулуктун санынан дагы пайдаланууга мүмкүн. Буудан пайда болгон ысытылган сууну өзөнгө же көлгө чыгарып жиберүүнүн ордуна, аны суу жылытуу трубалар аркылуу жиберип—оңтойлуулук (коммуналдык) максаты же өнөр жай максаттарына пайдаланышат. „Жылуулук таштандыларынан“ пайдалануучу станция, теплоэлектроцентраль деп аталат (ТЭЦ): бул керектөөчүлөрдү, механикалык жумуштун эсебинен алынган электр энергиясы менен гана эмес, жылуулук менен дагы жабдыйт. Биздин социалисттик чарбабызда ТЭЦ кең таралууну табат.

138. Ичинен күйүүчү кыймылдаткычтар. Буу кыймылдаткычтын коломтосунун жана казанынын ичинде энергиянын бир аз бөлүгү коромжу болот. Бул коромжуну жоготуу үчүн отунду машинанын цилиндринин ичинде күйдүрүү сунуш кылынган болучу. Отун цилиндрдин ичинде күйдүрүлүүчү кыймылдаткычтар ичинен күйүүчү кыймылдаткычтар деп аталат.

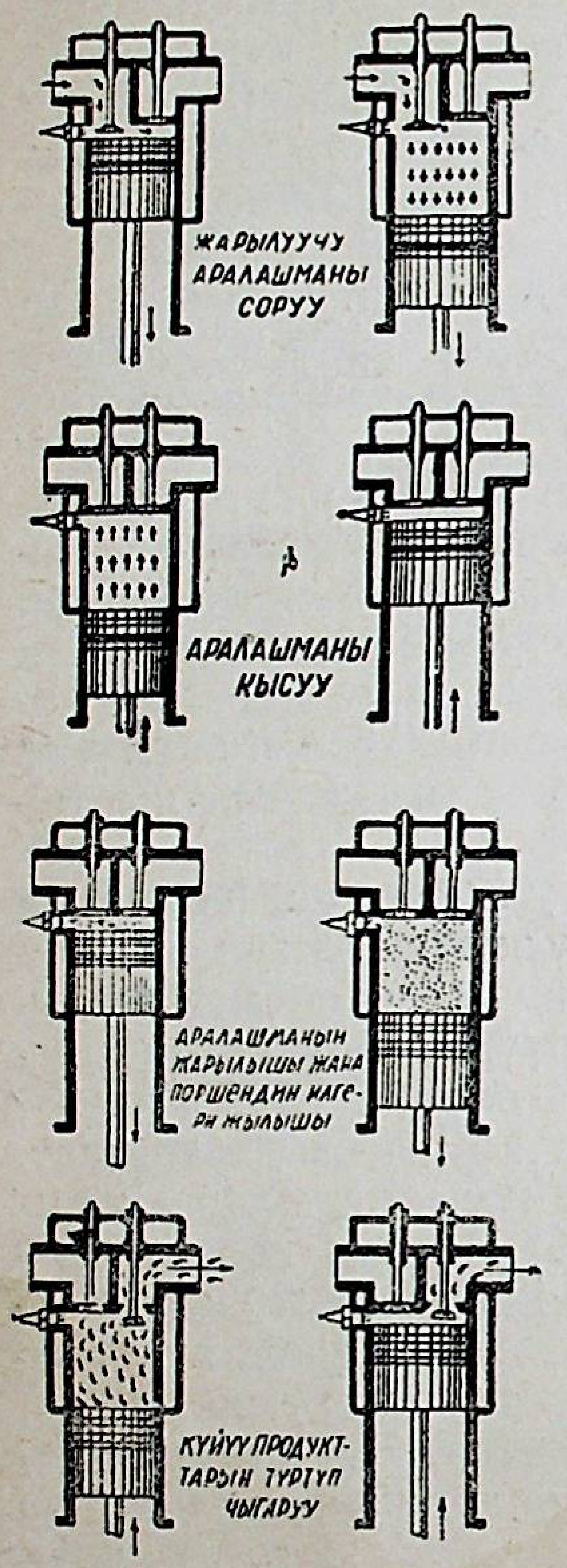
Газ түрүндөгү отундун көп таралган кыймылдаткычын Отто (1861), суюк отундардыкын Дизель (1897) ойлоп чыгарышкан.

Оттонун кыймылдаткычынын принципи төрт тактуу кыймылдаткычты текшерүүдө баарыдан жакшы түшүнүүгө болот (125-сүрөт); сүрөттүн сол жактагы жарымы такттардын башталганындагы, оң жактагы жарымы—алардын аякталгандагы көрүнүшүн көрсөтөт.

Биринчи такт—поршенди тышкы күч менен кыймылга келтирүүдөн турат; поршендин астындагы аба суюлуу арка-

сында цилиндрдин ичине күйүүчү аралашма клапан аркылуу сорулат.

Экинчи тактта поршенди тышкы күч цилиндрдин ичине түртүп киргизет, аралашма кысылат жана кысылуудан ысыйт (кысылуунун башында $t=125°$, аягында $t=600°$).



125-сүрөт. Ичинен күйүү кыймылдаткычынын төрт тактты. Сол катардагысы такттын башталышына туура келет, оң жактагысы анын акырына туура келет.

Экинчи такттын аягында электр учкуну (кыпыны) аркасында аралашма 1500° температура кезинде жалындап кетет. Газдын температурасынын жогорулашы менен поршенди түртүүчү басым да өсөт, поршень кривошиптик механизмдин жардамы аркасында валды тегеретет. Поршендин бул кыймылы үчүнчү тактты түзөт, мына ушунун өзү „жумуш аткаруучу такт" болот.

Валдын тегеренишинин инерциясы боюнча уланышы поршенди кайра кайтарат жана күйүүнүн продукттардын түртүп чыгарат (төртүнчү такт).

Андан ары вал тегеренүүнүн энергиясы андан кийинки биринчи жана экинчи тактторды келтирип чыгарат да, тынымсыз тегеренүү пайда болот.

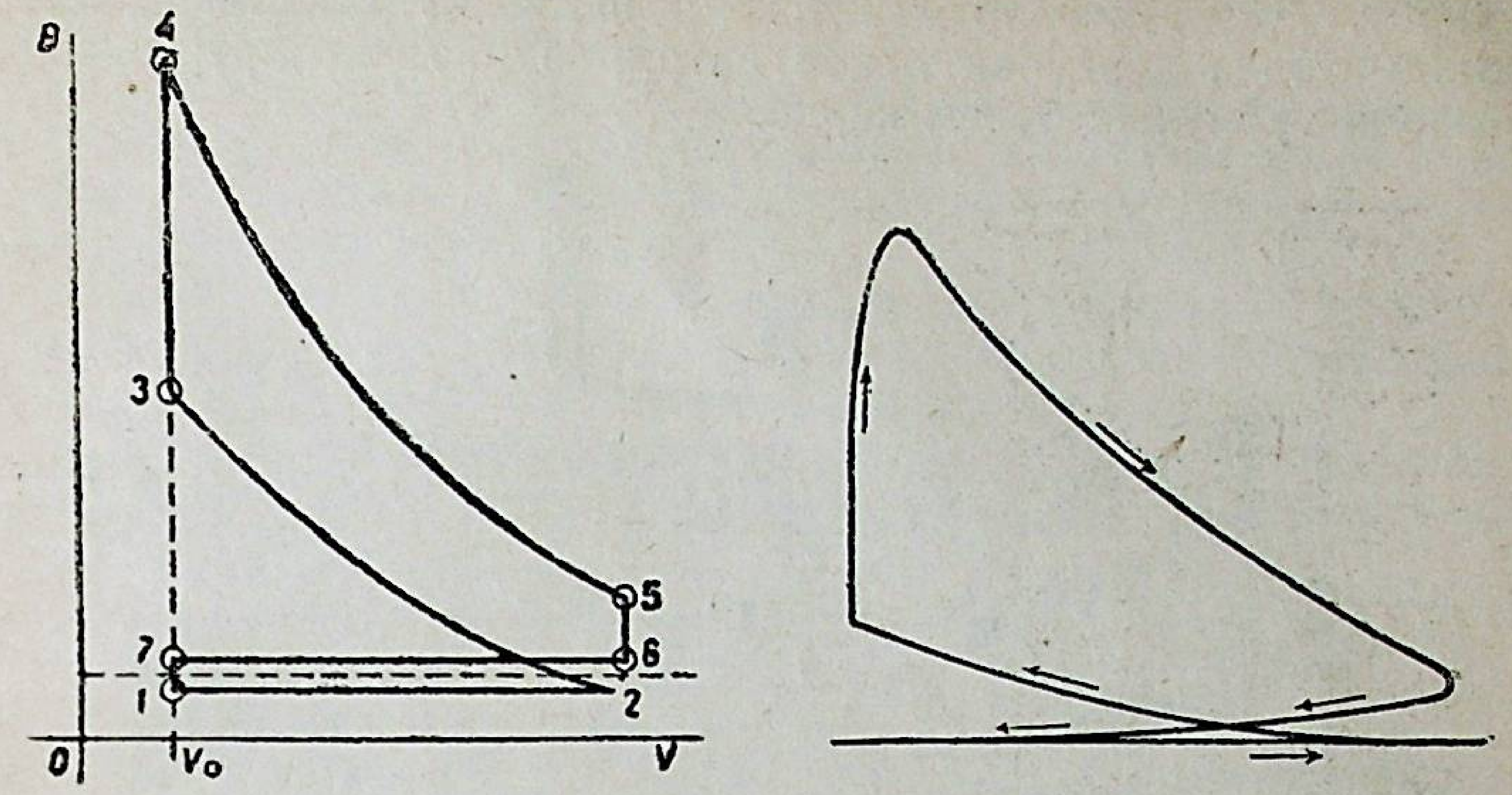
Оттонун кыймылдаткычынын пайдалуу аракетинин коэфициенти 25—28 процент.

Дизелдин кыймылдаткычы суюк отун — нефть жана оор майлар менен иштейт, ал үчүнчү тактта чачыратылган суюк отун форсунка менен ысытылган абанын ичине себилет жана андан күйөт дагы поршенди түртөт.

Дизелдин кыймылдаткычтарынын жылуулук пайдалуу аракети 35% ке чейин барат.

Пайдалуу аракетинин коэфициенти жогору болуудан башка, ичинен күйүүчү кыймылдаткычтарда казан жок болгондуктан, алардын буу машиналарына караганда дагы артыкчылыгы бар; алар жеңил болот, аракетке ылдам келишет жана коркунучсуздугу артык болот.

Оттонун кыймылдаткычынын индикатордук диаграммасынын схемасы жана чыныгы индикатордук диаграмма 126 жана 127-сүрөттөрдө көрсөтүлгөн.


126 жана 127-сүрөттөр.

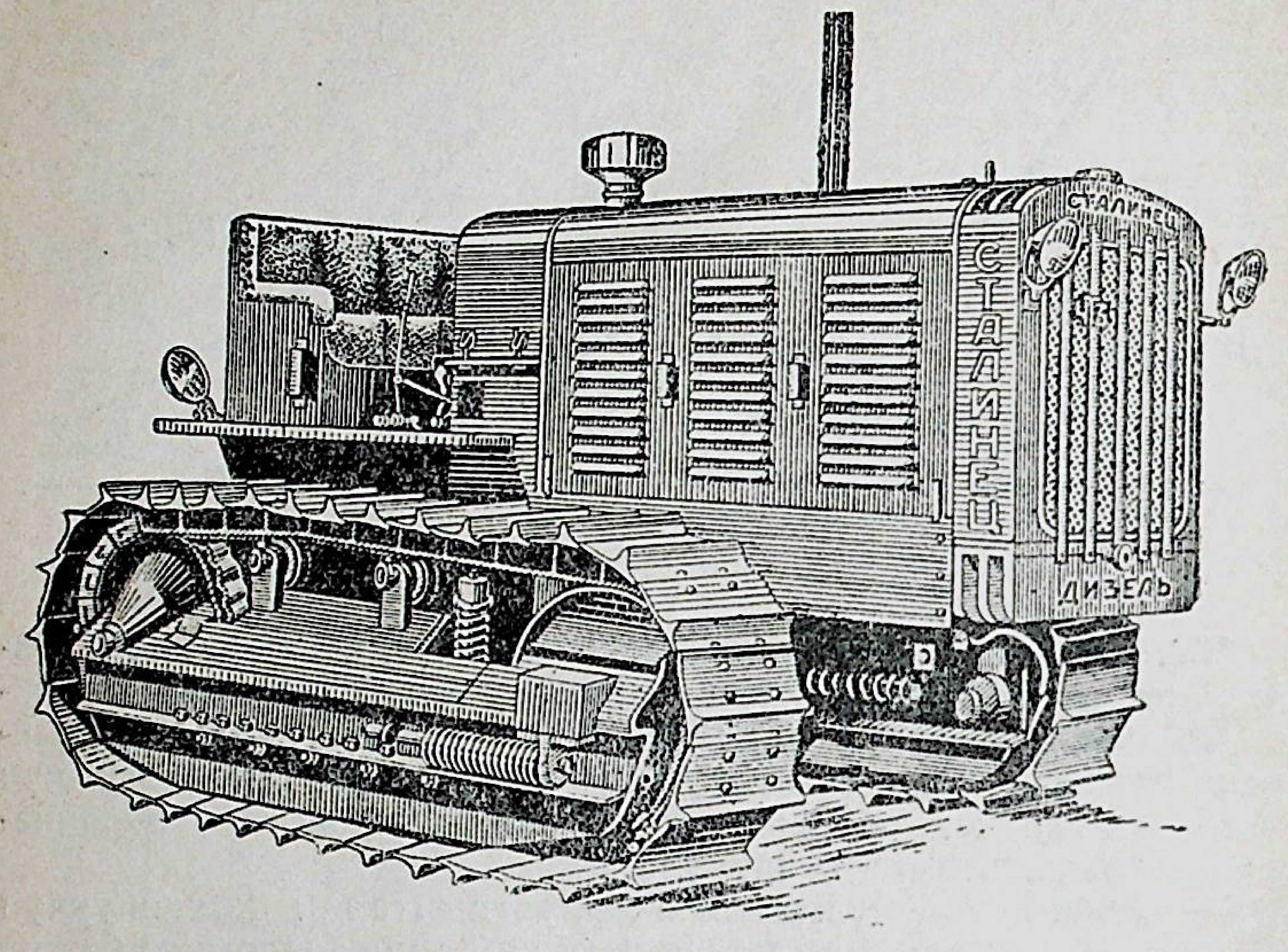
139. Ичинен күйүүчү кыймылдаткычтарды колдонуу. Өздөрүнүн артыкчылыгы жана пайдалуу аракеттеринин коэфициенти жогору болушунун аркасында ичинен күйүүчү кыймылдаткычтар көп анча чоң эмес фабрика-заводдордогу күч станцияларда кеңири түрдө колдонулуп, андан буу машиналарын кысып чыгарып жатууда.

Бирок ичинен күйгөн кыймылдаткычтарды колдонуунун негизги областтары ар түрдүү транспорт куралдарында болот. Бул кыймылдаткычтардын жеңилдиги (1 а. к. үнө 0,5 *кг* чейин), чоң кубаттуулугу (2—2,5 миң күч), аракетке ылдам келтирүү мүмкүндүгү, ичинен күйүүчү кыймылдаткычтарды автомобиль, самолёт, суу астындагы кайык үчүн алмаштыргысыз кылат.

Моторлор азыркы согуш техникасында артыкча роль ойнойт. 1941—1945-жылдардагы Улуу Ата мекендик согушта фашисттик мыкаачыларды талкалаган кезинде механизациялаштырылган жана моторлоштурулган Советтик Армиянын бөлүктөрү көп миңдеген кубаттуу машиналар: автомобилдер, тракторлор, тягачтар, танктар, өзү жүрүүчү замбиректер (орудия) менен жабдылган болучу. Биздин өлкөбүздө конструкторлор Климов, Микулин, Швецовдун аттары атактуу, булардын моторлору менен биздин авиациянын самолёттору жабдылган. Биздин армиябыз үчүн биздин ойлоп чыгаруучуларыбыздын түзгөн проектилери боюнча жана биздин заводдордо жасалган жүз миңдеген моторлор, макталган немец техникасынан ашыктык кылууну камсыз кылды жана фашизмдин үстүнөн жалпы дүйнөлүк-тарихий жеңүүгө да көп жардам берди.

Биздин чексиз кеңири өлкөбүздүн тынчтык турмушунда дагы ичинен күйүүчү кыймылдаткыч эбегейсиз чоң роль

ойнойт. Түзүлгөн өнөр жайларынын негизинде сталиндик беш жылдыктарда дүркүрөп өскөн автомобиль транспорту жана авиация турмушка бекем кирди.



128-сүрөт. Гусеницалуу трактор.

Ичинен күйүүчү кыймылдаткычты айыл чарбасында колдонуунун айрыкча мааниси бар. Трактор жана автомобиль артта калган дыйканчылык техникасын революциялаштырды. Коллективдештирүү жана механизациялаштыруунун негизинде бизде, айылды социалисттик кайтадан жаңыча куруунун грандиоздуу саясий жана экономикалык маселеси чечилди.

Дизелдин ичинен күйүүчү кыймылдаткычтары темир жолдордо жана суу транспортторунда колдонулат. Дизелдер менен жабдууланган локомотивдер, тепловоз деген наамды алып жүрөт. Паровоздорго караганда тепловоздордун артыкчылыгы, алардын жогору үнөмдүү болушу. Тим турган кезде тепловоз күйүүчүнү сарп кылбайт, п. а. к. жогору болот, паровозго караганда бир канча аз суу керек кылат. Ошондуктан тепловозду өлкөнүн суусуз райондорунда колдонуу пайдалуу.

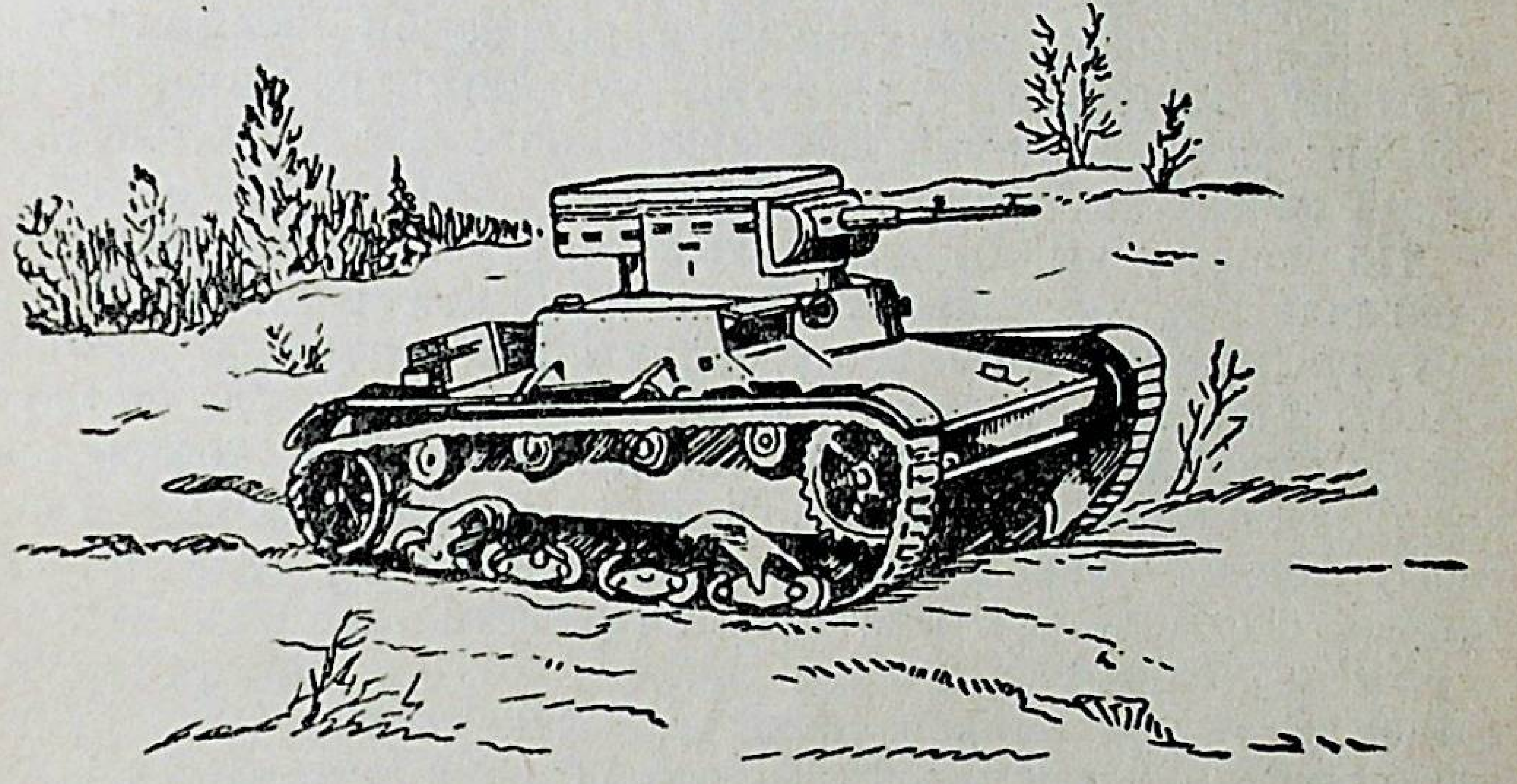
Дизелдер менен аракетке келүүчү кемелер (суда) теплоходдор деп аталат. Алар чоң эмес буксирлерден тартып, чоң океандык лайнерге чейин курулат. Мындай катерлер жана моторлуу кайыктар ар качан автомобиль типтеги керосин кыймылдаткычтар менен жабдууланат.

Акырында от чыгаруучу куралдын өзү да ичинен күйүүчү кыймылдаткычка ыкталат.

76-миллиметрдик замбиректин пайдалуу аракет коэфициенти 33 процентке барабар. Демек — мындан замбирек өзүнүн үнөмдүүлүгү жагынан ичинен күйүүчү кыймылдаткычтардын абдан жетилгендерине жакындап барат.

Дары жарылуудан келип чыккан энергиянын 40 проценти 76-миллиметрдик замбиректин оозунан, андан чыгуучу ысытылган газдар менен кошо сыртка ыргытылып чыгарылат.

Замбиректин өзүн ысытуу үчүн 22 процент, газдардын кыймылын жана артка тебүү үчүн 5 процент энергия жумшалат.



129-сүрөт. Танк.

Пайда менен жумшалган энергиянын 32, 8 проценти снарядды аракетке келтирүү үчүн жумушка айланат, ал эми 0,2 проценти — снарядды айландырууга кетет. Заряддын дарысынын жеткирген энергиясы 338000 *кГм* ге барабар.

Салыштыруу үчүн авиациялык мотордо күйүүчү жеткирген энергиянын бөлүштүрүлүшүн көрсөтөлү. Энергиянын 58 проценти чыгаруучу клапандар аркылуу жана цилиндрдин капталдарынан чыккан шоола аркылуу жоголот; аралашманы кысуу үчүн 12 процент жана механикалык коромжуларга 4 процент жумшалат. 26 процент гана пайдалуу жумушка — винтти айландырууга кетет.

139 а. Аба — реактивдүү кыймылдаткыч. Кыймылдаткычтар катарында ичинен күйүүчү кыймылдаткычтар колдонулуучу транспорттордун түрлөрүнүн ичинен авиацияга да маанилүү орундардын бири тиешелүү. Авиация Социалисттик коомдун тынчтык өсүшү үчүн кандай чоң мааниде болсо, империалисттик жырткычтардан социалисттик Ата мекенди сактоо үчүн да ушундай эле мааниде болот. „Орус авиация-

сынын атасы" — Н. Е. Жуковскийдин (1-бөлүк, § 112) теориялык иштеринин жана советтик конструкторлордун ойлоп тапкыч искусствосунун натыйжасында советтик самолёттор өзүнүн касиети жагынан чет мамлекеттердин машиналарынан ашып кетти.

Бирок дүйнөнүн социалисттик бөлүгү менен капиталисттик бөлүгүнүн арасындагы күрөш бүтө элек. Бул күрөштө согуш самолётторунун кыймылынын ылдамдыгын көбөйтүү үчүн мелдеш жүрүп жатат.

Буу кыймылдаткычтары жана ушундай эле ичинен күйүүчү кыймылдаткычтарда винттерди айланууга келтирүүчү **поршендүү** кыймылдаткычтар болот.

Бирок поршендүү кыймылдаткычтар азыраак гана ылдамдык жана азыраак бийиктик үчүн эң жакшы кыймылдаткычтар болуу менен катар, эң жогорку бийиктикке учканда жана абадагы үндүн ылдамдыгына жакындоочу ылдамдыктын талаптарын канааттандырбайт.

Поршендүү кыймылдаткычтын тартуу күчү ылдамдык көбөйгөндө максимумдан өтөт да, төмөндөй баштайт. Тартуу күчүнүн мындай төмөндөшү бийиктик өйдөлөгөндө да пайда болот. Бийиктик көбөйгөндө отундун расходу да көбөйөт. Ылдамдык көбөйгөн сайын пайдалуу аракет коэфициенти азаят. Чоң ылдамдыктарда аба винти начарыраак иштей баштайт. Абанын сейректигинин натыйжасында эң жогорку бийиктикте самолёттун канаттары эч нерсеге таяна албайт.

Кыска убакыттын ичинде саатына 760 *км* болгон эң чоң ылдамдыкты, эч кандай пайдалуу жүксүз винттүү кадимки эле поршендүү кыймылдаткычтуу экспериментaлдык самолёт бере алат.

Жогорку бийиктикке жана чоң ылдамдыкка жетишүү үчүн кыймылдаткычтын негизин өзгөртүү керек.

Мындай негиз механиканын үчүнчү закону боюнча нерселердин өз ара аракеттениши боло алат: *бир нерсе менен түртүлүүчү ар кандай башка катуу нерсе, же суюктуктун агыны, же газдын агыны өзү тарабынан, түртүүчү нерсе кандай күч менен түртсө, ошондой күч менен аракет кылат, бирок түртүүчү нерсенин багытына карама-каршы багыт менен аракет кылат* (1-бөлүк, § 29 а).

Ысык газдарды кыймылдаткычтын поршенинин астына эмес, эң чоң ылдамдык жана чоң маанилүү бош атмосферага чыгарар менен эле, алар өзүлөрүнүн самолётко кылган таасири менен, же **реакция** менен аны кыймылга келтирет.

Реактивдүү кыймылдаткыч деп аталуучу кыймылдаткычтын аракетинин негизи ушундай.

Өтө ылдамдыктагы кыймылдын теориясын жана реактивдүү кыймылдаткычтардын конструкцияларын иштеп чыгаруудагы биринчи орун биздин өлкөгө тиешелүү.

Ылдам учуучу самолёттордун расчётторун түзүүчүнүн

негизи болуп социалисттик эмгектин Баатыры академик Сергей Алексеевич **Чаплыгиндин** (1-бөлүк, § 29 а) иштери боло алат.

Ракеталуу кыймылдын теориясын орустун эң сонун окумуштуусу Константин Эдуардович **Циолковский** (1-бөлүк, § 29 а) иштеп чыккан. Ал ракетанын конструкциясынын математикалык теориясын берген. Ал, ракетанын кыймылынын ылдамдыгы газдын агып чыгуу ылдамдыгына жана күйүүчү нерселердин жылуулук берүү жөндөмдүүлүгүнө көз каранды экендигин далилдеген.

Ал, суюк отун күйүүчү чоң пассажир ракетасынын проектисин түзгөн. Бул проектинин үлгүсү боюнча ушул убакытка чейин бизде гана эмес, чет мамлекеттерде да бардык суюктук реактивдик кыймылдаткычтар түзүлүп жатат.

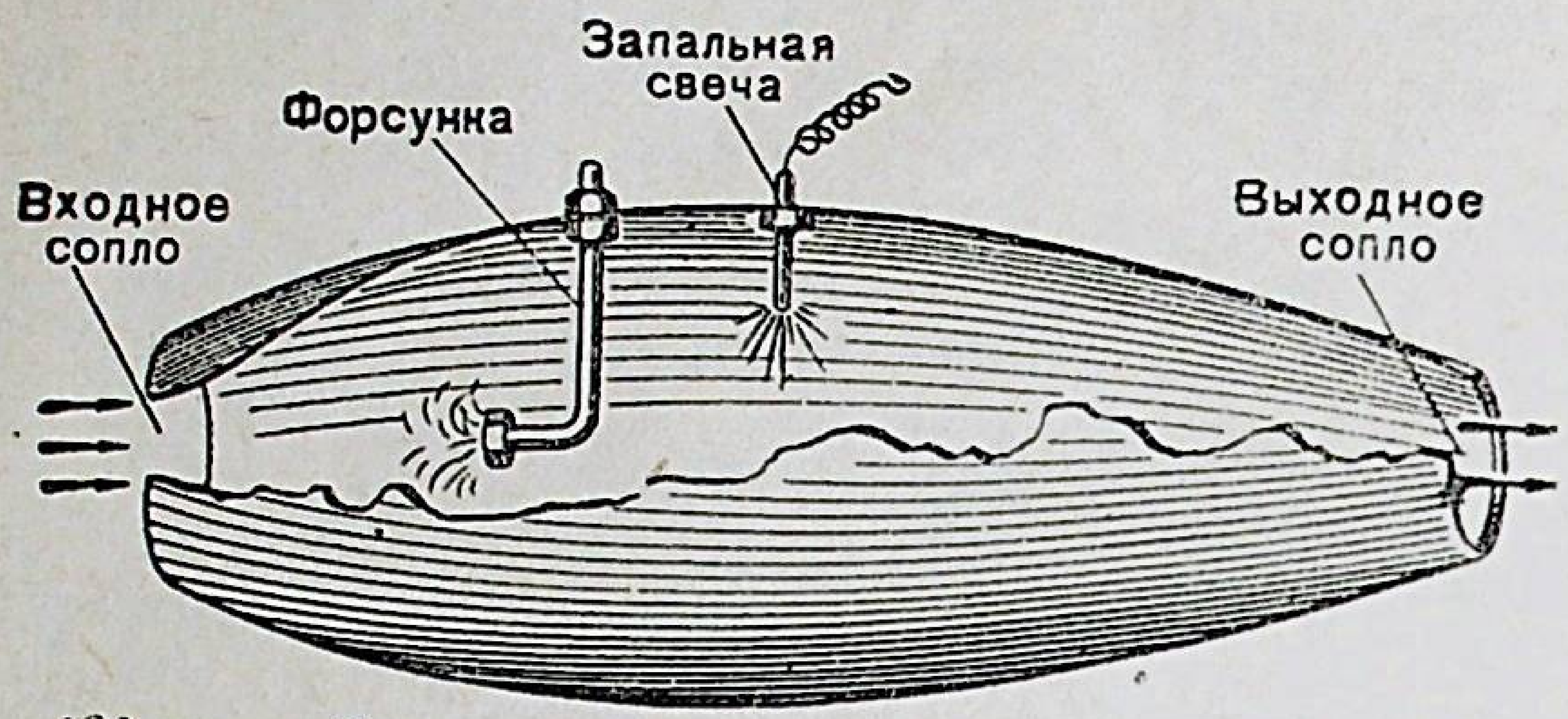
Реактивдүү самолётторду түзүүдөн мурунураак Циолковский „Винттүү аэропландар эрасынан кийин, реактивдүү аэропландар эрасы келет" деп алдын ала айткан. Чынында да, 1946-жылы 18-августта Тушино аэродромунун үстүнөн Сталиндик сыйлыктын лауреаттары **Гуревич, Ильюшин, Лавочкин, Микоян, Сухи, Туполев, Яковлевдер** түзүшкөн реактивдүү самолёттор учуп өтүштү.

Жогоруда айтылгандай реактивдүү кыймылдаткычтуу самолёттун кыймылынын себеби кыймылдаткычтын эң чоң ылдамдыктуу, эң чоң массалуу газды ыргытуусунан болот. Бул үчүн кыймылдаткыч — күйүүчү майдын эң көп запасы менен гана камсыз кылынбастан, бул күйүүчү майдын толук күйүүсүнө жетиштире турган кислороддун запасы менен да камсыз кылыныш керек. Мындай запастар самолёттун салмагын бир кыйла көбөйтөт. Ракеталуу самолёттордун түрлөрүнүн биринде күйүүчү нерселердин салмагы, самолёттун жалпы салмагынын 49 процентин түзөт, ал эми ичинен күйүүчү кыймылдаткычтуу истребителде болсо, истребителдин жалпы салмагынын 12 проценти гана күйүүчү нерселердин салмагын түзөт.

Ошондуктан конструкторлор күйүүчү майдын күйүшүнө керек болгон кислородду тупадан-туура машинаны курчап турган абадан алуу керек деген ойго келишти.

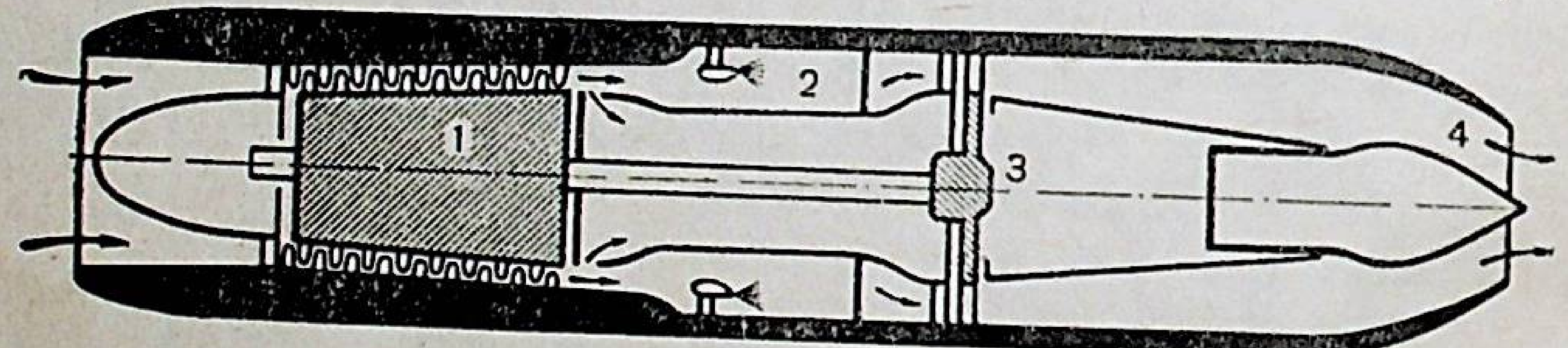
Бул ой жөнөкөй түрүндө **түз агуучу аба — реактивдүү** кыймылдаткычында иш жүзүнө ашырылган (130-сүрөт). Ал болсо чыккан жана кирген жеринде кичирээк кысынкысы бар болоттон жасалган түтүк болот. Алдыңкы көзөнөккө кирүүчү аба, күйүү камерасында ысык газдарга кезигип кысылат. Натыйжада камерада газдын басымынын кысышы арбыйт. Үндүн ылдамдыгы менен самолёт учканда камерадагы басым эки эсе көбөйөт. Атмосфералык басымдын чоң басымда келүүчү агындын ылдамдыгынан чоң ылдамдык менен кысылган ысык газдар чыгуучу көзөнөктөн агышат жана кыймылдаткычка реактивдүү күч менен таасир кылышат.

Түз агуучу кыймылдаткычтын түзүлүшү жана аны башкаруу эң жөнөкөй. Мунун негизги кемчилиги жерден көтөрүлүп учуш үчүн, ал кошумча кыймылдаткычты керектейт жана үндүн ылдамдыгынан ашык ылдамдыктарда гана эң көбүрөөк басымды берүү мүмкүн.



130-сүрөт. Түз агуучу аба — реактивдүү кыймылдаткыч. *1.* Кирүүчү сопло. *2.* Форсунка. *3.* Запаль шамы. *4.* Чыгуучу сопло.

Аба — реактивдүү кыймылдаткычынын жаңы тиби — эң кеңири таралган турбокомпрессордуу же газ турбиналуу кыймылдаткыч болот. Анда абанын кысылышы өзү агуу менен эмес, компрессордун (кысуучу) жардамы



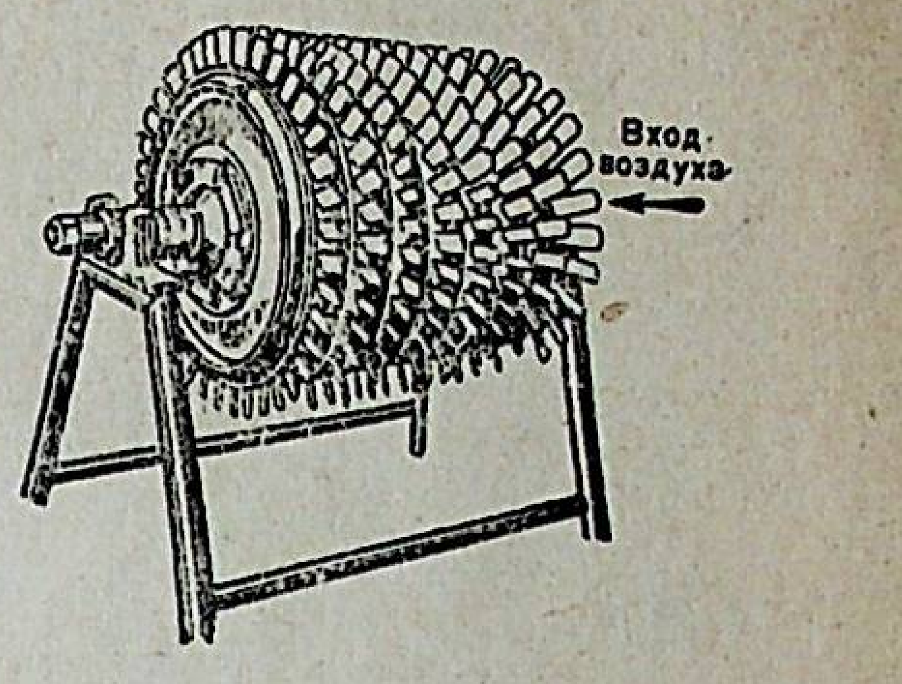
131-сүрөт. Газ турбиналуу реактивдүү кыймылдаткычтын схемасы. *1.* Компрессор. *2.* Күйүү камерасы. *3.* Газдык турбина. *4.* Чыгуучу сопло.

менен болот. Компрессор, өзү кыймылдаткычтан ыргып чыгуучу газдар менен айланууга келтирилүүчү газ турбинасынын жардамы аркылуу айланууга келтирилет.

Газ турбиналуу аба реактивдүү кыймылдаткыч төмөнкү негизги бөлүктөрдөн турат (131-сүрөт). Цилиндрдин кирүүчү көзөнөгүнүн каршысында абаны 3 атмосферага чейин кысуучу компрессор жайлаштырылат. Компрессордон секундасына бир канча он кубометрлүү сандагы аба күйүү камерасына өтөт. Күйүү камерасында абанын кислородунун эсебинен форсунка (§ 129) аркылуу бүркүлүп чачылган күйүүчү нерсенин (керосиндин) күйүшү пайда болот. Пайда болгон ысык газдар эң чоң ылдамдык менен газ турбинасынын калагына урунушат жана андан кийин чыгуучу көзөнөктөн учуп чыгышат.

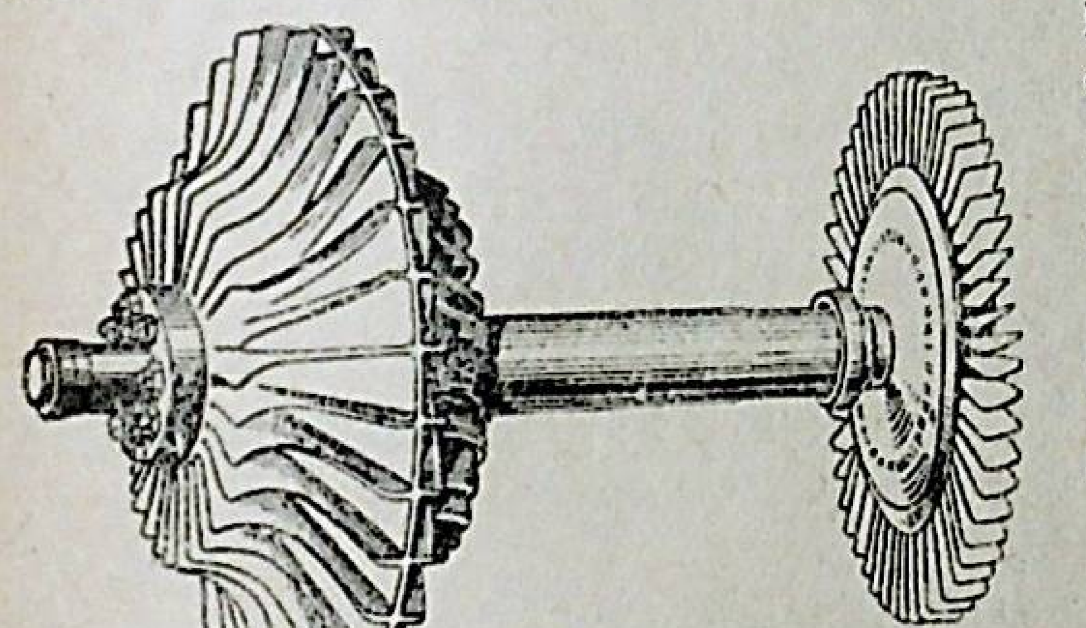
Алардын энергиясынын бир бөлүгү турбинанын дискасын айлантуучу жумушка кетет, калганы — оордук түзүүгө кетет.

Газ турбинасынын жана компрессордун жалпы айлануу огу болот (132-сүрөт). Газ турбинасынын түзүлүшү 137-§ та жазылган. Компрессорлордун түрлөрүнүн бири октуу компрессорлор болот. Ал, (133-сүрөт) жумушчу дөңгөлөгүнүн бир валында орнотулган аба винтинин лопасти же шамал кыймылдаткычынын канаттарында ийилген бир катар жумушчу калактарынан турат. Айлануучу калактардын арасында да ушундай эле жылбас багыттоочу калакчалары жайлаштырылган.



132-сүрөт. Газ турбинасы жана бир валдуу компрессор.

Биринчи дисканын айлануучу калакчалары абаны кармайт да, жана аны кийинки жылбас калакчаны көздөй багыттап жиберет. Бул кийинкилери буларга келген абаны экинчи дисканын кыймылдоочу калакчасына жиберет, бул абаны кийинки кыймылсыз калакчага жиберет ж. б. у. с. Натийжада компрессор менен абаны түртүү абанын басымын көбөйтөт. Компрессор турбинаны газ менен азыктандырып турат, ал эми турбина болсо жалпы вал аркылуу компрессорду айландырат.



133-сүрөт. Октуу компрессордун каватчасы (калактуу диска), сол жакта — абанын кириши.

Турбокомпрессордуу кыймылдаткыч авиация кыймылдаткычына караганда жөнөкөй, кичине, жеңил жана бензин эмес, керосин менен жумуш иштейт. Турбинаны аракетке келтирүү үчүн турбинанын валын бурап чыгаруучу кичинекей аракетке келтирүүчү моторду колдонушат. Качан кысылган аба келе баштаганда аракетке келтирүүчү мотор өчүрүлөт. Газ турбиналуу реактивдүү кыймылдаткычынын ылдамдыгы чоңойгон сайын п. а. к. да чоң болот.

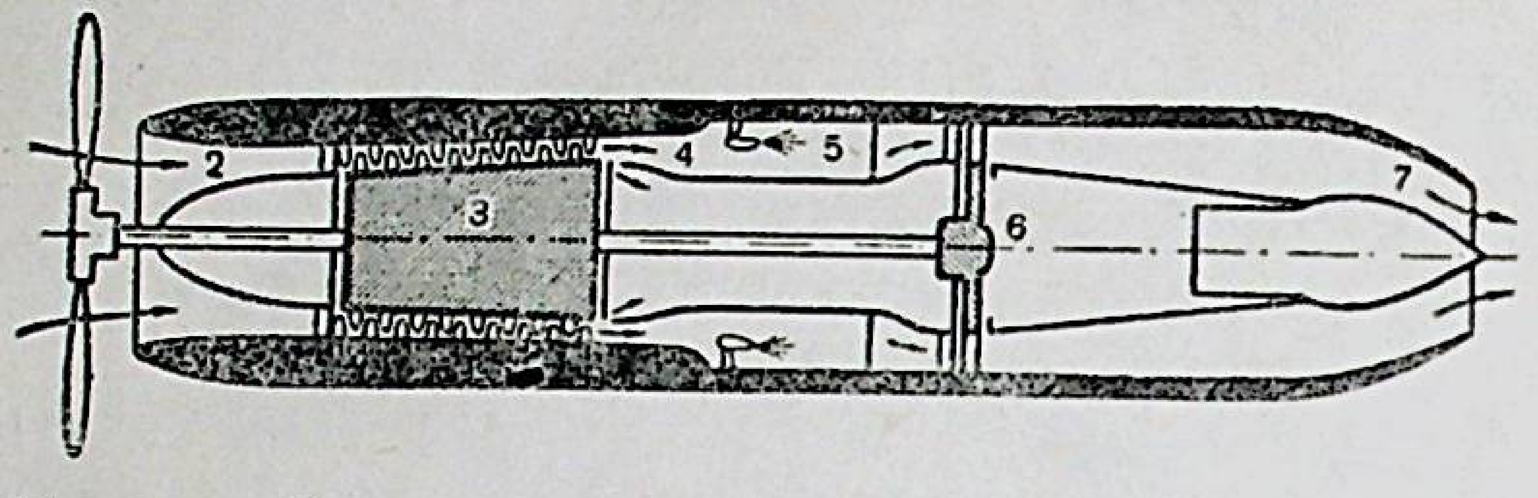
Аз ылдамдыкта эң көбүрөөк п. а. к. алуу үчүн, компрессордун жана турбинанын валына винт кийгизилет (134-сүрөт). Ушундай кылып винттүү жана реактивдүү кыймылдаткычтардын артыкчылыктарын бириктирүүчү газ турбиналык винттүү кыймылдаткыч түзүлгөн.

Сериялап (эксперименталдык эмес) чыгарылган реактивдүү самолёттор 990 $\frac{км}{саат}$ ка чейин ылдамдыкты өрчүтөт. Пор-

шендүү кыймылдаткычтар эң жапыз бийиктикте кандай „энтиге“ баштаса, ошондой эле аба аз болгон эң жогорку бийиктиктерде аба реактивдүү кыймылдаткычтар да „энтиге“ башташат.

Алардын ордун ракеталуу кыймылдаткыч алмаштырат.

139 б. Ракета. а) Ракета — согуш куралы. Ракета — диркиреген агын менен ыргытылуучу реакциянын күчү менен кыймылга келтириле турган өзү кыймылдоочу снаряд. Раке-



134-сүрөт. Газ турбиналуу винт кыймылдаткычынын схемасы. *1.* Аба винти. *2.* Редуктор[1]. *3.* Компрессор. *4.* Форсункалар. *5.* Күйүү камералары. *6.* Газдык турбина. *7.* Чыгуучу сопло.

талар миномёттордун составына киришет. Орстун ойлоп чыгаруучулары жана окумуштууларынын аракеттери менен душмандарга коркунуч келтирүүчү „катюша“ деп аталган сонун гвардиялык миномёттор түзүлгөн. Реактивдүү куралдын стволу газдардын эч кандай басымын сезбейт; ошондуктан бул ствол жөнөкөй гана аракетке келтирүүчү түзүлүшү жеңил түтүк же багыттоочу рельса менен алмашылууга мүмкүн. Снаряд бир жак учунан ачык болгондуктан, капталдарына жасалган басымы чоң эмес жана алардын калыңдыгы миллиметрлер менен ченелет.

Бир установкада бир канча ондогон стволдорду бириктирүүгө болот. Өзүнүн түзүлүшү боюнча мындай типтеги миномёттор кадимки артиллериялык орудиялардан бир кыйла жөнөкөй. Автомобилдерде алып жүрүүчү миномёттордун эң ылдам кыймылдагандыктан, чынында согуштун эң күчтүү жана коркунучтуу куралы болуп эсептелет.

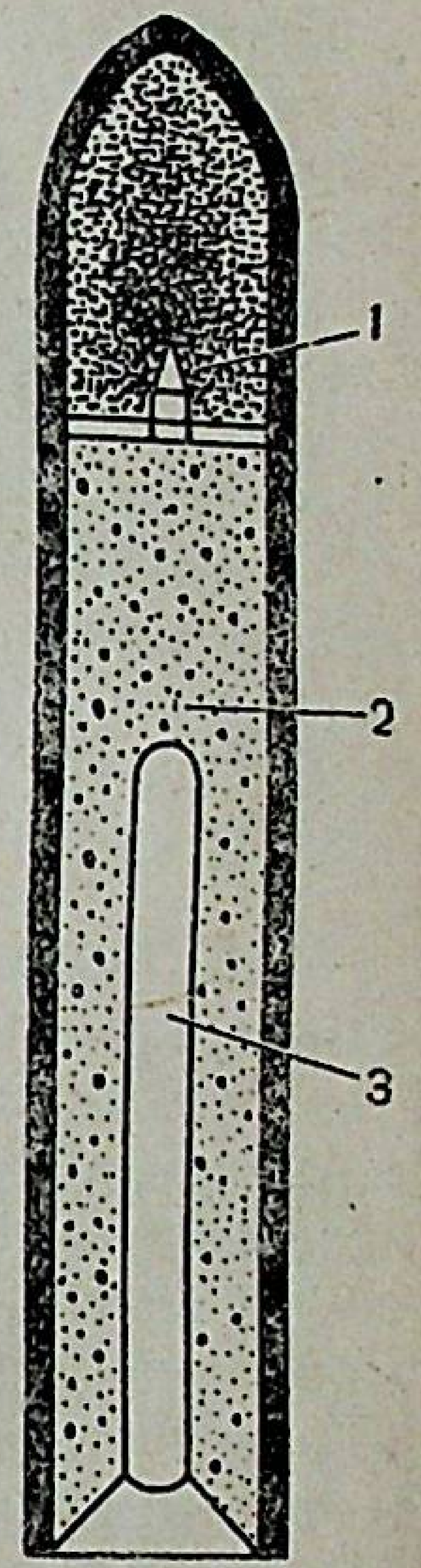
Мындан жүз жыл мурда орустун ракеталуу куралын түзгөн генерал-лейтенант Константин Иванович Константинов болгон. Анын согуш ракетасы 135-сүрөттө сүрөттөлгөн. Мындан кийин жүз жыл бою ракетанын түзүлүшүн өздөштүрүүдө көп орустун ойлоп тапкычтары: Третесский (1849-жыл), Соковнин (1866-жыл), Кибальчич, Циолковский, Тихонравов, Ветчинкин, Тихомиров жана башкалар иштешкен.

Акыркы согушта фашисттер Лондонду атуу үчүн схемасы 136-сүрөттө сүрөттөлгөн, алыска атуучу ракеталарды колдонушкан. Старттан бир минута өткөндөн кийин ракета 30 *км*

[1] Редуктор — айлануу санын азайтуучу тиштүү өткөзүп бергич.

бийиктикке көтөрүлөт. Бул моментте кыймылдаткыч аркылуу ракета $5700 \frac{км}{саат}$ ылдамдыкка ээ болот. Автоматикалык механизм ракетаны вертикалдуу учуудан жантык учууга алып келет, мындан кийин ракетанын кыймылы замбиректин снарядынын кыймылынан эч кандай айырмасы жок болот. Анын учуу алыстыгы 300 *км* ге жакын жалпы учуу убактысы — 5 минута.

Кыйратуучу максаттардан башка да, пайдалуу аракеттер үчүн да ракеталар колдонулат. Мөндүр булутуна жиберилген эки-үч ракеталардын жарылышы аба массасын аралаштырат жана мөндүрдүн жаашына алдын ала тоскоолдук кылып, жаандын жаашын пай кылат. Өзүндө тросу бар сактагыч ракеталар чөгүп бара жаткан кемелерге жиберилет. Ракеталар — „почтальондор“ баралбай турган эң кыйын жерлерге почта жүктөрүн ташташат.



135-сүрөт. Согуш ракетасынын жара кесилгендегиси. *1.* Жарылуучу заряд. *2.* Ракетанын кыймылдоочу составы. *3.* Мейкиндик пролёту.

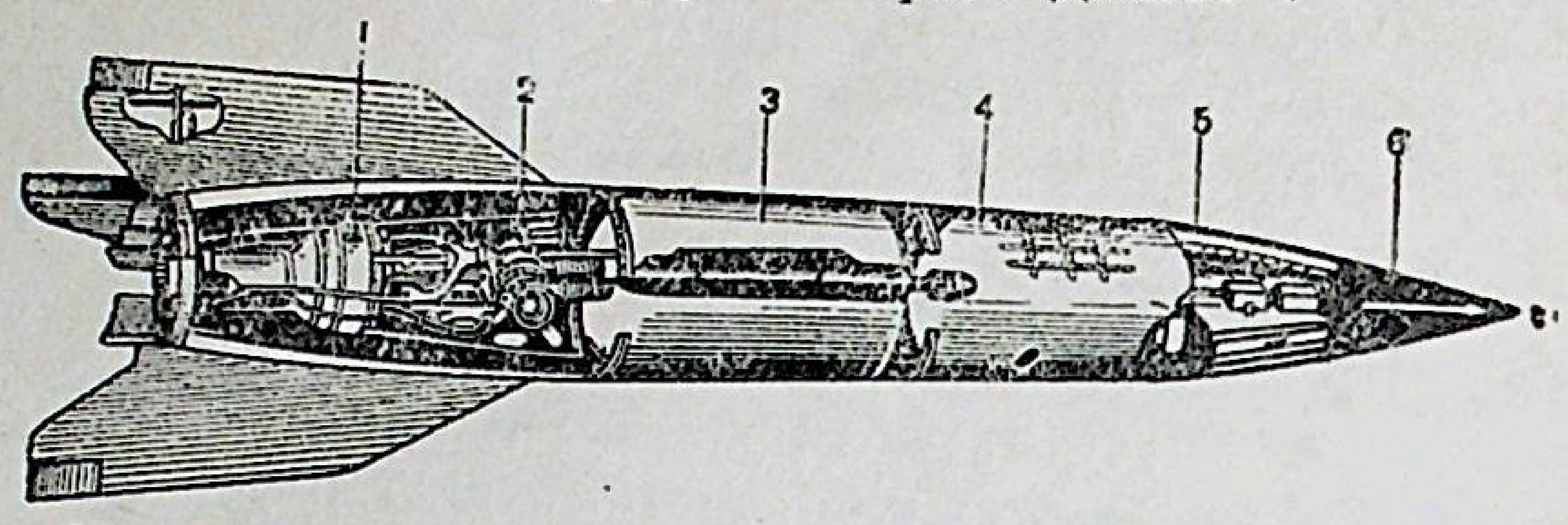
б) Ракеталык самолёттор. Ракеталык самолёттордун өзүндө күйүүчү майлар жана кычкылдантычтар болот. Суюктук ракеталык кыймылдаткычтарынын кубаты күйүүчү майдын расходдолушуна гана көз каранды. Алардын кубаты жана тартуусу учуунун ылдамдыгына көз каранды эмес. Алар абасыз мейкиндикте да иштей алышат.

Өзү менен бирге эң көп күйүүчү нерселерди алып жүрүүнүн зарылдыгынын натийжасында жана аны бат сарп кылуунун натийжасында ракеталык кыймылдаткычтарынын абадагы аракетинин узактыгы эң аз. Бирок $10000 \frac{км}{саат}$ тан ашык ылдамдыктарда алар бат эле 100 *км* бийиктикке көтөрүлө алышат, ал эми ушул бийиктиктен баштап ушундай кыймылдаткычтар менен жабдылган самолёттор инерция боюнча дагы миң километр уча алышат.

Мындай кыймылдаткычтар менен биздин заманыбыздын улуу учкучу Чкалов ойлогондой жер шарынын айланасында учуу жөнүндөгү тилеги орундалууга мүмкүн. Буга 4 саатка жакын убакыт керек болор эле.

Циолковский мурда эле реактивдүү күч менен кыймылдоочу бүтүн металлдык дирижаблдин проектисин жана айга жана астероиддерге учуу үчүн космикалык ракеталык поезддин проектисин иштеп чыккан.

Бул идеялардын өрчүшү жөнүндө Циолковский эң ишенимдүү чоң үмүттү жаштардан күткөн: „Бизде, Советтер Союзунда жаш учкучтар көп, мен мындайларга — авиамоделистердин, планерист балдардың, учкуч жаштардын атын атаймын. Мен алардан эң чоң үмүт кыламын. Алар менин ачкандарымды ишке ашырууга жардамдашат“.



136-сүрөт. Алыска атуучу ракета. *1.* Күйүү камерасы. *2.* Турбина жана күйүүчү заттар менен иштей турган насостор. *3.* Суюк кислород куюлган бак. *4.* Спирт куюлган бак. *5.* Башкаруу системасынын жара кесилиши. *6.* Заряддоо камерасы.

140. Муздатуучу машина. Муздатуучу техника эл чарбасында кең колдонууну табат. Тамак өнөр жайларында жана тез бузулуучу азыктарды ташыганда темир жол транспортунда азыктарды сактоо үчүн, муздатуучу машиналардан алынган жасалма жол менен пайда болгон муз колдонулат. Тез бузулуучу азыктарды сактоодон башка дагы, муздатуу химиялык өнөр жайларында да кеңири колдонулат. Тоо иштеринде айрым шахталарды өткөндө топуракты тоңдуруу (Москвадагы метро курулушунда тоннель салганда) үчүн колдонулат. Жасалма жибекти өндүрүү, жасалма каучук өнөр жайлары, ачытуу, кант кайнатуучу, самын кайнатуучу, атыр чыгаруучу, фотография пластинкаларын өндүрүү, мехтерди сактоо, дарылоо сывороткасы — булардын бардыгы жасалма муздатууларды керек кылат. Согуш кемелеринде дары погребдерин белгилүү бир температурада кармап туруу үчүн атайын кеме установкалары орнотулат. Аягында жасалма муз үй турмушунда, бөлмөлүк муздаткычтар жасоо үчүн колдонулат.

Муздатуучу машинанын курулушу эмнеге негизделген? Жылуулук машинасында жылуулук ысыткычтан сууткучка өткөндө жумуш жасалат. Муздатуучу машинада суук пайда болот, б. а. механикалык энергияны же жылуулукту сарп кылуу эсебинен жылуулук кемитилет. Муздатуучу машина төмөнкү негизги бөлүктөрдөн турат: а) б у у л а н т к ы ч, мында суюк зат бууга айланат, курчап турган чөйрөдөн жылуулукту алат да муздатуу пайда кылат; б) к о м п р е с с о р, мында жумушчу нерсенин бууларынын басымы жогоруланат, б. а. аларды кысуу, бул үчүн тыштан жумуш коромжу болот; в) к о н д е н с а т о р, мында муздатуучу суунун таасири астында кысылган буулар суюктукка өтөт. Мындан пайда болгон суюктук жаңыдан буулантычка өтөт.

Жумушчу аралашмасы аммиак болгон машинадагы муздануу процессин көрөлү. Компрессор аммиактын бууларын 12 *кГ/см*² басым астында конденсатордун змеевигине толтурат. Аларды бактын ичинде агып туруучу суу менен муздатышат, бул жылуулукту алуучу жылуу нерсени көрсөтөт. Конденсатордо аммиактын буулары суюктукка айланат. Мындан аммиак экинчи змеевикке — буулантычка өтөт, мындагы басым 3 *кГ/см*² ка жакын. Аммиак бууланып, буулануу үчүн керек болгон жылуулукту буулантычты курчап турган туздуу эритмеден алат, ал — 8° ка жакын болуп суунат. Ичине суу толтурулган металл кутуларын эритмеге чөктүрүп жасалма муз пайда кылышат. Башка максаттар үчүн муздатылган эритме түтүктөр менен муздалуучу үйгө жиберилет.

Ошентип, ***суук нерседен жылуу нерсеге жылуулукту берүүнү*** иш жүзүнө ашыруу үчүн ***тышкы күч менен жумуш жасоого керек.*** Ошондо жылуу нерсе суюк нерседен тартып алынган жылуулукту гана эмес жасалган жумуш натыйжасында пайда болгон жылуулукту да алат.

13-көнүгүү.

1. Кош кыймылдуу буу машинасынын ичиндеги буунун орточо басымы, 2,175 *кГ/см*² ка барабар (2 ге барабар деп алууга мүмкүн). Поршендин диаметри $D = 49$ *см*; поршенди алып баруучу поршендин штогунун диаметри $D_1 = 6{,}5$ *см*. Поршендин жүрүшү $L = 100$ *см*. Пайдалуу аракеттин механикалык коэфициенти $\eta = 0{,}85$. Минутасына 150 айлануу жасаган кезде N машинасынын кубатын табуу керек.

Жообу: 21 ат күчү.

2. Эгерде кайнатууга жарактуу суунун температурасы 15°, 12 атмосфера кезинде кайноо температурасы 186,9° ка барабар болсо, ушул эле температура кезинде кайноонун жашырын жылуулугу 478,2 ге барабар, өтө ысытылган буунун салыштырма жылуулук сыйымдуулугу 0,5 болсо, нефттин жылуулук берүүгө жөндөмдүүлүгү 10 000 болсо, пайдалуу аракеттин коэфициенти 0,75 болсо — басымы 12 атмосфера жана температурасы 280° болгон 800 *кг* ашыра ысытылган бууну алуу үчүн буу казанынын коломтосунун ичинде 1 саатта канчалык өлчөмдөгү нефть күйдүрүүгө туура келет?

Жообу: ≈75 *кг.*

3. Эгерде күйүүнүн продукттары казанды сыртынан гана каптабастан анын ичинен диаметри 1050 *мм* келген ысытуучу бир түтүк аркылуу да өтүп турушса, диаметри 1800 *мм* жана узундугу 7500 *мм* болгон цилиндр казандын ысуу бетин эсептеп чыгаруу керек. Жылуулукту берүүгө казандын каптал бетинин 0,5 жана ысык берүүчү түтүктүн 0,9 бөлүктөрү катышат. (Эмнеликтен толук беттер эмес?)[1].

Жообу: 43,4 *м*².

4. 12 *ат* басым жана буунун температурасы 380° ка барабар болгон кезде иштеп турган пассажир паровозун сынап көргөндө, 1 ат күчүнө 1 саатта 12,5 *кг* буу сарпталганы билинген. Паровоздун пайдалуу аракетинин толук коэфициентин аныктоо керек. (Маалуматтарды мындан мурунку 2-маселеден алгыла.)

5. Эгерде казандын ичинен диаметри 885 *мм* болгон ысытуучу бир түтүк өткөрүлгөн болсо жана эгерде машина 1 ат күчүнө 1 саатта 11,1 *кг* буу

---

[1] № 1—3 маселелер Л. Е. Л е в и н с о н д у н „Машина таануу“ деген китебинен алынган.

сарп кылып, казандын салыштырма буу өндүрүмдүүлүгү $20 \frac{кг}{м^2 саат}$ болсо, диаметри 2200 *мм* жана узундугу 8500 *мм* келген казан кандай кубаты бар бир цилиндрдүү буу машинасын тоюндуруп тура алат? (Казандын бети жылуулук берүүнүн маалуматтарын 3-маселеден алгыла.)

Жообу: ≈70 ат күчү.

6. Эгерде казандын пайдалуу аракетинин коэфициенти 70 процентке барабар болсо, эгерде казан 12 атмосферага барабар болгон басым кезинде каныктыруучу буу берсе, 1 *кг* отунду күйдүрүүдөн келип чыккан буунун килограммдарынын саны менен ченеле турган нефттин буу өндүрүүчүлүгү эмнеге барабар (калган маалуматтарды жогорку маселелерден алгыла)?

Жообу: 10,7.

7. 1 ат күчү — саатта жумуш алуу үчүн төмөнкүдөй шарттуу отун керектелген:

1820-жылда	12 *кг*	1880-жылда	— 1,4 *кг*
1830- „	— 5 „	1900- „	— 1,2 „
1840- „	— 2,5 „	1920- „	— 0,93 „
1860- „	— 2 „	1925- „	— 0,57 „

Буу машиналарынын өркүндөлүшү сайын алардын пайдалуу аракеттеринин коэфициенти жылдар боюнча кандайча жогорулаганын эсептеп чыгаруу керек.

8. Эгерде замбирек огунун салмагы 6,5 *кГ* га барабар, башталгыч ылдамдыгы 588 *м/сек*, дарынын заряды 0,88 *кГ* га барабар, мылтык дарысынын жылуулук берүү жөндөмдүүлүгү $900 \frac{кал}{саат}$ болсо, 1902-жылдагы үлгү боюнча куюлган 76 *мм* дик замбиректин пайдалуу аракетинин коэфициентин тапкыла.

Жообу: ≈34 процент.

9. Эгерде октун массасы 9,6 *г* га барабар болсо, атылып чыгуунун ылдамдыгы $880 \frac{м}{сек}$, дарынын заряды 3,2 *г* дарынын жылуулук чыгаруу жөндөмдүүлүгү 900 болсо, мылтыктын пайдалуу аракетинин коэфициентин тапкыла.

Жообу: 31 процент.

10. Эгерде мылтыктын атылышынын созулушу 0,002 секундага жана замбиректики 0,01 секундага барабар болсо, жогорку маселелерден мылтыктын жана 76 *мм* лик замбиректин кубатын эсептеп чыгаруу керек.

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Буу менен иштөөчү машиналардын кандай түрлөрү бар?
2. Буу машиналарында топка кандайча жасалат? Анын ичинде жылуулуктун коромжу болушу кандай?
3. Золотниги бар поршендүү буу машинасынын аракети кандай?
4. Буу машинасынын өркүндөлүшү кандай багыттарда жүрүп олтурган?
5. Абалдын графиги боюнча газдын кеңейүү жумушун кандайча ченеп болот?
6. Индикатордук диаграмма кандайча келип чыгат жана анын кандай мааниси бар?
7. Буу турбинанын түзүлүшү эмнеге негизделген?
8. Буу машиналарынын пайдалуу аракетинин жылуулук, экономикалык жана механикалык коэфициенттери кандай?
9. Ичинен күйүүчү кыймылдаткычтарды ойлоп чыгаруу эмнеден келип чыгат?
10. Ичинен күйүүчү кыймылдаткычтардын түзүлүү принциптери кандай?

Адабият. Каменщиков, Буу машиналары, буу турбиналары жана ичинен күйүүчү кыймылдаткычтар. Лопатин, Буунун жеңиши. Питман, Оттун жеңиши. Васильев, Дюрнбаум, Биринчи пассажир

поездинин жүз жылдыгы. Безюкин, Темир жол станциясында. Вейс, Ичинен күйүүчү кыймылдаткычтар. Лукашевич, Автомобиль кандайча жасалган. Кузнецов, Азыркы күндөгү самолёт. Джибсон, Улуу ойлоп чыгаруулар. Доминик, Техниканын кереметтүү дүйнөсүндө. Рымкевич, Техниканын гиганттары. Рымкевич, Эмгек жана техника. Бонд, Техниканын баатырлары. Жаратылыштын күчтөрү, Петровскийдин редакциясы алдында „Сеятель“ басмаканасы. Гюнтер Ганс, Техникалык кыялдар. Григорьев, Паровоз. Лебединский, Энергия тууралу элементардуу окуу. Леман, Энергия жана Энтропия, Мостицкий, Колхоздогу машина, проф. Данилевский В. В. Буу машинасын чыгаруучу Ползунов. 1947-ж. 16-бет. Иерусалимский А. М., Автомобиль, 1934, 43-бет. Житков Борис, Трактордун күчү, 1936-ж. 61-бет. Гумелевский Лев, Темир жол, 1943, 354-бет., Ильяшенко С. М., Үндөн ылдамыраак (реактивдик кыймылдаткычтар тууралу), 1947, 48-бет. Инж. Кузнецов Б. В., Машиналар тууралу аңгеме. 1934, 207-бет, Микони, Өтө бийик учуулар, 1933, 112-бет. Шпанов Ник., Джемс Уатт. 1936, 167-бет. Никольский В., Фультон — „пароходдун атасы“, 1937. Данилевский В. В., Орус техникасы. 1947-ж. Гумилевский, Орус инженерлери, 1947. Ильяшенко С. М., Үндөн ылдам. Ляпунов Б., Ракета.

ТИРКЕМЕЛЕР.

1-таблица. **Катуу нерселердин турактуу жылуулуктары.**

Нерселер	Сызыктуу кеңейүүнүн коэфициенти	Салыштырма жылуулук сыйымдуулугу	Эрүү температурасы	Эрүүнүн салыштырма жылуулугу	Нормалдуу басым кезинде кайноо температурасы
Алюминий	0,000024	0,21	658	80	1800
Вольфрам	0,000004	—	3000	—	—
Темир	0,000012	0,11	1520	49	2450
Болот	0,000011	0,11	1300—1400	—	—
Алтын	0,000014	0,03	1064	16	—
Латунь	0,000019	0,09	900 гө жакын	—	—
Жез	0,000017	0,09	1084	42	2300
Никель	0,000013	0,11	1452	60—70	—
Калай	0,000023	0,06	232	14	—
Платина	0,000009	0,03	1764	27	—
Коргошун	0,000029	0,03	327	5	—
Күмүш	0,000019	0,05	961	24	—
Цинк	0,000029	0,094	419	28	—
Айнек	0,000009	0,19	800—1400	—	—
Муз	—	0,5	0	80	—
Парафин	—	—	54	35	300
Нафталин	—	—	80	36	218

2-таблица. **Суюктуктардын турактуу жылуулуктары.**

Нерселер	Көлөмдүк кеңейүүнүн коэфициенти	Салыштырма жылуулук сыйымдуулугу	Эрүү температурасы	Кайноо температурасы	Буу пайда болуунун салыштырма жылуулугу
Спирт	0,001	0,58	—114	78	202
Суу	0,00018	1	0	100	539
Керосин	0,001	0,51	—	~170—260	~75
Сымап	0,00018	0,033	—38,9	357	63
Эфир	0,00166	0,56	—123,6	35	90
Зыгыр май	—	—	—	316	—

0373

3-таблица. Газдардын салыштырма жылуулук сыйымдуулугу.

(Туруктуу басым кезинде.)

Аба	0,24
Кислород	0,22
Азот	0,25
Водород	3,41

4-таблица. Абанын салыштырмалуу нымдуулугунун психрометрдик таблицасы.
(А. Бочинскийдин физика-техникалык справка таблицаларынан алынды № 55.)

Кургак термометрдин көрсөтүшү градус менен	Кургак жана нымдуу термометрдин көрсөтүүлөрүнүн айырмасы										
	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
0	100	81	63	45	28	11					
2	100	84	68	51	35	20					
4	100	85	70	56	42	28	14				
6	100	86	73	60	47	35	23	10			
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7		
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	4	
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	
14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34	26	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	50	45	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

М и с а л. Кургак термометр 22° ту, нымдуусу 16° ту көрсөтсүн дейли, анда алардын көрсөтүүлөрүнүн айырмасы 6° ка барабар болот. Мында салыштырмалуу нымдуулук (процент менен) башында 22° турган сызык жана баш жагында 6° турган мамыча кесишкен жерден табылат; бул учурда салыштырмалуу нымдуулук 54 процентке барабар.

Жооптуу редактор *Р. Ж. Жумаханов*
Чыгышына жооптуу *Ж. Өмуралиев*
Тех. редактор *К. Шаманаев.*
Жооптуу корректор *Р. Гайнанова*

Терүүгө 16/XII-1950-ж. берилди. Басууга 24/III-1951-ж. кол коюлду. Бир басма табакта 49200 тамга. Кагаздын форматы 60×92¹/₁₆. Бардыгы 13,25 басма табак. 10,75 учёттук табак. Д—07803. Заказ № 0373. Тиражы 4080.
Мукабасыз 1 сом 70 т. Мукабасы 80 тыйын.

ТАССР Министрлер Советинин алдындагы Басма жана полиграфия Башкармасынын Татполиграф типографиясы. Казан, Миславский көчөсү, үй № 9.