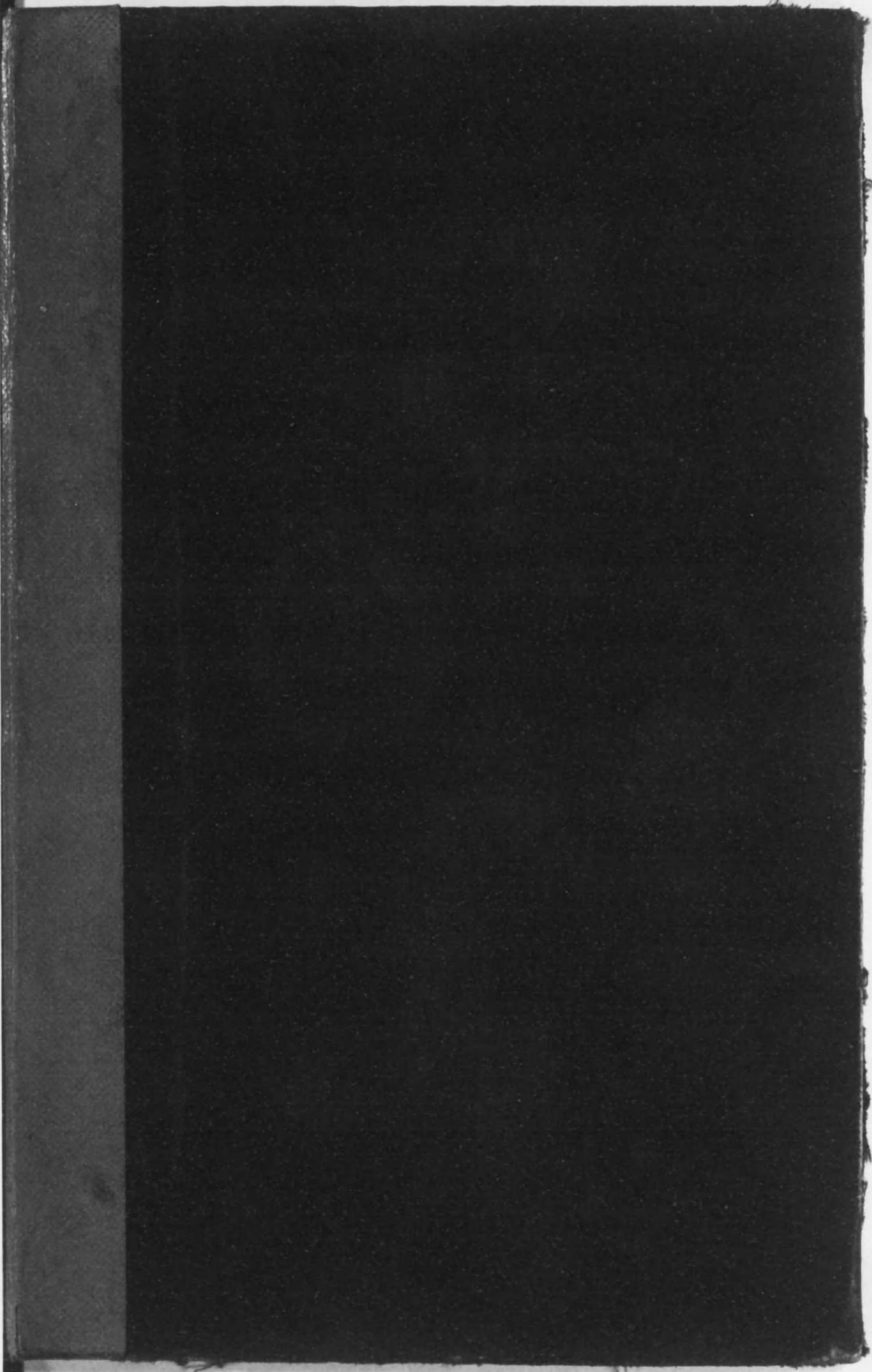
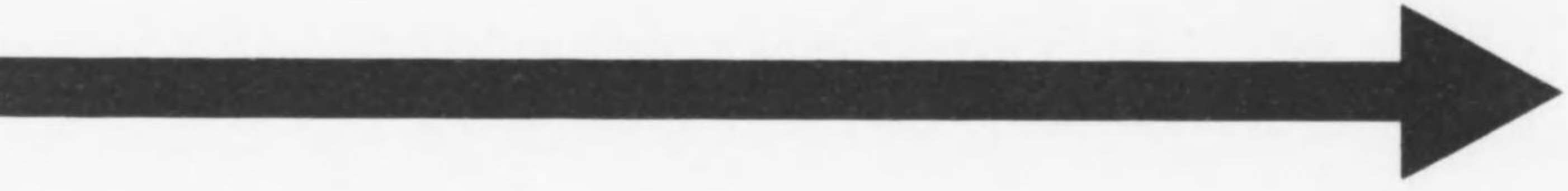


始



46
162



最新
物理學精義

第三高等學校教授

理學士

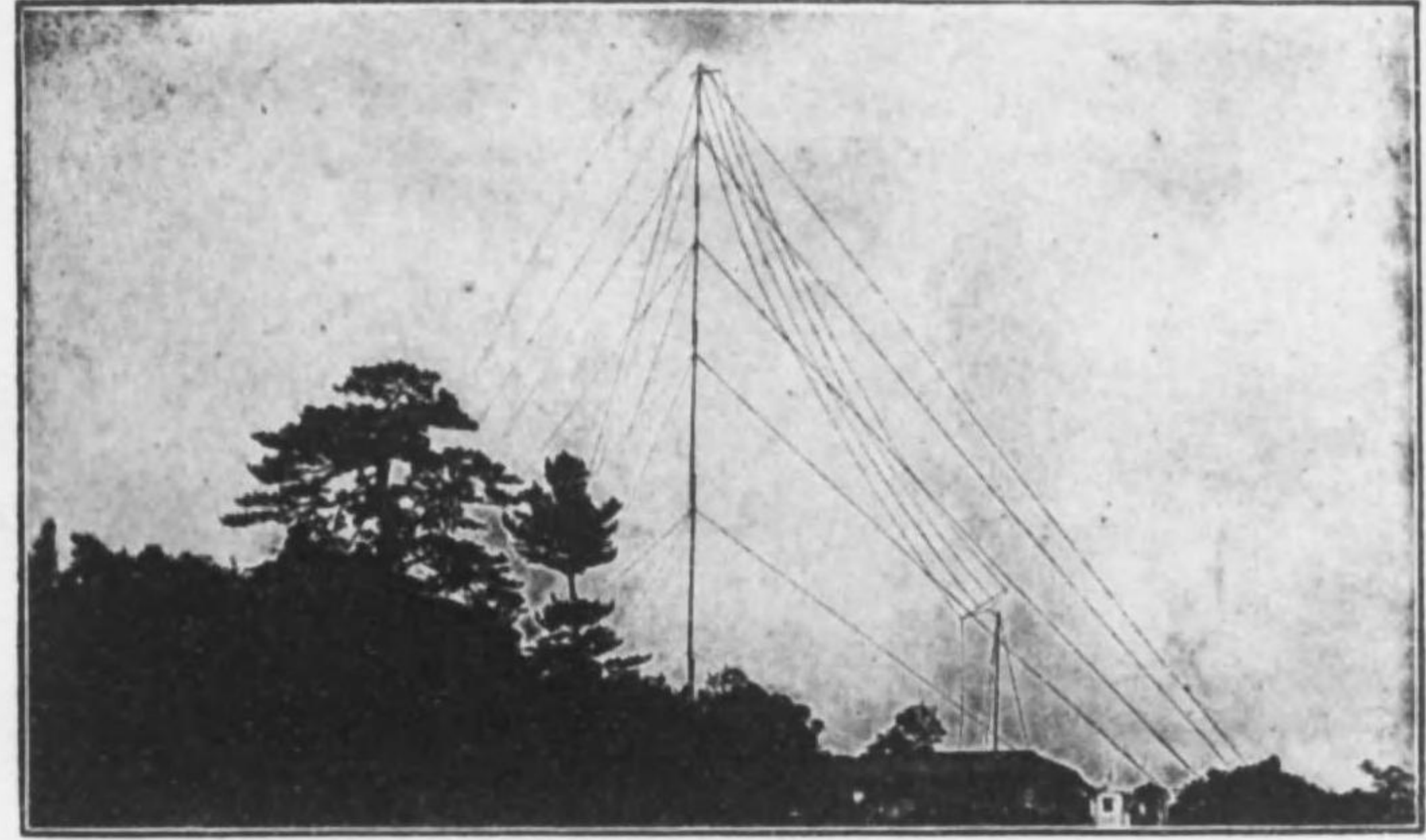
森 總之助著

株式會社

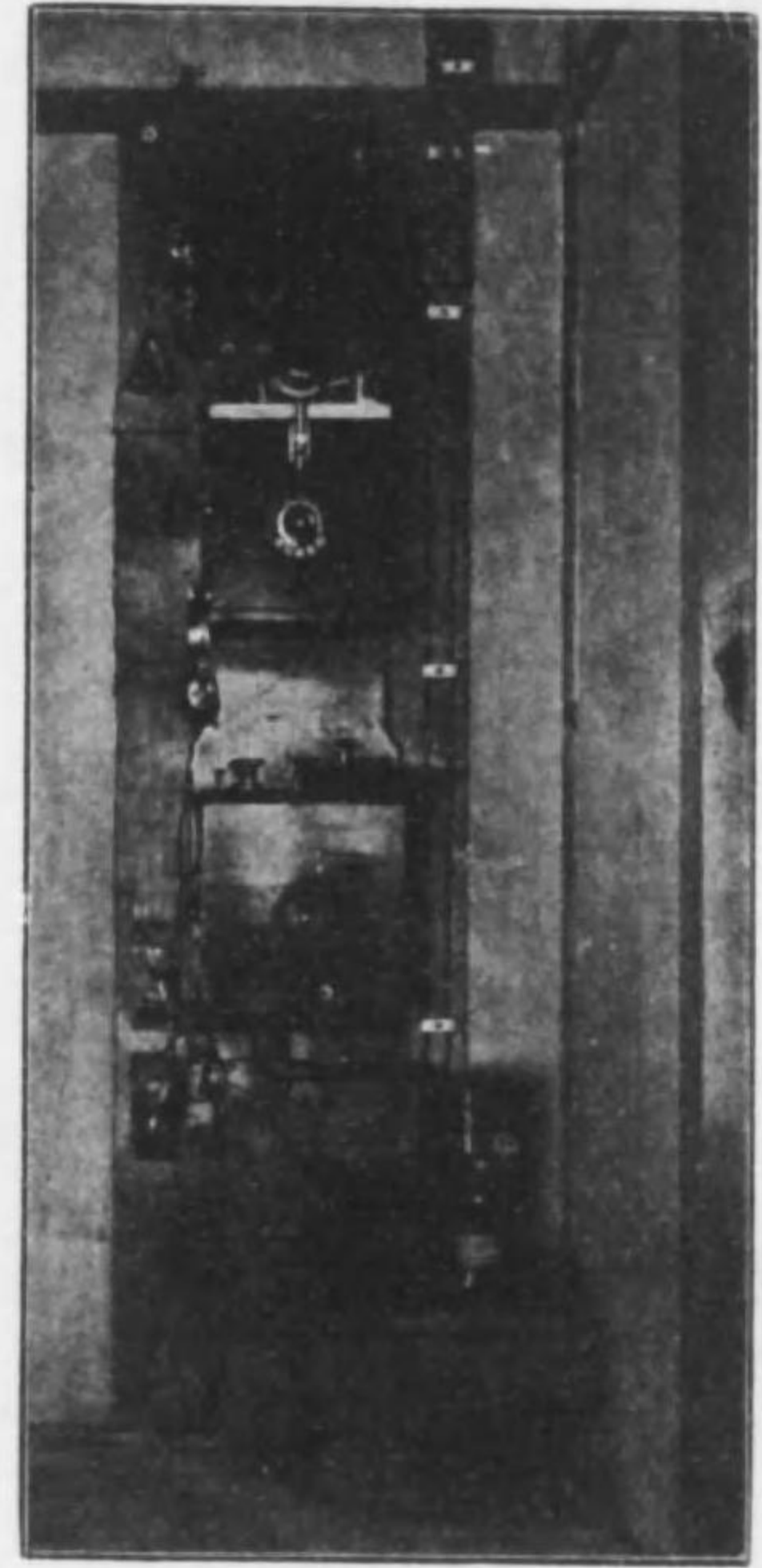
積善館發行



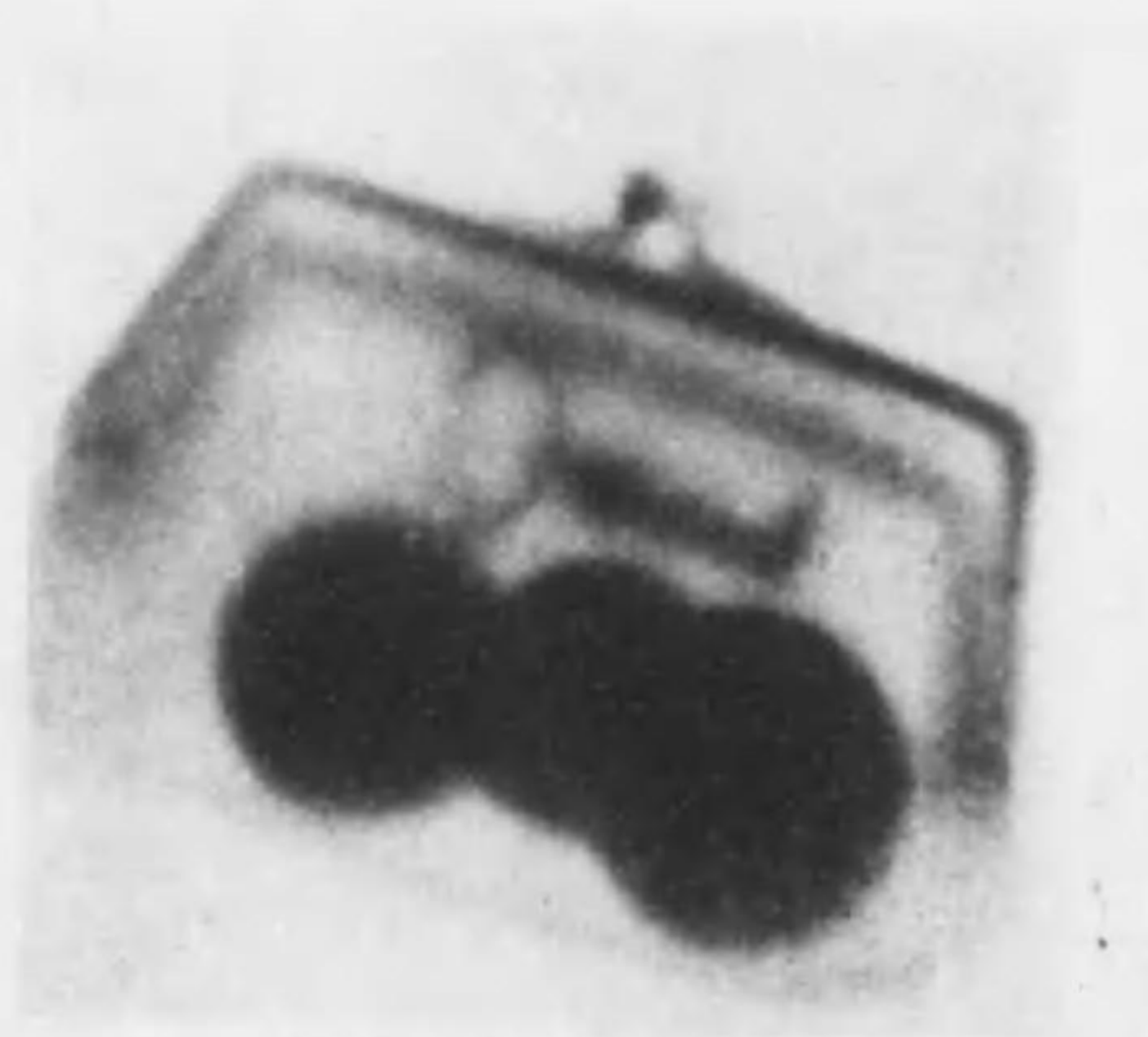
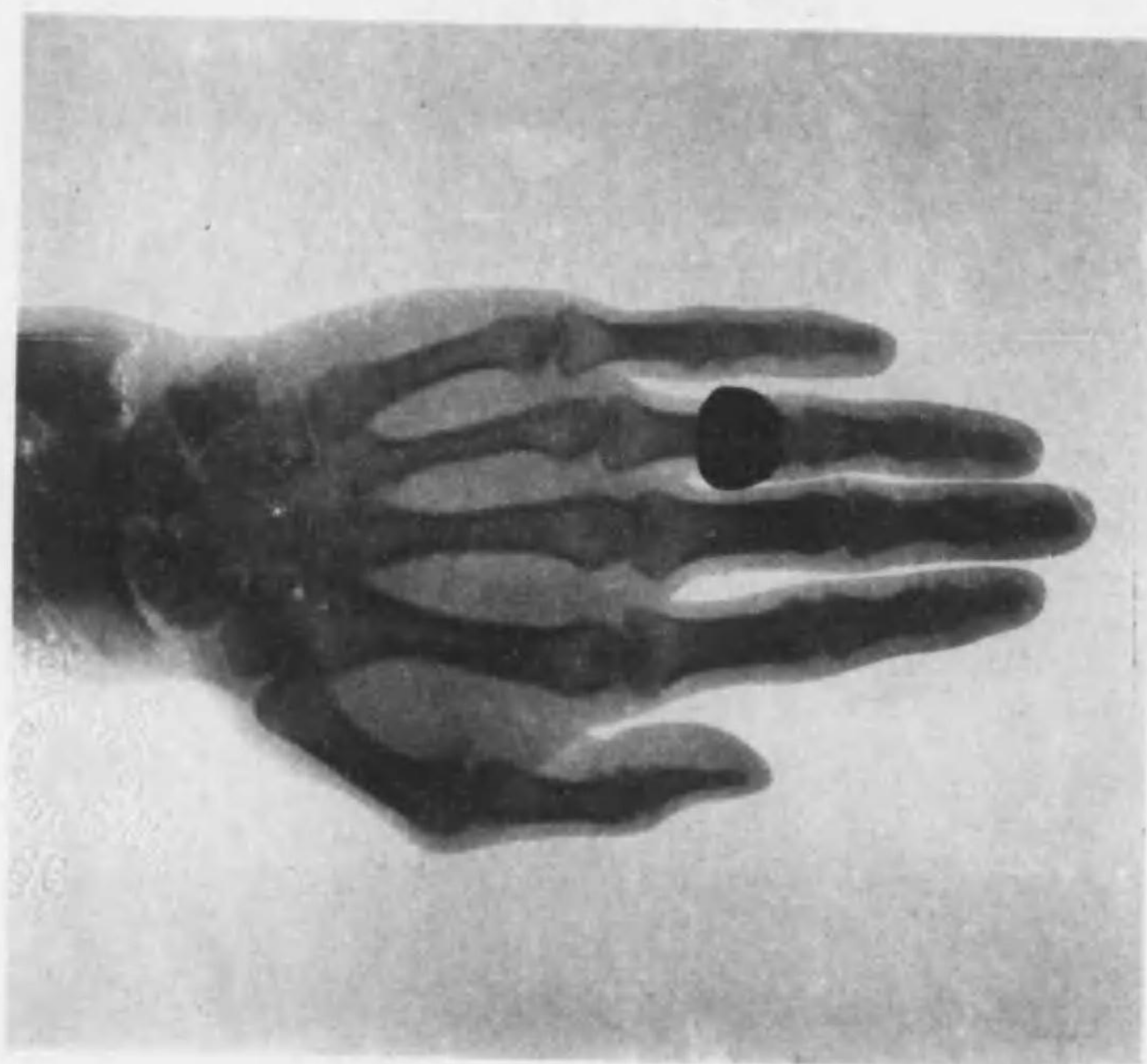
局話電線無羽鳥縣重三



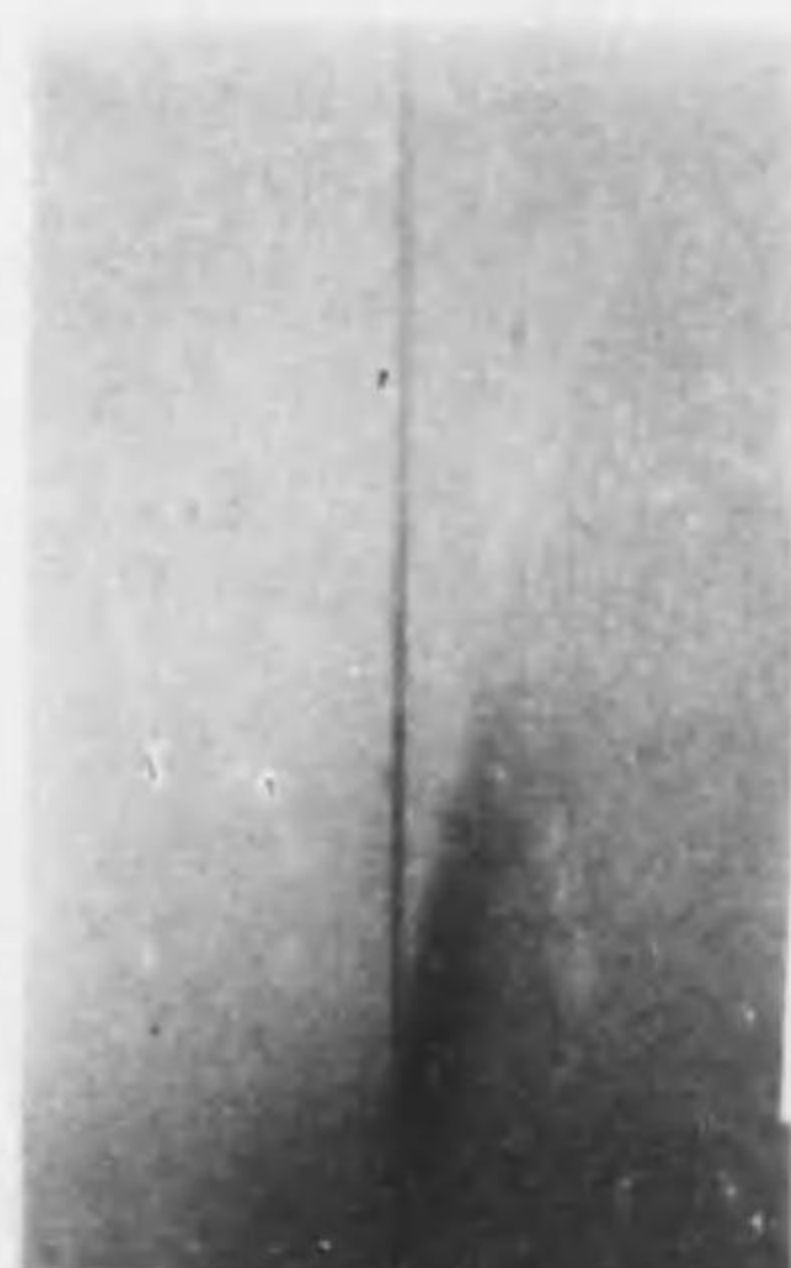
部 内 上 同



真寫るたり撮てに線X



幣貨及鍵に口蓋蝦
線ムウゲラれ入か
真寫るたり撮てに



せ離分てに力磁を線ムウチラ
線rはるす進直に方上・真寫る
。りな線Pはるれ曲に方右

46-162v

緒

言

1

緒 言

I. 著者曩ニ中等物理學教科書ヲ公ニスルヤ幸ニ其存在ヲ認メラレ數多ノ中學校ニ採用セラル、ニ至リシハ著者ノ大ニ光榮トスル所ナルト共ニ其責任モ亦大ナルヲ感ゼズンバアラズ。元來教科書ハ種々ノ條件ニ拘束セラレ且ツ其本旨ガ教課ノ骨子概要ヲ記載スルニ在ルガ故ニ其記述ハ簡約ニシテ動モスレバ不徹底ナルヲ免レズ。本書ハ條項ノ順序ニ該教科書ノ所説ヲ懇切ニ説明シ以テ其主旨ヲ徹底セシメタルモノニシテ本書ヲ以テ該教科書ノ參考書タラシムルヲ目的トス。是レ著者ガ既ニ最新物理學講義ノ著アルニ拘ラズ更ニ本書ヲ編纂シタル所以ナリ。

II. 本書ハ一方ニ於テ亦中等物理學ノ獨習用タラシムルヲ目的トスルガ故ニ、成ル可ク多クノ圖書ヲ挿入シテ説明ヲ助ケ且ツ例題ヲ設ケテ計算問題ノ練習ニ便スルト共ニ卷末ニ入學試験問題ヲ附シテ受験生ノ參考ニ供セリ。

III. 本書ハ上記ノ目的ニ準據シテ中等物理學ノ各教課ニ就キ詳細ナル説明ヲ試ミタルト同時ニ、就中全物理學ノ基礎タル力學ニ關スル諸項ハ特ニ詳説シタリ。又無線電信・無線電話・レントゲン線・電子説等ニ對

スル最新ノ事項ニ關シテハ本書ノ程度ニ於テ其概要ヲ記述シタリ。尙ホ本書中*印ヲ附シタル節ハ其程度稍高キガ故ニ學生諸君ハ之ヲ省畧シテ可ナリ。

IV. 本書附録ノ無線電信ノ寫眞ハ友人大阪商船會社技師工學士小嶋精太郎君及ビはるびん丸無線電信局長鎌田明雄君又鳥羽無線電信局ノ寫眞ハ該局員諸氏ノ好意ニ基キテ掲載スルコトヲ得タルモノニシテ茲ニ是等ノ諸君ニ對シテ深ク感謝ノ意ヲ表ス。

V. 著者ノ淺學菲才ナル勿論本書ニ數多ノ謬見ナキヲ保セズ、又本書ニ改善ノ餘地頗ル多キヲ信ズ、讀者諸君ニシテ幸ニ指摘ノ勞ヲ惜ム事ナクバ獨リ著者ノ幸福ノミニ非ザルナリ。

歐洲戰亂ニ誘發セラレテ識者ノ漸ク科學的研究ガ富國ノ基礎タルヲ自覺シ得ルニ到リタル現時ニ於テ、若シ本書ガ本邦青年ノ物理學學習ニ幾分ノ貢獻ヲ爲スヲ得バ著者ノ本懐ナリ。

大正五年十一月上旬

著 者 識 語

最新物理學精義目次

總 論

§ 1	物理學	1
§ 2	物理學智識ノ根源	4
§ 3	物理學ノ方法	5
§ 4	假説及ビ理論	7
§ 5	單位	8
§ 6	時ノ單位	9
§ 7	長サノ單位	11
§ 8	面積及ビ體積ノ單位	12
§ 9	質量ノ單位	15
§ 10	絕對單位	16
§ 11	靜止及ビ運動	17
§ 12	速サ及ビ速度	18
§ 13	比例	20
§ 14	圖示法	25

第一編 物 性

第一章 物性總説

§ 1	物質ノ基本性質	28
§ 2	慣性及ビ力	30
§ 3	重力	33
§ 4	質量	34
§ 5	密度及ビ比重	37

第二章 分子の現象

§ 1	物質ノ三態	41
§ 2	物質ノ組織	42
§ 3	分子力	43
§ 4	彈性	46
§ 5	彈性ノ際限	50

§ 6	ふっくノ定律	52
§ 7	彈性率	53
§ 8	溶解	55
§ 9	凝着及ビ吸着	57
§ 10	擴散・滲透	57
§ 11	表面張力	59
§ 12	毛管現象	63

第二編 力ノ釣合

第一章 剛 體

§ 1	作用及ビ反作用	66
§ 2	力ノ釣合	69
§ 3	力ノ中斜法	70
§ 4	力ノ組合セ	71
§ 5	力ノ分解	74
§ 6	剛體ニ作用スル力	78
§ 7	剛體ニ働ク力ノ組合セ	81
§ 8	力ノ能率	81
§ 9	挺子	84
§ 10	§ 11 平行力ノ合力	85
§ 12	偶力	89
§ 13	重心	91
§ 14	物體ノ釣合	98
§ 15	釣合ノ三種	99
§ 16	安定度	102
§ 17	天秤	104
§ 18	桿秤	105
§ 19	壺秤	108

第二章 液 體

§ 1	液體	110
-----	----	-----

2	壓力	110
3	液體ノ壓力	112
4	液體內ノ壓力	114
5	壓力ノ傳達	114
6	液體ノ自由表面	118
7	水準器	119
8-9	重キ液體內ノ壓力	119
10	底壓	123
11	側壓	125
12	連通管	125
13	あきめですノ原理	127
14	浮體	129
15	浮體ノ釣合	133
16	比重ノ測定	135

第三章 氣體

1	氣體	141
2	空氣ノ重サ	142
3	大氣ノ壓力	143
4	とりちみりノ實驗	146
5	氣壓計	149
6	空氣ノ浮力	152
7	ぼいるノ定律	155
8	氣壓ニヨル高サノ測定	159
9	側壓計	161
10	さいふなん	163
11	水ぼんぶ	164
12	空氣ぼんぶ	166
13	水銀ぼんぶ	169

第三編 熱

第一章 溫度及ヒ熱

1	溫度及ヒ熱	173
2	寒暖計	175
3	最高及ヒ最低寒暖計	178

4	熱量ノ單位	180
5	熱容量・比熱	181
6	混合法	183

第二章 熱ノ移動

1	熱ノ移動	189
2	熱ノ傳導	189
3*	熱傳導率	191
4	熱ノ對流	193
5	球狀態	194
6	輻射	195

第三章 膨脹

1	膨脹	200
2	線膨脹係數	202
3	膨脹ノ應用	209
4	體膨脹係數	211
5	液體ノ膨脹	214
6	水ノ膨脹	218
7	氣體ノ膨脹	219
8	氣體ノ定律	223
9	混合氣體	227

第四章 融解及ヒ凝固

1	狀態ノ變化	229
2	融解及ヒ凝固	229
3	過融解	235
4	凝固ニ伴フ體積ノ變化	237
5	融解ニ及ボス壓力ノ影響	237
6	寒劑	239

第五章 氣化及ヒ液化

1	氣化及ヒ液化	241
2	真空中ノ蒸發	241
3	空氣中ノ蒸發	245
4	沸騰	247

25	氣化熱	251
26	液化	256
27	溫度	262
28	露點	265
29	溫度計	267

第四編 運動及ピ力

第一章 速度及ピ加速度

1	速サ及ピ速度	271
2	速度ノ組合セ及ピ分解	272
3	速サノ圖示	277
4	加速度	278
5	常加速度直線運動	280

第二章 運動ノ定律

1	力ト加速度トノ關係	286
2	力ノ絶對單位	289
3	重力ノ加速度	292
4	力ノ獨立ノ原理	266
5	運動量及ピ力積	298
6	作用及ピ反作用	302
7	慣性抵抗	305
8	運動ノ定律	307

第三章 物體ノ運動

1	落體ノ運動	309
2	斜面上ノ運動	316
3	あつとうどノ器械	317
4	拋射體	318
5	圓運動	322
6	遠心力	326
7	だらんべるノ原理	327
8	單絛運動	333
9	振子	337
10	重力ハ物質ノ種類ニ關ヒズ	341

11	振子時計	342
12	萬力引力	343

第四章 運動ニ對スル抵抗

1	摩擦	348
2	空氣ノ抵抗	354
3	水ノ抵抗	357
4	風壓	359
5	動壓力	364

第四章 ねれるぎ一

1	仕事	369
2	仕事ノ單位	370
3	仕事ノ二種	373
4	工率	378
5	ねれるぎ一	380
6	仕事トねれるぎ一	385
7	ねれるぎ一ノ變遷	388
8	ねれるぎ一不減律	391

第五章 單一機械

1	仕事ノ原理	397
2	槌子	398
3	軸車	402
4	滑車	404
5	斜面	406
6	楔	409
7	れち	410

第六章 熱トねれるぎ一

1	熱ねれるぎ一	414
2	熱ノ仕事當量	416
3	膨脹ニ伴フ氣體ノ冷却	419
4	熱ノ本性	423
5	蒸汽機關	424
6	蒸汽タービン	424

7 熱氣機関428
 8 瓦斯機関429

第七章

1 弾性振動430
 2 波動432
 3 横波・縦波434
 4 水波439
 5 波ノ組合セ441
 6 定在波442

第五編 音

第一章 音響

1 音響445
 2 音波ノ速度447
 3 音波ノ反射及ビ屈折450
 4 噪音及ビ樂音452
 5 樂音ノ三要452
 6 さいれん454
 7 音階456
 8 音波ノ干涉459
 9 唸り461
 10 共鳴463

第二章 發音體

1 絃ノ横振動466
 2 絃ノ倍音470
 3 空氣柱ノ振動473
 4 棒ノ縱振動476
 5 棒ノ横振動478
 6 音叉ノ振動479
 7 柱ノ振動480
 8 舌481
 9 聲帯482
 10 蓄音機482

第六編 光

第一章 光ノ直進

1 光484
 2 光ノ直進485
 3 影487
 4 光ノ傳播488
 5 光ノ強サ490
 6 照度491
 7 光度493
 8 光度ノ測定495

第二章 光ノ反射

1 反射ノ定律498
 2 亂反射500
 3 平面鏡501
 4 平面鏡ノ視野503
 5 竊像504
 6 凸面鏡506
 7 凹面鏡511
 8 球面鏡ノ作ル物體ノ像515
 9* 球面鏡ノ視野520
 10 球面收差521

第三章 光ノ屈折

1 屈折ノ定律523
 2 屈折光線ノ逆行527
 3 全反射529
 4 屈折像532
 5 大氣中ノ屈折534
 6 ぶりすむ536
 7 れんす538
 8 凸れんす539
 9 凹れんす545
 10 光心548

11 副軸549
 12 像ノ作圖法551
 13 れんすノ球面收差552
 14* れんすノ視野553

第四章 光學器械

1 幻燈器械558
 2 寫眞器械559
 3 眼560
 4 實鏡563
 5 光感ノ持續564
 6 眼ノ調節566
 7 遠眼鏡571
 8 顯微鏡573
 9 望遠鏡575
 10 かりれんすノ望遠鏡578

第五章 光ノ分散

1 光ノ分散582
 2 白光ノ合成584
 3 餘色590
 4 色收差591
 5 虹591
 6 純青すべくとる600
 7 ふらうんぼーふる線602
 8 速黄すべくとる603
 9 輝線すべくとる605
 10 吸收すべくとる607
 11 ふらうんぼーふる線説明608
 12 物體ノ色611
 13 すべくとる各部ノ作用618
 14 熱線620
 15 輻射能及ビ吸收率622
 16* 輻射ト温度トノ關係624
 17 發光及ビ燐光633

第六章 光波

1 光ノ本性635
 2 光波ノ反射638
 3 光波ノ屈折639
 4 光波ノ干涉641
 5 光ノ廻折644
 6 光ノ偏り653

第七編 磁氣電氣

第一章 磁石

1 磁石及ビ磁氣657
 2 磁極間ノ作用688
 3 磁氣量659
 4 くーろんノ定律661
 5 磁氣ノ感應662
 6 一時磁石及ビ永久磁石664
 7 磁性體665
 8 磁場666
 9 磁力線667
 10 磁場ノ圖670
 11 磁石ノ製法671
 12 分子磁石ノ説672
 13 温度ノ影響625
 14 消磁力676
 15 地磁氣679
 16 地磁氣ノ變化684
 17 羅針盤686

第二章 靜電氣

1 電氣688
 2 金箔驗電器690
 3 電氣ノ傳導690
 4 二種ノ電氣693
 5 帯電列694
 6 電氣量695
 7 くーろんノ定律696

§ 8	電氣ノ配布	697
§ 9	電氣ノ感應	698
§ 10	電氣ノ理論	701
§ 11	自由及ビ拘束電氣	703
§ 12	電氣益	704
§ 13	ういむしゆるすとノ起電機	705
§ 14	放電	708
§ 15	尖端放電	711
§ 16	空中電氣	713
§ 17	電場	715
§ 18	媒達説	718
§ 19	重位	719
§ 20	電位	720
§ 21	導線ノ電位	723
§ 22	球ノ電位	725
§ 23	球球ノ電位	726
§ 24	電氣容量	727
§ 25	電氣ノ配布	728
§ 26	電位ノ測定	729
§ 27	蓄電器	731
第三章 電流及ビ電池		
§ 1	電流	737
§ 2	接觸電氣	740
§ 3	ぼるたノ電池	743
§ 4	電池ノ理論	748
§ 5	局部電流	752
§ 6	電池ノ分極	754
§ 7	種々ノ電池	755
第四章 電流ノ化學作用		
§ 1	電解	761
§ 2	電解ノ定律	763
§ 3	電解ノ應用	767
§ 4	分極電流	768
§ 5	蓄電池	769

第五章 おーむノ定律		
§ 1	おーむノ定律	772
§ 2	抵抗	775
§ 3	抵抗ノ連結	778
§ 4	輪道ニ於ケル電位降下	781
§ 5	電池ノ連結	785
第六章 電流ノ熱作用		
§ 1	じゅーるノ定律	792
§ 2	白熱燈	725
§ 3	弧燈	798
§ 4	熱電流	799
第七章 電流ノ磁氣作用		
§ 1	電流ノ磁場	803
§ 2	まいる	805
§ 3	電流計	807
§ 4	あんべあ計	810
§ 5	ぼると計	811
§ 6	電磁石	812
§ 7	電鈴	813
§ 8	電信機	814
§ 9	電磁力	819
§ 10	電流相互ノ作用	811
第八章 感應電流		
§ 1	感應電流	823
§ 2	れんつノ定律	825
§ 3	感應電動力	826
§ 4	自己感應	831
§ 5	發電機	833
§ 6	直流機	835
§ 7	交流機	838
§ 8	發電機ノ工率	840
§ 9	發動機	841
§ 10	變壓器	842

§ 11	電力輸送	843
§ 12	感應まいる	845
§ 13	電話機	848
第九章 電氣振動及ビ電波		
§ 1	電氣振動	851
§ 2	電磁波	854
§ 3	へまつノ實驗	856
§ 4	檢波器	857
§ 5	無線電信	859
§ 6	無線電話	865

第十章 真空放電及ビ放射能		
§ 1	真空放電	868
§ 2	陰極線	870
§ 3	電子	874
§ 4	陽極線	875
§ 5	れんとげん線	876
§ 6*	Cowlidge 管	881
§ 7	放射能	883
§ 8	放射物質ノ變脱	887

附 録

諸官立學校入學試験問題及解



最新物理學精義

§ 1 物理學 Physics.

石塊・水滴・木片等ノ如ク一定ノ場所即チ空間 Space ヲ占メ、吾人ガ眼ニテ見、手ニ觸ル、等一般ニ感覺 Senses ニ訴ヘテ其存在ヲ認ムルモノヲ物體 Body ト云ヒ、種々ノ物體ヲ構成セル實質ヲ總稱シテ物質 Matter ト云フ。故ニ、石塊・水滴・木片等ハ何レモ物質ノ一塊片ナルヲ知ルナリ。

⊕ 物質ト云フ語ヲ上ニ記セルト異ナル意義ニ用フル場合アリ。例ヘバ、金塊甲・乙ト銀塊丙・丁トハ共ニ物質 Matter ナルモ、甲・乙ハ金、丙・丁ハ銀ト云フ物質 Substance ヨリ成ル物體ナルガ如シ。斯ノ如ク、英語ノ Matter 及ビ Substance ナ共ニ物質ト譯スルハ不便ナルモ、其何レチ意味スルカハ前後ノ關係ニ依リテ明カナル可シ。

吾人ノ周圍ニ散在スル物體ノ集團ヲ總稱シテ物質界 Material World ト云フ。物質界ハ決シテ靜止不動ノモノニ非ズシテ時々刻々絶エズ變化スルヲ常トス、例ヘバ地球ノ廻轉・月ノ運行・電雷・風雲・薪炭ノ燃燒・動植物ノ生長等ノ如シ。是等ノ變化ヲ現象 Phenomena ト云ヒ、物質界ト之ニ伴フ現象トヲ自然 Nature ト云フ。

自然ヲ研究スル學問ヲ總稱シテ**自然科學** Natural scienceト云フ。物理學ノ英語**Physics**ハ希臘語ノ自然(Physis)ト云フ語源ヨリ發シタルモノニシテ、^{アリストートル}**Aristoteles**時代ヨリ十八世紀ノ後半頃マデハ物理學ハ其字義ノ示ス如ク自然ノ全體ニ關スル學問ナリキ。然レドモ學問ノ進歩ト共ニ其内容豊富トナリ、生物ニ關スル**有機界** Organic Worldノ現象ハ**生物學** Biologyニ於テ研究シ、物理學ハ生命ヲ有セザル**無機界** Inorganic Worldノ現象ノ一部ヲ研究スル事トナレリ。物理學ハ一般ニ物質及ビえねるぎ一**Energy**ニ關スル學問ナリト概言シ得ルモ、其内容ヲ大別スレバ**力學** Dynamics, **物性** Properties of matter, **熱** Heat, **音** Sound, **光** Light, **電氣磁氣** Electricity and magnetism等ナリ。

固無機界ノ自然科學ニハ物理學ノ外ニ**化學** Chemistry, **星學** Astronomy, **地質學** Geology, **礦物學** Mineralogy, **地震學** Seismology, **地球物理學** Geophysics, **天文物理學** Astrophysics等數多ノ分科アリ。是等ノ學科中ニハ互ニ相關スル所アルモ、就中物理學ト化學トハ其間ニ密接ノ關係アリテ判然タル區別ヲ爲シ難キ場合アリ。通常化學ハ物質ノ實質ヲ變化スル**化學的變化** Chemical changeニ就テ研究シ、物理學ハ物質ノ變化ヲ伴ハザル**物理學的變化** Physical changeニ就テ研究ストセリ。然レドモ、近時長足ノ進歩ヲ爲セル**物理化學** Physical chemistryニ於テハ化學的現象ヲ物理學的ニ研究スルガ故ニ物理學及ビ化學ヲ上記ノ如ク簡單ニ區別シ難ハザルニ至レリ。殊ニ、らぢうむノ發見ニ依リテ啓發セラレタル**放射能** Radioactivityノ研究ニ依リテ、原子ノ崩壞ニ基キ一ノ元素ガ他ノ元素

ニ變遷スルノ新事實ヲ見出し、以テ從來ノ所謂物理學的及ビ化學的變化ヲ超越スルニ至レリ。斯ノ如ク、物理學及ビ化學ガ密接ナル關係ヲ有スルハ其研究事項ガ共ニ物質及ビえねるぎ一ナルガ爲メナリ。

吾人ガ物理學ヲ研究スルハ一ハ自然ノ現象ニ對スル吾人ノ智欲ヲ満足セシメ以テ人智ヲ啓發スルト共ニ、又之ヲ應用シテ日常生活上ノ便益ヲ増進センガ爲メナリ、換言スレバ一ハ純正ノ學問トシテ真理ヲ探究シ、一ハ之ヲ應用スルニ在リ。今日文明ノ利器ト稱セラル、汽船・汽車・電車・電信・電話・電燈・飛行機等ハ何レモ物理學研究ノ賜ニ外ナラズ。

茲ニ吾人ノ深ク注意ス可キハ、物理學或ハ一般ニ科學上ノ研究ニシテ一見何等ノ應用ナキガ如キ事柄ニシテ其後往々學術上及ビ應用上ニ重大ナル貢獻ヲ爲ス事アルノ一事ナリ。例ヘバ、^{ガルバニ}Galvaniノ蛙ノ脚ノ電氣作用ニ關スル實驗ガ電池ノ發見ヲ誘發シ、電池ノ發見ニ依リテ電流ノ作用ニ關スル研究ヲ促シ遂ニ今日ノ電氣工學ノ隆盛ヲ見ルニ至リシガ如キハ當時何人ト雖モ夢想シ能ハザリシ所ナル可シ。又 ^{レントゲン}Röntgenガ暗室内ニ於テ真空管ノ放電ニ關スル研究ノ結果所謂レントゲン線ヲ發見シタルトキ、此發見ガ後年ニ於ケルらぢうむ發見ノ素因トナリテ**電子論** Electron theoryニ拔ク可カラザルノ根據ヲ與ヘ電氣物質觀ニ革新ヲ促スト共ニ、更ニ近時該線ノ反射ヲ利用シテ結晶體內ニ於ケル分子ノ配列ヲ知ルニ至リシガ如キハ氏自身ト雖モ恐

ラク豫想シ能ハザリシ所ナラン。斯ノ如ク、純正科學的ノ研究ガ實ニ吾人ノ豫想シ能ハザル方面ニ影響ヲ及ボシ以テ學術上及ビ應用上ニ重大ナル貢獻ヲ爲スノ一事ハ吾人ノ深ク考フ可キ所ナリトス。

§ 2 **物理學的智識ノ根源** Sources of physical knowledge.

吾人ガ物理學ノ智識ヲ得ルニ三種ノ根源アリ。第一ハ過去及ビ現在ノ學者ノ研究ノ結果ニシテ書籍又ハ雜誌等ニ記載セルモノ、第二ハ自己ノ考察及ビ推理ノ結果ニシテ、第三ハ自己ノ經驗 Experience ナリ。

物理學ヲ學ブニハ先ヅ書籍ニ就キテ大體ノ智識ヲ得ルヲ要スル事勿論ナリ。然レドモ物理學研究ノ目的ハ自然現象ニ在ルガ故ニ、該現象ニ對シテ正確ナル斷定ヲ下シ更ニ之ニ關スル新智識ヲ得ルニハ書籍ニ就キテ習得スルノミニテハ不十分ニシテ進ンデ第二及ビ第三ノ方法ニ依ルヲ必要トス。吾人ガ既知ノ材料ヲ基礎トシ理性ニ訴ヘテ推理ヲ爲ス唯一ノ手段トシテハ專ラ數學ヲ利用シ根據ナキ臆斷ヲ避クルヲ要ス。而シテ推理ニ依リテ得タル結果ノ正シキヤ否ヤハ其結果ガ吾人ノ經驗ト一致スルヤ否ヤニ依リテ定メ得ルナリ。故ニ、經驗ハ吾人ガ物理學ノ智識ヲ得ルニ最モ確實ナル根源ナルヲ知ル可シ。吾人ハ觀察 Observation 及ビ實驗 Experiment ニ依リテ經驗ヲ得ルナリ。觀察ハ自然界ニ起ル現象ニ就キテ研究スルノ謂ニシテ、吾

人ガ特別ノ装置ヲ用ヒテ現象ヲ起シ之ニ就キテ研究スルヲ實驗ト云フ。例ヘバ、吾人ハ日蝕・電雷・虹等ニ就キテ觀察シ、蔭影・電氣火花及ビ太陽ヲ背ニシテ霧ヲ吹き人工ノ虹ヲ作ル等ノ實驗ヲ爲シテ經驗ヲ得ルガ如シ。

§ 3 **物理學ノ方法** Method of physics.

物理的現象ヲ研究スルニハ下記ノ順序ニ從フヲ常トス先ヅ第一ニ、目的トセル現象ニ關係ヲ有スル素因即チ物理量ヲ實驗ニ依リテ定ムルヲ要ス、之ヲ**定性的 Qualitative**ノ研究ト云フ。例ヘバ、物體ノ落下ヲ研究スル場合ニ於テ落下ノ方向ヲ吟味シ、更ニ落下體ノ速サ及ビ落下ノ距離ガ時間ノ經過スルト共ニ漸次ニ増加スル事及ビ重サ或ハ品質ヲ異ニスル種々ノ物體ガ一定ノ高サヲ降下スル時間ガ略々同一ナル事ヲ實驗ニ據リテ確ムル等ハ定性的ノ研究ナリ。

第二ニ、目的トセル現象ニ關聯セル諸種ノ物理量ヲ**測定 Measure**シテ其間ニ存スル關係ヲ見出スヲ要ス、之ヲ**定量的 Quantitative**ノ研究ト云フ。例ヘバ落下體ノ運動ニ於テ、降下ノ時間ト速サ及ビ降下距離トヲ測定シテ其間ニ存スル關係ヲ求ムルハ定量的ノ研究ナリ。

第三ニ、測定シタル物理量間ノ關係ヲ最モ簡單ニ示ス爲ニ**實驗式 Empirical equation**ヲ見出スヲ要ス。例ヘバ、上例ニ於テ、落下體ガ靜止ノ有様ヨリ降下スル場合ニハ速サ

v ト時間 t 及ビ落下距離 s ト時間 t トノ關係ハ次ノ實驗式ニテ與ヘラル

$$v=at ; s=bt^2$$

茲ニ a, b ハ實驗ヲ行フ地上ノ場所ニ特有ナル常數ナリ。上式ハ吾人ガ測定シタル實際ノ時間ニ就キテ適合スルノミナラズ、測定ヲ行ハザル任意ノ時間及ビ將來其場所ニ於テ行フ落下體ニ就キテ恐ラク適合ス可シト斷定スルナリ。

斯ノ如ク、特別ノ場合ニ就キテ見出シタル結論ヲ擴張シテ狀況ノ等シキ他ノ場合ニモ適合ス可シト斷定スルヲ歸納法 Induction ト云フ。

最後ニ、目的トセル現象ト他ノ同様ノ現象トヲ比較シテ是等ノ諸現象ニ通ズル普遍的ノ關係ヲ見出スヲ要ス、之ヲ定律 Law ト云フ。落下體ノ場合ニ於テハ、後章ニ詳述スル如ク、總テノ運動體ニ對シテ運動ノ源因ナル力 Force ト其結果トニ關スル普遍的ノ關係ヲ見出シ得タリ、之ヲ運動ノ定律 Laws of motion ト云フ。而シテ物體ノ落下スルハ之ニ重力 Gravity ノ作用スルニ因ル事ヲ知リ得ルニ至レリ。

吾人ハ數多ノ現象ヲ成ル可ク少數ノ簡單ナル基本定律ニ歸着セシメン事ヲ勉ムルナリ。而シテ、或ル現象ヲ基本定律ヨリ導キ得レバ通常其現象ヲ説明シ得タリト云フ。例ヘバ、落下體ノ運動ハ運動ノ定律ノ必然ノ結果トシテ導キ得ルガ故ニ其現象ハ説明セラレタルナリ。斯ノ如ク、一

ノ定律ヨリ更ニ他ノ結果ヲ導ク事ヲ演繹法 Deduction ト云フ。演繹ノ方法ガ論理上正シキ場合ニモ其結果ノ正否ハ實驗ニ矛盾セザルヤ否ヤニ依リテ確定スルナリ。

§ 4 假設及ビ理論 Hypothesis and theory.

吾人ハ定性的及ビ定量的ノ研究ニ依リテ物理的現象ノ真相ヲ明カニシ且ツ此現象ト他ノ類似ノ現象トノ關係ヲ知リ得ルノミニテ満足スルモノニ非ズ、更ニ進ンデ此現象ガ何故ニ起ルカヲ知ラントスルノ理性ヲ有ス。例ヘバ、往古電雷ヲ怪獸ノ働キナリトシテ説明シ、又現今光ヲ波動ナリトシ、熱ヲ物體ノ分子運動ナリト考フルガ如シ。斯ノ如ク、現象ノ理由ヲ説明スルガ爲メニ吾人ノ腦裡ニ設クル假像ヲ假設ト云フ。此假像即チ假設ヲ前提トシ通常數學ノ援ケヲ藉リテ演繹セル結果ヲ實驗ニ徵シテ其正否ヲ檢スルハ物理學ノ常用手段ナリ。故ニ假設ハ吾人ノ理性ヲ満足スルノミナラズ、進ンデ新實驗ヲ爲スノ方針ヲ與フルヲ知ル可シ。假設ガ多クノ現象ヲ説明スルニ足リ且ツ之ヨリ演繹セル結果ガ實驗ニ徵シテ矛盾セザル時ニハ吾人ハ益々之ヲ信賴シテ之ヲ理論ト云フ、光ノ波動論・電子論等是ナリ。

吾人ハ元來感覺ノ援ケヲ藉リ實驗及ビ觀察ヲ用ヒテ現象ヲ研究スルモノナルガ故ニ、其現象ノ吾人ニ表現セラレル部分ノミヲ知リ得ルニ止マリ決シテ其現象ノ真相ノ全體ヲ知リ盡ス事能ハズ。故ニ現今ノ所謂理論ナルモノモ

決シテ永遠ノ真理ニ非ズシテ、吾人ハ現時吾人ノ知リ得タル現象ヲ統一スル爲メニ方便トシテ之ヲ利用スルニ過ギズ。若シ新事實ヲ發見シ從來ノ理論ニテ之ヲ抱容スルニ不十分ナルトキハ之ヲ修正シ或ハ理論ノ革新ヲ要スル事アリ。例ヘバ、らちうむ其他放射物質ノ發見ニ依リテ原子ノ崩壊スル事ヲ知リ原子ハ分割ス可カラズト云フ從來ノ原子論ニ根本的ノ革新ヲ促シタルガ如シ。斯ノ如ク、實驗ニ依リテ新事實ヲ見出す事ハ物理學ノ進歩ヲ促ス唯一ノ根源ナルガ故ニ假設理論ニ盲從シテ新事實ノ探究ヲ等閑ニ附スルガ如キ弊ニ陥ル可カラズ。

§ 5 單位 Units.

前ニ述ベタルガ如ク、現象ヲ定量的ニ研究スルニハ此現象ニ伴フ時間・長さ等ノ如キ所謂物理量 Physical quantity ヲ測定スルヲ要ス。物理量ヲ測定ストハ之ト同種ノ一定量ヲ單位 Unit トシ與ヘラレタル物理量ガ單位量ヲ含ム數ヲ求ムルニ在リ、此數ヲ其物理量ノ數値 Numerical value ト云フ。例ヘバ長さ5尺ノ棒ト云ヘバ、尺ハ單位量ニシテ5ハ數値ナリ。一般ニ或ル物理量ヲ Q トシ、 $[q]$ ヲ其單位量、 n ヲ數値トスレバ

$$Q = n[q]$$

斯ノ如ク物理量ヲ示ス數値ノ次ニハ必ズ單位量ヲ併記スルヲ要ス。

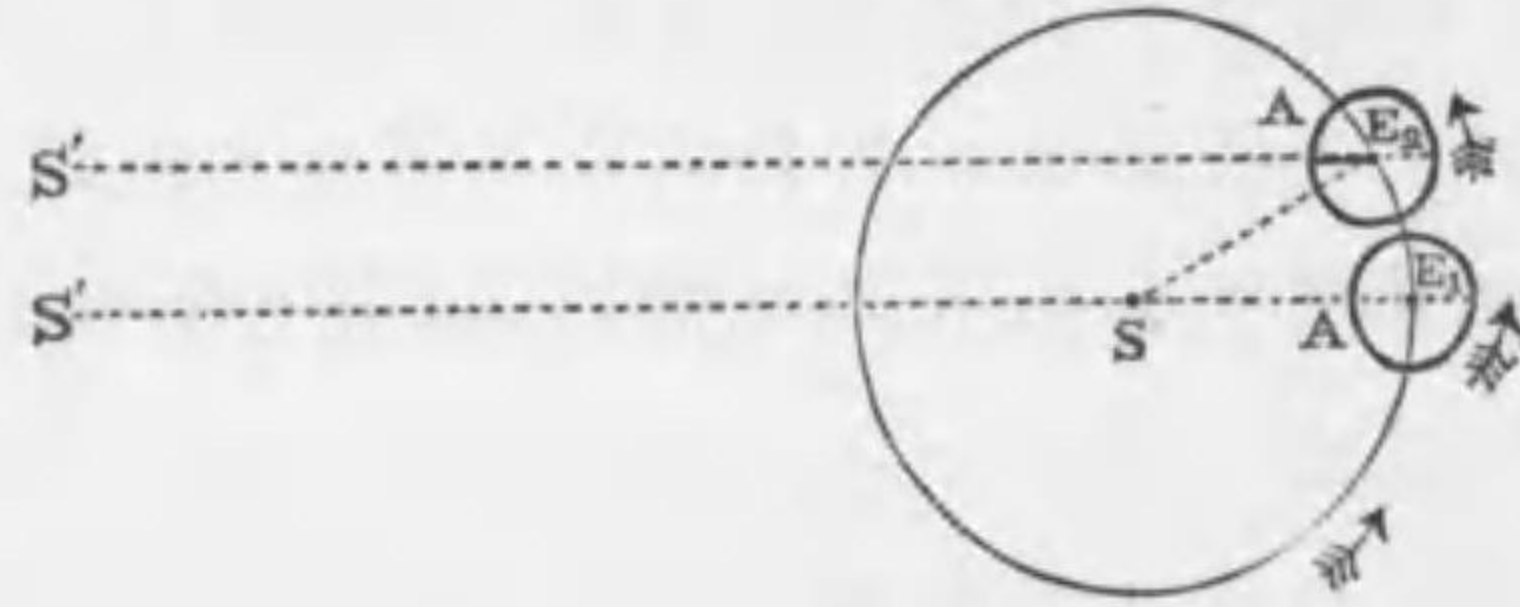
單位量ハ測定セントスル物理量ト同種類ナル事ヲ要スルガ故ニ、總テノ物理量ニ對シテ夫々獨立ノ單位ヲ制定スルノ要アルガ如シ。然レドモ、時 Time・長さ Length 及ビ質量 Mass ノ三單位ヲ定ムレバ其他ノ單位ハ此三單位ヲ適當ニ組合セテ作ル事ヲ得ルナリ。例ヘバ長さノ單位ヲ尺ト定ムレバ、面積ノ單位トシテ平方尺、體積ノ單位トシテ立方尺ヲ導キ得ルガ如シ。故ニ上記ノ三種ノ單位ヲ基本單位 Fundamental units ト云ヒ、之ヲ基礎トシテ組立ツル單位ヲ誘導單位 Derived units ト云フ。

固多クノ物理量ハ時・長さ及ビ質量ノ基本單位ヨリ組立テ得ルモ、熱學ニ於ケル溫度 Temperature ト電氣・磁氣學ニ於ケル誘電率 Specific inductive capacity 及ビ誘磁率 Permeability トノ三量ハ基本單位ヨリ組立テ得ザル除外例ナリ。

§ 6 時ノ單位 Units of time.

時ノ標準 Standard ハ地球ノ一廻轉ノ時間ナリ。恒星ハ非常ニ遠距離ニ在リテ、地球ヨリ見タル恒星ノ方向ハ軌道上ニ於ケル地球ノ公轉ニ無關係ナリト看做シ得ルガ故ニ、或ル恒星ガ觀測者ノ子午線ニ入り所謂南中 Culmination シテ次ニ再ビ南中スル迄ノ時間ハ地球ノ一廻轉ノ時間ニ等シクシテ一定ナリ、此時間ヲ恒星日 Sidereal day ト云フ。

吾人日常ノ生活ハ太陽ニ關係スルガ故ニ時ノ標準ヲ太陽ニ對シテ定ムルヲ便ナリトス。太陽ノ中心ガ二回引キ



續キ南中スル時間ヲ太陽日 Solar day ト云フ。太陽日ハ恒星日ヨリモ少シク大ナリ、今其理由ヲ説明セン。

第一圖ニ於テ S ヲ太陽ノ位置トシ地球ガ E_1 ノ位置ニ在ルトキ觀測者ノ子午線 E_1A = 太陽 S 及ビ或ル恒星 S' ガ南中シタルモノトス(假リニ地球ノ廻轉軸ガ軌道ノ面即チ紙面ニ直角ナリトシテ圖上ニ示セリ)。次ニ地球ガ一廻轉ノ後ニ E_2 ノ位置ニ來リシ後ニハ初メノ子午線ハ E_1A ニ平行ナル E_2A ノ位置ニ來リ、無限ノ遠距離ニ在ル恒星 S' ハ南中スル事トナルモ太陽 S ハ地球ガ更ニ角 E_2SE_1 即チ約一度丈ケ廻轉セシ後ニ非ザレバ南中セザルナリ(圖上ニ光線 $S'E_1$ 及ビ $S'E_2$ ヲ平行トセルハ恒星 S' ガ無限ノ遠距離ニ在ルガ爲メナリ)。故ニ太陽日ハ恒星日ヨリモ地球ガ更ニ此角ヲ廻轉スルニ要スル時間丈ケ大ナルナリ。然ルニ地球ノ軌道ハ太陽ノ中心ヲ焦點トスル橢圓ニシテ地球ノ公轉ノ速サハ地球ガ太陽ニ近キ程大ナルガ故ニ、上記ノ角 E_2SE_1 從ツテ太陽日ノ大サハ一年間ヲ通ジ一定ナラズシテ時ノ標準ト爲スヲ得ズ。故ニ太陽日ヲ一年間ニ平均セルモノヲ

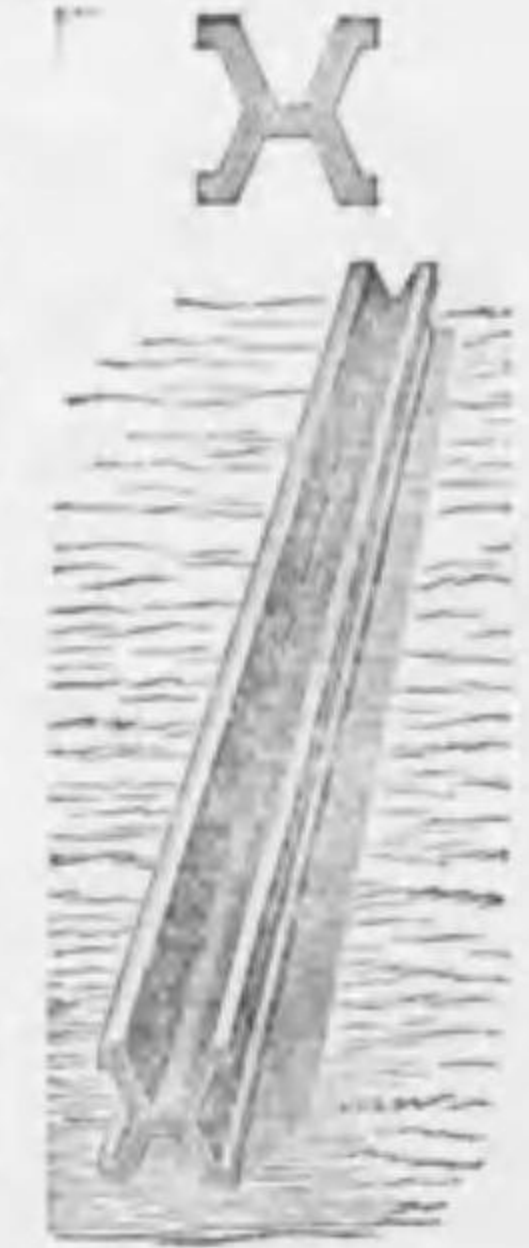
平均太陽日 Mean solar day ト稱シ之ヲ以テ時ノ標準トス。普通ノ一日ハ即チ平均太陽日ニシテ、之ヲ分割シテ時・分・秒等ヲ得、時計ノ示ス時ハ即チ是ナリ。恒星日ハ平均太陽時ノ 23 時 56 分 4.09 秒ニ當ル。

§ 7 長サノ單位 Units of Length.

長サノ單位ハ各國其制ヲ異ニスルモ科學上ニ於テハ一般ニ佛國ノ米法 Metric system ヲ用フ。是レ米法ノ十進法ニシテ便利ナルガ爲メナリ。

米法ノ基礎單位米 Meter ハ初メ佛國巴里天文臺ヲ通過スル子午線上北極ヨリ赤道ニ至ル距離即チ四分ノ一子午線ノ長サノ一千萬分ノ一トシテ定義セラレ、觀測ノ結果ニ基キ白金棒ノ原器ヲ作り溫度攝氏零度ニ於ケル其長サヲ以テ米ヲ表ハシタリ。然ルニ其後當時ノ子午線測定ニ誤差アル事ヲ見出し原器ノ變更ヲ要スル事トナレリ。

原器ノ變更ハ種々ノ不便ヲ來タシ且ツ子午線ノ長サノ如キハ精密ニ測定シ難キガ故ニ地球ニ據レル標準ヲ捨テ原器ノ長サ其物ヲ以テ米ヲ定義スルニ至レリ。其後 1889 年開會セル萬國同盟度量衡會議ニ基キ文明國ハ米法ヲ採用スル事トナリ、從來ノ白金原器ヲ改更シテ巴里ノ萬國同盟度量衡局ニ保管セル白金 90 分イリぢうむ 10 分ヨリ成ル合金棒(圖)ノ上ニ刻セル二線間ノ溫度攝氏零度ニ於ケル距離(白金原器ノ米ニ等シ)ヲ以テ米ヲ定義シ同様ノ米原器ヲ作りテ同盟國ニ配布シ其國ノ米ノ標準トスルニ至レリ。此米原器ハ屈撓ニ對スル抵抗ヲ大ニスルガ爲メニ H 形ノ切口ヲ有シ、且ツ屈撓ノ爲



メニ長サノ變ゼザル所謂中層 Neutral layer ab 上ノ兩端ニ米ヲ定義ス可キニ標線ヲ刻セリ(棒ヲ下方ニ屈撓スレバ上層面ハ元ヨリ長クナリ下層面ハ短クナリテ其中間ニ長サノ變ゼザル層アリ、之ヲ中層ト云フ)。現時ノ米ヲ以テ四分ノ一子午線ヲ表ハセバ 10,000,000 米トナルナリ。

我國モ明治廿四年ニ萬國同盟度量衡法ニ加盟セシ以來農商務省ニ保管セル米原器(前圖)ノ攝氏 0.15 度ニ於ケル二線間ノ距離ヲ以テ米ヲ定義シ、其三十三分ノ十ヲ尺ト定義スルニ至レリ。故ニ一米ハ正シク三尺三寸ニ當ル。溫度ヲ 0.15 度ト定メタルハ此溫度ニ於ケル原器ノ二線間ノ距離ガ丁度一米トナルガ爲メナリ。

次ニ米法ニ於ケル各單位及ビ略字等ヲ示ス。

米 法

關係	單位名	略字	本邦記號
1000米	Kilometer	km	杆
1米	Meter	m	米
0.1米	Decimeter	dm	粉
0.01米	Centimeter	cm	釐
0.001米	Millimeter	mm	耗

物理學ニ於テハ小ナル距離ヲ測定スル爲メニ耗ノ一千分ノ一ナルみくろん Micron (略符 μ 及ビみくろんノ一千分ノ一ナルみくろみりめ一とる Micromillimeter (略符 $\mu\mu$) 等ヲ用フル事アリ。

其他我國工業界ニ於テハ英法 British system ヲ用フルヲ常トス。英法ノ基礎單位ハ碼 Yard ニシテ、碼ハ英國政府ニ保管セル青銅棒上ノ華氏 62 度ニ於ケル二線間ノ距離トシテ定義セラレ。一碼ハ 0.9143935 米ニ當ル。次ニ英法ノ各單位ノ關係及ビ記號等ヲ示ス。

英 法

1 Mile	=	1760碼	=	哩
1 Yard	=	3呎	=	碼 = 0.9143935米
1 Foot	=	12吋	=	呎 = 1.006尺
1 Inch	=	1吋	=	吋

§ 8 **面積及ビ體積ノ單位** Units of area and volume.

面積及ビ體積ノ單位ハ長サノ單位ヨリ導キ得ルナリ。面積ノ單位ハ單位ノ長サヲ一邊トスル正方形ノ面積ニシテ通常平方糎平方耗等ヲ用ヒ、糎²・耗²等ノ符號ヲ以テ之ヲ示ス。a 平方糎ハ平方糎ガ a 個在ル事ヲ意味シ a 糎²ニテ之ヲ表ハス、a 糎平方ハ一邊 a 糎ナル正方形ノ面積ヲ示シ其値ハ a² 糎²ナリ。

$$1 \text{ 米}^2 = 100 \text{ 粉}^2 = 10000 \text{ 糎}^2 = 1000000 \text{ 耗}^2$$

$$\text{即チ } 1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ dm}^2 = 10^6 \text{ cm}^2 = 10^8 \text{ mm}^2$$

體積ノ單位ハ單位ノ長サヲ一邊トスル立方形ノ體積ニシテ通常立方糎立方耗等ヲ用ヒ、糎³・耗³等ノ符號ヲ以テ之ヲ

示ス。 a 立方糶ハ立方糶ガ a 個在ル事ヲ意味シ、 a 糶³ニテ之ヲ表ハス、 a 糶立方ハ一邊 a 糶ナル立方形ノ體積ヲ意味シ其値ハ a^3 糶³ナリ。

$$1 \text{ 米}^3 = 1000 \text{ 粉}^3 = 1000000 \text{ 糶}^3 = 1000000000 \text{ 耗}^3$$

$$\text{或ハ } 1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ dm}^3 = 10^6 \text{ cm}^3 = 10^9 \text{ mm}^3$$

一立方粉即チ 1000 糶³ノ體積ヲ立 Liter ト云フ。我國在來ノ體積ノ單位升ハ底面 4 寸 9 分平方ニシテ深サ 2 寸 7 分ナル體積ニシテ 64827 立方分ニ當ル。1 立ハ大凡 5.5435 合ニ當ル。

圓・球及ビ柱體等ノ面積及ビ體積等ハ物理學ノ計算ニ必要ナルガ故ニ下ニ其公式ヲ掲グ。

$$\text{圓(半徑 } r \text{ 糶)} \begin{cases} \text{圓周} = 2\pi r \text{ 糶} \\ \text{面積} = \pi r^2 \text{ 糶}^2 \end{cases}; \text{球(半徑 } r \text{ 糶)} \begin{cases} \text{表面積} = 4\pi r^2 \text{ 糶}^2 \\ \text{體積} = \frac{4}{3}\pi r^3 \text{ 糶}^3 \end{cases}$$

$$\text{底面 } s \text{ 糶}^2, \text{高サ } h \text{ 糶} \text{ナル柱體ノ體積} = sh \text{ 糶}^3$$

例 題

(1) 1 里ハ幾糶ニ當ルカ。 答 3.93 糶

(2) 1 平方尺ハ幾平方糶ニ當ルカ。 答 918.3 糶²

$$\text{圖 } 1 \text{ 尺} = \frac{100}{3.3} \text{ 糶} \therefore \text{尺}^2 = \left(\frac{100}{3.3}\right)^2 \text{ 糶}^2 = 918.3 \text{ 糶}^2$$

(3) 1 立ハ幾合ニ當ルカ。 答 5.54 合

$$\text{圖 } 1 \text{ 立} = 1000 \text{ 糶}^3 = 1000 \left(\frac{100}{3.3}\right)^3 \text{ 分}^3; 1 \text{ 合} = 6482.7 \text{ 分}^3 \\ \therefore 1 \text{ 立} = \frac{1000 \left(\frac{100}{3.3}\right)^3}{6482.7} = 5.54 \text{ 合}$$

(4) 10 糶立方ノ銅塊ヲ球トセバ其半徑ハ幾糶トナルカ。

答 6.2 糶

$$\text{圖 } \text{求ムル半徑 } r \text{ 糶トスレバ } \frac{4}{3}\pi r^3 = 10^3; \therefore r = 6.2 \text{ 糶}$$

(5) 前問ノ銅塊ニテ直徑 2 耗ノ針金幾米ヲ得ベキカ。

答 318.182

$$\text{圖 } x \text{ 糶ヲ針金ノ長サトスレバ } \pi \left(\frac{x}{2}\right)^2 \times x = 10^3 \\ \therefore x = \frac{10^3}{\pi} = 31818.2 \text{ 糶} = 318.182 \text{ 米}$$

§ 9 質量ノ單位 Units of mass.

質量ノ單位モ國ニヨリテ其制ヲ異ニス、然レドモ科學上ニ於テハ長サノ場合ト同様ニ佛制ニ據ルヲ常トス。

佛制ニ於ケル質量ノ基本單位ハ Kilogram^{キログラム}ハ初メ蒸溜水ガ其最大密度ノ溫度攝氏 4 度ニ於ケル時ノ 1 立方粉内ノ質量トシテ定義セラレ其質量ヲ示ス白金分銅ヲ作リテ貯テ表ハシタリ。然レドモ其後二者ノ間ニ測定上ノ誤差アル事ヲ發見シ水ヲ離レテ分銅其物ノ質量ヲ以テ貯テ定義スルニ至レリ。其後長サノ場合ト同様ニ萬國同盟度量衡會議ノ結果ニ基キ文明國ハ佛制ヲ採用スル事トナリ、白金 90 分、いりぢうむ 10 分ノ合金ヨリ成ル圓柱形ノ分銅(圖)ニ依リテ貯テ定義スルニ至レリ。



我國モ明治二十四年萬國同盟度量衡法ニ加盟セシ以來農商務省ニ保管セル貯原器(圖)ニ依リテ貯ヲ定義シ、其四分ノ十五ヲ以

テ一貫ト定ムルニ至レリ。故ニ15斤ハ正シク4貫ニ當ル。次ニ佛制ノ各單位ノ關係及ビ記號等ヲ示ス。

關係 單位名 略字 本邦記號

1000 瓦 = Kilogram = kg = 斤

1 瓦 = Gram = gr = 瓦

0.1 瓦 = Decigram = dg = 厘

0.01 瓦 = Centigram = cg = 厘

0.001 瓦 = Milligram = mg = 厘

攝氏四度ノ蒸溜水ノ1立方厘米ノ質量ハ0.99996瓦ニシテ1瓦ニ非ザルモ其差ハ極メテ小ナルガ故ニ餘リニ精密ヲ要セザル場合ニハ之ヲ1瓦ト看做シテ可ナリ。

我國工業界ニ於テハ英制ニヨルヲ常トス。英制ニ於ケル質量ノ基本單位ハ封度 Pound ニシテ、封度ハ英國政府ニ保管セル白金分銅ノ質量トシテ定義セラル。1封度ハ0.45359265斤ニ當ル。次ニ英制ノ單位及ビ記號等ヲ示ス。

英 制

1 Ton = 噸 = 2240 封度 = 270.9 貫

1 Pound = 封度 = 16 オンス = 120.96 匁

1 Ounce = オンス = $\frac{1}{16}$ ドラム = 7.56 匁

1 Grain = グレーン = $\frac{1}{7000}$ 封度 = 1.73 厘

§ 10 絕對單位 Absolute unit.

前ニ述ベタルガ如ク、長さ・質量及ビ時ノ三單位ヲ定ムレ

バ其他ノ物理量ノ單位ハ之ヲ以テ組立テ得ルナリ。此三種ノ基本單位ヲ定メ是等ノ單位ヨリ組立ツル單位ヲ絕對單位 Absolute unit ト云フ。三種ノ基本單位トシテ厘米 Centimeter, 瓦 Gram 及ビ秒 Second ヲ採リ之ヲ基礎トシテ組立ツル誘導單位ヲ C.G.S. 單位ト云フ。故ニ C.G.S. 單位ハ一ノ絕對單位ナリ。英制ニ於テハ呎 Foot, 封度 Pound 及ビ秒 Second ヲ基本單位トセル絕對單位ヲ用フ、之ヲ F.P.S. 單位ト云フ。例ヘバ面積及ビ容積ノ C.G.S. 及ビ F.P.S. 單位ハ夫々 厘米²・厘米³ 及ビ呎²・呎³ 等ナルガ如シ。

§ 11 靜止及ビ運動 Rest and Motion.

一物體ノ位置 Position ハ單獨ニ之ヲ定ムルヲ得ズ、必ズ他ノ物體ノ位置ヲ標準トスルヲ要ス。故ニ物體ノ位置ハ標準トセル物體ノ位置ニ依リテ異ナルナリ、例ヘバ机上ノいんき壺ハ机ノ一隅ヨリ見レバ西南ノ方向ニ在ルモ他ノ一隅ヨリ見レバ東北ノ方向ニ在ル事アルガ如シ。斯ノ如ク位置ハ全然關係的 Relative ニシテ絕對的 Absolute ニ之ヲ定ムル事能ハザルナリ。

物體ガ其位置ヲ變ズルヲ運動 Motion ト云ヒ、位置ヲ變ゼザルヲ靜止 Rest ノ有様ニ在リト云フ。上述ノ如ク、元來物體ノ位置ハ關係的ナルガ故ニ物體ノ運動ハ標準トセル物體ニヨリテ異ナルナリ。例ヘバ、進行セル汽車中ニ坐セル人ハ車ニ對シテハ靜止スルモ地面ニ對シテハ運動シ、又地

面 = 對シテ静止セル家屋・樹木等モ太陽・星等 = 對シテハ運動スルガ如シ。通常物體ガ單 = 静止ス或ハ運動スト云フハ實ハ地表ヲ標準 = 採レルナリ。

運動點ノ通過スル道ノ形 = ヨリテ運動ヲ種々 = 區別ス直線 = 沿ツテ運動スルヲ直線運動 Rectilinear motion ト云ヒ、圓又ハ曲線 = 沿ツテ運動スルヲ圓運動 Circular motion 又ハ曲線運動 Curvilinear motion ト云フ。直線運動 = 於テハ運動ノ方向一定ナルモ、曲線運動 = 在リテハ其方向時々刻々變化ス。曲線上ノ一點 = 於ケル運動ノ方向ハ其點 = 於テ曲線 = 引ケル切線 = ヨリテ與ヘラル、事明カナリ。

§ 12 速サ及ビ速度 Speed and Velocity.

運動體ノ位置ヲ變化スル = 遲速ノ差アリ、例ヘバ牛ノ歩ムハ遅ク自轉車ハ速キガ如シ。一般 = 運動體ノ位置ヲ變化スル遲速ノ度ヲ速サト云ヒ、單位時間 = 通過スベキ道程ヲ以テ其大サヲ表ハスナリ。速サノ單位トシテハ單位時間 = 單位ノ距離丈ケ運動スル點ノ速サヲ用フ、例ヘバ一秒 = ツキ一米、毎時一哩等ノ如シ。速サノ C.G.S. 單位ハ毎秒一厘、F.P.S. 單位ハ毎秒一呎ノ速サナリ。

任意ノ相等シキ時間 = 等シキ道程ヲ通過スル運動即チ速サノ一定ナル運動ヲ等速運動 Motion of constant speed ト云フ。等速運動ヲ爲ス點ガ t 秒間 = 道程 s 厘丈ケ運動シタリトセバ其速サ v ハ毎秒 $\frac{s}{t}$ 厘ナリ。今後[一秒 = ツキ幾

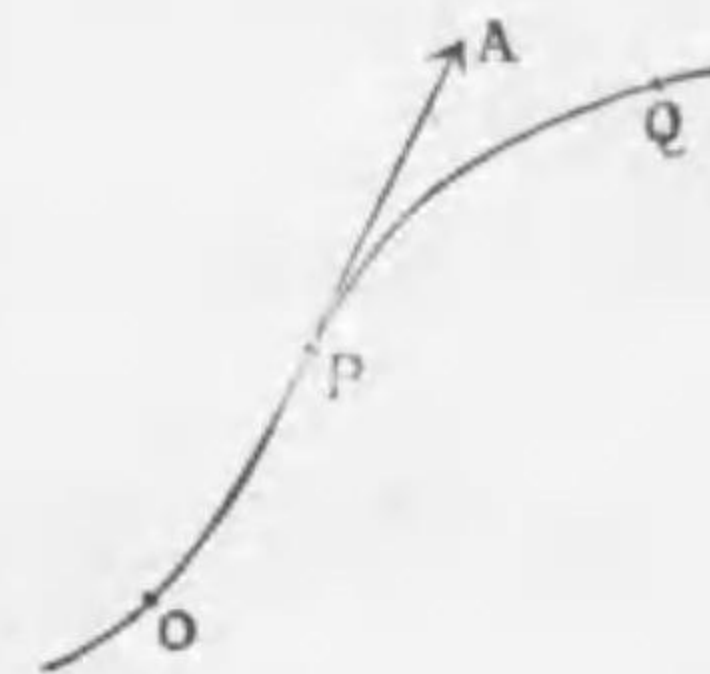
厘]或ハ[毎秒何厘]ト云フ代リ = 速サノ單位ガ秒厘ヲ單位トセル事ヲ示ス = [秒・厘], $\left[\frac{\text{厘}}{\text{秒}}\right]$ 或ハ [厘・秒⁻¹] 等ノ符號ヲ用フ。從ツテ上記ノ等速運動ノ場合 = 於テハ

$$v = \frac{s}{t} [\text{厘} \cdot \text{秒}^{-1}]$$

速サ v [秒・厘] ナル等速運動ヲ爲ス點ガ t 秒時間 = 通過スル道程 s ハ次ノ如シ

$$s = vt \text{ 厘}$$

運動點ノ速サト運動ノ方向トハ運動ノ有様ヲ示ス = 必要ナル要素 = シテ、運動點ノ速サ及ビ方向ヲ併セ考ヘタルモノヲ速度ト云フ。 圖 = 示ス如ク、運動點ガ OQ



ナル曲線 = 沿ツテ運動スルトキ任意ノ一點 P = 於ケル速度ハ其點 = 於ケル切線ノ方向 = 速サ = 等シク PA ナル長サヲ引キテ示スヲ常トス。速度ノ如ク大サ Magnitude 及ビ方向 Direction ヲ有スル量ヲベクトル Vector ト云ヒ、速サ・體積等ノ如ク大サノミヲ有スル量ヲすけら - Scaler ト云フ。速度ノ一定ナル運動ヲ常速運動 Motion of constant velocity ト云フ。此運動 = 於テハ速度ノ方向及ビ大サ一定ナルガ故 = 其運動ハ速サノ一定ナル直線運動ナル事明カナリ。又速サノ一定ナル圓運動 = 於テハ速度ノ大サ一定 = シテ其方向ハ時々刻々一樣 = 變化スルナリ。

例題

(1) 毎時30哩ノ速度ヲ[秒呎]ニテ表ハセ。

圖 求ムル數值ヲxトスレバ

x [呎・秒⁻¹] = 30 [哩・時⁻¹]

∴ x = 30 [哩 秒] / [呎 時] = 30 · 5280 / 60 = 41

∴ 速度 = 44 [呎・秒⁻¹]

(2) 百分ノ一時間ニ7耗ノ距離ヲ通過スル點ノ速サヲ [糧・秒⁻¹]ニテ表ハセ、又此速サニテ一時間ニ通過スル道程如何。 答 70 [糧・秒⁻¹]; 2520 米

(3) 半徑 r ノ圓周ヲ T 秒時間ニ通過スル點ノ速サヲ求メヨ。 答 2πr / T [糧・秒⁻¹]

§ 13 比例 Variation.

物理學上ノ定量的研究ニ於テハ前ニ§ 3ニ於テ述べタルガ如ク、互ニ聯關スル物理量ヲ測定シテ其間ニ有スル關係ヲ知ルヲ要ス。此關係中、物理學ニ於テ屢々表ハル、二三ノ場合ニ就キテ説明シ置カントス。

例ヘバ速サ毎時15哩ナル汽車ノ運動ニ於テ、通過セル道程 s ト時間 t トノ關係ヲ考フルニ、時間 t ガ 1, 2, 3, …… n, …… 時等トナレバ道程 s ハ夫々 15, 30, 45, …… 15n, …… 哩等トナリテ s 及ビ t ノ互ニ相當スル値ノ比ハ常ニ一定ナル事次表ニ示スガ如シ。

時間	t	1	2	3	……	n	……	時
道程	s	15	30	45	……	15n	……	哩
比	s/t	15	15	15	……	15	……	[哩時 ⁻¹]

今任意ノ時間ヲ t、之ニ對スル道程ヲ s トシ、s ト t トノ一定ノ比ヲ k トスレバ s ト t トハ常ニ

s/t = k ; ∴ s = kt

ナル關係ヲ保チツ、互ニ變化スルヲ知ルナリ。

上例ニ於ケル道程ト時間トノ如ク、一般ニ互ニ聯關スル二量 A, B アリテ、B ヲ二倍・三倍一般ニ n 倍トスルトキ A モ亦夫々二倍・三倍・n 倍等トナルトキハ A ハ B ニ正比例 Directly proportional スト云フ。今 A, B ノ相當スル任意ノ數值ヲ夫々 a, b トスレバ、此正比例ノ關係ヲ示スニ次ノ記號ヲ用フ

a ∝ b

而シテ a, b ノ比ハ上例ニ見タル如ク常ニ一定ナガ故ニ(正比例ノ定義ヨリ考フルモ明カナリ)、正比例ノ關係ハ次式ニテ示シ得ルナリ

a/b = k ; ∴ a = kb

茲ニ k ハ a, b ノ數值ニ無關係ニシテ二量 A, B ヲ測ル單位ニ依リテ其值ヲ異ニスル一ノ常數ナリ、之ヲ比例ノ常數 Constant of proportionality ト云フ。

次ニ逆比例ノ場合ヲ説明セン

例へば、一定ノ道程60米ヲ運動點ガ一定ノ速サ v [米・秒⁻¹]ニテ通過スル
 場合ニ於テ、速サ v ト通過ノ時間 t トノ關係ヲ考フルニ、速サ v ガ1, 2, 3,
 …… n , ……[米・秒⁻¹]等トナレバ時間ハ夫々60, 30, 20, …… $\frac{60}{n}$, ……秒等トナ
 リテ、 v 及ビ t ノ互ニ相當スル値ノ積ハ常ニ一定ナル事次表ニ示スガ如
 シ

速サ	v	1	2	3…………… n ……………	[米・秒 ⁻¹]
時間	t	60	30	20…………… $\frac{60}{n}$ ……………	秒
積(道程)	vt	60	60	60……………60……………	米

今任意ノ速サ v 、之ニ對スル通過ノ時間ヲ t トシ、 v ト t トノ積ヲ k トス
 レバ v ト t トハ常ニ

$$vt = k ; \text{或ハ } t = \frac{k}{v}$$

ナル關係ヲ保テ、互ニ變化スルヲ知ルナリ、而シテ v 、 t ノ積 k ハ與ヘ
 ラレタル一定ノ道程ヲ示ス事明カナリ。

上例ニ於ケル時間ト速サトノ如ク、一般ニ互ニ聯關スル
二量 A, B アリテ、其間ニ B ヲ n 倍スルトキ A ガ $\frac{1}{n}$ トナル如
キ關係アレバ A ハ B ニ逆比例 Inversely proportionalスト云
 フ。今 A, B ノ相當スル任意ノ數値ヲ夫々 a, b トスレバ、此
 逆比例ノ關係ハ次ノ記號及ビ式ニテ示シ得ルナリ

$$a \propto \frac{1}{b}$$

$$\text{或ハ } a = \frac{k}{b} ; ab = k \quad (k \text{ハ或ル常數})$$

次ニ二量ノ關係ノ稍々複雑ナル場合ニ就キテ述ベント
 ス。若シ二量 A, B ノ數値 a, b ノ間ニ

$$a = kb^2 \text{ 又ハ } a = kb^3 \quad (k \text{ハ常數})$$

ナル關係アルトキハ、 A ハ B ノ二乗(平方)又ハ三乗ニ正比例
 スト云フ。例へば半徑 r ナル圓ノ面積ハ πr^2 ニシテ球ノ體
 積ハ $\frac{4}{3} \pi r^3$ ナルガ故ニ($\pi = 3.1416$)、圓ノ面積ハ其半徑ノ二
 乗ニ正比例シ、球ノ體積ハ其半徑ノ三乗ニ正比例スルガ如
 シ。

又 a, b ガ $a = k\sqrt{b}$ 、 $a = \frac{k}{b^2}$ 又ハ $ab^3 = k$ ナル關係ヲ満足ス
 ルトハ夫々 A ハ B ノ平方根ニ正比例ス、 A ハ B ノ二乗ニ逆
 比例ス、又 A ハ B ノ n 乗ニ逆比例スト云フ。

最後ニ、 A ガ B, C 二量ニ關係シ、 B ガ一定ナルトキ A ハ C
ニ正比例シ、 C ガ一定ナルトキ A ガ B ニ正比例スルトキハ
 A ハ B, C ノ積ニ正比例スト云フ。今 a, b, c ヲ以テ夫々 $A,$
 B, C ノ相當スル數値トスレバ此關係ハ次式ニテ示シ得ベ
 シ

$$a \propto bc ; a = kbc \quad (k \text{ハ常數})$$

例へば、底邊 b 、高サ h ナル三角形ノ面積ハ $\frac{1}{2}bh$ ナルガ故
 ニ、三角形ノ面積ハ其底邊ト高サトノ積ニ正比例スルガ如
 シ。

又 A ガ B, C 二量ノ積ニ正比例シ、 D 量ノ二乗ニ逆比例ス
 ル如キ場合ニハ其關係ハ次式ニテ示シ得ベシ

$$a \propto \frac{bc}{d^2} ; a = k \frac{bc}{d^2}$$

例題

(1) 等速運動ヲ爲ス運動體アリ、3秒間 = 60米ヲ通過スト云フ。然ルトキハ5秒間 = 通過スル道程及ビ200米ノ道程ヲ通過スル時間如何。

解 等速運動ニ於ケル道程 s ハ時間 t ニ正比例スルガ故ニ、其關係ハ

$$s = kt \quad (k \text{ハ常數})$$

ニテ示シ得ベシ。然ルニ、 $t=3$ 秒ノトキ $s=60$ 米ナルガ故ニ

$$60 = 3k, \therefore k = 20 [\text{米} \cdot \text{秒}^{-1}]$$

從ツテ s, t ノ關係ハ此場合ニハ次式ニテ與ヘラル

$$s = 20t$$

上式ニ $t=5$ 秒ト置ケバ $s=100$ 米トナリ、 $s=200$ 米ト置ケバ $t=10$ 秒トナル。

(2) 物體ガ自由ニ落下スル距離ハ落下時間ノ二乗ニ正比例ス、而シテ一秒時間ノ落下距離ハ4.9米ナリ。然ラバ3秒時間ニ落下スル距離ハ幾米ナルカ。

解 落下距離ヲ s 、落下時間ヲ t トスレバ其關係ハ次式

$$s = kt^2$$

ニテ與ヘラル。上式ニ於テ、 $t=1$ ナルトキ $s=4.9$ 米ナルガ故ニ $k=4.9$ ナルヲ知ル。從ツテ、 $t=3$ 秒ナルトキノ s ノ値ハ次ノ如シ

$$s = kt^2 = 4.9 \cdot 3^2 = 44.1 \text{米}$$

(3) 球ノ體積ハ半徑ノ三乗ニ正比例ス、今半徑夫々3, 4, 5, 厘ナル鉛球ヲ鑄テ一個ノ球ト成ストキハ其半徑如何。

解 球ノ體積 V ト其半徑 r トノ關係ハ $V = kr^3$ ニテ與ヘラル。故ニ、求ムル半徑 r ハ題意ニ依リ次式ニテ與ヘラル

$$V = kr^3 = k(3^3 + 4^3 + 5^3) = 216k$$

$$\therefore r = \sqrt[3]{216} = 6 \text{ 厘}$$

(4) 三角形ノ面積ハ其底邊ト高サトノ積ニ正比例ス、此場合ノ比例ノ常數ヲ一トスルニハ面積ノ單位ヲ如何ニ定ム可キカ。

解 三角形ノ底邊ヲ b 厘、高サヲ h 厘トスレバ其面積 A ハ次式ニテ與ヘラル

$$A = \frac{1}{2}bh [\text{厘}^2]$$

上式ニ於テ $b=1$ 厘、 $h=1$ 厘ナルトキハ $A = \frac{1}{2}$ [厘²]トナルナリ。故ニ面積ノ單位トシテ $\frac{1}{2}$ [厘²] 即チ底邊及ビ高サ夫々一厘ナル三角形ノ面積ヲ取レバ一般ニ三角形ノ面積ハ次式ニテ與ヘラレ比例ノ常數ハ1トナルナリ

$$A = bh \left[\frac{1}{2} \text{ 厘}^2 \right]$$

(5) 圓ノ面積ハ其半徑ノ二乗ニ正比例ス、而シテ半徑10厘ナル圓ノ面積ハ314.16 厘²ナリ。然ルトキハ半徑7 厘ナル圓ノ面積ハ何厘平方ナルカ、又比例ノ常數ヲ1トスルニハ如何ナル面積ヲ單位トス可キカ。

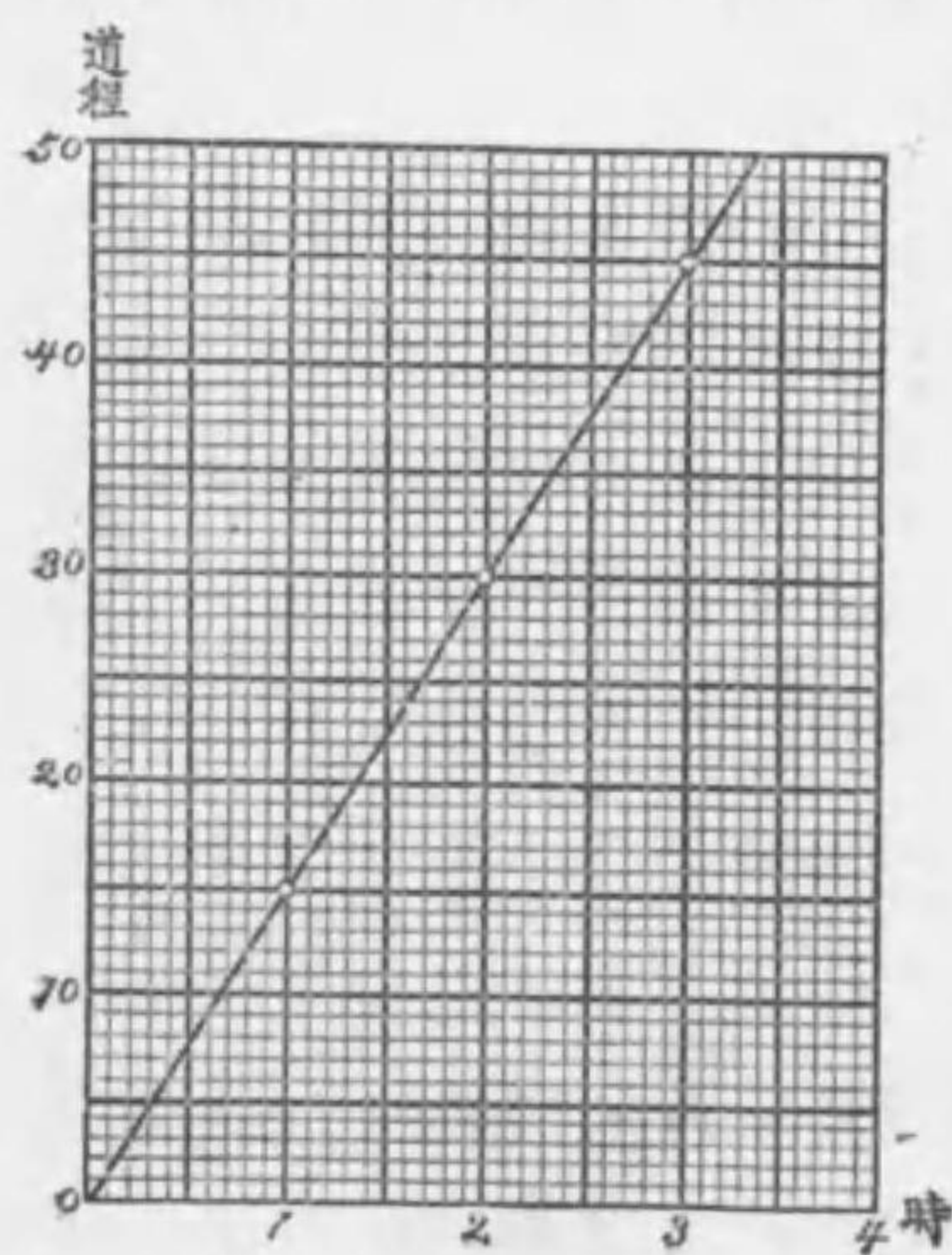
答 153.94 厘²; 半徑1 厘ナル圓ノ面積

§ 14 圖示法 Graphical representation.

二量間ノ關係ガ例ヘバ前節ニ於テ述ベタルガ如ク比較的ニ簡單ナル場合ニハ數式ヲ以テ此關係ヲ示シ得ルモ、物理學ニ於テ取扱フ物理量間ノ關係ハ往々複雑ニシテ之ヲ示ス數式(實驗式)ヲ見出シ得ザル場合アリ。斯ノ如キ場合ニハ、一般ニ曲線ヲ以テ二量間ノ關係ヲ示スヲ便ナリトス、之ヲ圖示法ト云フ。例ヘバ患者ノ體温ノ變化スル模様ヲ示スニハ、圖ニ示ス如ク互ニ直角ナル二線 ox, oy ヲ引キ ox

線 = 時間ヲ取リ種々ノ時刻 = 相當スル體温ヲ *oy* 線ノ方向
 = 上方 = 表ハシ圖 = 示
 ス如キ曲線ヲ以テ體温
 ノ變化スル模様ヲ一日
 ノ下 = 示シ得ルガ如シ。
 直線 *ox* ヲ横軸 Axis of
 abscissa, *oy* ヲ縱軸 Axis
 of ordinate, *o* 點ヲ原點
 origin ト云フ。

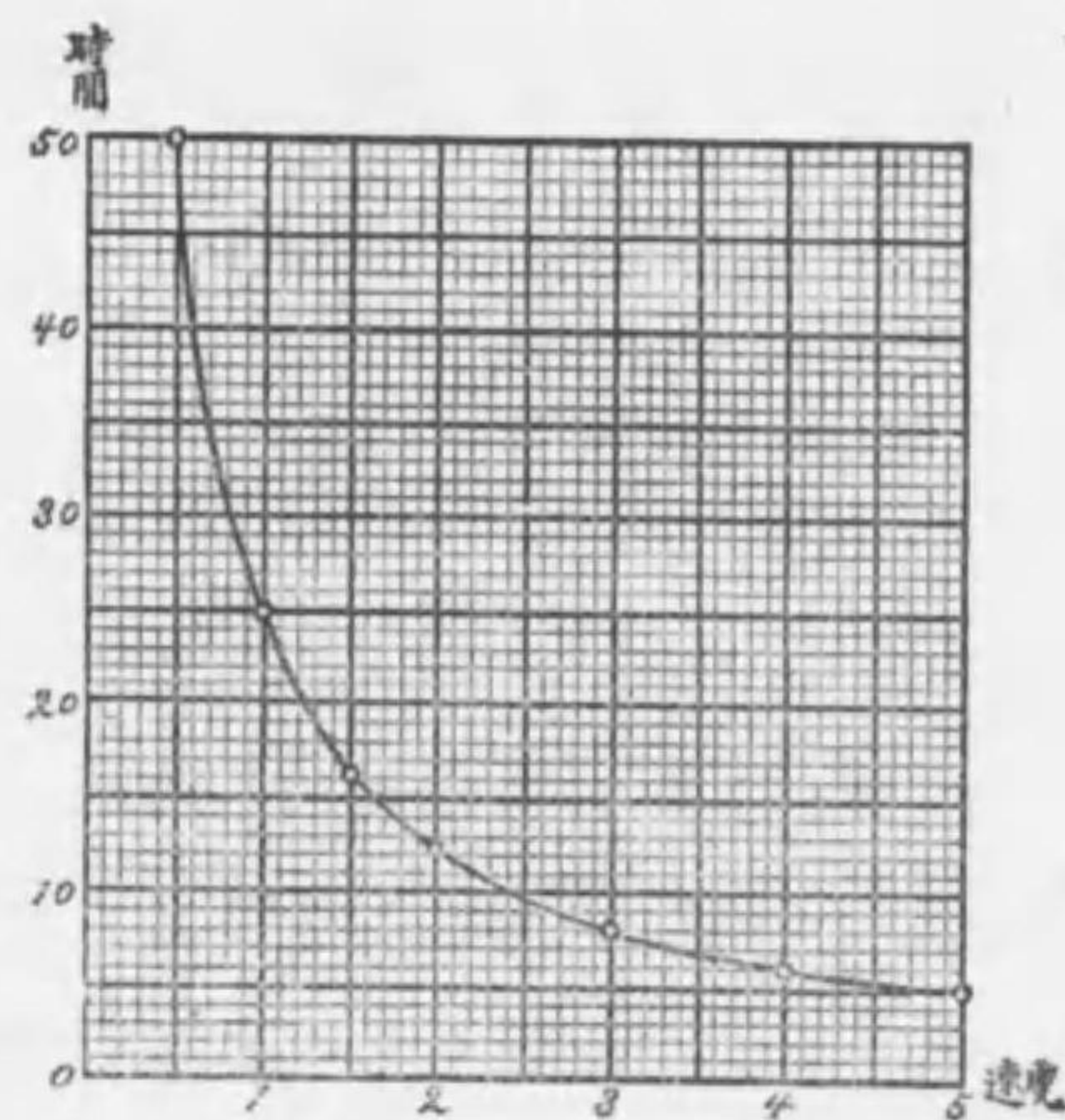
速サ每時15哩ノ汽車
 ノ通過スル道程ト時間



トノ關係ヲ圖示セシニ、横軸 = 一時間ヲ單位トシテ時間ヲ
 取リ縱軸 = 哩ヲ單位トスル
 道程ヲ取レバ其關係ヲ示ス
 線ハ一ノ直線トナルヲ見ル
 可シ。一般ニ、互ニ正比例ス
 ル二量間ノ關係ヲ圖示スレ
 バ一ノ直線トナル事明カナ
 リ。

次ニ逆比例ノ場合ニ於ケ
 ル二量ノ關係ヲ圖示セン。
 例ヘバ、25米ノ距離ヲ每秒 $\frac{1}{2}$ 、

1, 2, 3, 4, 5 米等ノ速サ
 ニテ通過スルニ要スル
 時間ハ 50, 25, 12.5, 8.3,
 6.3, 5 秒等ナルガ故ニ
 横軸 = 時間縱軸 = 速サ
 ヲ表ハセバ是等ノ關係
 ヲ示ス諸點ハ圖ニ示ス
 ガ如キ双曲線 Hyperbola
 ト稱スル一ノ曲線ヲ爲
 スヲ見ル可シ。



第一編

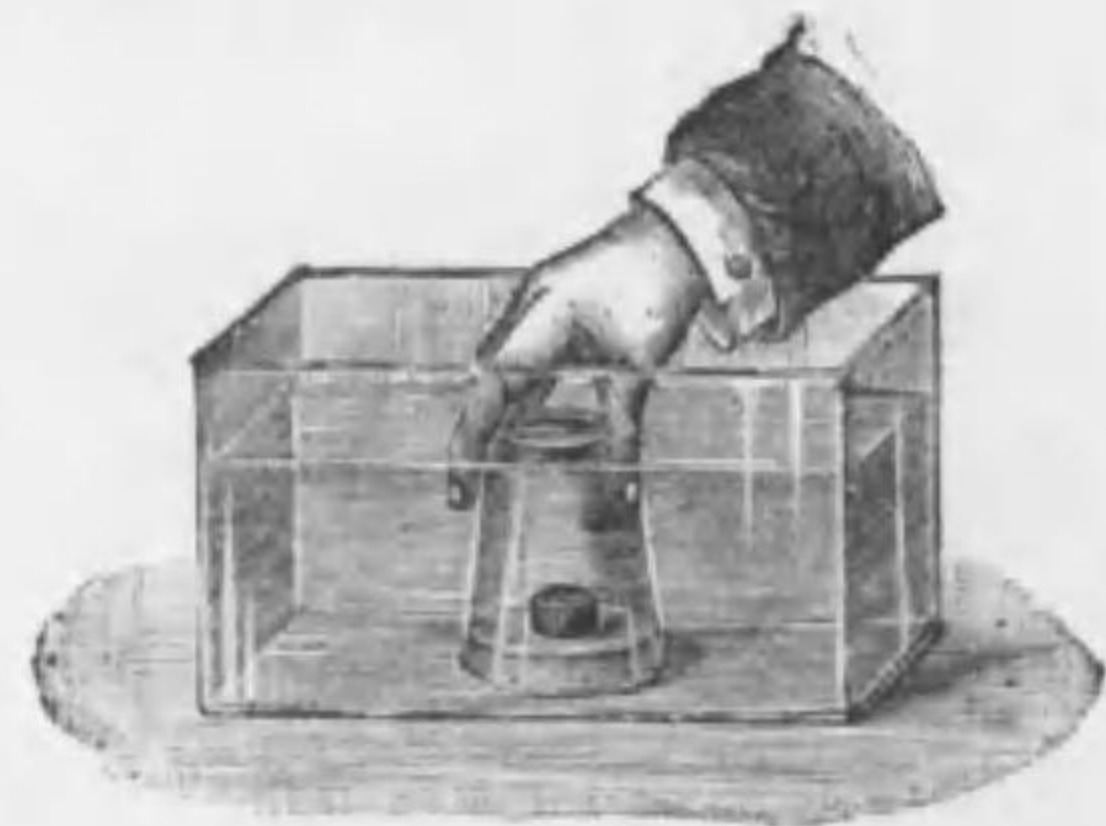
物性

第一章

物性總說

§ 1 物質ノ基本性質 Fundamental properties of matter.

凡テ物體ハ一定ノ空間ヲ占メ、長サ・幅及ビ厚サヲ有シ從ツテ一定ノ體積ヲ有ス、之ヲ物質ノ**填充性**或ハ**擴ガリ Extension**ト云フ。故ニ、二個ノ物體ハ同時ニ同所ヲ占有スルコト能ハズ、之ヲ物質ノ**不可入性 Impenetrability**ト云フ。吾人ガ物體ニ觸レ觸感ニヨリテ其存在ヲ認メ得ルハ物體ノ不可入性ニ基クナリ。空氣ノ如キ氣體ニモ不可入性ノ存スル事ハ空氣枕ガ抵抗ヲ有スル事及ビ圖ニ示ス如クこつぶヲ水中ニ倒立スルトキ水ガ全ク其内ニ入り得ザル事等ニテ自得シ得ベシ。鐘狀潛水器ハ空氣ノ此不可入性ヲ利用シタルモノナリ。



物質ハ諸種ノ現象ニ伴ヒ其狀態・性質等ヲ變ズ、例ヘバ水ガ蒸發シテ水蒸氣トナリ、蠟燭ガ燃ヘテ無水炭酸・水蒸氣等

ニ變ズルガ如シ。然レドモ、物質ノ總量ハ是等ノ現象ニ伴ヒテ毫モ變化スル事ナシ、之ヲ**物質不滅ノ原理 Principle of the conservation of matter**ト云フ。

填充性・不可入性及ビ物質不滅ノ三性質ハ物質ノ存在ニ缺ク可カラザル**基本性質 Fundamental property**ナリ。

例題

(1) 机ノ抽出シヲ挿シ込ムトキ、隣レル抽出シノ押シ出ダサル、コトアルハ何故ゾ。

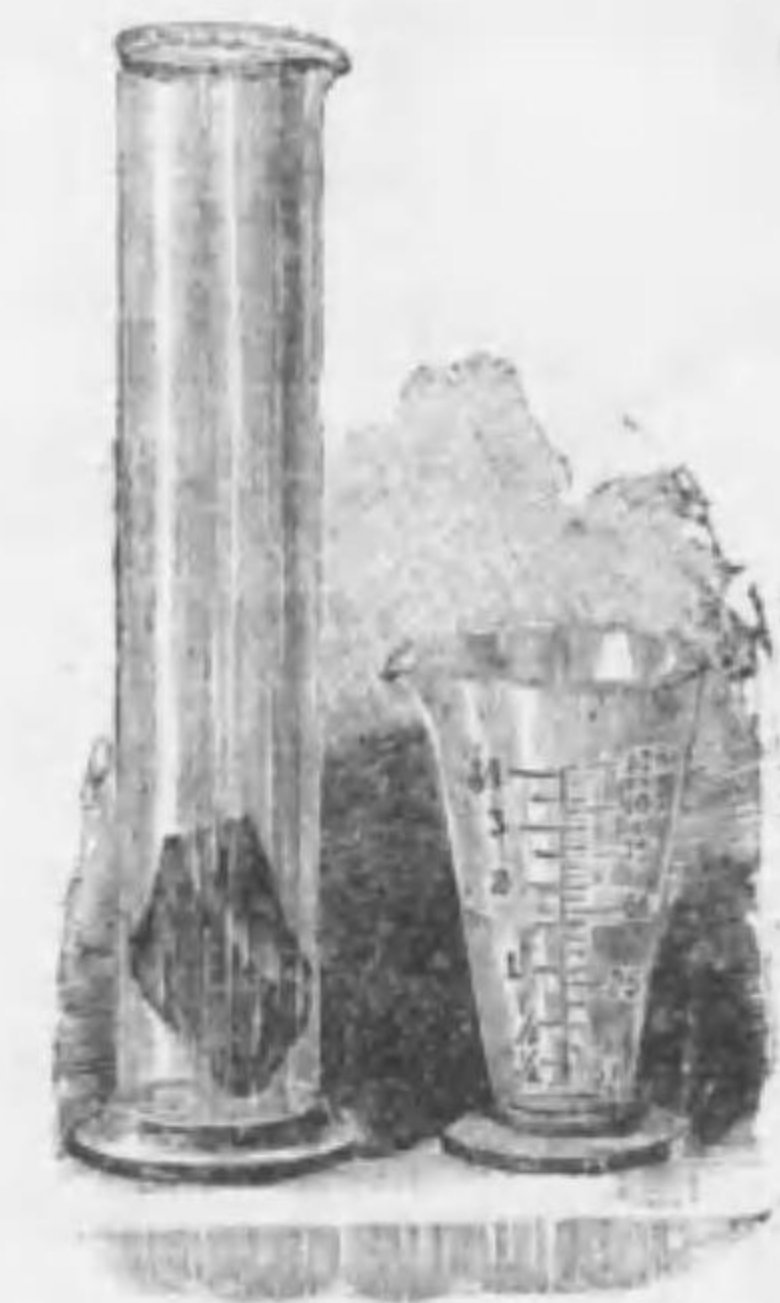
圖 一方ノ抽出シヲ急ニ挿シ込ムトキハ此抽出シノ後方ノ空氣ハ其不可入性ニヨリテ隣リノ抽出シノ後方ノ面ヲ押シテ之ヲ前方ニ動かスナリ。

(2) 水入ニ二ツノ孔アルハ何ノ爲メゾ、又其一孔ヲ塞グトキ水ノ殆ド出入スル事能ハザル理由如何。

圖 水ガ水入ニ入ル爲メニハ内部ノ空氣ヲ排除スルヲ要シ、又水ガ水入レノ一方ノ孔ヨリ出ル爲メニハ空氣ヲ他方ノ孔ヨリ入レテ水ト交代セシムルヲ要ス、之レニ孔ノ必要ナル所以ナリ。若シ一孔ヲ塞グトキハ空氣ト水トノ交代ヲ妨グルガ故ニ水ノ出入ハ止ムナリ。

(3) 形ノ不規則ナル石塊ノ體積ヲ測ル方法ヲ問フ。

圖 圖ニ示ス如ク硝子圓筒ニ水ヲ滿タシ之ニ石塊ヲ沈メ溢出スル水



ノ體積ヲ刻度器ニテ測レバ可ナリ。或ハ刻度セル圓筒(メートル磅子)ニ水ヲ入レ之ニ直接ニ石塊ヲ入レテ水面ノ高マリタル丈ケノ體積ヲ測ルモ可ナリ。

§ 2 慣性及ビカ Inertia and force.

机上ノ書籍ヲ曳キ或ハ押シ動カストキ、投ゲタル球ヲ掴ムトキ又運動體ヲ押シ或ハ曳キテ其速サヲ増減スルトキハ手ハ一種ノ手筈へ即チ抵抗 Resistance ヲ感ズ。又疾走中ニ運動ノ方向ヲ變ズルトキ一種ノ努力ヲ要スルハ吾人ノ經驗スル所ナリ。斯ノ如ク、吾人ガ手筈へ又ハ努力ヲ感ズル如キ一種ノ作用ヲ加フルニ非ザレバ靜止セシ物體ハ何時迄モ靜止シ運動セル物體ハ其速度ノ大サ及ビ方向ヲ變ズル事ナシ即チ

凡テ物體ハ外ヨリ一種ノ作用ヲ受クルニ非ザレバ靜止或ハ等速度運動ノ現狀ヲ保持ス。

之ヲ慣性ノ定律 Law of inertia ト云フ、慣性ハ總テノ物體ニ共通ニシテ所謂物質ノ通性 General property of matter ノ一ナリ。

斯ノ如ク、物體ハ凡テ慣性ヲ有スルガ故ニ慣性ニ打ち勝テテ靜止セル物體ヲ運動セシメ又運動體ノ速度ノ大サ或ハ方向ヲ變ズルニハ外ヨリ一種ノ作用ヲ與フルヲ要ス、此作用ヲ力ト云フ、即チ

慣性ニ抗シテ靜止セシ物體ヲ動カシ又運動體ノ速度ノ

大サ或ハ方向ヲ變ズル作用ヲ力ト云フ。

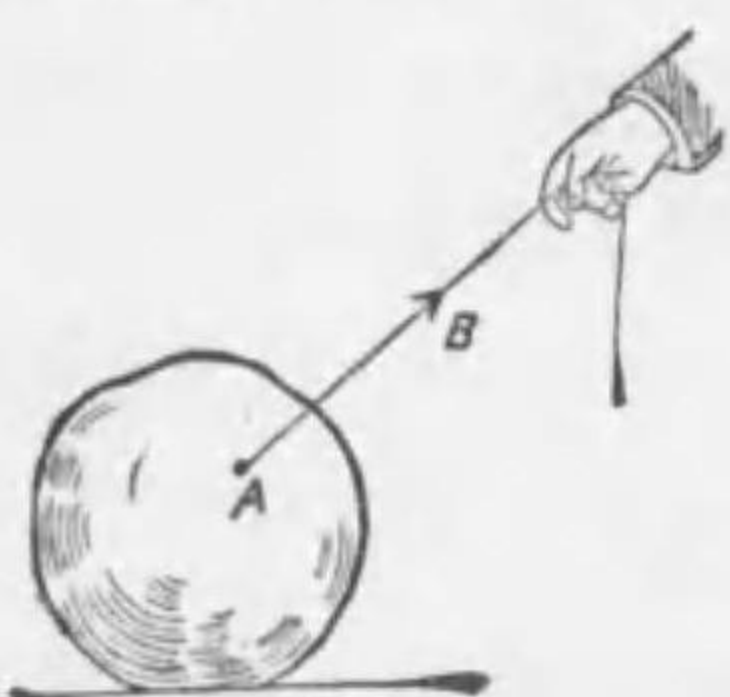
而シテ靜止ハ速度ノ大サガ零ナル特別ノ場合ナルガ故ニ力ヲ次ノ如ク定義シ得ルナリ

力トハ物體ノ速度ヲ變ズルモノナリ。

故ニ靜止セル物體ガ運動シ又運動體ノ速度ノ大サ或ハ方向ガ變ズル場合ニハ吾人ハ物體ニ力ガ働ク事ヲ斷定シ得ルナリ。例ヘバ、物體ヲ押シ或ハ曳キテ其速度ヲ變ズル場合ニハ手ノ力ガ物體ニ働クナリ。物體ガ手以外ノ作用ニテ其速度ヲ變ズル場合ニ於テモ吾人ハ手ノ場合ト同様ノ作用ガ物體ニ働クモノト看做シ、物體ニ力ガ働クト考フルナリ。例ヘバ彈丸ハ火藥ノ爆發スル壓力 Pressure ニテ速度ヲ得、時計ノ針ハせんまいノ彈力 Elastic force ニテ廻轉シ、地上ニテ押シ動カシタル物體ノ途ニ靜止スルハ物體ト地面トノ間ニ働ク摩擦力 Friction ト空氣ノ抵抗 Resistance of air ニ由ルガ如シ。

吾人ノ目的ニヨリ物體ノ各部ヲ區別シテ考フル必要ナキ程物體ノ小ナル場合アリ、斯ノ如キ物體ヲ質點 Material point ト云フ。質點ノ大サハ一定ノモノニ非ズ、例ヘバ太陽系ノ運動ヲ論ズル場合ニハ太陽・地球等ヲ質點ト看做シ、又熱學ニ於テハ物體ヲ組織スル微粒子即チ分子スラ質點ト看做サル事アルガ如シ。

力ガ質點ニ働ク場合ニハ其大サト方向トヲ與フレバ力



ノ働ク有様ハ決定スルモ、力ガ物體ニ働ク場合ニ於テハ大サ及ビ方向ノ外ニ力ノ働ク點即チ着力點Point of applicationヲ與フルヲ要ス。力ヲ圖上ニ示スニハ着力點Aヨリ力ノ方向ニ直線ヲ引キ之ニ矢印ヲ附シテ其方向ヲ示シ其長サニテ力ノ大サヲ示スナリ。

物體ニ及ボスカノ効果ハ力ノ大サニ關係スルノミナラズ又力ノ働ク時間ニモ關係ス。例ヘバ、手ニテ物體ヲ押シ動カスニ之ヲ強ク押ス程又押ス時間ノ永キ程物體ノ得ル速度ハ大ナルナリ。即チ

力ノ物體ニ與フル速度ノ變化ハ力ノ大ナル程又働ク時間ノ永キ程大ナリ。

例題

(1) 汽車・電車等ガ急ニ動き始め又止マルトキ車中ノ人が後ニ又前ニ倒レントスルハ何故ゾ

圖 汽車・電車等ガ動き始めルトキハ汽機車又ハ電氣發動機ノ作用ニ依リテ強大ナル力ガ車體ニ働キ從ツテ車體ハ短時間ノ間ニ急ニ速度ヲ得ルナリ。此際若シ人體ガ固體ニシテ腰掛又ハ床ニ固定サル、トキハ人體ニハ車體ノ運動ト共ニ相應ノ力ガ働キテ人體ハ車體ト共ニ運動スルナリ。然ルニ人體ハ固體ニ非ズシテ自由ニ屈撓シ得ルガ故ニ腰掛又ハ床ニ接セル部分ニ力ガ働キテ之ヲ車體ト共ニ前方ニ運動セシムルト

キ、身體ヲ前方ニ傾ケ或ハ足ニテ床ヲ斜メニ踏ミテ身體ノ全部ニ前方ニ向フ速度ヲ得ルニ必要ナル力ヲ働カス餘裕ノ時間ナキトキハ身體ハ後方ニ倒レントスルナリ。車ガ急ニ止マルトキ人ノ前方ニ倒レントスル理由モ同様ニ説明シ得ベシ[例題(3)参照]。

(2) 紙片ヲ机上ニ置キ其上ニ貨幣ヲ載セテ紙片ヲ急ニ引キ抜ケバ貨幣ノ机上ニ殘ルハ何故ゾ。

圖 紙片ヲ急ニ抜クトキ貨幣ニハ摩擦力が作用スルモ其働ク時間極メテ短キガ故ニ貨幣ノ得ル速度ハ極メテ小ナリ。故ニ貨幣ノ運動ハ机ト貨幣トノ接觸面ニ働ク摩擦力ニテ直チニ止メラルナリ。

(3) 下駄ノ齒ノ間ニ挟マレル雪ヲ除ク爲メニ地上ヲ蹶ルハ何故ゾ

圖 下駄ニテ地面ヲ蹶ルトキハ其衝突ノ際下駄ニハ大ナル力ガ働キテ其運動ハ瞬時ニ止メラル、モ雪塊ハ割合ニ緩ク齒ノ間ニ挟マル、ガ故ニ接觸面ニ働ク摩擦力ハ小ニシテ從ツテ下駄ト同時ニ止マル事ナク前方ニ脫出スルナリ。

(4) 銃身ヲ短クスル程彈丸ノ速度ノ小トナルハ何故ゾ。

圖 銃身ヲ短クスル程火藥ノ爆發スル壓力ノ作用スル時間小トナリ從ツテ彈丸ニ與フル速度小トナルナリ。

§ 3 重力 Gravity.

凡テ物體ヲ手ニテ支フレバ手ハ下方ニ壓セラレ之ヲ放テバ墜落スルハ吾人ノ經驗スル所ナリ。故ニ地上ノ物體ニハ下方ニ向フ力ノ作用スルヲ知ルナリ。此力ハ地球ガ物體ヲ牽引スルニ基クモノニシテ之ヲ重力ト云ヒ、一ノ物

體 = 働ク重力ヲ其重サ或ハ重量 Weight ト云フ。圖 = 示ス如ク錘ヲ絲ニテ吊セバ絲ハ錘ノ重サノ爲メニ引キ張ラレテ重力ノ方向ヲ示ス可シ。此方向ヲ鉛直 Vertical ト云ヒ、之ニ直角ナル平面ヲ水平面 Horizontal plane ト云フ。



力ノ單位トシテ通常單位質量 = 働ク重力ヲ用フ、之ヲ力ノ重力單位 Gravitational unit ト云フ。通常用フル力ノ重力單位ハ單位質量ナル貫・庇・瓦・庇等 = 働ク重量即チ一貫重・庇重・瓦重・庇重等ナリ。後章ニ述ブル如ク一物體ノ重サハ場所ニヨリテ異ナルモ其差ハ餘リニ大ナラザルガ故ニ實用上無視スルヲ常トス。

§ 4 質量 Mass.

物理學ニ於テハ一物體ニ就キテ其重量ノ外ニ質量ナル一ノ物理量ヲ考フルヲ常トス。斯ノ如ク物體ノ重量ト質量トヲ區別セシハ ^{ニュートン}Newton ニシテ、氏ハ物體ノ質量トハ物體ノ含有スル物質ノ量 Quantity of matter ナリト定義シタリ。此定義ハ一般ニ流布スル所ナルモ質量ノ意義ヲ明ニスル事ナク、定義トシテ不完全ナルヲ免レズ。

元來種々ノ物體ニ就キテ其物體ニ特有ナル質量ナル一種ノ量ヲ考フルノ必要アルハ、力ガ物體ニ働クトキ力ノ大サト物體ノ受クル効果即チ速度ノ變化トノ關係ニ就キテ

各物體ニ特有ナル一種ノ量ガ影響ヲ有スルガ爲メナリ。即チ、手ニテ種々ノ物體ヲ押シテ同一ノ速度ヲ與ヘ又同一ノ速度ヲ有スル種々ノ運動體ヲ止ムルニ、物體ニ依リテ手ノ受クル手答ニ大小ノ差アルヲ認ムルナリ。斯ノ如ク種々ノ物體ガ運動ニ際シテ特性ヲ有スルハ其慣性ニ大小ノ差アルニ由ルナリ。物體ノ此慣性ヲ量トシテ表ハシタルモノガ此物體ノ質量ナリ、故ニ

物體ノ質量トハ其慣性ヲ測ル量ナリ

ト定義シ得ルナリ

同種類ノ物質又ハ物理的或ハ化學的變化ニヨリテ互ニ變遷シ得ル物質ニ在リテハ、物質ノ分量トシテノ質量ハ意味ヲ有ス。此場合ニ於テハ慣性ヲ測ル量トシテノ質量ハ物質ノ分量ニ正比例ス、例ヘバ鉛球ヲ押シ動カスニ鉛球ノ大ニシテ分量大ナル程手答即チ慣性ノ大ナルガ如シ。故ニ、此場合ニハ物質ノ量ヲ測リテ質量ヲ定メ得ルナリ。而シテ、此場合ニ於テハ物質ノ或性質ニ基キテ質量ヲ定メ得ベシ、例ヘバ等シキ體積ノ水ノ量ハ相等シク又ニ容ノ水ノ量ハ一容ノ水ノニ倍ナルガ如シ。又水ノ一定量ヲ取り之ヲ氷或ハ水蒸氣トナシ、或ハ之ヲ分解シテ水素・酸素ニ分解スレバ體積ハ變ズルモ其質量ハ不變ナルガ故ニ是等ノ物質ハ體積ノ割合ヲ比較シテ其質量ヲ定メ得ルナリ。

次ニ、水・油・水銀等ノ如キ異種類ノ物體ニ在リテハ物質ノ

分量トシテノ質量ハ全ク其意義ヲ失ヘドモ、慣性ヲ測ル量トシテハ意義ヲ有スルナリ。例ヘバ、箱ヲ押シ動カセバ手答ニ依リテ其内ニ存スル物體ノ種類ノ如何ニ關ラズ其慣性ノ大小即チ質量ノ大小ヲ略定シ得ルガ如シ。斯ノ如ク、物理學ニ於テハ物體ノ種類ノ同一ナルト異ナルトニ關セズ物質ノ通性ナル慣性ヲ測ル量トシテ質量ヲ定ムルナリ。

上述ノ如ク、物體ヲ押シ動カストキノ手答ニ依リテ慣性ノ大小ヲ略定シ得ルモ勿論正確ナル方法ニ非ズ。物體ノ慣性即チ質量ヲ測ル力學的ノ方法ハ一定ノ力ヲ一定ノ時間種々ノ物體ニ働カストキノ物體ノ得ル速度ノ變化ノ大小ニ依リテ質量ノ大小ヲ測ルニ在リ。即チ、等シキ力ヲ等シキ時間丈ケ甲乙二物體ニ働カストキノ二物體ノ得ル速度ガ等シキトキハ其質量相等シク、若シ甲ノ速度ガ乙ノ速度ノ m 倍ナレバ乙ノ質量ハ甲ノ質量ノ m 倍ナリ。後ノ場合ニ於テ、若シ甲物體ガ單位質量一瓦ナレバ乙ノ質量ハ m 瓦ナル可シ。

實測ニ依ルニ、地上ノ一定所ニ於テハ種々ノ物體ノ重サハ其質量ニ正比例シ物體ノ種類ノ如何ニ關係セズ。磁石ガ種々ノ物體ニ及ボス磁力ノ如キハ物體ノ種類ニ依リテ異ニシテ鐵ニ於テ最モ著シクにつける。こばると等之ニ次グナリ。故ニ磁力ノ大小ニ依リテ異種類ノ物體ノ質量ヲ比較シ得ザルモ物體ノ重サハ質量ニ正比例シテ其種類ニ

關係ナキガ故ニ物體ノ重サヲ測リテ其質量ヲ比較シ得ルナリ。天秤・秤等ハ此目的ニ使用スル器械ナリ。而シテ一物體ノ重サハ地上ノ場所ニ依リテ異ナルモ其質量ハ一定不變ナリ。

物體ノ慣性ヲ測ル質量ガ其重サニ正比例スルハ寧ロ偶然ノ實驗的事實ニシテ、吾人ハ物體ノ重量ニ依リテ其質量ヲ比較スルモ質量ノ眞意義ハ物體ノ慣性ニ基因シ地球ヲ離レテ前記力學的ノ方法ニ依リテ定メ得ルモノナルヲ忘ル可カラズ

§ 5 密度及ビ比重 Density and Specific Gravity.

體積ノ等シキ水ト水銀或ハあるみにうむト鉛トヲ比較スルニ、(其重サ從ツテ)質量ニ大小ノ差アルヲ認ム可シ。是ニ依リテ種々ノ物質ハ其種類ニ依リテ質量ノ緻密ノ度ニ差アルヲ知ル。物質ノ質量ノ緻密ノ度ヲ密度ト云ヒ、單位體積内ノ質量ヲ以テ之ヲ測ル。故ニ體積 V ナル物體ノ質量ヲ M トスレバ其密度 d ハ次式ニテ與ヘラル。

$$d = \frac{M}{V}; \therefore M = V \cdot d$$

密度ノC.G.S.單位ハ上式ニ於テ V 及ビ M ガ夫々C.G.S.單位ナルトキノ密度、即チ體積一立方糎ニ一瓦ノ質量ヲ含ム密度ナリ。此單位ヲ示スニ瓦[g/cm^3]或ハ[g/cc]ナル符號ヲ用フル事アリ。

又通常木片ハ鉛ニ比シテ輕シト云フハ其同體積ニ就キ

テ重ヲ比較シタルナリ。物質ノ密度ハ單位體積内ニ含メル質量ニテ測リ、且ツ重サハ質量ニ正比例スルガ故ニ種々ノ物體ノ同體積ヲ取レバ密度ノ大ナル物程割合ニ重キ事明カナリ。種々ノ物質ノ同體積ノ重サヲ比較スル爲メニ水ヲ標準トシテ比重ナルモノヲ考フ。即チ、或ル物質ノ重サト之ト同體積ノ溫度攝氏四度ニ於ケル水ノ重サトノ比ヲ其物質ノ比重ト云フ。

物質ノ密度ハ單位體積内ノ質量ニテ測ルガ故ニ體積及ビ質量ノ兩單位ヲ併記セル名數ニテ表ハサレ其値ハ兩單位ニヨリテ異ナルモ、比重ハ同體積内ノ重サノ比ナルガ故ニ不名數ニテ表ハサレ其値ハ體積及ビ質量ノ單位ニヨリテ異ナルコトナシ。

次ニ比重ノ表ヲ掲グ

白金	21.5	銀	10.5	海水	1.02
金	19.3	銅	8.9	水	1.0
水銀	13.6	鐵	7.8	氷	0.92
鉛	11.3	あるみにうむ	2.6	酒精	0.78

或ハ物體ノ體積ヲV[厘³]トシ其密度ヲd[瓦・厘⁻³]トスレバ其重サハVd瓦ナリ。次ニ溫度攝氏四度ニ於ケル水ノ體積V[厘³]ヲ取リ、其密度ヲd'[瓦・厘⁻³]トスレバ其重サハVd'瓦ナリ。然ルトキハ物體ノ比重ヲsトスレバ定義ニヨリ

$$s = \frac{Vd}{Vd'} = \frac{d}{d'}$$

然ルニ溫度攝氏四度ニ於ケル水ノ密度d'ハ1[瓦・厘⁻³]ナルガ故ニ上式ニ

リ

$$s = d$$

即チ、C.G.S.單位ニテハ水ノ密度ノ値ガ1ナルガ爲メニ物質ノ密度ト比重トハ同一ノ數值ヲ取ルヲ知ルナリ。斯ノ如ク、C.G.S.單位ヲ取ルトキハ密度ト比重トハ同値トナルモ、此二者ハ根本的ノ觀念ニ於テ異ナルノミナラズ且ツ其表ハシ方ニ於テ異ナルナリ。即チ、一ハ組織ノ緻密ノ度ヲ表ハシ、一ハ同體積ノ比較的ノ重サヲ示スナリ、而シテ密度ヲ表ハスニハ水銀ノ密度ハ一立方厘ニフキ13.6瓦ト云フ如ク體積及ビ質量ノ單位ヲ示スヲ要シ、比重ハ二量ノ比ナルガ故ニ水銀ノ比重13.6ト云フ如ク單ニ數值ノミヲ與フレバ可ナリ。

例題

(1) 直徑二耗ナル白金線一米ノ質量ヲ求メヨ。

白金線ノ體積ハ其斷面 $\pi r^2 = \pi(1)^2$ 厘²ニ長サ100厘ヲ乘シタル $\pi(2)^2 \times 100$ 厘³ナリ、之ニ白金ノ密度21.5[瓦・厘⁻³]ヲ乘ズレバ求ムル質量ハ

$$\pi(1)^2 \times 100 \times 21.5 = \frac{22}{7} \times 21.5 = 67.6 \text{ 瓦}$$

(2) 體積ノ單位トシテ立方寸質量ノ單位トシテ勿ヲ取レバ水ノ密度如何。

1米=100厘=33寸、1寸= $\frac{1}{33}$ 厘ナルガ故ニ、一立方寸= $(\frac{1}{33})^3$ 立方厘。故ニ水ノ一立方寸ハ $(\frac{1}{33})^3$ 瓦ナリ、然ルニ1貳= $\frac{4}{15}$ 瓦、1瓦= $\frac{4}{15}$ 勿ナルガ故ニ、水ノ密度ハ一立方寸ニフキ $\frac{4}{15}(\frac{1}{33})^3$ 勿即チ約7.41勿ナリ。

(3) 立方寸及ビ勿ヲ單位トシテ水銀ノ密度及ビ比重ヲ計算セヨ。

【圖】水銀ノ密度ハ1立方寸ニツキ13.6瓦ナルガ故ニ水ノ密度ノ13.6倍ナリ。然ルニ前問ニ依リ立方寸及ビ忽チ單位トセル水ノ密度ハ7.41ナルガ故ニ求ムル水銀ノ密度ハ $13.6 \times 7.41 = 100.8$ 〔忽・寸⁻³〕ナリ。而シテ比重ハ13.6ナル事明カナリ。

(4) 體積100立方寸ノ氷ガ水トナレバ體積ハ幾立方寸トナルカ。

【圖】求ムル體積ヲV立方寸トスレバ同一物ニ於テハ其體積ト比重トハ逆比例スルガ故ニ

$$\frac{100}{V} = \frac{1}{0.92}, \therefore V = 92 \text{ 立方寸}$$

(5) 金ニ銀ヲ混ジタルモノ、比重16ニシテ其重サ100瓦ナリト云フ、含有スル金及ビ銀ノ量各々幾瓦ナルカ。

【圖】金ノ量ヲx瓦、銀ノ量ヲy瓦トスレバ題表ニヨリ

$$x + y = 100, \quad \frac{x}{19.3} + \frac{y}{10.5} = \frac{100}{16}$$

上式ヲ解キテ $x = 75.4$ 瓦、 $y = 24.6$ 瓦ヲ得。

第二章

分子的現象

§ 1 物質ノ三態 Three states of matter.

物體ノ状態ハ千差萬別ナルモ、之ヲ固體 Solid・液體 Liquid 及ビ氣體 Gas ノ三態ニ區別スル事ヲ得。金石等ノ如ク一定ノ體積及ビ形ヲ有スルモノヲ固體ト云ヒ、水・油等ノ如ク一定ノ體積ヲ有スルモ其形ハ之ヲ容ル、器ニ從ツテ變ズルモノヲ液體ト云ヒ、空氣ノ如ク一定ノ體積及ビ形ヲ有セズ常ニ任意ノ容器内ヲ充タスモノヲ氣體ト云フ。氣體及ビ液體ハ共ニ流動シ易キ通性ヲ有スルガ故ニ、之ヲ總稱シテ流體 Fluid ト云フコトアリ。

水ハ通常液體ノ状態ニ在ルモ之ヲ熱スレバ水蒸氣トナリ之ヲ冷却スレバ氷トナル、又鐵・銅等ノ如キ固體モ之ヲ熱スレバ融解シテ液體トナリ更ニ之ヲ熱スレバ蒸氣トナル。斯ノ如ク同一ノ物質ト雖モ温度ヲ變ズレバ其状態ヲ變ゼシメテ三態ノ何レヲモ取ラシムル事ヲ得ルナリ。

上記三態ノ外ニ例ヘバ水^{トリモチ}飴等ノ如ク固體ト液體トノ中間ノ状態ヲ取ルモノアリ、之ヲ粘體 Viscous body ト云フ。硝子ノ如キ堅キ固體モ之ヲ赤熱スレバ粘體トナリテ細工スル事ヲ得ルナリ。又金・銀・銅等ノ貨幣ハ鋼鐵ノ型ニテ紋章ヲ打出シテ造ルヲ以テ見レバ、是等ノ金屬ハ強壓ヲ受ク

レバ粘體ノ如ク作用スルヲ知ルナリ。

§ 2 物質ノ組織 Constitution of matter.

例ヘバ、酒精ノ 50 容ト水ノ 50 容トヲ混和スレバ 97 容ノ混合液ヲ得、又固體氣體等ガ液體ニ溶解スルトキ其體積ノ著シク増加セザル事及ビ水ニ強壓ヲ加フレバ金銀銅等ノ實質内ヲ透過シ得ル等ノ事實ハ一見物質ノ不可入性ニ矛盾スルガ如シト雖モ、一方ノ物質ガ微粒ニ分割セラレテ他方ノ物質ノ細隙間ニ侵入スルモノト考フレバ容易ニ説明シ得ルナリ。物質ノ組織ニ細隙アル事ヲ物質ノ有孔性 Porosity ト云ヒ、物質ノ細片ニ分割セラル、事ヲ可分性 Divisibility ト云フ、是等ノ性質モ亦物質ノ通性ナリ。數滴ノ赤いんきヲ桶ノ水ニ滴下シテ之ヲ着色シ得ル事及ビ麝香ガ開放セル室内ニ於テ永ク香氣ヲ放ツモ其重サノ著シク減ゼザル等ノ事實ニ徴スレバ物質ハ非常ニ微細ナル粒子ニ分割シ得ル事ヲ知リ得ベシ。

或ル物質ヲ細分スルトキ其物質ノ特性ヲ失ハザル範圍内ニ於テ無限ニ細分シ得ベキカ或ハ其ノ可分性ニ終極アルヤノ問題ハ直接ニ實驗シテ決定シ難シ。然レドモ多クノ物理的及ビ化學的現象ヲ説明スルニハ、物質ノ組織ハ一樣ナル連續的ノモノニ非ズ、物質ノ細分ニ終極アリテ凡テ物質ハ夫々其物質ニ特有ナル微粒子即チ分子 Molecule ノ集合セルモノト假定スルヲ便ナリトス、之ヲ分子說 Mole-

cular theory ト云フ。又一物質ノ分子ハ更ニ原子 Atom ト稱スル全ク性質ノ異ナル一種又ハ數種ノ微粒子ヨリ成ルト假定ス、例ヘバ酸素ノ分子ハ二個ノ酸素原子ヨリ成リ水ノ分子ハ二個ノ水素原子ト一個ノ酸素原子ヨリ成ルモノト考フルガ如シ。近時電氣學上ノ研究ニ基キ、物質ノ原子ハ更ニ陽電氣ノ核ト其周圍ニ廻轉スル數多ノ電子 Electron ト稱スル陰電氣ヲ帶ブル微粒ヨリ成ル事ヲ知リ得ルニ至レリ、之ヲ電子說 Electron theory ト云フ。

因 物質ノ組織ニ關スル分子說及ビ電子說等ハ何レモ現時吾人ノ知リ得タル實驗上ノ事實ヲ統一シ且之ヲ説明スルガ爲メニ設ケタル假設或ハ理論ニ外ナラザルガ故ニ將來更ニ新事實ノ發見ト共ニ修正或ハ革新セラル、ノ餘地アルナリ。然レドモ、現今ノ程度ニ於テハ是等ノ說ハ實驗上ノ根據ヲ有シ一般學者ノ是認スル所ニシテ、種々ノ方面ヨリ分子・原子及ビ電子等ノ大サ・質量等ヲ算定スルニ其値ハ大凡一致シテ益々此說ニ根據ヲ與フルニ至レルナリ。推定ノ結果ニ依ルニ

水素原子ノ直徑 = 2.2×10^{-8} 浬; 水素原子ノ質量 = 1.64×10^{-24} 瓦一般
ニ分子ノ直徑 = 3×10^{-8} 浬(約);

溫度 0°C. 壓力 76 浬ノ氣體ノ立方浬内ノ分子數 = 2.56×10^{19}

電子ノ直徑 = 4×10^{-13} 浬; 電子ノ質量ハ水素原子質量ノ約 $\frac{1}{1800}$

§ 3 分子力 Molecular forces.

物質ガ有孔性及ビ可分性ヲ有スルノ事實ニ徴スレバ物質ノ分子ハ互ニ密着セルモノニ非ズシテ其間ニ空隙ヲ存スル事恰モ銀河ガ無數ノ群星ノ集合ヨリ成ルガ如キモノ

ナルヲ知ルナリ。斯ノ如ク物質ヲ組織スル分子間ニ空隙ヲ存スルニ關ハラズ個々ノ物體ガ一定ノ形或ハ體積ヲ有シ得ルハ分子間ニ一種ノ引カアリテ互ニ相牽引スルニ因ル之ヲ**分子引カ** Molecular attraction ト云フ。分子引カハ分子間ノ距離ガ約一耗ノ百萬分ノ一ヨリモ小トナルトキ作用シ其距離少シク大トナレバ消失スルナリ、例ヘバ硝子管ヲ折リテ之ヲ押シ合スモ合一セザルハ断面ノ分子ガ十分近距離ニ達シ得ザルガ爲メナリ。

分子力ヲ二種ニ分ツ、一ハ同種類ノ分子間ニ働ク分子引カニシテ之ヲ**凝集力** Cohesion ト云ヒ、一ハ異種類ノ分子間ニ働ク分子引カニシテ之ヲ**附着力** Adhesion ト云フ。例ヘバ、硝子棒ヲ水中ニ突込ミテ引キ上グルトキ水滴ノ棒端ニ附着スルハ水ト硝子トノ附着力ガ水ノ**凝集力**ヨリモ大ナルガ爲メニシテ、水銀ノ硝子棒ニ附着セザルハ其**凝集力**ガ硝子ト水銀トノ附着力ヨリモ大ナルガ爲メナリ。又物體ヲ引キ延バサントスルトキ抵抗ノ表ハル、ハ凝集力ノ結果ニシテ、鉛筆ニテ文字ヲ書キ又金屬板ニ鍍金シ得ルハ附着力ノ結果ナリ。

物質ヲ組織スル分子ガ相引クニ關ラズ其間ニ空隙ヲ存シテ互ニ密着セザルハ分子ガ常ニ烈シク運動スルニ因ルナリ。即チ、分子運動ノ爲メニ物體ノ各分子ガ互ニ隔離セントスル傾向ト分子引カニ依リテ互ニ接近セントスル傾

向トノ爲メニ物體ハ一定ノ形ヲ保ツナリ。

固體ガ一定ノ形及ビ體積ヲ有スルハ其分子間ニ働ク凝集力大ナルガ爲メニシテ、從ツテ其分子ハ夫々一定ノ區域内ニ於テ四方ニ往返振動スルニ過ギズ。液體ガ一定ノ體積ヲ有スルモ一定ノ形ヲ有セザルハ其凝集力固體ニ比シテ小ナルガ爲メニシテ、從ツテ液體ノ分子ハ容易ニ滑リ動キ得ルヲ知ルナリ。氷ガ融ケテ水トナルトキハ其體積ハ幾分カ減少シ、更ニ水ガ氣化シテ水蒸氣トナルトキハ其體積ハ約千六百倍トナルガ故ニ水蒸氣ニ於ケル分子間ノ距離ハ氷及ビ水ノ場合ニ比スレバ遙ニ大ナルナリ。一般ニ氣體ノ分子間ノ距離ハ大ニシテ凝集力ハ非常ニ微弱ナルガ故ニ個々ノ氣體分子ハ自由ニ直線運動ヲ爲シテ他ノ分子或ハ器ノ内壁ニ衝突スルニ非ザレバ其運動ノ方向ヲ變ズル事ナシ、是レ氣體ガ任意ノ容器内ニ充滿シ得ル所以ナリ。

一般ニ物體ノ分子運動ハ其溫度ノ高キ程烈シキモノト考ヘラル。固體ヲ熱スレバ其溫度ノ上昇ト共ニ分子ノ振動ハ漸次ニ烈シクナリテ分子ハ遂ニ自己ノ振動區域ヲ脱シ他ノ分子ノ間ヲ潜リテ滑リ動キ始ムルニ至ル、之レ即チ融解ノ現象ナリ。更ニ融解液ヲ熱スレバ分子ノ運動ハ益々烈シクナリテ、分子中特ニ速度ノ大ナルモノハ凝集力ノ羈絆ヲ脱シテ液外ニ逸出スルニ至ルナリ、之レ即チ蒸發ノ

現象 = 外ナラズ。

例 題

(1) 二個ノ鉛球ヲ取り之ヲ小刀ニテ削リタル面ヲ互ニ捻リ合セバ附着スルハ何故ゾ。

圖 鉛ハ割合ニ軟キ金屬ナルガ故ニ削リタル兩面ヲ捻リ合ストキハ兩面ノ分子ハ互ニ十分ニ接近シテ凝集力ノ作用ニヨリ附着スルニ至ルナリ。

(2) 郵便切手ヲ貼付スルニ濡サレバ附着セズ、又乾ケバ固着スルハ何故ゾ。

圖 切手ヲ濡セバあらびやごむノ溶液ヲ生シ之ヲ他物ニ貼付スレバ溶液ハ他物ノ面ヲ濡スナリ、故ニ乾ケバあらびやごむノ分子ハ他物ノ面ニ十分ニ接近シ附着力ニヨリテ之ニ附着シ得ルナリ。

(3) 硝子管ヲ切斷シタル後之ヲ押シ付クルモ密着セズ、然ルニ兩管端ヲ赤熱スレバ之ヲ密着セシメ得ルハ何故ゾ。

圖 管ノ切斷面ヲ其儘押シ合スモ兩面ノ分子ハ十分ニ接近シ得ザルガ故ニ凝集力ノ働キ不十分ニシテ密着セザルモ、之ヲ赤熱スレバ硝子ハ粘體トナリ之ヲ押シ合セバ兩面ノ分子ハ十分ニ接近シ得テ附着スルニ至ルナリ、而シテ此際分子運動ノ激シキ一事も密着ノ作用ヲ助ケル事勿論ナリ。

§ 4 **彈性** Elasticity.

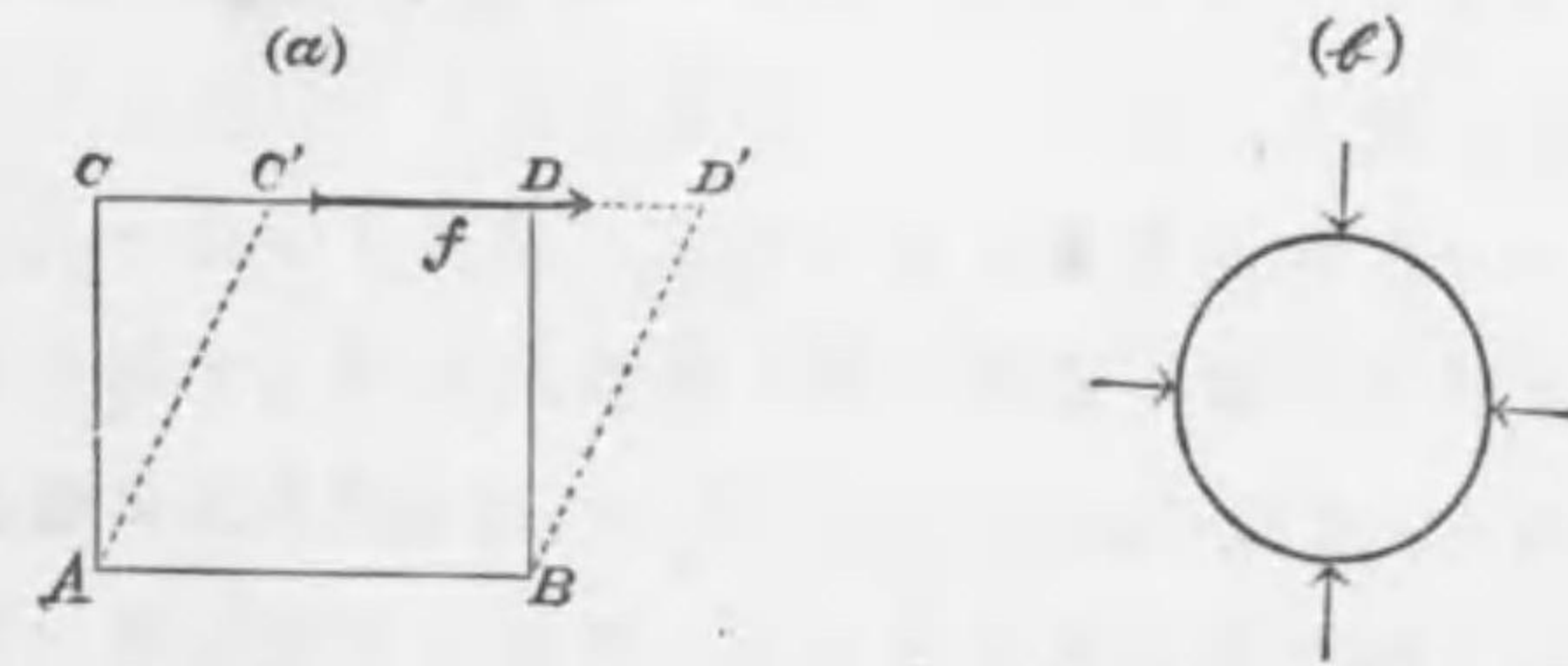
自由ニ動キ得ル物體ニ外力ヲ加フレバ物體ハ全體トシテ運動スレドモ物體ヲ固定シテ之ニ外力ヲ加フレバ物體

ハ一般ニ其形 shape 或ハ體積等ヲ變ジテ外力ノ方向ト反對ノ方向ニ働ク一種ノ抵抗力 Resistance ヲ表シ外力ヲ去レバ原形ニ復スルヲ常トス。例ヘバ、護謨管ヲ引キ延シ、竹片ヲ撓メ、針金ヲ捩リ、圓筒内ニ活塞ニテ空氣ヲ壓縮スル場合等ニ就キテ容易ニ之ヲ實驗スル事ヲ得ベシ。

上述ノ如ク物體ガ外力ノ作用ヲ受ケテ形或ハ體積ヲ變化シ外力ヲ取去ルト共ニ原形ニ復スル性質ヲ彈性ト云ヒ、彈性ヲ有スル物體ヲ彈性體 Elastic body ト云フ。

而シテ外力ノ爲メニ彈性體ノ受クル形或ハ體積ノ變化ヲ歪 strain ト云ヒ、歪ミタル彈性體ガ原形ニ復セントスル力ヲ彈力 Elastic force ト云フ。

一般ニ物體ニ與フル歪ヲ二種ニ區別スル事ヲ得ベシ、一ハ體積ノ變化ヲ伴ハザル形ノミノ歪ニシテ、一ハ形ノ變化ヲ伴ハザル體積ノミノ歪ナリ。組織一樣ナル物體ニテ(a)



圖ニ示スガ如キ矩形柱 ABCD ヲ作り、其下端面 AB ヲ固定シテ上端面 CD ニ於テ面ニ平行ニ力 f ヲ加フレバ、柱體

ハ歪ミテ $ABC'D'$ ノ形ヲ取ルベシ、此歪ヲズレ Shear ト云フ。ズレハ體積不變ニシテ形ノミ、變化スル歪ナリ、何トナレバ圖ニ於テ柱體ノ底面 AB ハ固定シ而シテ柱體ヲ底面ニ平行スル數多ノ薄層ノ集合ト看做セバ、是等ノ層ハ力ノ作用ニ依リテ順次ニ底面ニ平行ニ移動スルニ止マリ從ツテ柱體ノ高サハ不變ナレバナリ。次ニ球體ニシテ圖ニ示スガ如ク其全表面ニ一様ニ壓力ヲ加フレバ(球體ヲ密閉セル圓筒内ノ水中ニ沈メ水ニ強壓ヲ加フレバ球ノ全面ニ水ノ靜壓力ガ一様ニ働クナリ)、球ハ縮小シテ半径ノ小ナル球トナル、即チ此場合ニハ形ノ變化ヲ伴ハザル體積ノミノ歪ヲ得ルナリ。固體棒ヲ引キ延シ、壓縮シ、撓メ、或ハ振ル等ノ場合ニ於テハ形ノ變化ニ體積ノ變化ヲ隨伴スルガ故ニ其歪ハ非常ニ複雑ナリ。

ズレノ歪ニ對スル彈性ヲ形ノ彈性 Elasticity of shape ト云ヒ、體積ノ變化ニ對スル彈性ヲ體積ノ彈性 Volume elasticity ト云フ。

固體ハ一般ニ凝集力ニ富ミ形或ハ體積ノ變化ニ對シテ抵抗力ヲ表スガ故ニ固體ハ形ノ彈性及ビ體積ノ彈性ヲ有スルヲ知ル。液體ハ凝集力小ニシテ所謂器ノ方圓ニ從フノ性質ヲ有シ形ノ變化ニ對シテ全ク抵抗力ヲ表ハサルガ故ニ形ノ彈性ヲ有セズ(例ヘバ手ニテ水ヲ攪拌スル時受クル手答ハ水ニ速度ヲ與フル爲メニ其慣性ニ起因スルモノ

ニシテ水ノ形ヲ變ズル爲メニ抵抗力ヲ表ハル、ニアラズ、何トナレバ靜ニ水ヲ攪拌スル時或ハ小刀ノ類ニテ水ヲ切ル時殆ド抵抗ヲ感ゼザレバナリ)。次ニ液體ヲ圓筒内ニ容レ活塞ニテ之ヲ壓縮セント試ムルニ強大ナル抵抗力ヲ表ハル、ヲ認ム可シ、故ニ液體ハ體積ノ彈性ヲ有スルヲ知ル。氣體ハ凝集力非常ニ小ニシテ自ラ任意ノ容器内ニ充滿スルノ性アルガ故ニ形ノ彈性ヲ有セザルコト明カナリ。又氣體ヲ壓スレバ氣體ハ容易ニ壓縮セラルト共ニ抵抗力ヲ表ハスガ故ニ氣體モ亦體積ノ彈性ヲ有スルナリ。

之ヲ要スルニ、固體ハ形及ビ體積ノ彈性ヲ有シ、液體及ビ氣體ハ共ニ形ノ彈性ヲ有セズシテ體積ノ彈性ノミヲ有ス。斯ノ如ク液體及ビ氣體ハ彈性ニ關シテ同様ノ性質ヲ有スルモ液體ハ壓縮シ難ク氣體ハ壓縮シ易キガ故ニ液體ヲ不可壓流體 Incompressible fluid ト云ヒ、氣體ヲ可壓流體 Compressible fluid ト云フ事アリ。

種々ノ物質ニテ同形同大ノモノヲ作り之等ニ同一ノ歪ヲ與フルトキ表ハル、彈力ノ大ナルモノ程其物質ノ彈性ハ大ナルナリ。例ヘバ長サ及ビ切口ノ等シキ鋼鐵線及ビ護謨線ヲ引キ延バスニ鋼鐵線ハ護謨線ニ比シテ著シク引キ延シ難ク從ツテ延長ニ抗シテ原形ニ復セントスル彈力大ニシテ彈性ノ大イナルヲ知ルナリ。又液體ハ氣體ニ比スレバ遙ニ壓縮シ難キガ故ニ液體ノ體積ノ彈性ハ氣體ニ

比スレバ遠ニ大ナルヲ知ルナリ。

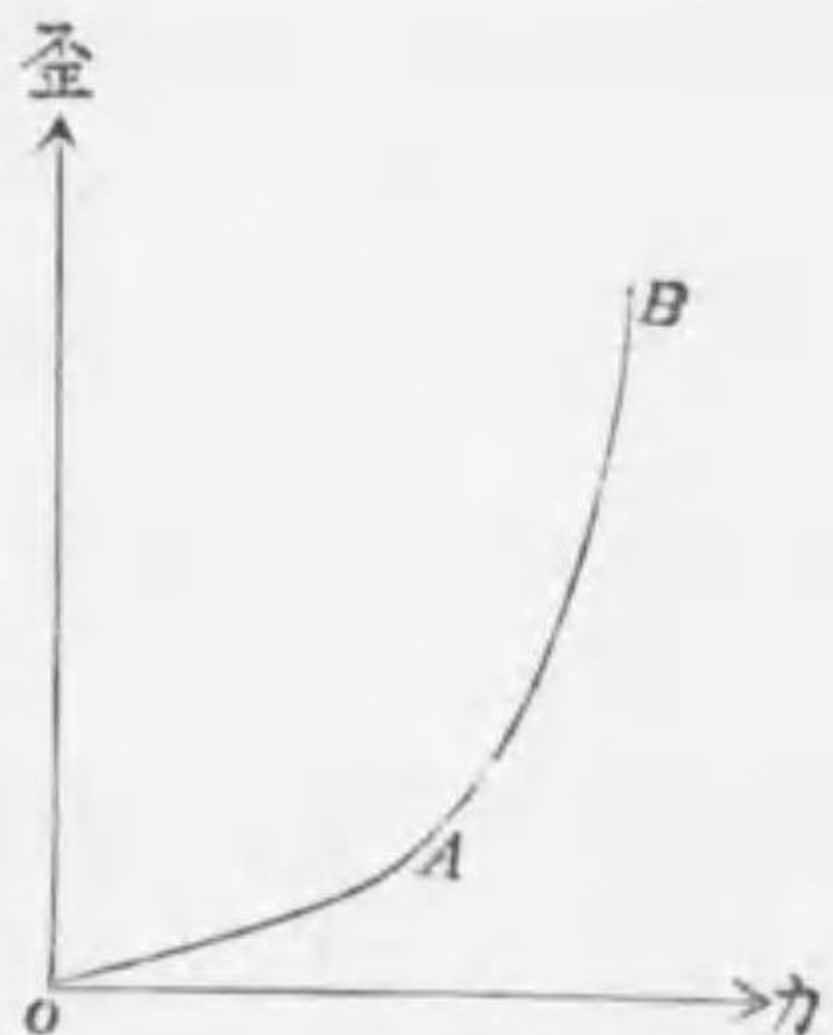
§ 5 **彈性ノ際限** Limit of Elasticity.

彈性體ニ加フル外力從ツテ歪ガ餘リニ大ナラザル範圍内ニ於テハ、外力ヲ除クト共ニ物體ハ全ク舊狀ニ復シテ少シモ歪ヲ殘ササルヲ常トス。然ルニ、彈性體ニ加フル外力ノ大サガ或ル値ヲ超ユルトキハ外力ヲ除クモ物體ハ全ク舊狀ニ復セズシテ多少ノ歪ヲ殘留スルニ至ルナリ。外力ヲ除クトキ彈性體ガ舊狀ニ復シ得ル歪ノ最大限ヲ**彈性ノ際限**ト云フ。一般ニ金屬ノ彈性ノ際限ハ小ニシテ竹片護謨等ハ大ナル際限ヲ有ス。

圖 護謨管ヲ引キ延バシテ其長サヲ倍程ニスルモ之ヲ弛ムレバ管ハ完全ニ舊狀ニ復スルガ故ニ其際限ハ著シク大ナリ。俗ニ護謨ガ彈性ニ富ムト云フハ此際限ノ大ナルヲ意味スルナリ。然レドモ前節ニ於テ述ブレガ如ク彈性體ノ彈性ノ強弱ハ之ヲ歪マシタルトキ舊狀ニ復セントス彈力ノ大小ニ依リテ表ハス可キモノニシテ、護謨ノ彈力ハ小ナルガ故ニ其彈性ハ小ナルナリ。斯ノ如ク彈性ノ際限ノ大小ト彈性自身ノ大小トハ全ク別事ナル事ニ注意スルヲ要ス。

例ヘバ金屬ノ針金ヲ吊シ其下端ニ錘ヲ懸ケテ錘ノ重サヲ漸次ニ増加スルトキ、重サ即チ外力ト針金ノ受クル延長トヲ測定シテ其關係ヲ曲線ニテ示ストキハ彈性ノ模様ヲ示スニ便ナリ。即チ、横軸ニ外力ヲ取リ縦軸ニ延長ヲ取レバ針金ニ加フル外力(切口ノ單位面積ニ割リ當テタル)ト針金ノ受クル延長トノ關係ハ OAB ノ如キ曲線ニテ示シ得

ルナリ。力ノ小ナル間ハ二者ノ關係ヲ示ス曲線ノ部分 OA ハ殆ド直線ニシテ力ト歪トガ正比例スル事ヲ示スナリ。而シテ此場合ニ於テハ力ヲ漸次ニ小ニスレバ歪モ亦小トナリ二者ノ關係ヲ示ス點ハ直線 OA ヲ逆進シテ力ガ零トナレバ歪モ亦零トナルナリ。然ルニ、 A 點ヲ超ユレバ歪ハ前ヨリモ幾分か急ニ増加シ力ヲ除クモ歪ハ全ク消失セザルニ至ルナリ。故ニ、 A 點ハ**彈性ノ際限**ヲ示スヲ知ルナリ。更ニ力ヲ増加シテ B 點ニ達スレバ歪ハ一層急激ニ増加シテ針金ハ遂ニ切斷スルニ至ルナリ、故ニ B 點ヲ切斷點 **Breaking point** ト云フ。



彈性體ニ其際限ヲ超エテ十分大ナル力ヲ加フレバ物體ハ所謂**永久ノ歪 Permanent strain**ヲ受ケ歪ミタル儘ノ形ヲ取ルニ至ル、鐵葉其他ノ金屬細工ハ畢竟金屬ノ此永久ノ歪ヲ利用セルナリ。彈性ノ際限非常ニ小ニシテ且ツ切斷點 B ト際限點 A (前圖) トガ殆ド一致スル物體ニ十分ニ大ナル力ヲ加フレバ物體ハ少シク歪ミテ忽チ破壞スルナリ。斯ノ如キ物體ヲ脆シ **Brittle** ト云フ、硝子骨・蒼鉛等ハ其適例ナリ。又彈性ノ際限小ニシテ之ヲ超ユルモ破壞スル事ナク永久ノ歪ヲ受クルモノヲ粘シ **Plastic** ト云フ、鉛・金・銀・蠟等

ハ其適例ニシテ線ニ引キ箔ニ展バシ得ルハ是ガ爲メナリ。

因 物體ノ彈性ハ溫度ニ依リテ著シク變化シ、一般ニ溫度ノ上昇ト共ニ彈性ヲ減シテ粘クナルヲ常トス。例ヘバ炭素・たんぐすてん等ノ如キ電燈線ハ之ヲ點セザルトキハ彈性ヲ有シ球ヲ打テバ振動スルモ之ニ電流ヲ通シテ熱スルトキハ粘クナルヲ以テ球ヲ振ルモ線ハ振動セザルガ如シ。鍛冶工ガ鐵ヲ熱シテ加工スルハ鐵ガ溫度ノ上昇ト共ニ粘クナル事ヲ利用セルナリ。又鉛ノ如キハ常溫ニ於テハ粘キモ液體空氣ニテ冷却スレバ彈性ヲ得之ヲ叩ケバ鋼鐵ノ如キ音ヲ發スルナリ。

又物體ノ彈性的態度ハ時間ニモ關係ス例ヘバ封蠟棒ハ之ニ急ニ力ヲ加フレバ脆ク破壊スルモ其一端ヲ固定シテ他端ニ餘リ大ナラザル錘ヲ懸ケテ永ク放置スレバ流レテ彎曲スルヲ見ル可シ。又彈性體ニ加フル力ガ短時間働クトキハ力ヲ除クトキ物體ハ舊狀ニ復スルモ力ノ働ク時間ノ永キ程歪ノ殘留スル度大トナリ且ツ舊狀ニ復スルニ永キ時間ヲ要スルニ至ルナリ。此現象ヲ彈性餘効 Elastic after effect ト云フ。

§ 6 ふっくノ定律 Hooke's law.

前節ニ於テ述べタルガ如ク、彈性ノ際限ノ範圍内ニ於テハ彈性體ニ加フル外力ト從ツテ起ル歪トノ關係ハ直線 $O A$ (前節ノ圖參照)ニテ表ハサレ、從ツテ二者ハ正比例ノ關係ヲ満足スルナリ。即チ、

彈性ノ際限内ニ於テハ彈性體ノ受クル歪ハ之ニ加フル外力ニ正比例ス。

之ヲふっくノ定律ト云フ。

實驗 護膜管或ハせんまいヲ吊シ其下端ニ皿ヲ付ケ之ニ種々ノ分

銅ヲ乘セテせんまいノ延長ト分銅ノ重サトノ關係ヲ求メ其關係ヲ圖示 (前節ノ圖ノ如ク)シテ直線トナル事ヲ實驗ス可シ

せんまい秤 Spring balance ハ圖ニ示ス如ク鋼鐵製ノ螺旋ヲ圓筒内ニ納メ其伸縮ヲ指針ニテ圓筒ノ外側ニ表ハス様ニ作りタルモノニシテ、豫メ目方ノ已知ナル種々ノ分銅ヲ用ヒテ之ニ對スル目盛ヲ施シ置ケバ之ニ依リテ物體ノ重サ或ハ其他ノ力ヲ測定シ得ルナリ。



例 題

問 (1) せんまい秤ハ物體ノ重量ヲ測ル器械ナルカ或ハ質量ヲ測ル器械ナルカ。

解 せんまい秤ニテ測ルモノハ勿論物體ノ重量ナルモ地上ノ一局所ニ於テハ物體ノ重量ハ其質量ニ正比例スルガ故ニせんまい秤ニテ質量ヲ測リ得ルナリ。又地上ノ各所ニ於ケル一物體ノ重量ノ差ハ餘リニ大ナラザルガ故ニ左程精密ヲ要セザル場合ニハせんまい秤を各地ニ移シテ使用スルヲ以テ物體ノ重量ヲ測リ得ルナリ。

§*7 彈性率 Modulus of elasticity

彈性體ノ受クル歪ニハ之ニ加フル力ノ加ヘ方ニヨリテ

種々ノ場合アリ。以下ニ必要ナル二三ノ場合ニ就キテ歪ト外力トノ關係ヲ記載ス。

延び Elongation. 長サ L , 切口 s ナル針金ヲ吊シ其下端ニ重サ W ナル錘ヲ懸クルトキ針金ノ受クル延ビヲ l トスレバ $\frac{W}{s}$ ハ單位面積ニ働ク力ニシテ $\frac{l}{L}$ ハ單位ノ長サノ受クル延ビナリ。ふつゝノ定律ヲ此場合ニ適用スレバ $\frac{W}{s}$ ト $\frac{l}{L}$ トハ正比例スルガ故ニ、次式ヲ得ベシ。

$$\frac{W}{s} \propto \frac{l}{L} \therefore W = E \frac{ls}{L}$$

茲ニ E ハ針金ノ質ニ特有ナル常數ニシテ之ヲ延ビノ彈性率或ハヤんぐノ彈性率 Young's modulus ト云フ。上式ニ於テ $L=l, s=1$ ナルトキハ $W=E$ ナルガ故ニ、ヤんぐノ彈性率ハ假リニ針金ガ彈性ノ際限ヲ超エザルモノト看做シテ切口 1 耗²ナル針金ヲ二倍ノ長サニ延バヌニ必要ナル力ナリト考へ得ルナリ。

撓み Bending. 幅 a , 厚サ b , 長サ l ナル棒ノ兩端ヲ支へ其中點ニ重サ W ナル錘ヲ吊ストキ、中點ノ下リヲ s トスレバ理論上及ビ實驗上 s ハ次式ニテ與ヘラル。

$$s = \frac{1}{4E} \cdot \frac{l^3}{ab^3} \cdot W$$

茲ニ E ハヤんぐ率ヲ示ス。上式ニ示スガ如ク、 s ハ厚サノ三乗ニ逆比例スルガ故ニ幅小ナルモ厚サヲ大ニスレバ

銅線	21000	金	8000
鐵	20000	銀	7300
白金	17000	硝子	6300
銅	12000	鉛	1700
眞鍮	9000		

棒ノ撓ミ小トナルナリ。建築及ビ鐵橋等ニ板狀ノ材料ヲ縱ニ使用スルハ之ガ爲メナリ。

撓り Torsion. 長サ l , 半徑 r ナル針金ヲ能率 u ナル働力(後章ニ述ブ)ニテ撓ルトキ針金ノ撓ラレタル角ヲ φ トスレバ計算上 φ ハ次式ニテ與ヘラル。

$$\varphi = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{l}{r^4} \cdot u$$

茲ニ n ハ針金ノ質ニ特有ナル常數ニシテ之ヲ撓リノ彈性率 Torsion modulus ト云フ。

§ 8 溶解 Dissolution.

例ヘバ硫黄塊ヲ水ニ投ズルニ硫黄ハ永ク固形ヲ保チ何等ノ變化ヲ認メズ。然ルニ砂糖ヲ水ニ投ズレバ漸次ニ其ノ形ヲ失ヒ之ト共ニ水ハ甘味ヲ帯ビタル一様ナル液トナルヲ見ル可シ。一般ニ斯ノ如キ現象ヲ溶解ト言ヒ、生ジタル液ヲ溶液 Solution, 元ノ液ヲ溶媒 Solvent, 溶カサレタル物質ヲ溶質, Solute ト云フ。前例ニ於テ水ニ益々多量ノ砂糖ヲ投入スレバ水ヲ攪拌スルモ遂ニ砂糖ヲ殘留スルニ至ルナリ。之ニ依リテ溶媒ガ或ル溶質ヲ溶解スルニハ一定ノ限度アルヲ知ルベシ。溶質ガ或温度ニ於テ能フ限リ溶解シタル溶液ヲ其温度ニ於ケル飽和溶液 Saturated solution ト云フ。固體様ノ溶質ノ多ハ溶媒ニ溶解スル量ハ温度ノ高キ程大ナリ。

硝子瓶ニ水ト油トノ等容ヲ容レテ激シク之ヲ振盪スレ

バ二液ハ細滴トナリテ混ズレモ暫時之ヲ放置スレバ液ハ再ビ分離スルヲ見ルナリ。水ト水銀又ハ油ト水銀トヲ以テ同様ノ實驗ヲナシ得ベシ。細滴ノ大サ十分小ナルトキハ之ヲ放置スルモ容易ニ分離セズ、斯ノ如キ混合物ヲ乳狀體 Emulsion トイフ、牛乳ハ其通例ナリ。

液體モ亦他ノ液體ヲ溶解ス。水ト酒精トハ任意ノ割合ニテ互ニ溶解ス、斯ノ如キ二液ハ互ニ混和 miscible シ得ルト云フ。又水トえーてるトハ一定ノ割合ニテ互ニ飽和溶液ヲ作ル。

氣體ノ液體ニ溶解スル量ハ液面ニ接スル氣體ノ壓力ニ正比例シ且温度ノ低キ程大ナリ。

例 題

(1) 水ヲ盛リタル器ヲ熱スルトキ、氣泡ノ器壁ニ生ズルハ何故ゾ。

圖 氣體ノ液體ニ溶解スル量ハ温度ノ高キ程小ナルガ故ニ液ヲ熱スレバ之ニ溶解セル空氣ハ遊離シテ氣體トナリ器壁ニ附着スルナリ。

(2) らむね瓶ノ栓ヲ抜キテ氣體ノ沸騰スルハ何故ゾ。

圖 らむねハ炭酸瓦斯ニ強壓ヲ加ヘテ水ニ溶解シタルモノナリ。炭酸瓦斯ノ溶解スル量ハ水面ニ加ハル瓦斯ノ壓力ニ正比例スルガ故ニ栓ヲ抜キテ壓力ヲ減ズレバ餘分ノ瓦斯ハ溶液ヨリ逸出シテ盛ニ氣泡ノ沸

騰ヲ起スナリ。

§ 9 凝着及び吸藏 Adsorption and Occlusion

一般ニ固体ハ其ノ表面ニ氣體或ハ水蒸氣ヲ凝集スルノ性アリ、此現象ヲ凝着ト云フ。凝着ノ場合ニハ一般ニ熱ノ發生ヲ伴フヲ常トス。木炭ハ多孔質ナルガ故ニ内部表面ニ富ミ從テ多量ノ氣體ヲ凝着スルノ能アリ。木炭ヲ熱スレバ既ニ吸收セル氣體ヲ放散シ、之ヲ冷却スレバ多量ノ氣體ヲ吸收スルモノナリ。真空管ノ實驗ニ於テ殊ニ内部ノ空氣ヲ完全ニ排除スルヲ要スルトキハ液體空氣ニテ冷却セル木炭ヲ用フルコトアリ。又金屬ハ單ニ自己ノ表面ニ氣體ヲ凝着スルノミナラズ、又其實質内ニ之ヲ吸收スルモノナリ、此現象ヲ吸藏ト云フ。金屬ばらちうむハ殊ニ水素ヲ吸藏スルノ性ヲ有シ、常温ニ於テ自體ノ體積ノ 376 倍ノ水素ヲ吸藏ス。又之ヲ極陰トシテ水ヲ分解スレバ水素瓦斯ノ 982 倍ヲ吸藏シ得ト云フ。

§ 10 擴散・滲透 Diffusion. Osmose.

水素瓦斯ヲ充テタル瓶ヲ空氣ノ入レタル他ノ同大ノ瓶ノ上ニ重ネ置クトキハ、輕キ水素降り重キ空氣昇リテ互ニ混和シ少時ノ後一樣ナル混合氣トナルヲ認ム可シ、此現象ヲ氣體ノ擴散ト云フ。空氣ノ組織ノ各所殆ド同一ナルハ擴散ノ結果ニ外ナラザルナリ。

氣體ノ擴散ハ其分子ガ自由ニ運動シツ、アル事ヲ考フ

レバ必然ノ結果トシテ證明シ得ル現象ナリ。即チ、二種ノ氣體ガ接觸スルトキハ、双方ノ氣體分子ガ互ニ總テノ方向ニ運動スルガ故ニ、暫時ニシテ混和シ一様ナル混合氣トナルナリ。

氣體ノ擴散ハ氣體ノ密度ノ小ナル程速カナリ。

實驗 二個ノ硝子圓筒ヲ直立シ一方ニ水素、他方ニ空氣ヲ入レ其内ニ沃素ノ數片ヲ投ズ可シ。然ル後ハ沃素蒸氣ハ水素内ニ於テハ空氣中ニ於ケルヨリモ一層速カニ上騰スルヲ見ル可シ。

氣體ハ又疎鬆ナル一種ノ隔壁ヲ透シテ擴散ス。隔壁ヲ通過スル種々ノ氣體ノ量ハ隔壁ノ兩側ニ於ケル壓力ノ差ニ正比例シ其密度ノ平方根ニ逆比例ス。

實驗 紫燒ノ圓筒ヲ密封シテ之ニ硝子管ヲ連結シ管ノ他端ヲ圖ニ示ス如ク着色セル水ニ沈ム。今石灰瓦斯(或ハ水素)ヲ充テタル硝子鐘ヲ以テ紫燒圓筒ヲ蔽ヘバ空氣泡ハ管口ヨリ脱出シ、次ニ鐘ヲ取り去レバ着色液ノ管ニ上ルヲ見ル可シ。此理由ハ、初メノ場合ニハ圓筒内ニ向ツテ入りシ瓦斯ノ量ガ筒外ニ出テシ空氣ノ量ヨリモ大ナルガ爲メニシテ、後ノ場合ニハ管外ニ出テシ瓦斯ノ量ガ管内ニ入ル空氣ノ量ヨリモ大ナルガ爲メナリ。

互ニ混和シ得ル二液體間ニモ亦氣體ノ場合ノ如ク擴散ノ現象アリ、唯異ナルハ其擴散ノ速サガ氣體ノ場合ニ比シテ遙ニ小ナルノ差アルノミ。例ヘバ、硝子圓筒ニ水ヲ入レ



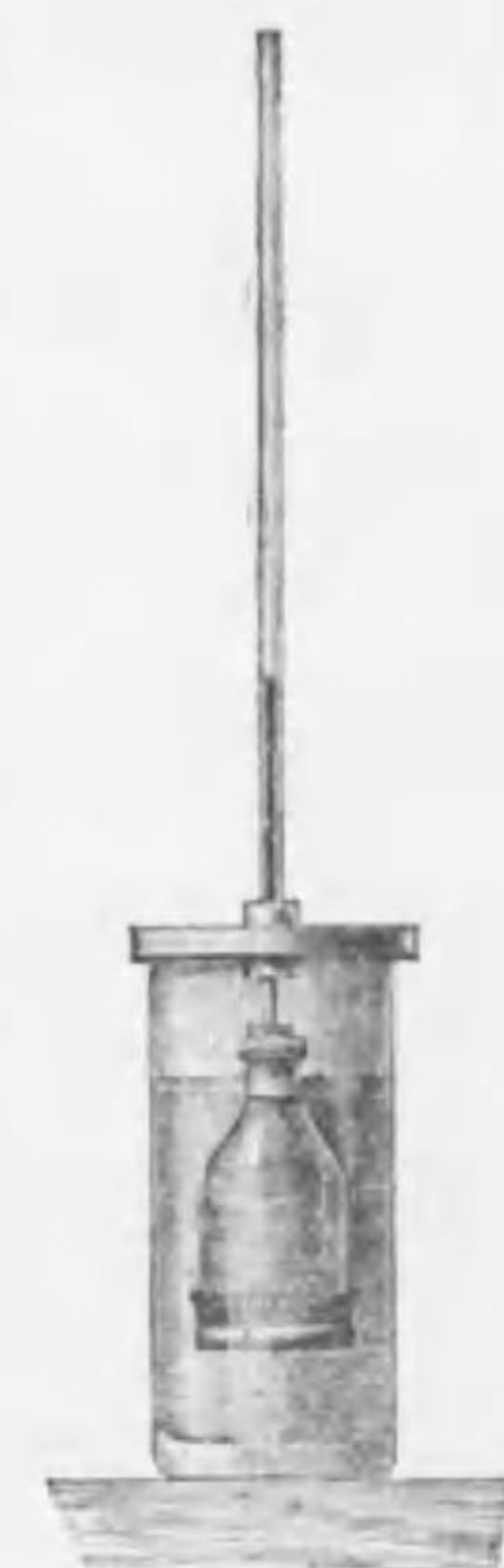
硝子管ニテ其下ニ靜カニ硫酸銅ノ濃溶液ヲ送レバ初メハ二液ノ境界明瞭ナルモ時ヲ經ルニ從ヒ漸次ニ其境界漠然トナリテ互ニ混和スルガ如シ。

液體モ亦一種ノ隔壁ヲ透シテ擴散ス、此現象ヲ滲透ト云フ。無底瓶ニ膀胱膜ノ底ヲ張リテ着色セル酒精ヲ入レ其口ニ硝子管ヲ貫キタル栓ヲ箠メテ之ヲ水中ニ沈ムレバ酒精ノ細管内ニ上ルヲ見ル可シ。是レ膜ヲ通シテ瓶内ニ入ル水ノ量ガ膜外ニ出ヅル酒精ノ量ヨリモ大ナルガ爲メナリ。

砂糖・食鹽等ノ如キ結晶體ノ溶液ハ膜質ヲ通ジテ自由ニ滲透シ得ルモ蛋白・膠等ノ如キ非結晶體ノ溶液ニハ滲透ノ現象ナシ、故ニ結晶體及ビ非結晶體ノ混和溶液ヲ前圖ノ裝置ニ於ケル瓶内ニ入レテ之ヲ水中ニ沈ムレバ結晶質ハ管外ニ滲出シ膠質ハ遂ニ瓶内ニ殘留シ以テ二物ヲ分離シ得ルナリ。此分離ノ方法ヲ滲透分析 Dialysis ト云フ。

§ 11 表面張力 Surface tension.

針ニ手脂ヲ塗リテ水ニ濡サレザル様ニシ之ヲ吸取紙ノ上ニ載セテ水面ニ置ケバ暫時ニシテ紙ハ沈ムモ針ハ水面ニ浮ブヲ見ル可シ。又一種ノ水蟲ガ水面ヲ匍匐スルハ吾人ノ目撃スル所ニシテ此水蟲ノ足底ニハ脂ヲ分泌スルガ

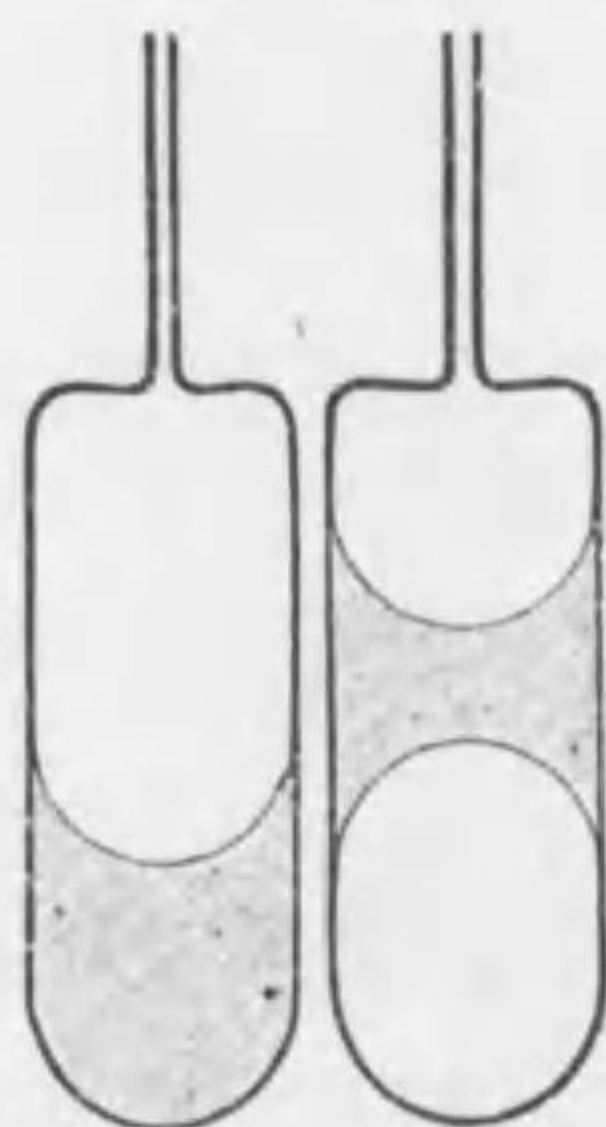


故ニ、水蟲ノ沈マザルハ針ノ
 實驗ト同様ノ理ニ基クヲ知
 ルナリ。是等ノ事實ニ徴ス
 レバ一般ニ液面ハ恰モ膜ヲ
 以テ蔽ハレタルガ如キ有様ニ在ルヲ知ルナリ。



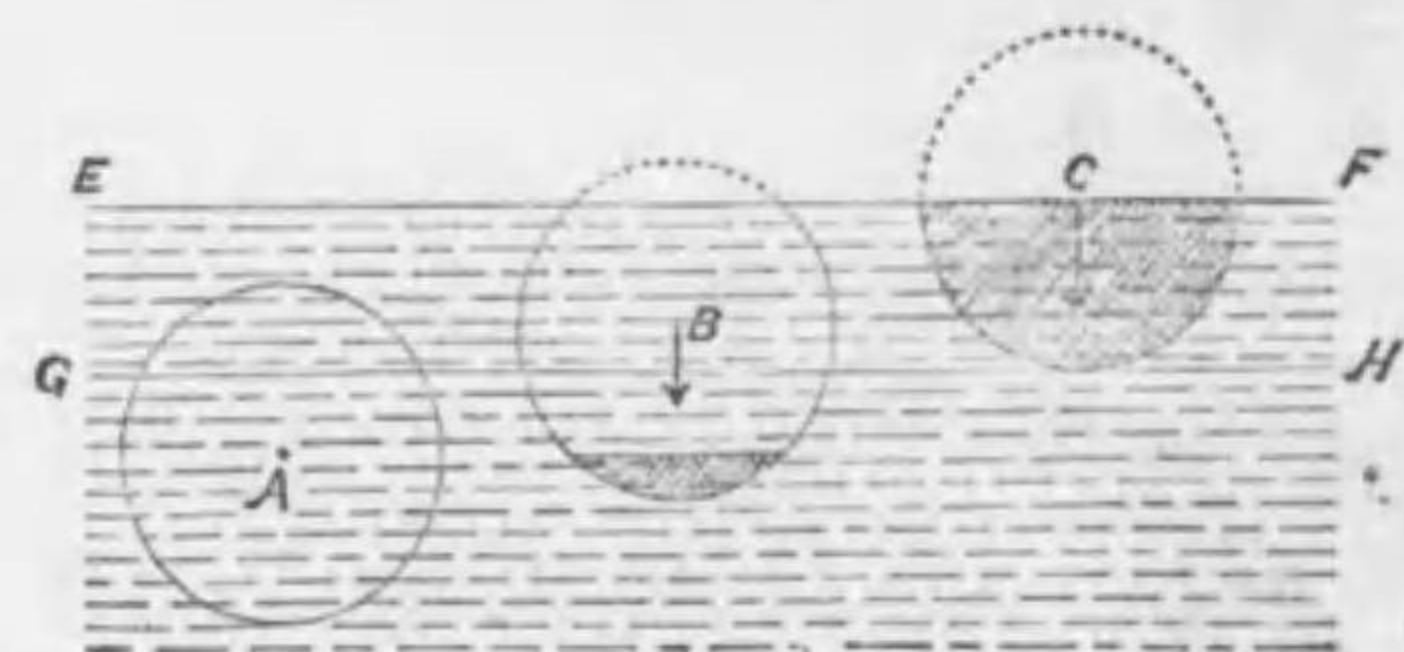
實驗 びーかーニ水ヲ充タシ、水面ニリこぼらうむ粉又ハこるくノ細
 粉ヲ撒布シタル後、硝子棒ヲ突キ入レテ棒ヲ上下ニ動かセバ薄キ水膜ガ
 棒ト共ニ動キ水面ニ膜ノ存スル模様ヲ見ル事ヲ得ルナリ。

又針金ニテ圖ニ示ス如ク長方形ノ棒
 ヲ作り之ニ絲ヲ横タヘ石鹼液内ニ沈メ
 テ引キ上グレバ棒ヲ周圍トスル液膜ヲ
 得ベシ。次ニ絲ノ一方ノ膜ヲ突キ破レ
 バ絲ハ忽チ引キ張ラレテ圓弧狀トナル
 ヲ見ルナリ。



是ニ依リテ液ノ表面ハ恰モ薄キ護謨
 膜ヲ以テ蔽ヒタルガ如ク成ル可ク收縮
 セントスル有様ニ在ルヲ知ル、此力ヲ表面張力ト云フ。表

面張力ノ起因ハ表
 面ノ分子ガ凝集力
 ニ依リテ液ノ内部
 ニ向ツテ吸引セラ
 レ從ツテ液ノ表面



ガ成ル可ク引キ縮マリタル形ヲ取ラントスルガ爲メニ起
 ルヲ知ル。

圖 尙ホ液ノ表面張力ガ液分子ノ凝集力ニ依リテ起ル理由ヲ仔細ニ
 説明セン。今液ノ内部ニ於テノ分子Aヲ考ヘ、此分子ニ凝集力ヲ及ボ
 シ得ル最大距離ヲ半徑トシテ球ヲ畫ク可シ、此球ヲ作用球 Sphere of ac-
 tionト云フ。作用球内ノ液分子ハ悉クA分子ヲ引クガ故ニ、A分子ハ前後
 四方ニ一樣ニ引カレ恰モ外力ガ働カザルト同様ノ有様ニ在ルナリ。然
 ルニ、今液面EFヨリ作用球ノ半徑rニ等シキ距離ニGHナル平面ヲ引
 キ、二ツノ平面EF, GHノ間ニ介在スル分子例ヘバBヲ考フルニ、此分子
 ニ向ツテハ作用球ノ上部(點線ニテ示ス)欠損スルガ故ニ、B分子ハ此欠損
 ニ對稱ナル陰影ヲ附セル部分ノ爲メニ結局液ノ内部ニ向ツテ吸引セラ
 ル。斯ノ如ク、液ノ内部ニ引カル、力ハ平面GHヨリ液ノ表面ニ近ヅク
 ニ從ツテ大トナリ液面ノ分子ニ於テ最大トナルナリ。液ノ表面ニ於ケ
 ル膜層内ノ分子ガ液ノ内部ニ向ツテ吸引セラル、結果トシテ表面ハ成
 ル可ク縮少セントシ、從ツテ表面張力ヲ生ズルナリ。實測ノ結果ヨリ推
 定スルニ、作用球ノ半徑rハ 6×10^{-6} 釐ヨリモ小ナルガ故ニ表面張力ノ起
 因ナル表面層ノ厚サハ非常ニ小ナルナリ。

斯ノ如ク、液體ノ表面ガ縮少セントスル結果、總テ液體ハ
 一定ノ境遇ニ於テ表面ノ最小ナル形ヲ取ルナリ。球ハ與
 ヘラレタル體積ニ於テ表面ノ最小ナル形ナルガ故ニ雨滴
 ノ球形ヲナシ又硝子棒ノ一端ヲ赤熱スルトキ自ラ球形ト
 ナルハ表面張力ノ作用ニ外ナラズ。細キ管口ヨリ流下ス
 ル水注ガ遂ニ數多ノ水滴ニ分離スルノ狀ハ圖ニ示スガ如
 キ有様ニシテ、以テ表面張力ノ作用ノ歴然タルヲ見ル可シ。

因 流下スル水柱ヲ直接ニ見ルモ水柱ノ下部ハ唯不透明ナルノミニシテ上圖ニ示スガ如キ有様ニ在ル事ヲ認ムルヲ得ズ、是レ後章ニ説明スル吾人ノ眼ノ網膜ニ於ケル視覺ノ殘留作用ニ外ナラズ、例ヘバ橋ノ燈光ヲ振り廻ハストキ火輪ヲ認ムルガ如シ。然ルニ暗室内ニ於テ電氣火花ニテ水柱ヲ見ルカ或ハ水柱ヲ活動寫眞ニ於ケルガ如ク間歇的ノ光ニテ照ラセバ膜上ニ上圖ノ有様ヲ映寫シ得ルナリ。



水銀ヲ机上ニ置クニ、其量多ケレバ扁平ナル形トナルモ其量小ナレバ球形トナル。今此理由ヲ考フルニ、水銀ノ量多ケレバ表面張力ノ作用ニ依ツテ水銀ガ球狀トナル傾向ヨリモ重力ノ作用大ナルガ故ニ其形ハ扁平トナルモ、其量小ナル程體積ニ比シテ表面大トナリ、從ツテ表面張力ノ作用重力ノ作用ニ打勝テテ遂ニ球狀トナルニ至ルナリ。

因 一般ニ物體ノ量小ナル程體積ニ比シテ表面ノ割合大トナル理由ヲ説明セン。例ヘバ、半徑 r ナル球ノ體積ハ $\frac{4}{3}\pi r^3$ ニシテ其表面ハ $4\pi r^2$ ナルガ故ニ其比ハ $\frac{1}{r}$ ニシテ半徑ノ小ナル程體積ハ表面ニ比シテ小トナルヲ見ルナリ。

表面張力ハ液體ニ依リテ其値ヲ異ニス、種々ノ液體中水銀ノ表面張力ハ最大ニシテ、水・油・酒精・えーてる等之ニ次グ。又水溶液ノ表面張力ハ水ノ表面張力ヨリモ小ニシテ、且ツ其濃度大ナル程表面張力ノ値小トナルナリ。水面ニ石油

ヲ滴下スルトキ、石

油ガ水ノ全面ニ擴

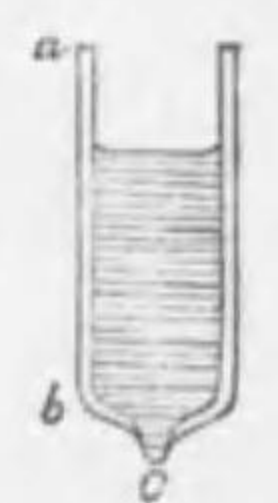
ガルハ水ノ表面張

力ガ油及ビ油ト水トノ接觸面ニ於ケル表面張力ニ比シテ遙カニ大ナルガ爲メナリ。



實驗一 樟腦ノ小片ヲ水面ニ投ズレバ樟腦片ハ活潑ニ運動スルヲ見ル可シ。此理由ハ樟腦片ガ水ニ溶解スル度ハ四方一様ナラザルガ故ニ樟腦片ハ濃度小ニシテ表面張力ノ大ナル方ニ向ツテ引カレ從ツテ運動スルナリ。

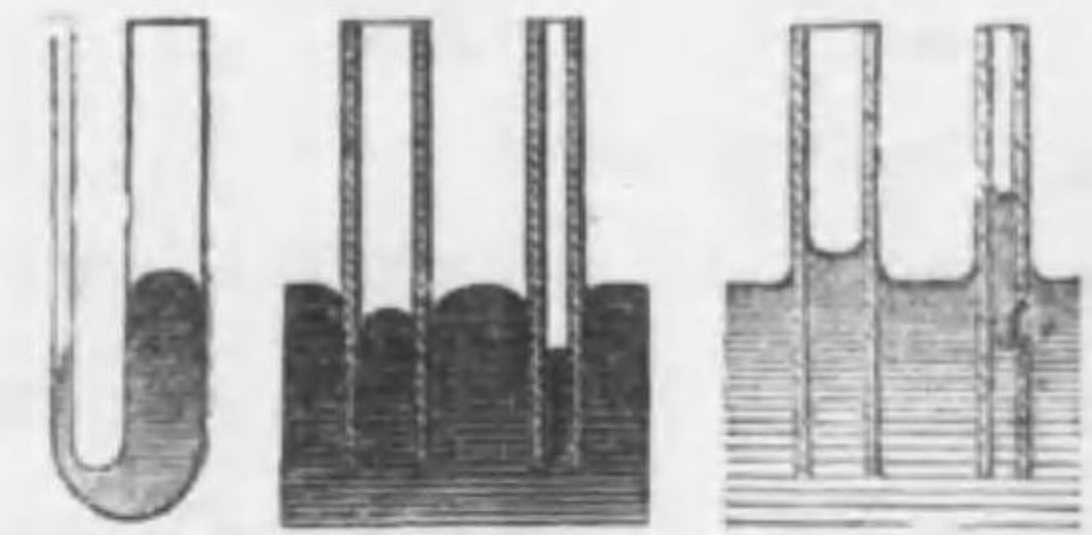
實驗二 硝子管ノ一端ヲ細口 c ニ終ラシメタルモノヲ作り、之ニ水ヲ入ルレバ表面張力ノ爲メニ細口 c ニ薄キ嚢膜ノ底ヲ引キ張リタルガ如キ狀ヲ呈シ多少ノ水柱ハ管内ニ殘留スルヲ見ル可シ。次ニびーかーニえーてるヲ滴下シ之ヲ以テ管口ヲ蔽ヘバ數滴ノ水ハ更ニ流下スルヲ見ル可シ、是レ水ノえーてる蒸氣ニ接スルトキノ表面張力ノ値ガ水ガ空氣ニ接スルトキノ値ヨリモ小ナルガ爲メナリ。



§ 12 毛管現象 Capillary phenomena.

細キ硝子管ヲ水ノ如ク硝子ヲ濕ホス液中ニ立ツレバ液

ハ圖ニ示ス如ク管内ニ引キ上ゲラレ、之ニ反シテ水銀ノ如ク硝子ヲ濕ホサル液中ニ立ツレバ水銀ハ管内ニ押



シ下ゲラル、ヲ見ル可シ、此現象ヲ毛管現象ト云フ。而シ

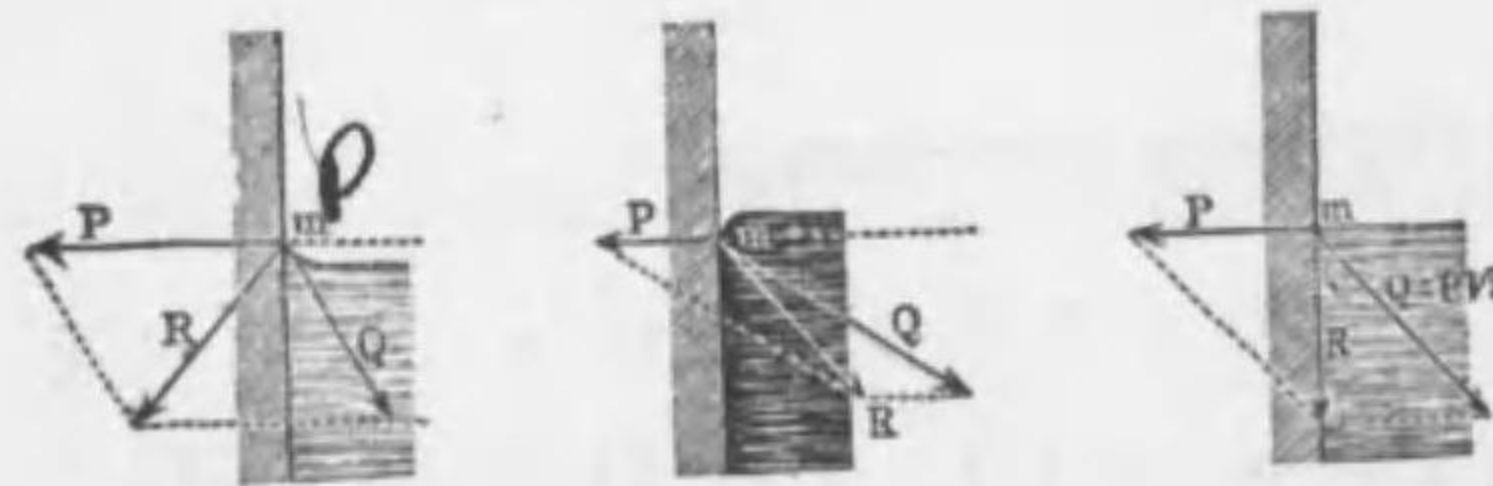
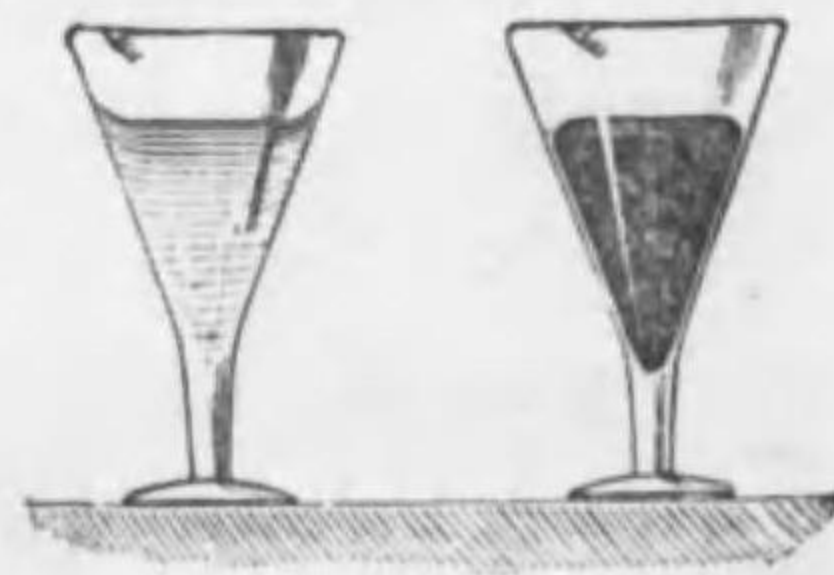
テ管ノ内外ニ於ケル液面ノ高サノ差ハ管ノ半径ノ小ナル程大ナリ、實測ニ依ルニ

管ノ内外ニ於ケル液面ノ高サノ差ハ管ノ半径ニ逆比例ス。

之ヲ ^{ジューリン} Jurin ノ定律ト云フ。毛管現象ノ實例ハ頗ル多シ燈心ノ油ヲ吸上ゲ、毛筆ノ墨汁ヲ含ミ、吸取紙ノいんきヲ吸ヒ取ル等ハ何レモ毛管現象ノ適例ナリ。

圖 毛管現象ハ壁ト液トノ附着力ト液ノ表面張力トニ依ツテ起ル現象ナル事ヲ説明セン。先ヅ液ト壁トノ接觸部ニ於ケル液面ノ形ガ凹或ハ凸ノ形ヲ取り、其結果トシテ毛管現象ノ起ル事ヲ述ベントス。

圖ニ示ス如ク硝子コップニ水或ハ水銀ヲ入ル、ニ水ハ壁ニ接スル部分ニ於テ凹形トナリ之ニ反シテ水銀ハ凸形トナルヲ見ルナリ。今此理由ヲ考フルニ液ト壁トノ接觸點ニ於ケル液分子ハ壁



ノ附着力 P ト液自身ノ凝集力 Q トノ二力ノ作用ヲ受ク、分子ニ働ク重力ハ分子力ニ比スレバ

微小ナルガ故ニ無視シテ可ナリ。而シテ後ニ説明スルガ如ク、一點ニ二力が作用スルトキハ其効果ハ二力ヲ二邊トスル平行四邊形ノ對角線ニテ與ヘラル、合力 R ガ作用スルト同様ナリ。又後ニ述ブル如ク、液ハ自由ニ滑リ動キ得ルガ故ニ液面ノ形ハ液面ノ分子ニ働ク外力ノ方向ニ直角ナル形ヲ取ルナリ。即チ水ノ場合ノ如ク壁ノ附着力大ニシテ合力 R ガ

壁内ニ向フトキハ液ノ形ハ凹形トナリ、水銀ノ場合ノ如ク液内ニ向フトキハ凸形トナリ、更ニ合力 R ガ鉛直ニ向フトキハ液面ハ水平トナルナリ。

管子細管ヲ液中ニ立ツレバ水ノ場合ニハ液面ハ凹状トナリ、水銀ノ場合ニハ凸状トナルヲ知ルナリ。液面ガ凹形トナルトキハ表面張力ノ爲メニ液面ハ收縮セントスルガ故ニ液内ノ壓力減少シ從ツテ後章ニ述ブル如ク液内ノ同一水平面上ノ各點ノ壓力ハ相等シト云フ理ニ依リテ液ハ管内ニ押し上ゲラル、ナリ。液面ガ凸形ナルトキ液柱ノ押し下ゲラル、理由モ同様ニ説明シ得ルナリ。

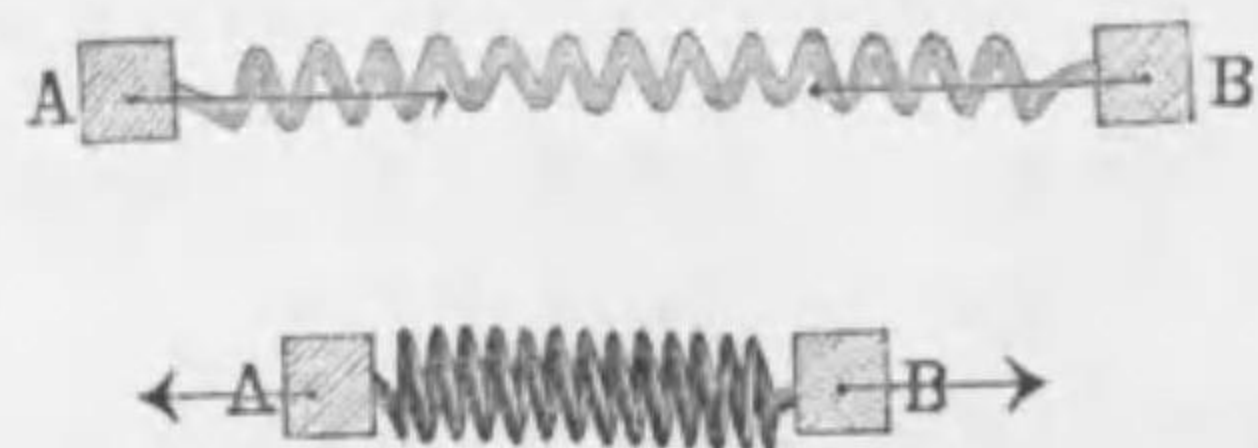
Handwritten calculations and diagrams on the right page. Includes a vertical arrow pointing down with numbers 0.02, 0.006, and 0.001. A horizontal line is drawn below the arrow. To the right, there are several numbers and a boxed calculation: $\frac{0.02 \times 1.8}{0.006}$ and $\frac{0.006}{0.001}$. There is also a handwritten '6 cm' and a boxed '0.006' over '0'.

第二編
力ノ釣合
第一章
剛體

§ 1 作用及ビ反作用 Action and Reaction,

手ニテ物體ヲ押シ之ニ力ヲ働カシムレバ手モ亦反對ノ方向ニ押サレ、馬ガ車ヲ曳ケバ馬モ亦後方ニ曳カル、ナリ。

又圖ニ示ス如ク、二物體 A, B ヲせんまいニテ連結シ、之ヲ引キ延バシ或ハ壓縮シテ放ツトキ



ハ A, B ハ互ニ相近ヅキ或ハ相遠ザカル。斯ノ如ク、せんまいノ媒介ニ依リテ一物體 A ニ力ガ働クトキハ他物體 B モ亦力ノ作用ヲ受タルナリ。地上ノ物體ト地球又ハ二ツノ磁極或ハ二ツノ帶電體等ガ互ニ作用スル場合ニハ二物體間ニ見得ベキ媒介物ナシト雖モ其作用ハ上圖ノ場合ト同様ニシテ一物體ニ力ガ働クト共ニ他物體ニモ反對ノ方向ニ力ガ働クナリ。

斯ノ如ク、一物體ニ力ガ働クトキハ此物體ニ力ヲ及ボセル第二ノ物體ニモ同時ニ必ズ力ガ働クナリ、即チ力ハ必ズ

相互作用トシテ二物體間ニ働クナリ。二物體ガ互ニ作用スル場合ニ於テ、吾人ノ着眼點ヲ其中ノ一物體ニ置クトキハ此物體ニ働ク力ヲ作用 Action ト云ヒ、此際ニ他物體ニ働ク力ヲ反作用 Reaction ト云フ。故ニ若シ吾人ノ着眼點ヲ他方ノ物體ニ移セバ、前ノ作用ハ反作用トナリ反作用ハ作用トナル事明カナリ。實驗ノ結果、作用ト反作用トノ方向及ビ大サニ關シテ次ノ定律アリ。

二物體ノ相互作用ニ依リテ之ニ働ク作用及ビ反作用ハ其方向反對ニシテ大サ相等シ。

之ヲ反作用ノ定律 Law of reaction ト云フ。

二物體ガ互ニ作用スルトキ吾人ノ着眼點ヲ一方ノ物體ニ置ク事ナク、二物體ヲ同時ニ考フルトキハ其相互作用ヲすとれつす Stress ト云フ。即チ、すとれつすとハ二物體ニ働ク方向反對ニシテ大サ相等シキ一對ノ力ナリ。故ニ反作用ノ定律ヲ

力ハ總テすとれつすヲ成ス

ト云ヒ表ハシ得ルナリ。すとれつすヲ考フルニ當リテハ之ヲ形成スル二方中ノ何レガ何レノ物體ニ働クカヲ明確ニ區別シテ考フルヲ要ス。

圖 二物體ノ相互作用ヲ考フルトキ、吾人ノ着眼點ノ如何ニヨリテ、作用・反作用或ハすとれつすナル名稱ヲ得ルナリ。例ヘバ人ガ物ヲ買フ場合ニ於テ、着眼點ヲ商人及ビ購買者ニ置ケバ其取引ヲ賣買トイヒ更ニ着

眼點ヲ商人或ハ購買者ノ一ニ移セバ其取引ヲ賣ル或ハ買フトイフガ如シ。

實驗 試験管ノ底ニ近キ側壁ニ細孔ヲ穿テタルモノヲ鉛直ニ吊シ之ニ水ヲ入ルレバ細孔ヨリ水ノ流出スルト共ニ管ハ圖ニ示スガ如ク反對ニ傾クヲ見ル可シ。



例題

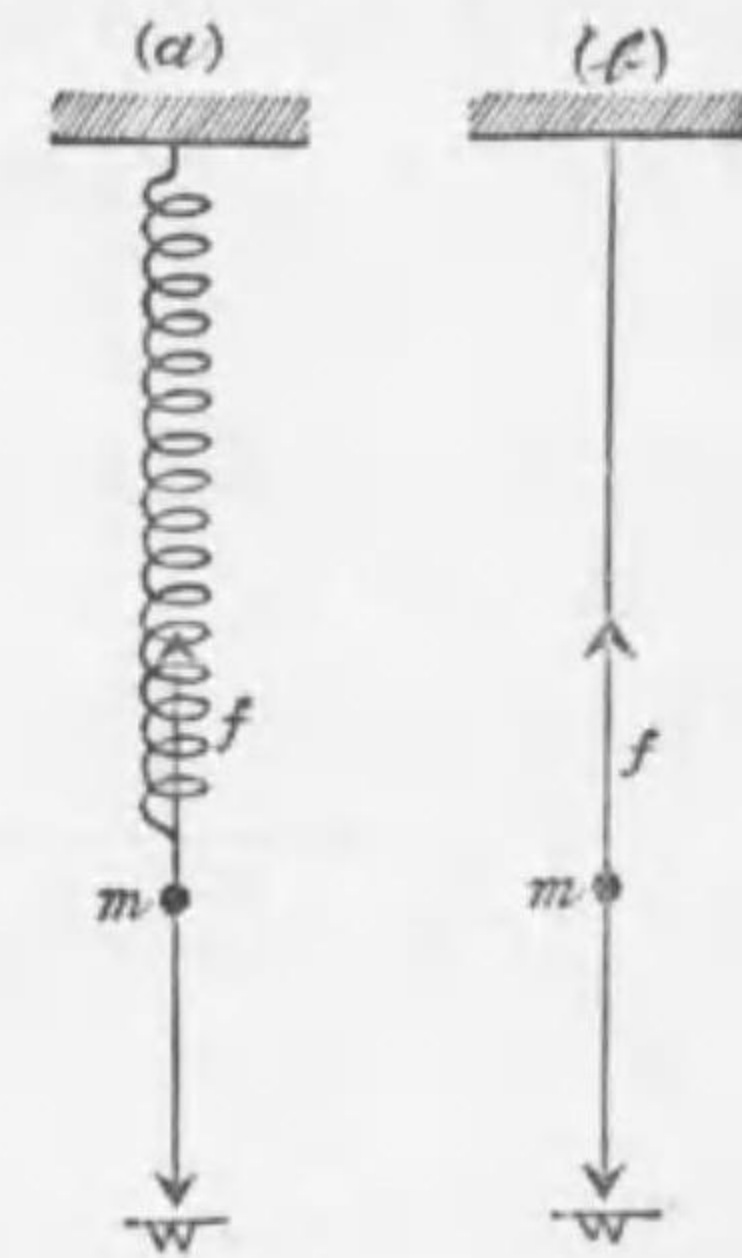
- (1) 體重秤ノ臺ニ立テテ自身ノ帶ヲ持テ之ヲ引キ揚グルモ目方ニ影響ナキハ何故ゾ。
- (2) 短艇ヨリ陸上ニ飛ビ上ルトキ短艇ノ退クハ何故ゾ。
- (3) 馬車ノ馬ガ車ヲ引ク場合ニツキテすとれつすヲ説明セヨ。

圖 馬ガ車ヲ引クカト馬ガ車ニ引カルカトハ大サ相等シク方向反對ニシテるとれつすヲ成ス。故ニ馬車ニ働ク力ガモシ此ノすとれつすノミナラバ馬車ハ勿論前進セズ。然ルニ實際ニ於テ馬車ノ前進スルハ此すとれつすノ外ニ馬及ビ車ガ地球ニ對スルすとれつすヲ有スルガ爲メナリ。即チ馬ガ斜ニ地面ヲ踏ムカト地面ガ反對ノ方向ニ踏マルカトヨリ成ルすとれつすト、車ニ働ク摩擦カト地面ニ働ク摩擦カトヨリ成ルすとれつすアリ。車ノミニ着眼スレバ馬ノ牽引力ガ摩擦カヨリモ大ナレバ前進シ、馬ノミニ着眼スレバ馬ノ地面ヲ踏ミテ得ル前進ノ力ガ車ノ牽引力ヨリ大ナレバ馬ハ前進ス。若シ馬車全體ニ着眼スレバ牽引力ノすとれつすハ互ニ打消シテ其前進ニ無關係トナリ、馬ガ地面ヲ踏ムカト車ニ働ク摩擦カヨリモ大ナレバ馬車ハ前進スルナリ。

§ 2 力ノ釣合 Equilibrium of forces.

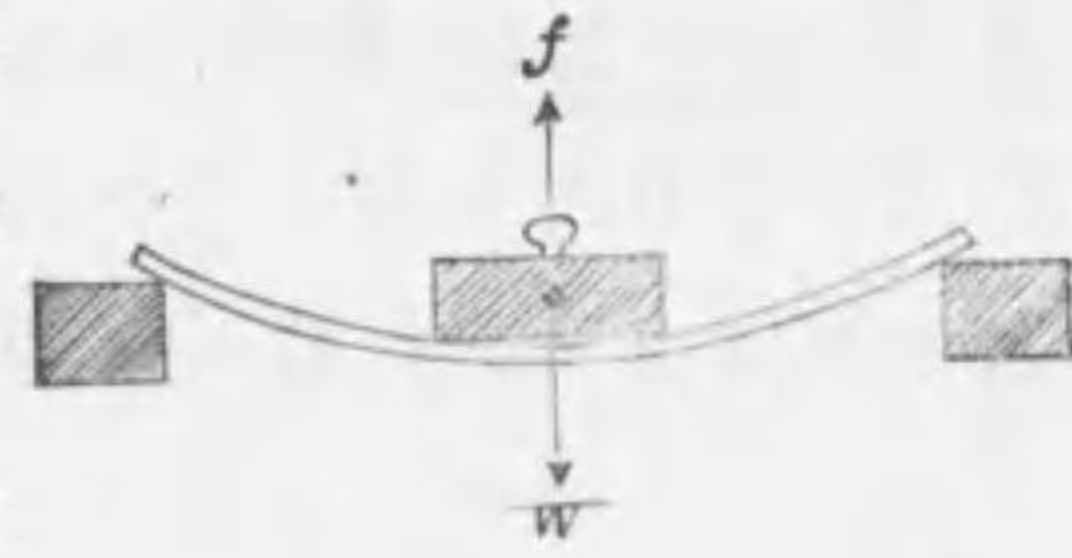
靜止シテ自由ニ動キ得ル物體ニ一力ガ作用スルトキハ物體ハ必ズ運動ス。然ルニ、數多ノ力ガ同時ニ靜止セル物體ニ働クトキ物體ガ運動ヲ起ス事ナク全ク力ガ働カザルト同様ナル場合アリ、此場合ニハ是等ノ力或ハ物體ガ釣合フト云フ。

先ヅ一質點ニ働ク二力ノ釣合ヲ考ヘントス。例ヘバ(a)圖ニ示ス如クせんまいニテ小鉛球 m ヲ吊ストキハ球ハ其重サ W トせんまいノ收縮セントスル彈力 f トノ二力ノ作用ヲ受ク。而シテ球ガ靜止スルトキハ彈力 f ノ大サハ重サ W ニ等シクシテ方向反對ナリ、何トナレバ若シ $f < W$ ナレバせんまいハ伸ビ、若シ $f > W$ ナレバせんまいハ縮ム可ケレバナリ。又(b)圖ニ示ス如ク、せんまいノ代リニ絲ヲ用フルトキハ絲ガ幾分カ延ビテ生ズル彈力 f ガ球ノ重サ W ニ等シキトキ球ハ釣合ヲ保ツナリ。斯ノ如ク絲或ハ針金等ヲ引キ張ルトキ表ハル、彈力ヲ張力 Tension ト云フ。



又次圖ニ示ス如ク臺ノ上ニ薄キ板ヲ架シテ其上ニ小分銅ヲ載スルトキハ、分銅ノ重サ W ト板ガ彎曲シテ舊狀ニ復

セントスル彈力 f トハ相等シクシテ方向反對ナリ。物體ヲ机上ニ置クトキハ机ハ



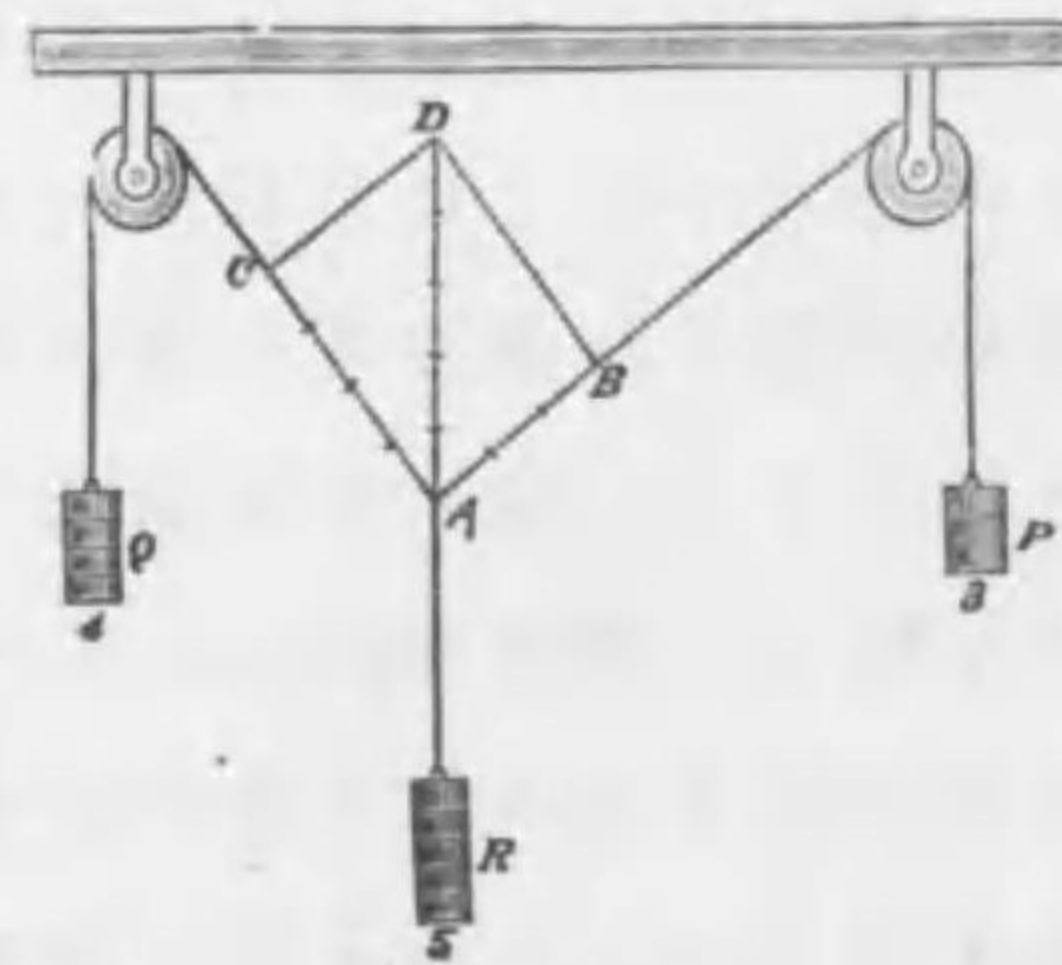
丈夫ナルガ故ニ極メテ微小ナル歪ヲ受ケテ物體ノ重サニ等シキ丈ケノ彈力ヲ表ハシ以テ物體ハ釣合ヲ保ツナリ。斯ノ如ク板机或ハ一般ニ固定臺等ヲ押ストキ表ハル、彈力ヲ**抗力 Resistance** ト云フ。

上例ニ示ス如ク、一質點ニ働ク二力ノ釣合ニ關シテ次ノ結論ヲ得——一質點ニ働ク方向反對ニシテ大サ相等シキ二力ハ釣合ヲ保ツ。

圖 絲ニテ物體ヲ吊シ或ハ臺ノ上ニ物體ヲ載スルトキ表ハル、絲ノ張力或ハ臺ノ抗力ハ物體ノ重サノ大小ニ應ジテ増減シ得ルモノニシテ所謂受動的ノ性質ヲ有スル事ハ注意ス可キ事ナリトス。

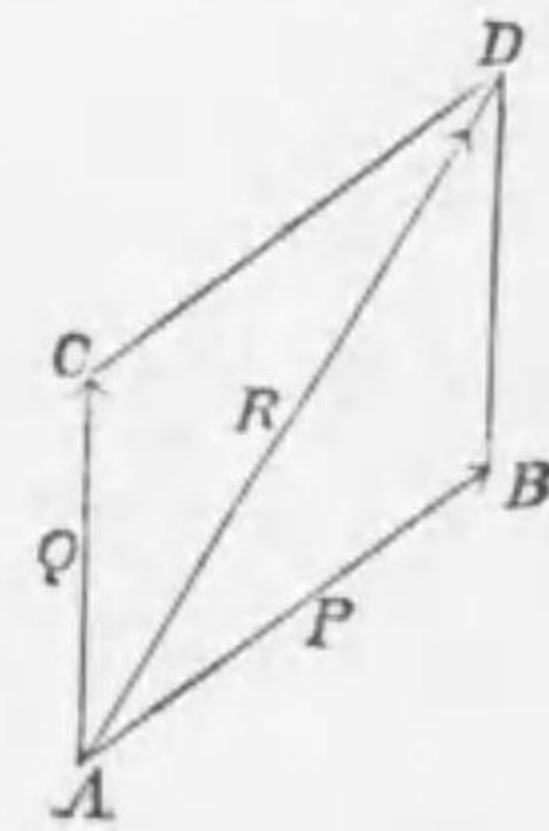
§ 3 **力ノ中斜法** Parallelogram of forces.

圖ニ示スガ如ク、二個ノ定滑車ヲ越ヘテ糸ヲ懸ケ其兩端ニ分銅 P, Q ヲ吊セバ P, Q ガ相等シキニ非ザレバ糸ハ釣合ハズ。然ルニ糸ノ一端 A ヨリ更ニ $P+Q$ ヨリ小ナル分銅 R ヲ吊セバ糸ハ圖ノ如ク垂下シテ釣合ヲ保チ得ルヲ見ルベシ。即チ、 A 質點ニ



働ク三力 P, Q, R ハ互ニ釣合ヲ保ツナリ。今此三力ノ關係ヲ求メンガ爲メニ、絲ニ沿ヘル直線 AB, AC ニテ二力 P, Q ヲ表ハシ之ヲ二邊トスル平行四邊形ヲ作ルトキハ其對角線 AD ハ他ノ一力 R ニ等シクシテ方向反對ナルヲ見ル可シ。然ルニ前節ニ依リ、 A 質點ニ働ク一力 R ハ之ニ等シクシテ方向反對ナル一力 AD ト釣合ヒ得ルナリ。斯ノ如ク同一ノ力 R ト釣合ヲ保チ得ル二力 AB, AC ト一力 AD トハ質點ニ對シテ同一ノ効果ヲ有シ從ツテ互ニ置キ換ヘ得ルヲ知ルナリ。質點ニ働ク二力(或ハ數力)ト同一ノ効果ヲ有スル一力ヲ求ムル事ヲ**力ノ組合セ Composition of forces** ト云ヒ、二力 AB, AC ヲ**分力 Component forces**、一力 AD ヲ**合力 Resultant force** ト云フ。

質點ニ働ク二力 P, Q ヲ示ス直線 AB, AC ヲ二邊トスル平行四邊形ヲ作レバ其對角線 AD ハ方向及ビ大サニ於テ二力ノ合力 R ヲ示ス。

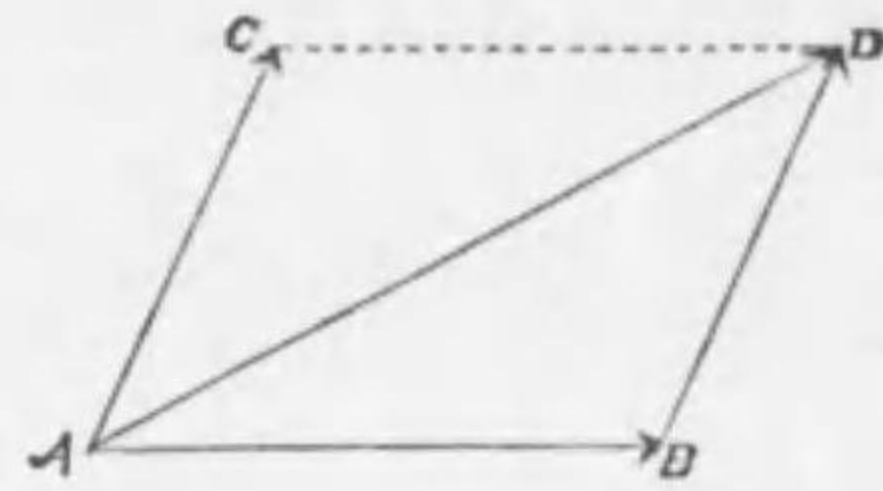


之ヲ力ノ平行四邊形或ハ力ノ中斜法 **Parallelogram of forces** ト云フ。

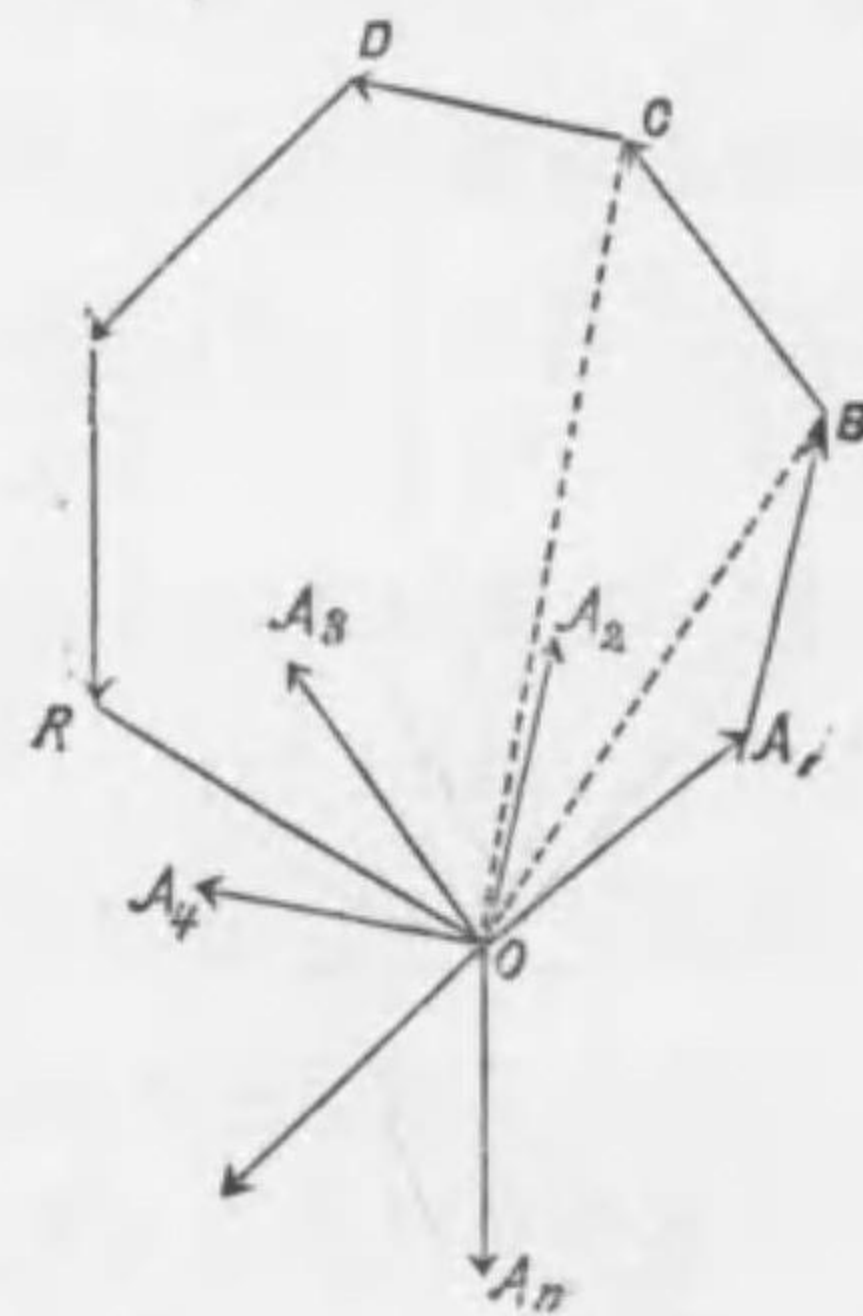
§ 4 **力ノ組合セ** Composition of forces.

質點ニ働ク二力ノ合力ハ中斜法ニ依リテ求メ得ルモ、簡單ニ又次ノ如クスルモ可ナリ。即チ、質點 A ニ働ク一力ヲ示ス線 AB ノ尖端 B ヨリ他ノ一力 AC ニ等シクシテ平行

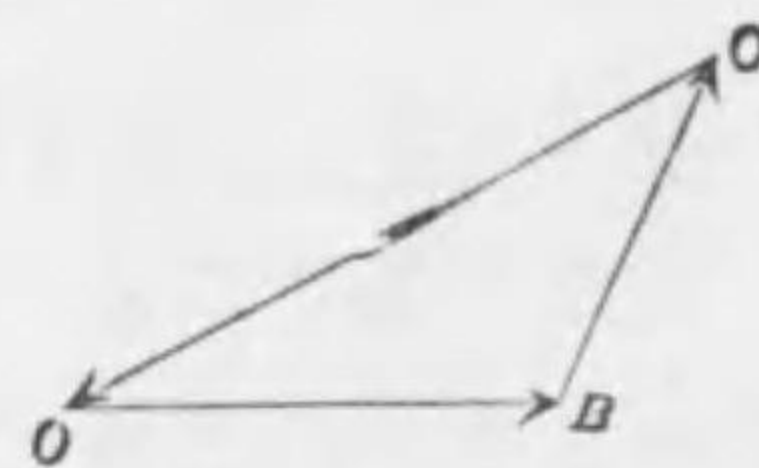
ナル線 BD ヲ引キ A, D ヲ連結スレバ AD ハ二力ノ合力ヲ示スナリ。



此方法ヲ擴張シテ質點ニ働ク數力 OA_1, OA_2, OA_3, \dots 等ノ合力ヲ求メ得ルナリ。先ヅ點 A_1 ヨリ第二力 OA_2 ニ等シクシテ平行ナル線 A_1B ヲ引キテ OA_1 ト OA_2 トノ合力 OB ヲ求メ、次ニ OB ト第三力 OA_3 トノ合力 OC ヲ求ムレバ OC ハ三力 OA_1, OA_2, OA_3 ノ合力ナリ。順次同様ノ作圖ヲ反覆シテ進メバ O 點ト最後ノ力ヲ示ス直線ノ尖端 R トヲ連結スル直線 OR ハ結局總テノ力ノ合力ヲ示スナリ。



上記ノ作圖ニ於テ若シ R 點ガ O 點ト一致スルトキハ合力 OR ハ零トナリ從ツテ與ヘラレタル力ハ釣合ヲ保ツ。即チ與ヘラレタル數力ヲ順次ニ連接シテ引キタル多角形ガ閉ヅルトキハ是等ノ力ハ釣合ヲ保ツナリ。此事實ヲ力ノ多角形 Polygon of forces ト云フ。

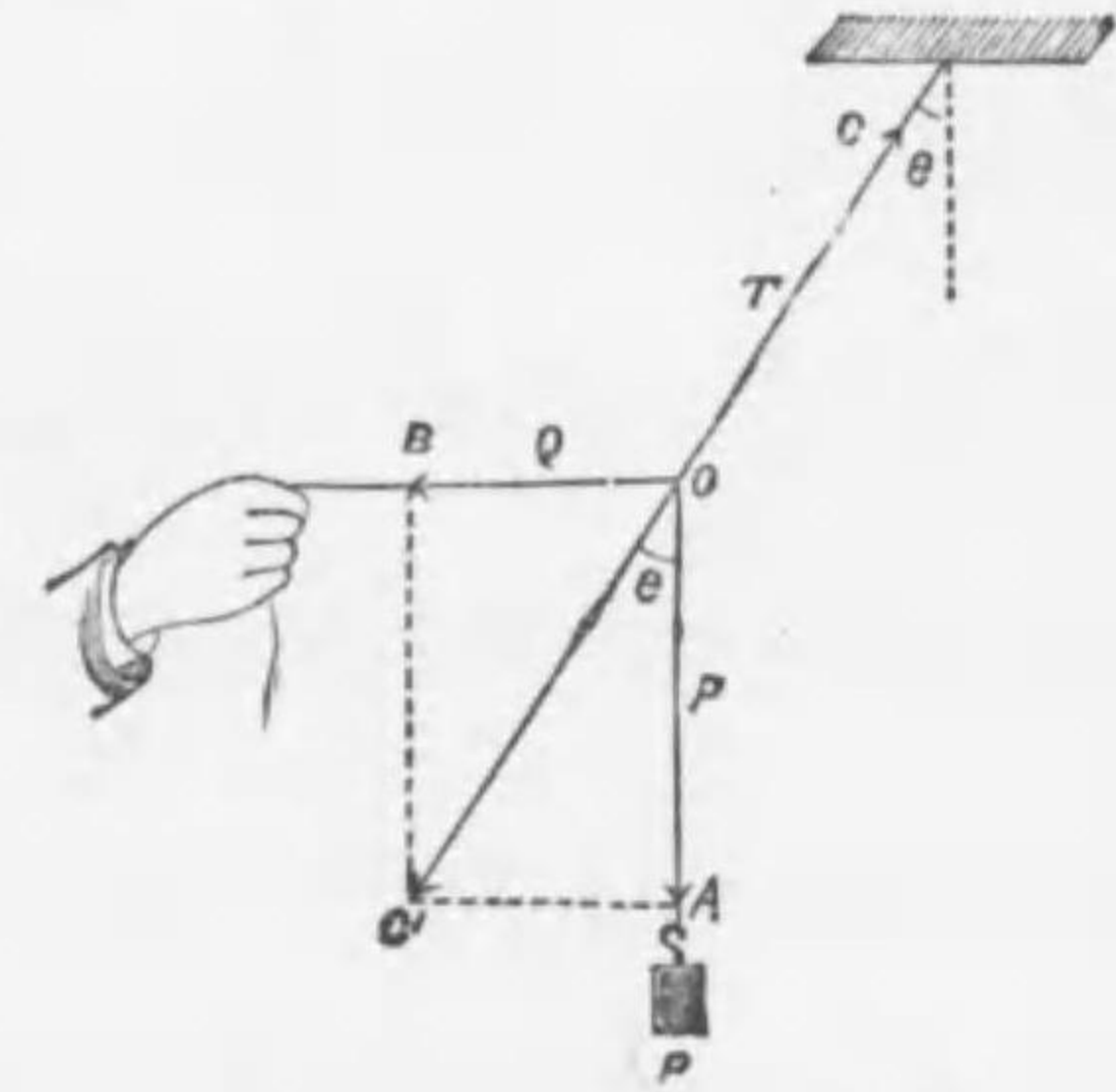


力ノ多角形ノ特別ノ場合トシテ、質點ニ三力ガ働クトキ

是等ノ力ヲ示ス直線ヲ順次ニ連接シテ表シ閉ヂタル三角形ヲ得レバ、三力ハ釣合ヲ保ツヲ知ルナリ。之ヲ力ノ三角形 Triangle of forces ト云フ。

例題

(1) 重サ P 瓦ノ錘ヲ絲ニテ吊シ、更ニ此絲ニ他ノ絲ヲ結びテ之ヲ Q 瓦ノ力ニテ水平ニ引キ張ルトキ、吊セル絲ノ張力及ビ鉛直ニ對スル傾角ヲ求メヨ。



圖ニ於テ O ヲ絲ノ結び目トスレバ、 O 點ハ錘ノ重サ $OA = P$ 、水平力 $OB = Q$ 、絲ノ張力 $OC = T$ ナル三力ノ作用ヲ受ケテ釣合フナリ。故ニ二力 P, Q ノ合力 OC' ハ張力 T ニ等シクシテ方向反對ナリ。而シテ三角形 OAC' ノ A 角ハ直角ナルガ故ニ絲ノ張力 T ノ大サ及ビ絲ノ鉛直ニ對スル傾角ハ次式ニテ與ヘラル。

$$T = OC' = \sqrt{OA^2 + OB^2} = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$\tan \theta = \frac{AC'}{OA} = \frac{Q}{P}$$

(2) 任意ノ傾角 θ ヲ有スル二力 P, Q ノ合力ヲ求メヨ。

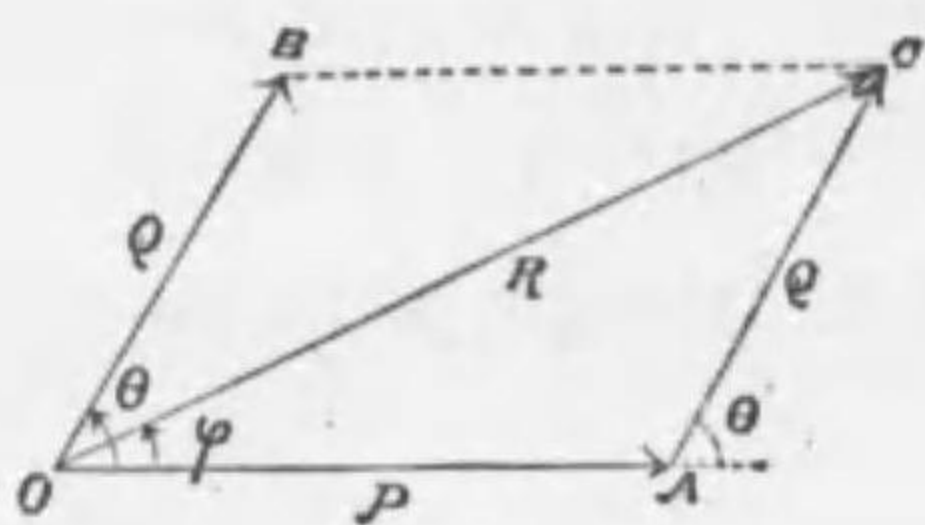
圖ニ二力 $P = OA, Q = OB$ ノ合力 OC ヲ R トシ $\angle COA = \theta$ ト置ケバ、三角法ノ公式ニ依リ

$$OC^2 = OA^2 + AC^2 + 2OA \cdot AC \cos \theta$$

$$\frac{AC}{\sin \varphi} = \frac{OC}{\sin \theta}$$

$$\therefore R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ \cos \theta}; \sin \varphi = \frac{Q}{R} \sin \theta$$

上式ニ依リテ合力Rノ大サ及ビ方向ヲ定メ得ルナリ



(3) 質點ニ働ク三力P, Q, Rガ釣合ヲ保ツトキ, Q, R, R, P, P, Qノ間ノ角ヲ夫々 α, β, γ トスレバ次ノ關係アル事ヲ證明セヨ。

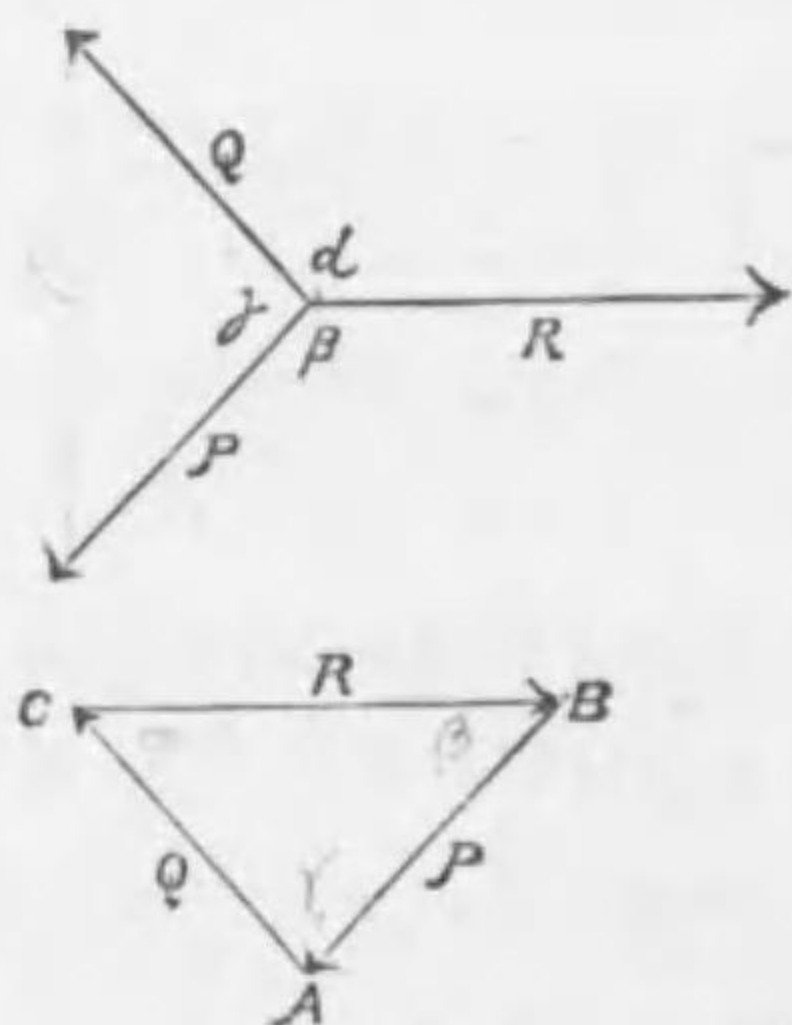
$$\frac{P}{\sin \alpha} = \frac{Q}{\sin \beta} = \frac{R}{\sin \gamma}$$

圖 質點ニ働ク三力P, Q, Rガ釣合ヲ保ツトキ是等ノ力ヲ下圖ニ示ス如ク連接シテ引ケバ閉ザル三角形ABCヲ成ス。故ニ三角法ニヨリ

$$\frac{P}{\sin \angle C} = \frac{Q}{\sin \angle B} = \frac{R}{\sin \angle A}$$

然ルニ $\angle C = \pi - \alpha, \angle B = \pi - \beta, \angle A = \pi - \gamma$ ナルガ故ニ

$$\frac{P}{\sin \alpha} = \frac{Q}{\sin \beta} = \frac{R}{\sin \gamma}$$

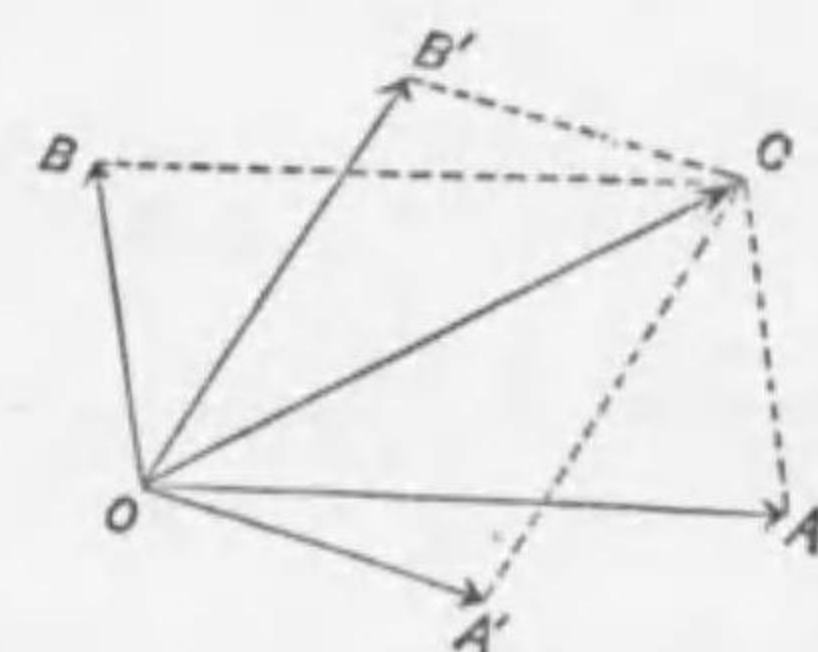


§ 5 **力ノ分解** Decomposition of force.

質點ニ働ク一カト同一ノ効果ヲ有スルニツ或ハニツ以上ノ分力ヲ求ムル事ヲ**力ノ分解**ト云フ。質點Oニ働ク一力OCヲ二力ニ分解スルニハOCヲ對角線トスル平行四

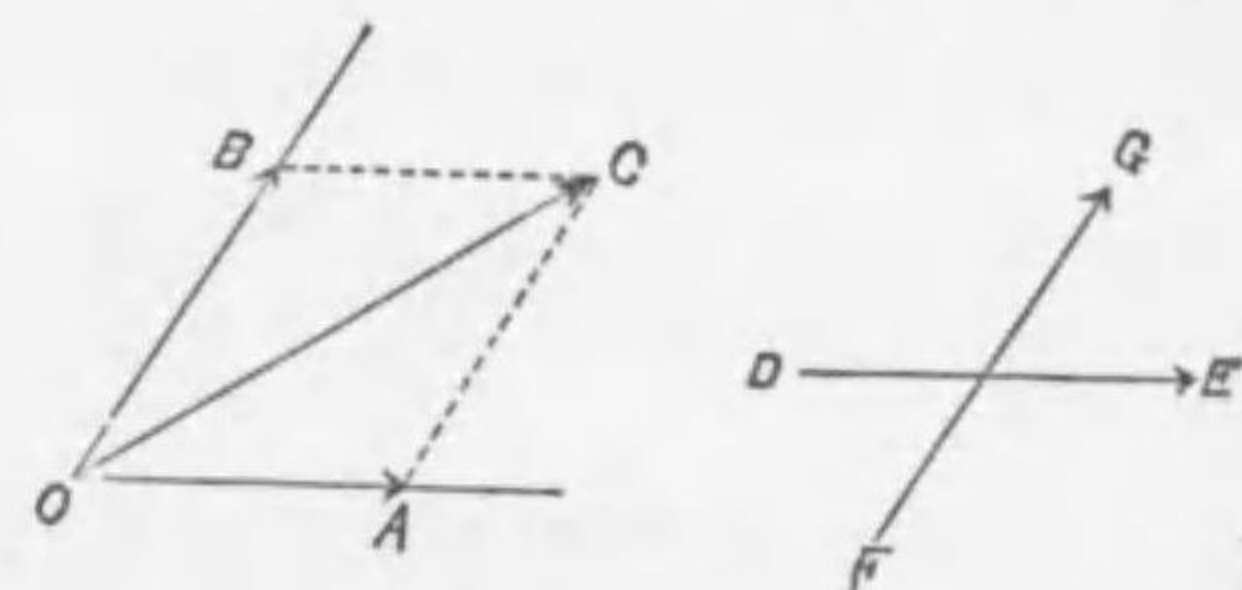
邊形ヲ作ル可シ然ルトキハ其二邊ハ求ムル二分力ヲ示ス若シ力OCヲ分解ス可キ二分力ニ

ツキテ何等ノ條件ナキトキハOCヲ對角線トシ無數ノ平行四邊形ヲ作り得ベク、從ツテ二分力ノ對例ヘバ、OA, OB及ビOA', OB'等モ亦無



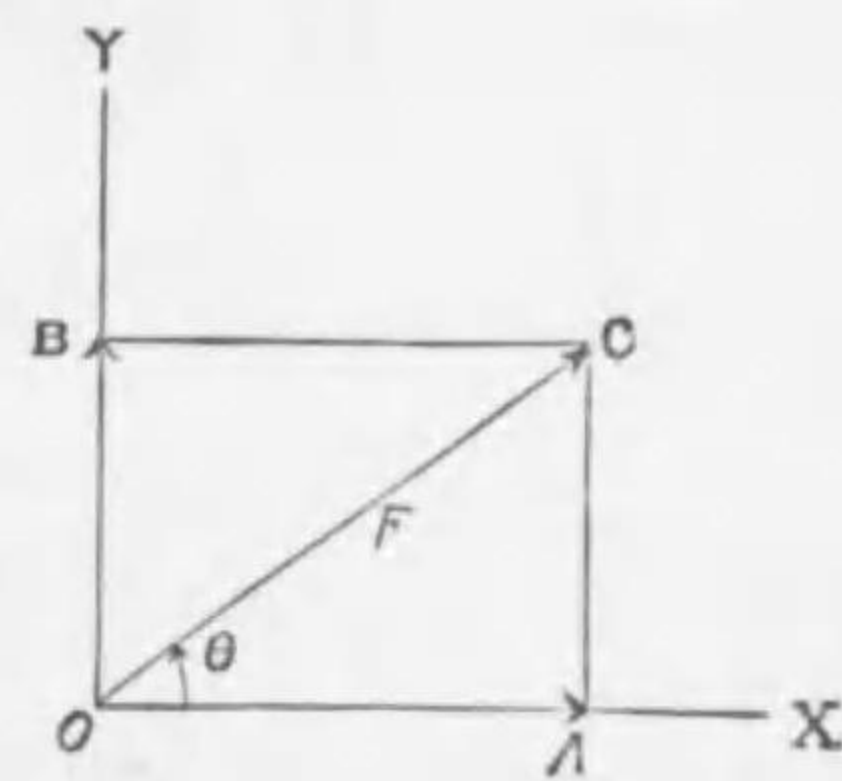
數ニシテ問題ハ不定ナルヲ知ル可シ。然ルニ例ヘバ、分解ス可キ二分力ニツキテ

ニツノ方向DE, FGガ與ヘラルトキハ問題



ハ確定ス。即チ二點O, Cヨリ與ヘラレタル方向ニ平行線ヲ引キテ平行四邊形ヲ作レバ其二邊OA, OBハ求ムル處ノ二分力ナリ。

力ヲ互ニ直角ナル二分力ニ分解スル事ハ力ノ分解ニ於テ屢々起ル場合ナリ。今力OC=Fヲ互ニ直角ナルOX, OYノ方向ニ分解セン。



C點ヨリ垂線CA, CBヲ下セバ, OA, OBハ求ムル二分力ナリ。角COXヲ θ トスレバ二分力ノ大サハ次ノ如シ。

$$OA = OC \cos \theta = F \cos \theta; OB = OC \sin \theta = F \sin \theta$$

斯ノ如ク、一力Fヲ互ニ直角ナル二方向ニ分解スルトキ

分力 OA ヲ單ニ OX ノ方向ニ於ケル分力ト云フ。而シテ OA ハ OX ノ方向ニ於ケル OC ノ正射影ナルガ故ニ、

定義 一力ノ或ル方向ニ於ケル分力トハ其ノ力ヲ示ス直線ノ其方向ニ於ケル正射影ニテ與ヘラルカナリ。

上圖ニ於テ、 OX ニ直角ナル分力 OB ハ此方向ニ沿ウテ何等ノ効果ヲ有セザルガ故ニ、力 F ノ OX ノ方向ニ於ケル分力 OA ハ其力ノ其方向ニ於

ケル全効果ヲ示スモノナルヲ知ルナリ。例ヘバ机上ニ物體 B ヲ置キ之ヲ糸ニテ斜メニ上方ニ引クトキ、物體ノ水平ニ引

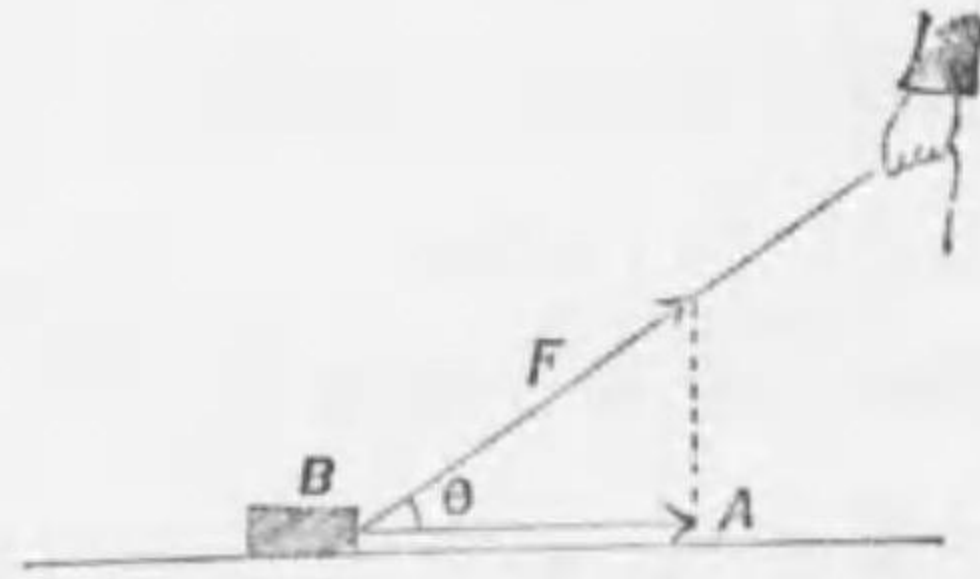
カル、力ハ糸ノ張力 F ノ水平ノ方向ニ於ケル分力即チ水平分力 $OA = F \cos \theta$ ニテ與ヘラル、ナリ。

註 一力ヲ任意ノ方向ノ二分力ニ分解スル場合ニ於テ一ツノ分力ハ其ノ方向ニ於ケル與ヘラレタル力ノ全効果ヲ示スモノニ非ズ、何トナレバ此場合ニ於テハ他ノ分力ハ其方向ニ効果ヲ有スレバナリ。

例題

(1) 水平ニ對シテ角 θ 丈ケ傾ケル滑カナル斜面上ニ重サ W ナル物體ヲ載セ之ヲ斜面ニ沿ウテ支フルニ要スル力ヲ求メヨ。

圖 斜面ガ滑カニシテ摩擦ナキモノトスレバ、斜面ガ其上ニ載セタル



物體ニ及ボシ得ル抗力ハ斜面ニ直角ノ方向ニ働クヲ知ル。故ニ今斜面上ニ載セタル物體ノ重サ $W = OC$ ヲ斜面ニ直角ナル分力 OB ト斜面ニ沿ウテノ分力 OA トニ分解ス。然ルトキハ OC ハ鉛直ニシテ OB ハ斜面ニ直角ナルガ故ニ $\angle COB$ ハ斜面ノ傾角 θ ニ等シ。故ニ直角三角形 OBC ニ於テ

$$OA = OC \sin \theta = w \sin \theta; OB = OC \cos \theta = W \cos \theta$$

分力 OB ハ斜面ノ抗力 R ニテ支ヘラル、ガ故ニ、物體ヲ斜面ニ沿ウテ上方ニ $OA' = OA = W \sin \theta$ ナル力ヲ加フレバ、物體ハ釣合ヲ保チ得ルナリ。

(2) 前問ニ於テ物體ヲ斜面上ニ支フルニ要スル水平力ノ大サヲ求メヨ。

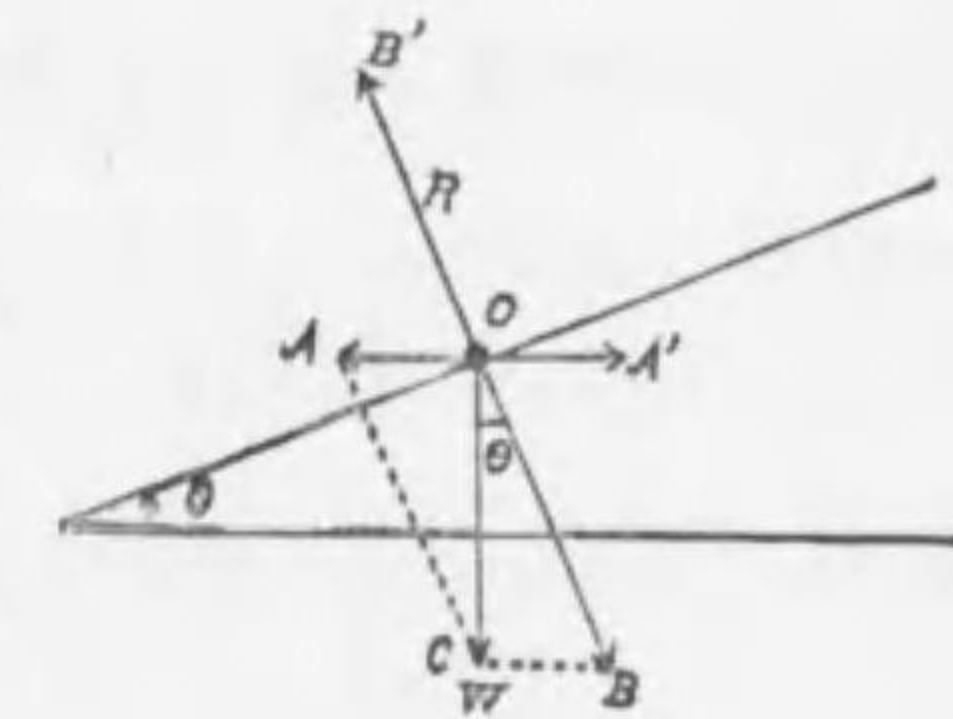
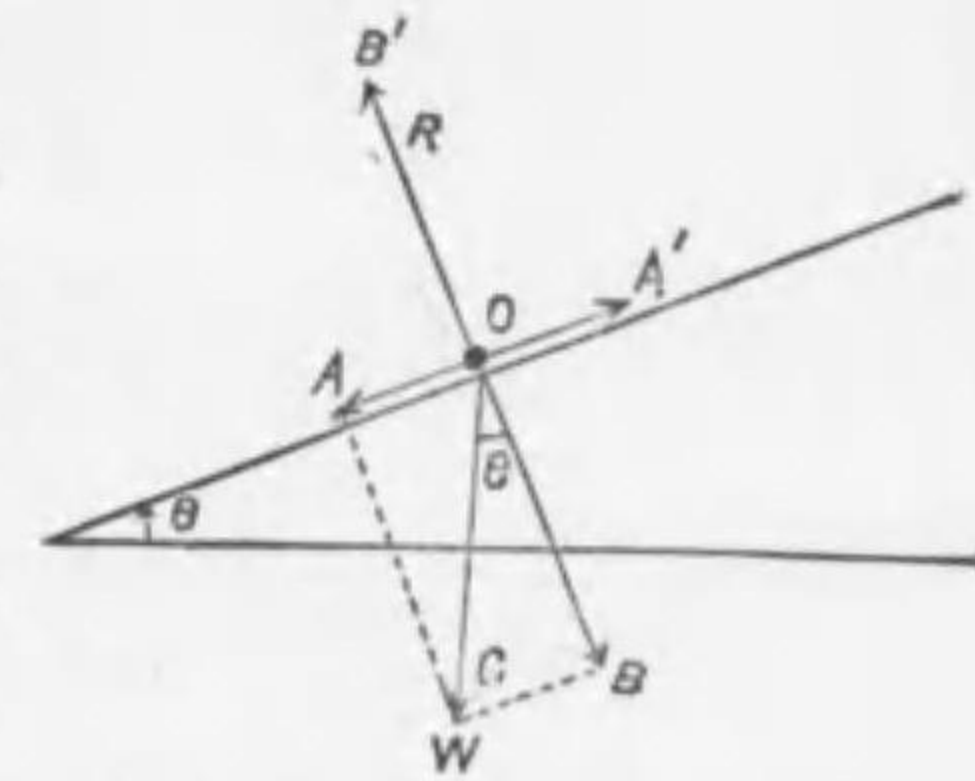
註 此場合ニハ物體ニ働ク重量 $W = OC$ ヲ斜面ニ直角ナル方向ト水平ノ方向トニ分解スレバ可ナリ。故ニ O, C 二點ヲ通シテ斜面ニ直角ナル線ト水平線トヲ引キテ W ヲ OB ト OA トニ分解ス。三角形 OBC ニ於テ $\angle COB = \theta$ ナルガ故ニ

$$OA = BC = W \tan \theta; OB = W \sec \theta$$

即チ、 $W \tan \theta = OA'$ ナル力ヲ物體ニ水平ニ加フレバ物體ハ釣合ヲ保ツナリ。

(3) 重サ W ナル錘ヲ垂直ニ對シテ任意ノ傾角ヲ有スル二本ノ絲ニテ吊ルストキ絲ノ引キ張ラル、張力ヲ見出セ。

圖 圖ニ於テ O ナ二本ノ絲ノ結び目トシ、此點ニ錘ヲ吊シタルモノトス。二本ノ絲ノ鉛直ニ對スル傾角ヲ夫々 α, β トシ絲ノ張力ヲ夫々 T, T'



トス。別圖ニ示スガ如ク、O點ヲ通シテ直上ニW=OCナル線ヲ引キ、O、C二點ヲ通シテ絲ニ平行ナル線ヲ引キテ平行四邊形OACBヲ作レバ二邊OA、OBハ求ムル張力ヲ示ス。三角形OACニ於テ

$$\frac{OA}{\sin\beta} = \frac{AC}{\sin\alpha} = \frac{OC}{\sin(\alpha+\beta)}$$

$$\text{即チ } \frac{T}{\sin\beta} = \frac{T'}{\sin\alpha} = \frac{W}{\sin(\alpha+\beta)}$$

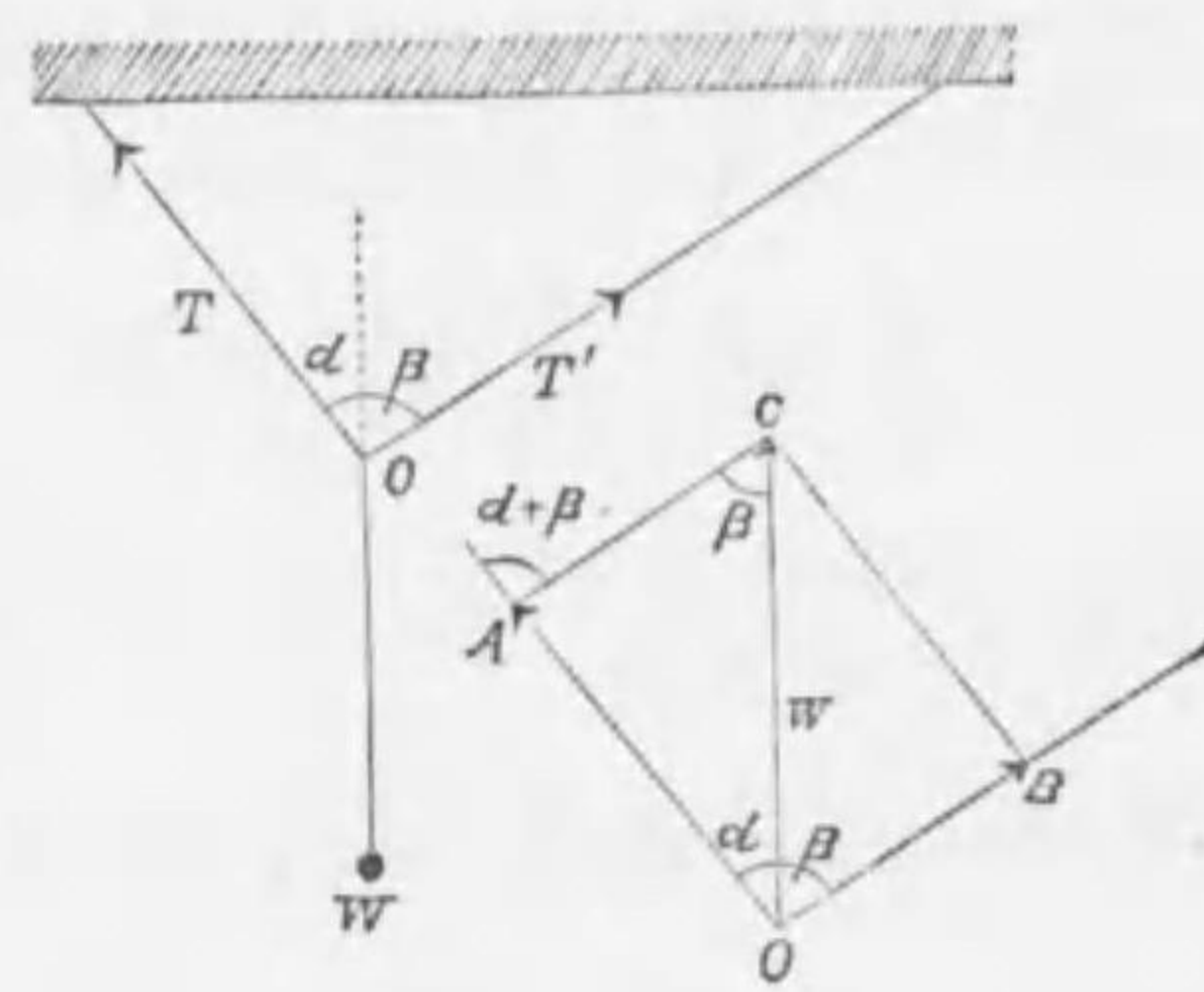
$$\therefore T = \frac{\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)} W ; T' = \frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)} W$$

(4) 10貫重ノ力ヲ之ト30°及ビ60°ノ角ヲ爲スニツノ方向ニ分解セル分力ヲ求メヨ。 答 $5\sqrt{3}$, 5貫重

(5) 100瓦重ノ力ヲ之ト30°ノ角ヲ爲スニツノ方向ニ分解セル分力ヲ求メヨ。 答 $\frac{100}{\sqrt{3}}$ 瓦重

§ 6 **剛體ニ作用スル力** Forces acting on a rigid body.

大サヲ無視シ得ル小物體即チ質點ニ働ク力ハ大サト方向トニテ定マリ、大サヲ無視シ得ザル物體ニ働ク力ヲ定ムルニハ大サト方向トノ外ニ力ノ作用スル點即チ着力點ヲ與フルヲ要スルナリ。物體ニ働ク力ノ着力點ヲ通シテ力ノ方向ニ引ケル直線ヲ其力ノ作用線 Line of action ト云フ。固體ハ凡テ彈性ヲ有シ、之ヲ固定シテ外力ヲ加フレバ

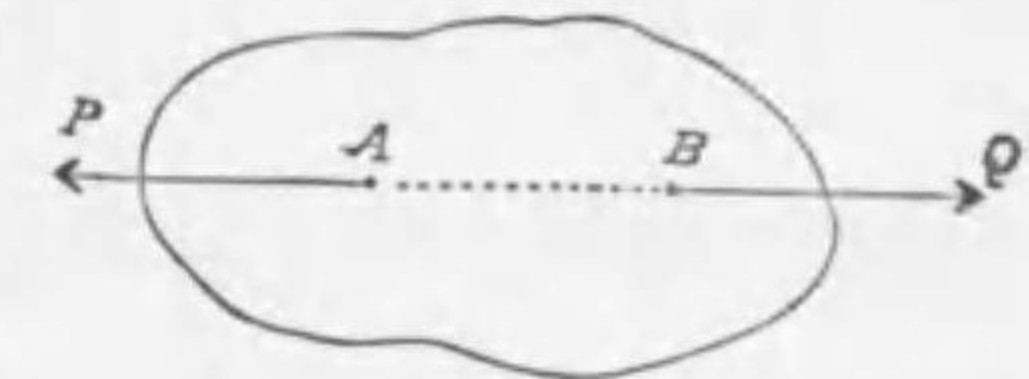


定ノ歪ヲ受ケ其形或ハ大サヲ變化ス。力學ニ於テハ便宜上外力ノ作用ニ依リテ少シモ歪マザル理想上ノ物體ヲ考ヘ之ヲ剛體 Rigid body ト云フ。從ツテ剛體內ノ任意ノ二點間ノ距離ハ外力ノ作用ニ依リテ絶對ニ變化スル事ナシ、金屬・石材等ハ之ニ加フル外力ノ大サガ餘リ大ナラザル間ハ剛體ト看做シ得ルナリ。

剛體ノ定義ニ基キ剛體ニ働ク力ニ關シテ下記ノ結果ヲ導キ得ルナリ。

I. 同一ノ作用線上ニ於テ剛體ニ働ク等大ニシテ方向反對ナル二力ノ合力ハ零ニ等

シ



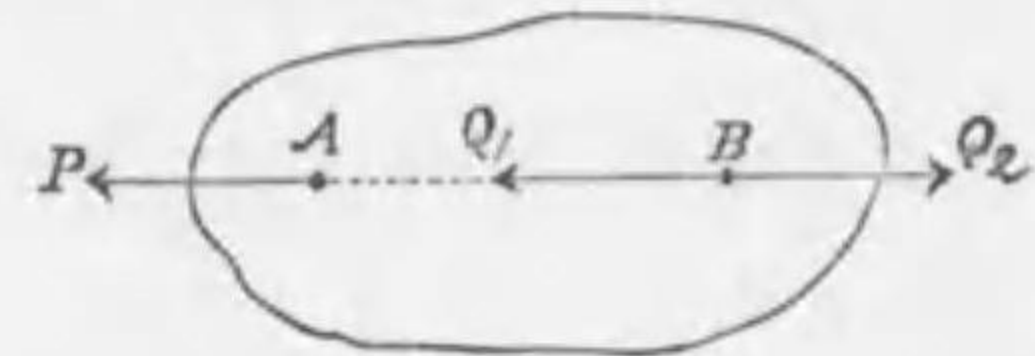
何トナレバ、AB線上ニ於テ

剛體內ノ二點A、Bニ働ク等大ニシテ方向反對ナル二力AP及ビBQハ單ニ二點間ノ距離ヲ増大セントスルノ作用ヲ有スルモ剛體內ノ二點間ノ距離ハ不變ナルガ故ニ結局其効果ハ零ニ等シケレバナリ。

剛體管ノ如キ彈性體ニ等大ニシテ方向反對セル二力ヲ加フレバ其着力點間ノ距離ハ延長スルモ一定ノ延長ヲ受ケタル後ニハ其距離ハ不變トナリ二力ハ釣合ヲ保フニ至ルナリ。斯ノ如ク剛體ニ就キテ得タル力學上ノ結果ハ其儘彈性體ニ適用シ得ザルモ、彈性體ガ力ノ作用ヲ受ケテ一定ノ歪ヲ受ケ其形及ビ大サガ一定セシ後ニハ之ヲ剛體ト看做シテ其結果ヲ適用シ得ル事ハ注意ス可キ事ナリトス。

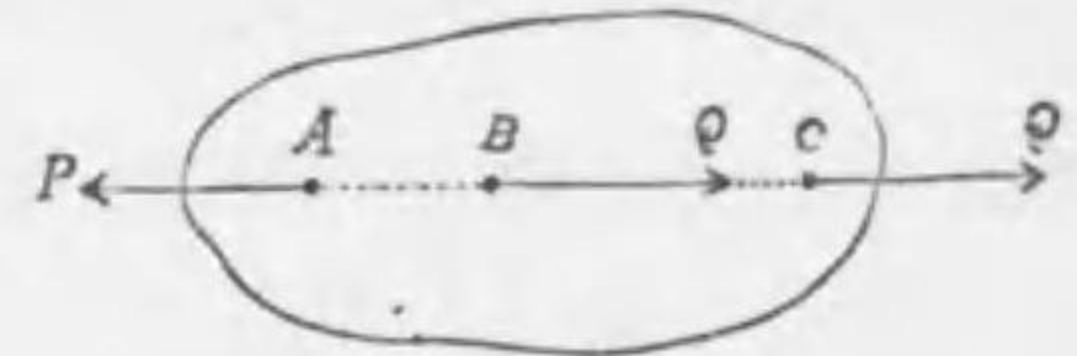
II. 剛體 = 働ク力ノ着力點ハ其作用線上ノ任意ノ一點ニ移ス事ヲ得ルナリ。

剛體 = 働ク力 AP ノ作用線上ノ任意ノ一點 B = 於テ



此作用線 = 沿ウテ大サ AP = 等シク方向反對ナルニ力 BQ_1 , BQ_2 ヲ適用セルモノト考フ——此合力ハ零ナルガ故ニ之ヲ加フルモ全體ノ結果ニ何等ノ影響ヲ及ボサズ。此三力中, AP ト BQ_1 トハ打消スガ故ニ (I). 其合力ハ結局 BQ_2 = 等シ。即チ, A 點 = 働ク力ノ着力點ヲ其作用線上ノ任意ノ一點 B = 移シ得タルナリ。

別證 剛體 = 働ク力 AP ノ作用線上任意ノ點 B, C =



於テ此作用線 = 沿ウテ大サ AP = 等シク方向反對ナルニ力 BQ 及ビ CQ ヲ考フ。此二力ハ何レモ同一力 AP ト釣合フガ故ニ剛體 = 對シテ同一ノ効果ヲ有ス, 即チ B 點 = 働ク力 BQ ヲ C 點 = 移シ得ルナリ。

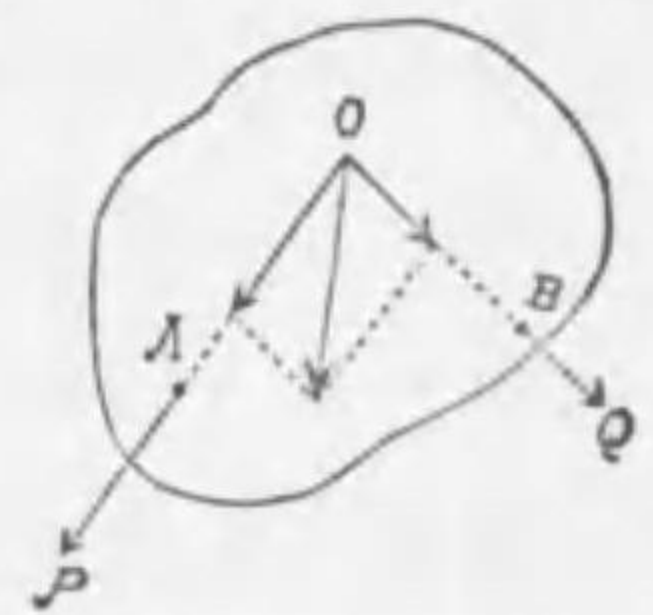
剛體 = 働ク力ヲ其作用線上ノ任意ノ一點ニ移シ得ル事ヲ力ノ移動性 Transmissibility ト云フ。斯ノ如ク剛體 = 働ク力ニハ移動性アリテ其作用線上ノ何レノ點ニ働クモ同様ナルガ故ニ, 剛體 = 働ク力ハ其方向ト大サ及ビ作用線ニ依リテ定マルモノト看做シ得ルナリ。

§ 7 剛體ニ働ク力ノ組合セ | Composition of forces acting on

a rigid body. 剛體 = 働ク力ガ總テ一平面内ニ在ル場合ニハ是等ノ力ヲ平面力 Coplanar forces ト云フ。今剛體 = 働ク平面力ノ組合セヲ記載セン。

I. 着力點ノ共通ナル場合。剛體 = 働ク總テノ力ガ共通ノ着力點ヲ有スル場合ニハ質點 = 働ク力ノ場合ト同様ニ中斜法或ハ多角形ノ方法ニ依リテ其合力ヲ求め得ルナリ。

II. 作用線ガ一點ニ交ル場合。此場合ニハ總テノ力ノ着力點ヲ作用線ノ交點ニ移シ, I ノ方法ニ依リテ合力ヲ求め得ルナリ。



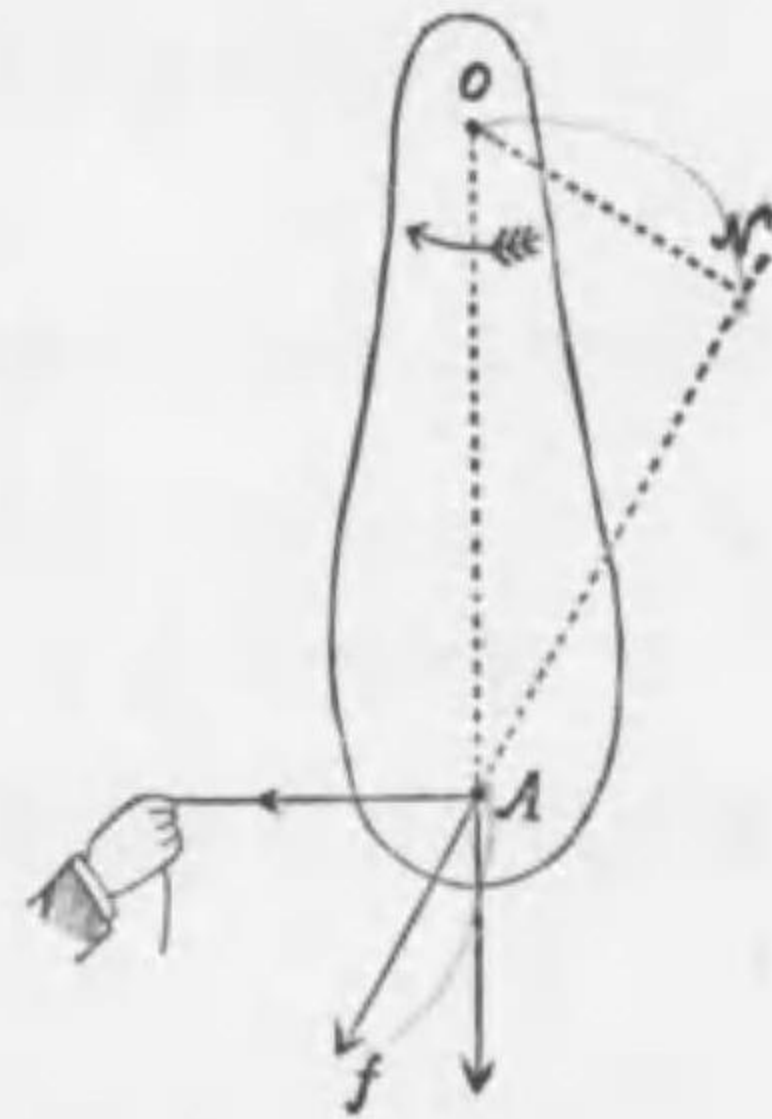
III. 平行ナラザル力。先ヅ任意ノ二力ノ作用線ノ交點ヲ求め II ノ方法ニ依リテ其合力ヲ求め更ニ同様ニシテ此合力ト第三力トノ合力ヲ求め順次同様ニシテ最後ノ合力ヲ求めレバ可ナリ。

注意 此方法ノ途中ニ於テ或ル合力ト之ト組合ス可キ力トガ平行トナリテ交點ヲ求め得ザル場合ナキヲ保セズ, 平行力ノ合力ヲ求ムル方法ハ後節ニ於テ記載スベシ。

§ 8 力ノ能率 | Moment of force.

軸ノ周リニ自由ニ廻轉シ得ル剛體ニ力ガ働クトキ, 力ガ剛體ヲ廻轉セントスルノ能ハ力ノ大サニ關スルノミナラズ, 又力ノ作用線ノ方向ニモ關係ス。例ヘバ, 木板ノ O 點ニ

孔ヲ穿テ之ニ水平軸ヲ插シテ懸垂シ軸外ノ一點Aニ絲ヲ結ビテ之ヲ引クニ力ノ方向ガOAニ直角ナルトキハ板ハ最モ廻轉シ易ク漸次ニ其方向ヲOAニ近ヅクルト共ニ板ハ廻轉シ難クナリ力ノ方向ガ丁度軸Oヲ通過スルトキハ板ハ少シモ廻轉セザルヲ見ル可シ。

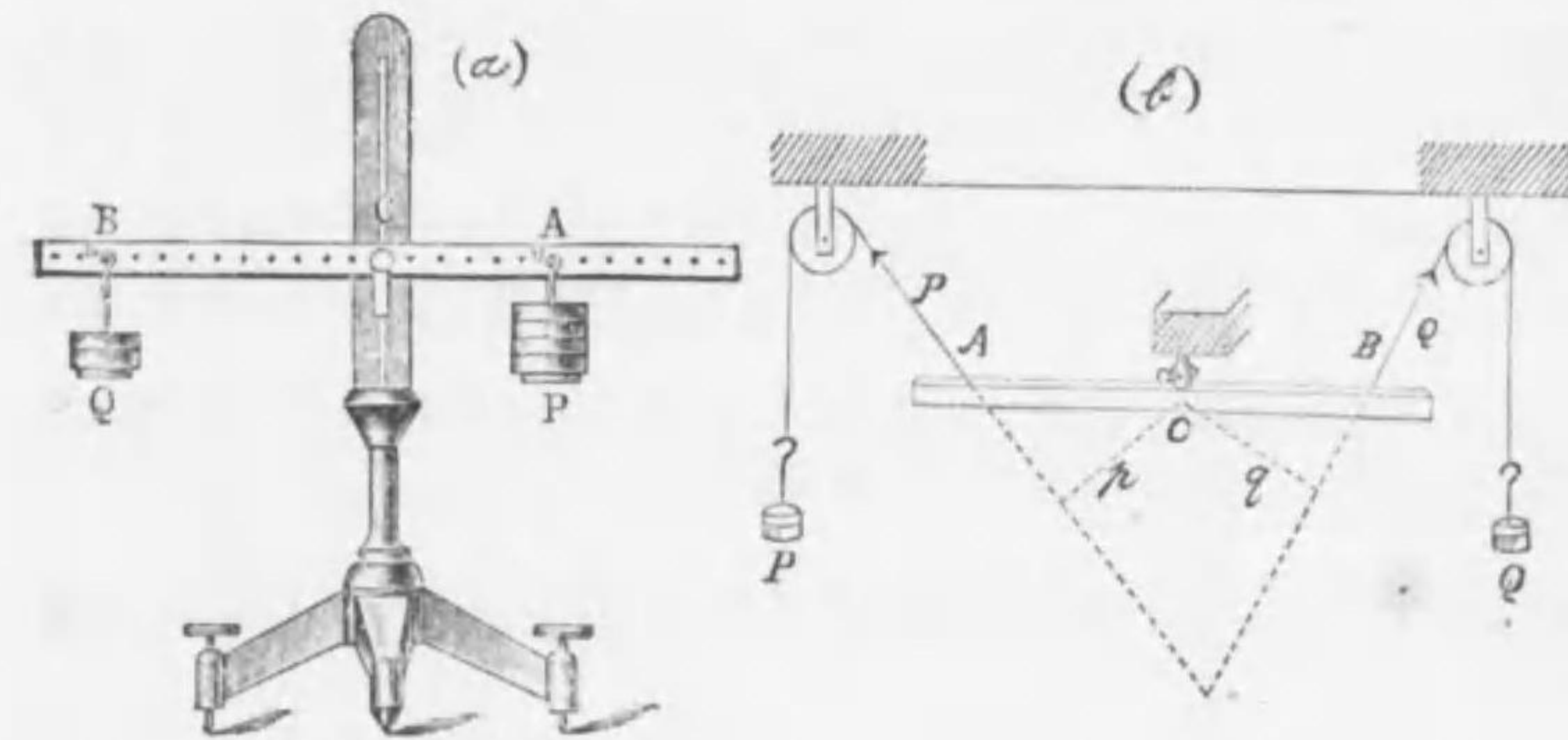


斯ノ如ク剛體ニ働ク力ガ之ヲ廻轉セントスルノ能ハ其大サニノミ關係セザルヲ知ル。

定義 剛體ニ働ク力 f ノ大サト固定點 O ヨリ其作用線ニ下セル垂線 ON トノ積ヲ O 點ニ對スル力 f ノ能率 **Moment of force** ト云ヒ、垂線ノ長サ ON ヲ能率ノ臂 **Arm** ト云フ

力ノ能率ハ力ガ物體ヲ軸 O ノ周リニ廻轉セントスル能ノ大サヲ示スモノニシテ、力ノ大サ一定ナルトキハ臂ノ大ナル程廻轉ノ能大ナルナリ。例ヘバ、上圖ニ於テ絲ヲ水平ニ引クトキハ臂ハ最大ナルガ故ニ板ハ最モ廻轉シ易ク、絲ガ鉛直ニ向フトキハ臂ハ零トナルガ故ニ板ハ廻轉セザルナリ。

次圖ニ示ス如ク、一樣ナル棒 AB ノ中點 C ヲ軸ニテ支ヘ其周圍ニ自由ニ廻轉シ得ル様ニ裝置シ、軸ノ兩側ニ於ケル

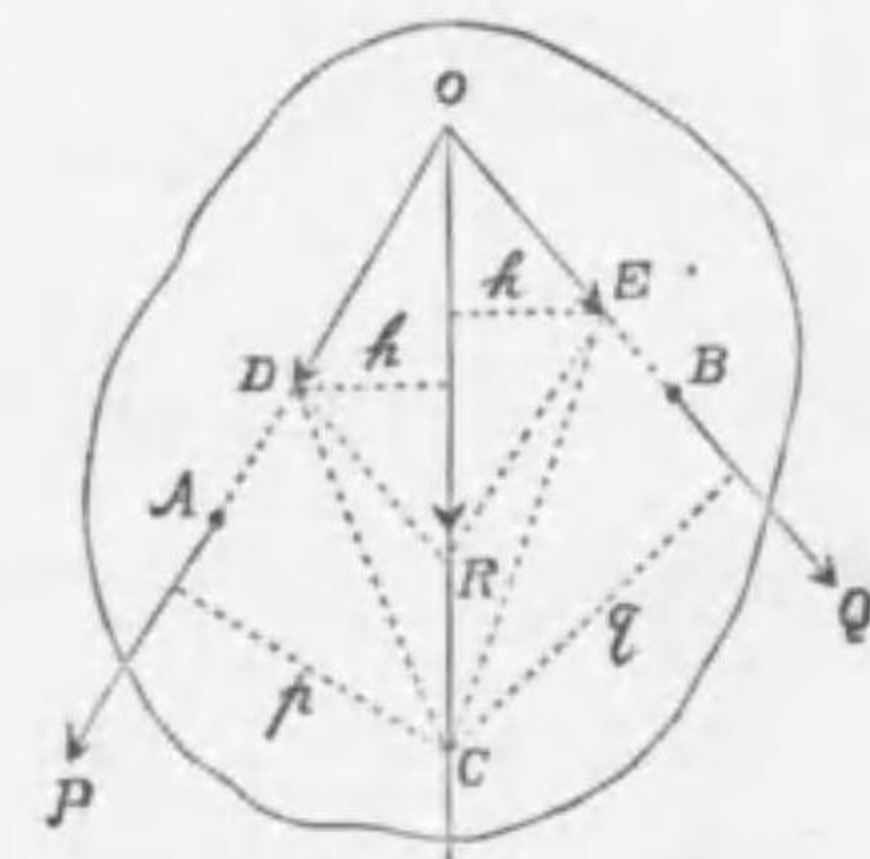


二點 A, B ニ錘ヲ利用シテ二力 P, Q ヲ働カスニ、棒ガ釣合フトキハ棒ヲ一方ニ廻轉セントスル能率 $P \cdot CA$ 或ハ $P \cdot p$ ト之ヲ反對ノ方向ニ廻轉セントスル能率 $Q \cdot CB$ 或ハ $Q \cdot q$ トハ相等シ、即チ釣合ノ條件ハ次ノ如シ。

$$P \cdot p = Q \cdot q$$

數力ガ物體ニ働ク場合ニハ之ヲ一方ニ廻轉セントスル能率ノ和ト他方ニ廻轉セントスル能率ノ和トガ互ニ相等シキトキ物體ハ釣合ヲ保ツナリ。

上式ニ示ス釣合ノ條件ハ二力ノ合力ニ着眼スレバ理論的ニ證明シ得ルナリ。紙面ニ直角ナル軸 C ノ周リニ自由ニ廻轉シ得ル剛體ノ二點 A, B ニ二力 P, Q ガ働キテ剛體ガ釣合ヘルモノトス。此二力ヲ其作用線ノ交點 O ニ移シ中斜法ニ



テ求メタル合力ヲ OR トスレバ、剛體ガ平衡ヲ保ツ爲メニハ此合力ノ作

用線ハ軸Cヲ通過スルヲ要スルナリ。ODREハ平行四邊形ナルガ故ニ△ODR=△OERナリ、而シテ此二ツノ三角形ハ底邊ORヲ共通トスルガ故ニ其高サハ相等シ。從ツテ三角形ODC及ビOECハ底邊OCヲ共通トシ且ツ其高サ等シキガ故ニ其面積ハ相等シ。然ルニC點ヨリ二力P、Qノ作用線ニ垂線p、qヲ下セバ上記二ツノ三角形ノ面積ハ夫々 $\frac{1}{2}Pp$ 及ビ $\frac{1}{2}Qq$ ニ等シ。故ニ二力ガ平衡ヲ保ツトキハ

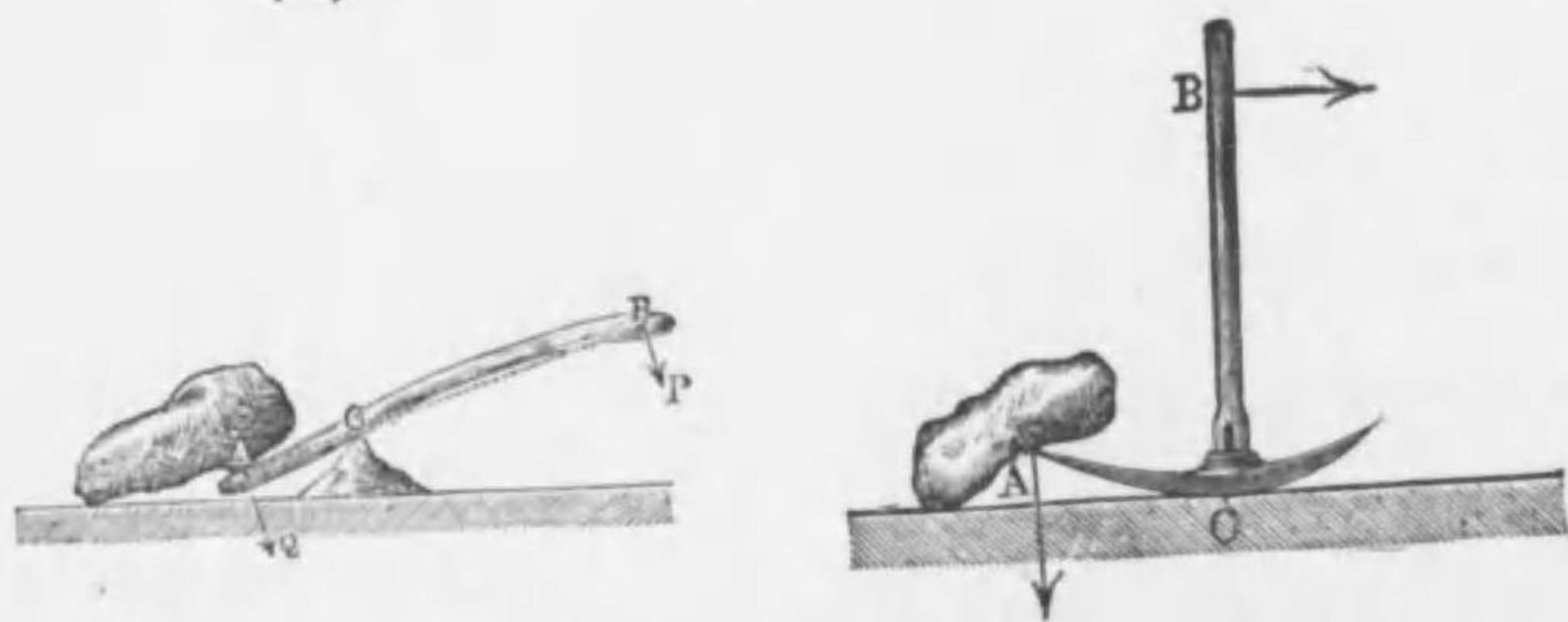
$$Pp = Qq$$

ナルヲ知ルナリ。

§ 9 槌子 Lever.

一般ニ固定軸ノ周リニ廻轉シ得ル棒ヲ槌杆或ハ槌子ト云ヒ、固定軸ヲ支點 Fulcrum ト云フ。圖ニ示ス如ク、丈夫ナル棒或ハ鐵槌ニテ重物ヲ揚グルトキ支點Cヨリ抵抗Q及

(A)



ビ適用セル力Pノ作用線ニ垂線CA及ビCBヲ下セバ力Pガ次式

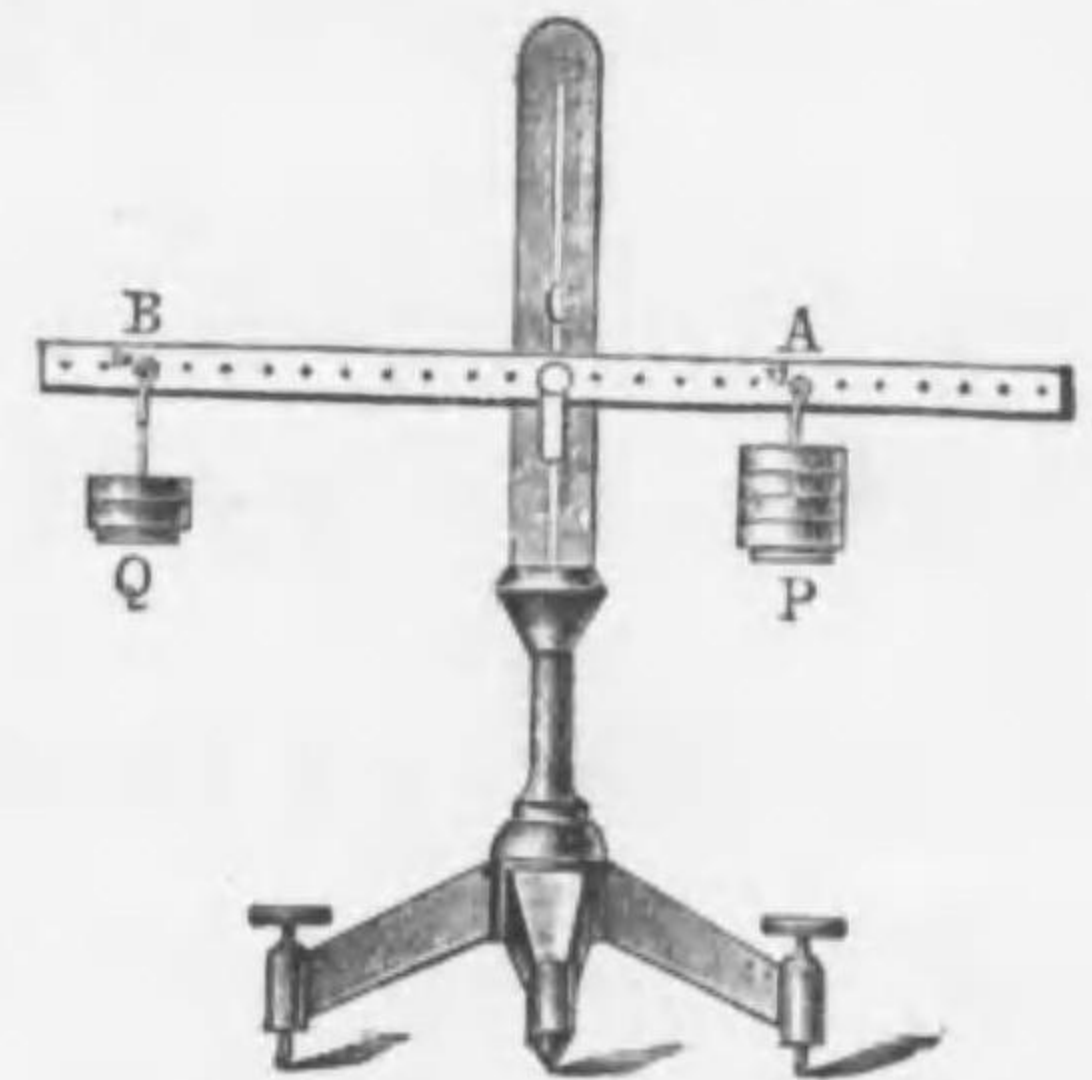
$$P \cdot CB = Q \cdot CA$$

ヲ満足スルトキ二力ハ釣合ヲ保チ、力ヲ少シニテモ増加スレバ抵抗Qノ着力點Aハ揚ゲラル、ナリ。尙ホ槌子ニ就

キテハ後章ニ於テ詳説スル所アル可シ。

§ 10 平行力ノ合力 Resultant of parallel forces.

圖ノ装置ニ於テ、錘ヲ吊サズシテ棒ABガ水平ノ位置ニ於テ静止スルトキハ、棒ハ其重心(後節参照)即チ中心ニ於テ下方ニ向フ重サト其支點Cニ於テ之ト等大ニシテ上方ニ向フ反作用トヲ受ケテ釣合ヘルナリ。



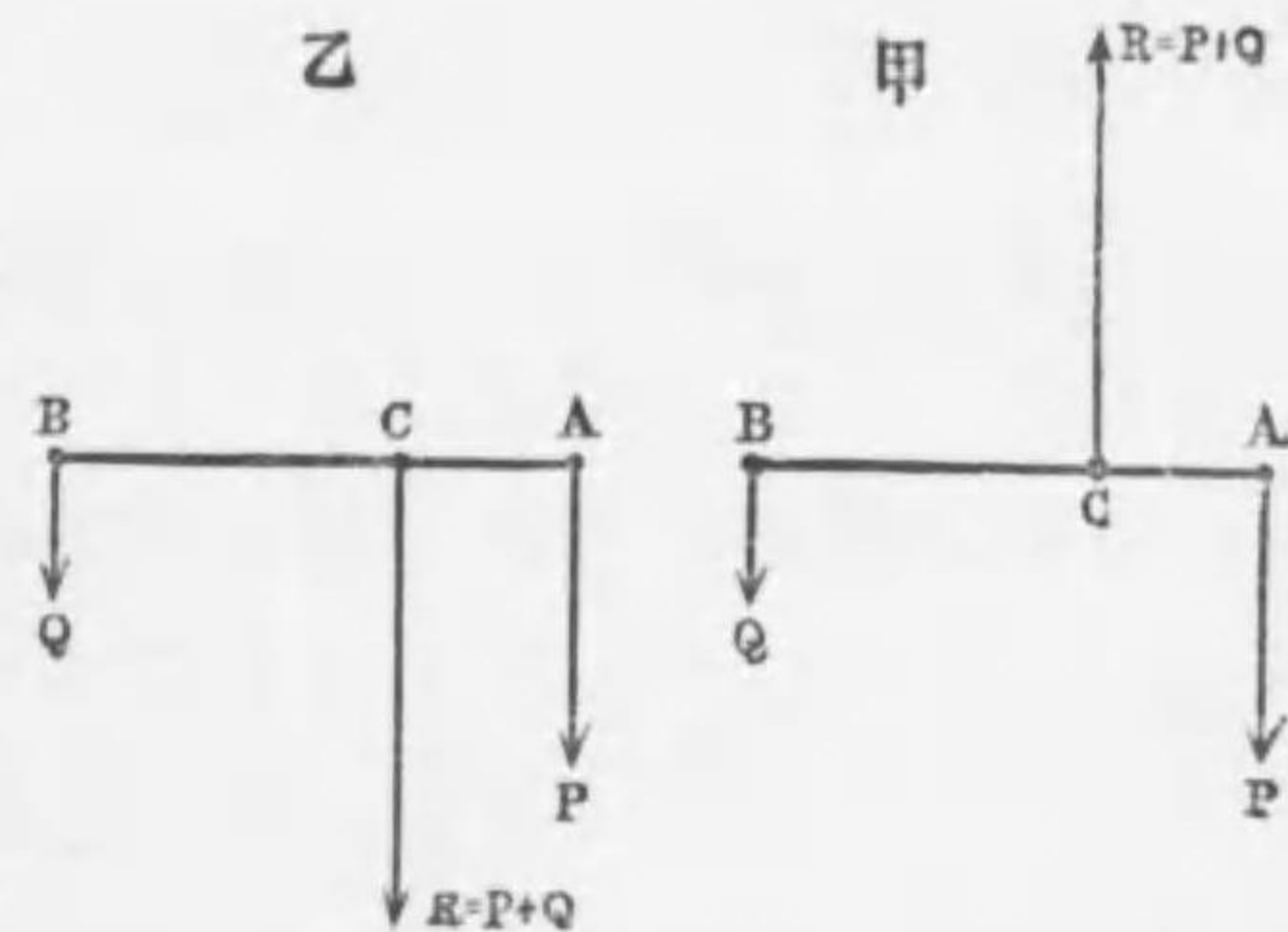
次ニ棒ニ錘P、Qヲ吊シP、C、A = Q、C、Bナル關係ヲ満足セシメテ棒ガ水平ノ

位置ニ於テ静止スルトキ支點Cニ於ケル反作用ノ増加ヲRトスレバ棒ニ働ク三力P、Q、Rハ釣合ヲ保ツ

ヲ知ル。Rハ二力P、Qノ爲メニ起ル反作

用ナルガ故ニ反作用ノ定律ニ依リ其大サハP+Qニ等シクシテ其方向ハ甲圖ニ示ス如ク上方ニ向フ。

乙 反作用定律ニ於テ反作用ノ大サハ作用ニ等シク其方向ハ互ニ反



對ナルモ、此二力ハ必ズシモ同一ノ作用線ニ在ラズ。例ヘバ机上ニ板ヲ載セ之ヲ尖端ニテ下方ニ押セバ作用ハ尖端ヲ通過スル鉛直線ニ沿ウテ下方ニ向ヒ反作用ハ板ト机トノ接觸面ニ沿ウテ上方ニ向ヒ二力ノ作用線ハ一直線ニ在ラザルガ如シ。

然ルニ、 C 點ニ於テ棒ニ上方ニ働ク R ハ大サ之ニ等シクシテ下方ニ向フ力ト釣合ヲ保ツ。斯ノ如ク、 C 點ニ於テ上方ニ向フ力 R ハ一方ニ於テ A, B 點ニ働ク二力 P, Q ト釣合ヒ、他方ニ於テ C 點ニ於テ下方ニ向フ力 $P+Q$ ト釣合ヒ得ルナリ。故ニ、 A, B 點ニ働ク二力 P, Q ノ合力ハ乙圖ニ示ス如ク C 點ニ於テ二力ニ平行ナル一力 $P+Q$ ニ等シ即チ、

剛體內ノ二點 A, B ニ働ク平行ニシテ同方向ナル二力 P, Q ノ合力 R ハ之ト同方向ノ平行力ニシテ AB ヲ二力ノ逆比ニ分ツ點 C ニ働キ其大サハ二力ノ和ニ等シ。

又甲圖ニ於テ A, B, C 三點ニ働ク三力 P, Q, R ハ釣合フガ故ニ其中ノ任意ノ二力ノ合力ハ第三力ニ等シ。故ニ B 點ニ働ク Q ト C 點ニ於テ之ニ平行ニシテ方向反對ナル力 $R = P+Q$ トノ合力ハ A 點ニ於テ大ナル方ノ力 R ト同方向ニシテ大サ二力ノ差ニ等シキ平行力ナルヲ知ル。然ルニ

$$BC \cdot Q = AC \cdot P \therefore (AC+BC)Q = AC(P+Q)$$

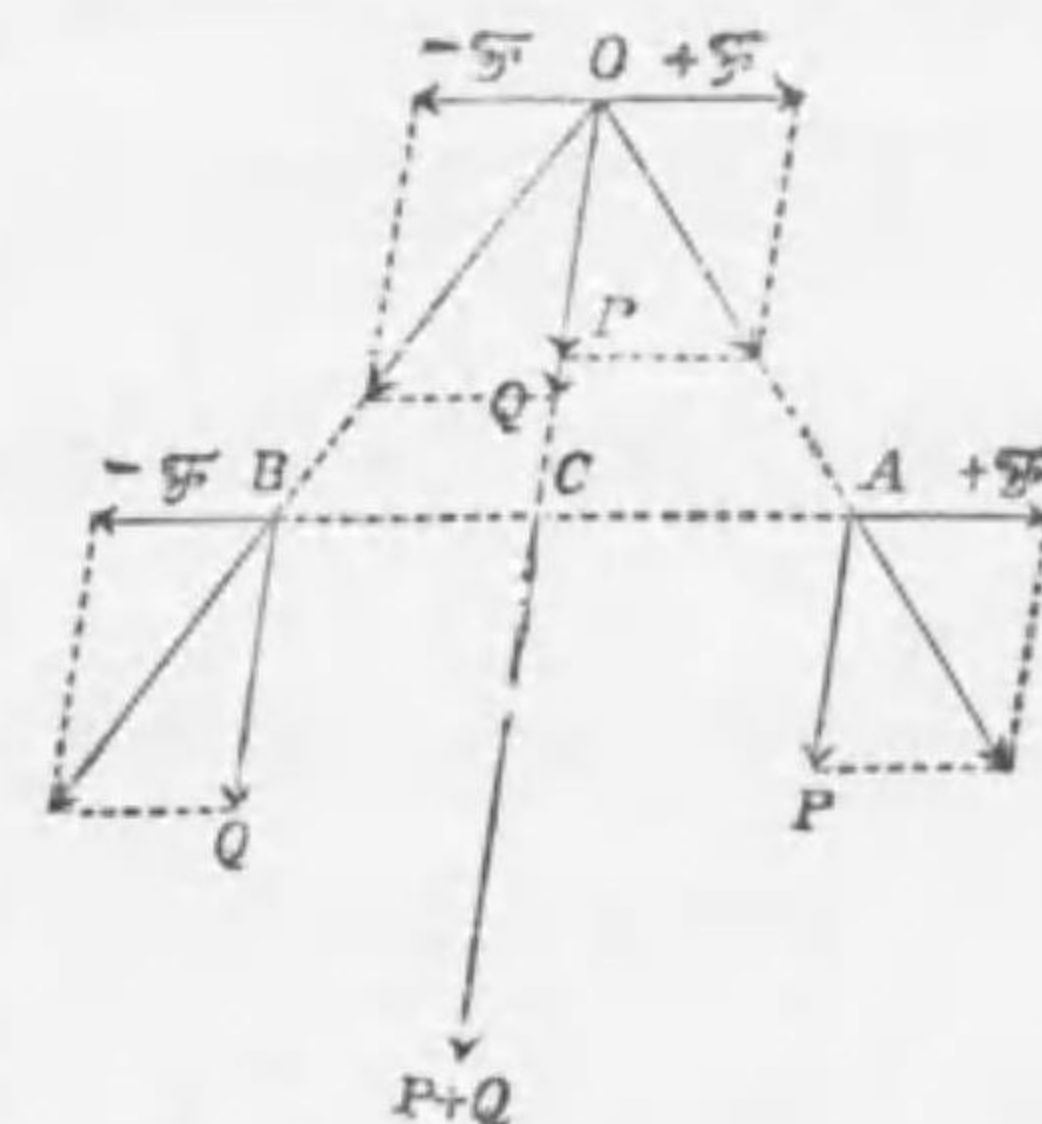
$$\therefore AB \cdot Q = AC \cdot R$$

故ニ、剛體內ノ二點 B, C ニ働ク平行ニシテ方向反對ナル

二力ノ合力ハ大ナルカト同方向ノ平行力ニシテ BC ヲ二力ノ逆比ニ外分スル點 A ニ働キ其大サハ二力ノ差ニ等シ

§ 11 剛體ニ働ク平行力ノ合力ヲ直接ニ求ムルニ下ノ方法アリ。先ヅ次圖ニ示ス如ク、剛體ノ二點 A, B ヲ着力點トスル同方向ニシテ平行ナル二力 P, Q ノ合力ヲ求メントス。此場合ニハ二力ヲ其儘作用線ノ交點ニ移シテ合力ヲ求ムルノ方法ヲ適用スルヲ得ズ。故ニ一ノ手段トシテ A, B ヲ連結スル直線ニ沿ウテ方向反對ニシテ等大ナル任意ノ二力 $+F, -F$ ヲ働カシム。此二力ノ合力ハ零ナルガ故ニ二力 P, Q ノ合力ハ四力 $P, Q, +F, -F$ ノ合力ニ等シ。

次ニ圖ニ示ス如ク A, B 二點ニ働ク $P, +F$ 及ビ $Q, -F$ ノ合力ヲ求ムレバ二ツノ合力ハ互ニ傾キテ其作用線ノ交點 O ヲ見出し得ベシ。故ニ二ツノ合力ヲ交點 O ニ移シ



タル後更ニ之ヲ $P, +F$ 及ビ $Q, -F$ ニ分解スレバ O 點ニ働ク $+F$ 及ビ $-F$ ハ打消スガ故ニ求ムル合力ハ結局 O 點ニ働ク一力 $P+Q$ トナルナリ。此合力ノ着力點ヲ其作用線ト AB トノ交點 C ニ移ス事ヲ得ベシ。故ニ C 點ニ於テ P 或ハ Q ニ平行ナル一力 $P+Q$ ガ求ムル合力ナリ。次ニ C

點ノ位置ヲ定メシニ、相似三角形ノ定理ニ依リ

$$AC : CO = F : P \quad \therefore AC \cdot P = CO \cdot F$$

$$BC : CO = F : Q \quad \therefore BC \cdot Q = CO \cdot F$$

$$\therefore CA \cdot P = BC \cdot Q$$

即チ、 C ハ AB ヲ二力 P, Q ノ
逆比ニ内分スル點ナリ。

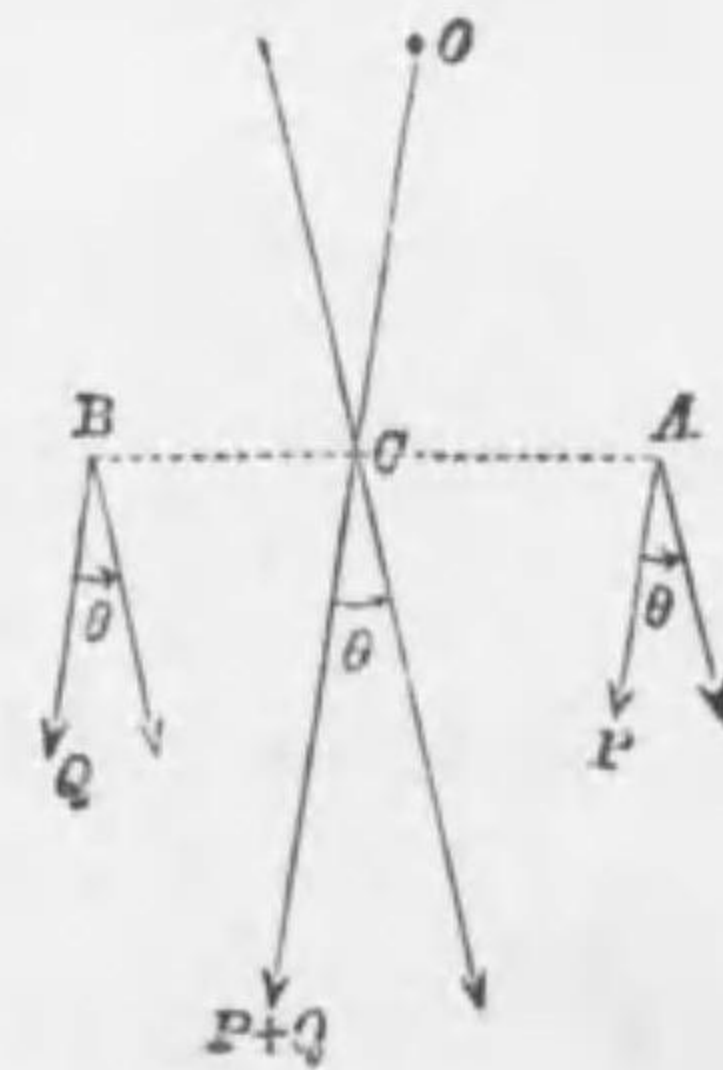
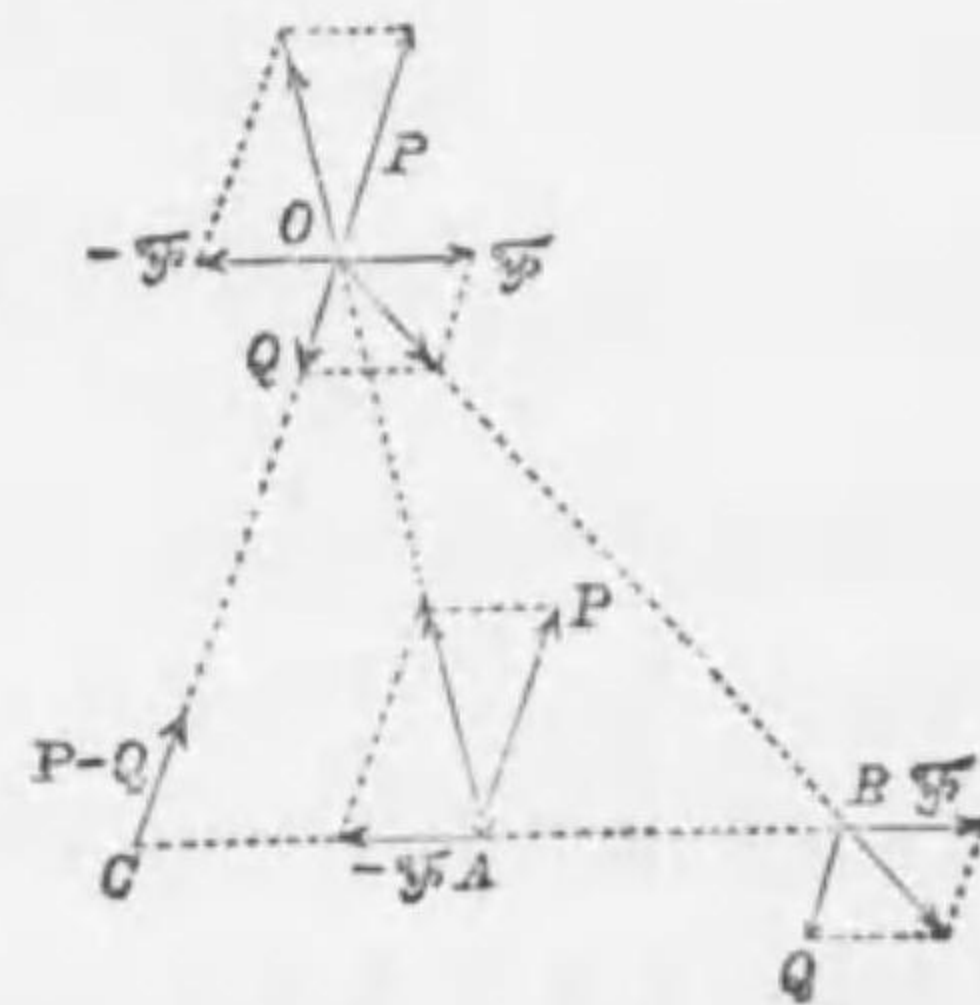
全ク同様ニシテ、剛體ノ二
點 A, B ニ働ク平行ニシテ方
向反對ナル二力 P, Q ノ合力
ハ直線 AB ヲ二力ノ逆比ニ
外カスル點 C ニ働キ其大サ

ハ二力ノ差ニ等シキ平行力ナル事ヲ證明シ得ベシ。

剛體ノ二點 A, B ニ平行ニシテ同
方向ナル二力 P, Q ガ働クトキ其合
力ノ作用線 OC ト直線 AB トノ交
點 C ヲ平行力ノ中心 Centre of pa-
rallel forces ト云ヒ、合力 $P+Q$ ガ此
點ニ作用スルモノト看做スヲ常ト
ス。

圖 二ツノ平行力 P, Q ガ與ヘラレタルト

キハ合力ノ着力點ハ其作用線上ノ任意ノ一點ニ在ルモノト看做シ得
ク、從ツテ其着力點トシテ特ニ AB 線上ノ C 點ヲ探ルノ必要ナシ。然レ



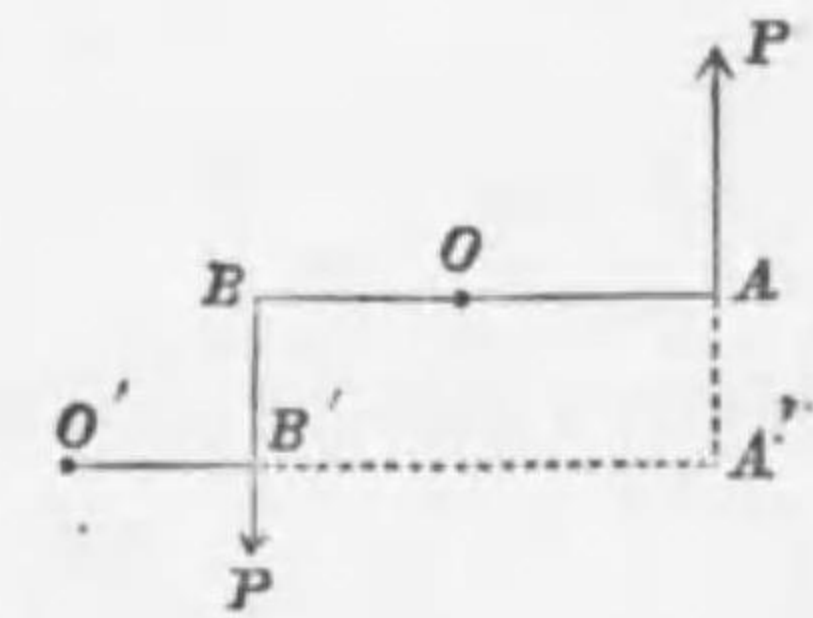
F モ C 點ハ二點 A, B ニ對シテ其位置ヲ決定スルニ便利ナルノミナラズ
作用線上ノ他ノ點ト異ナルノ特性ヲ有ス。即チ、上圖ニ示ス如ク二力
 P, Q ヲ其着力點 A, B ノ周リニ同一ノ方向ニ任意ノ角 θ 丈ケ廻轉スレバ
其作用線モ亦 A, B ヲ二力ノ逆比ニ内分スル定點 C ヲ通過スル事明カナ
リ。故ニ平行力 P, Q ヲ其着力點ノ周リニ廻轉スルトキ C 點ハ常ニ合力
ノ着力點ナリト看做シ得ルナリ。

剛體ニ働ク數多ノ平行力ヲ組合スニハ先ヅ二ツノ平行
力ノ合力ト中心トヲ求メ、次ニ此合力ト第三力トノ合力及
ビ中心ヲ求メ、逐次同様ノ方法ヲ反覆シテ最後ノ合力及ビ
中心ヲ求ムレバ可ナリ。

§ 12 隅力 Couple.

定義 剛體ニ働ク方向反對ニシテ大サ相等シク且ツ平
行ナル二力ヲ隅力ト云フ。

隅力ガ剛體ニ働クトキハ剛體ハ
隅力ノ二力ヲ含ム平面ニ直角ナル
軸ノ周リニ廻轉ス、而シテ隅力ノ能
率ハ軸ノ位置ニ無關係ナリ。圖ニ
於テ剛體內ノ二點 A, B ニ働ク二力 P, P ガ隅力ヲ成スモノ
トシ點 O ニ軸ヲ設ケタルモノトセバ



$$\text{能率} = P \cdot OA + P \cdot OB = P \cdot AB$$

又 O' 點ヲ軸トセシ場合ニハ A 點ニ働ク力 P ハ剛體ニ左轉
ヲ與ヘ B 點ノ力 P ハ右轉ヲ與フルガ故ニ

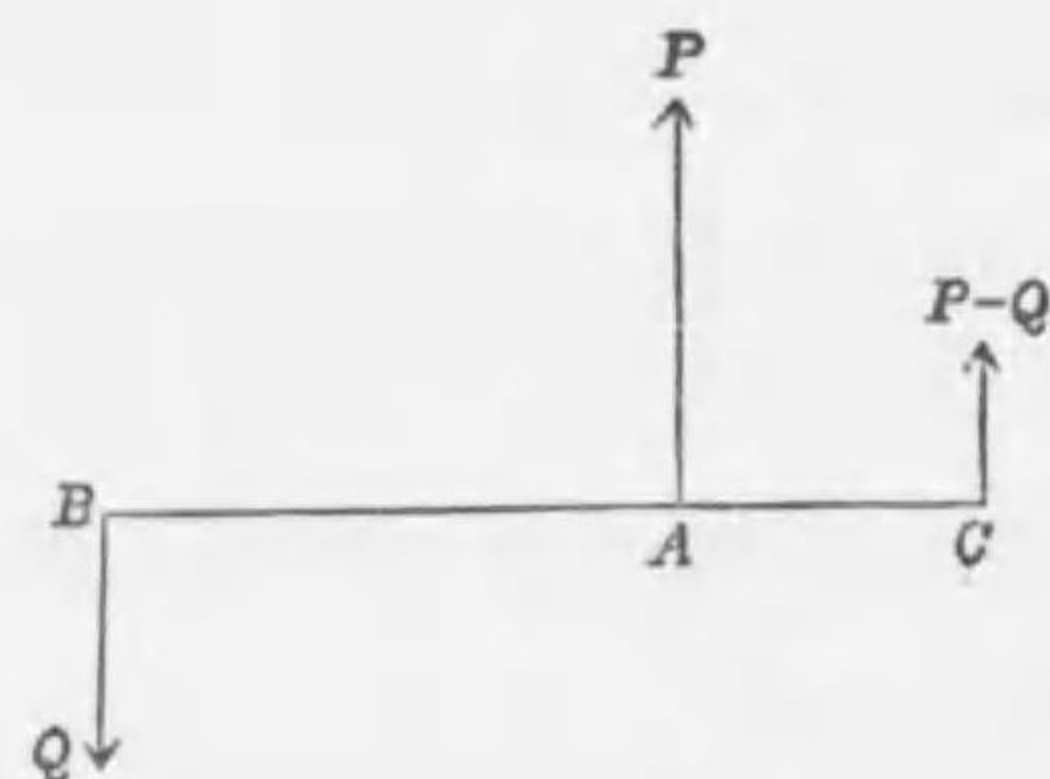
$$\text{能率} = P \cdot O'A - P \cdot O'B = P \cdot AB$$

即チ、偶力ノ能率ハ軸ノ位置ニ關係ナク且値ハ力ノ大サト二力間ノ垂直距離トノ積ニ等シ。偶力ヲ成ス二力間ノ垂直距離ヲ偶力ノ臂 Arm of couple ト云フ。

圖 平行ニシテ方向反對ナル二力 P, Q ノ合力ハ AC. $P = BC \cdot Q$ ニテ定メラレタル C 點ニ働キ其大サハ二力ノ差 $P - Q$ ニ等シ。C 點ヲ定ムル式ヲ書キ換ユレバ

$$\frac{BC}{AC} = \frac{P}{Q}; \frac{AB}{AC} = \frac{P-Q}{Q}$$

$$\therefore AC = \frac{Q}{P-Q} \cdot AB$$



今二力ノ着力點 A, B 從テ之ヲ結ブ直線 AB 及ビ二力ノ一例ヘテ Q が與ヘラレタルモノトシ、他方ノ一力 P が漸次ニ Q ニ等シクナルモノト考フ。然ルトキハ、上式ニ依リ AC ハ漸次ニ大トナリ $P = Q$ トナレバ AC ハ遂ニ無限大トナルヲ見ル可シ。而シテ合力ノ大サハ常に二力ノ差 $P - Q$ ニ等シキガ故ニ大サ相等シク平行ニシテ方向反對ナル二力即チ偶力ノ合力ハ無限大ノ遠距離ニ於テ剛體ニ働ク無限小ノ力ナルヲ知ルナリ。斯ノ如ク偶力ノ合力ノ大サハ無限小ナルモ臂ノ長サガ無限ニ大ナルガ爲メニ剛體ヲ廻轉セントスルノ能ヲ有スルナリ、例ヘバ A 點ニ對スル能率ヲ求ムレバ前式ニ依リ

$$\text{能率} = (P - Q) AC = Q \cdot AB$$

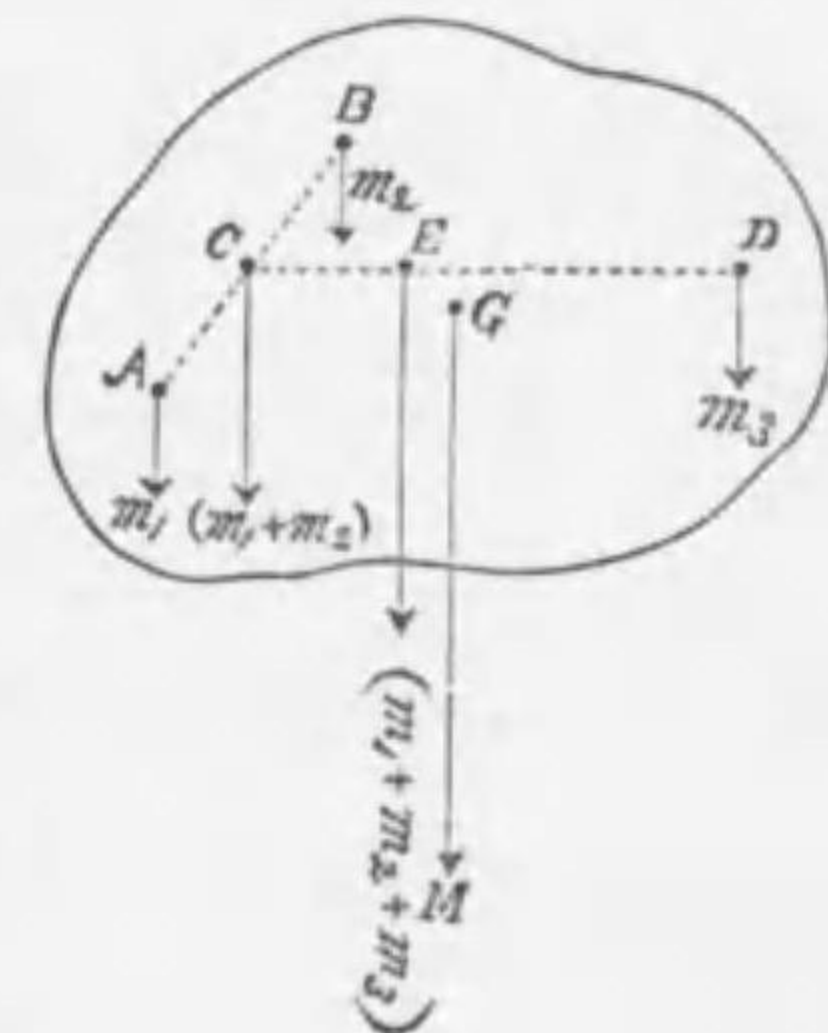
即チ、 $P - Q$ が小トナルト共ニ AC ハ大トナリ其積ハ常ニ一定ノ有限價 $Q \cdot AB$ ヲ有スルヲ見ルナリ。

§ 13 重心 Centre of gravity.

凡テ物體ハ數多ノ質點ノ集合セルモノト見做ス事ヲ得ルガ故ニ物體ガ地上ニ在ル場合ニハ、之ヲ構成スル各質點ハ何レモ鉛直ノ方向ニ向フ重力ノ作用ヲ受ク可シ。而シテ是等ノ重力ノ作用線ハ地球ノ中心ニ於テ交リ平行ナラズ。然レドモ地上一哩ノ距離ニ在ル二點ノ鉛直線ハ僅ニ約一分ノ傾角ヲ爲ス程度ナルガ故ニ、通常ノ物體ニ在リテハ之ヲ構成スル總テノ質點ニ働ク重力ヲ平行力ト看做シテ可ナリ。是等ノ平行力ヲ組合スレバ其合力ノ作用線ハ物體ニ特有ナル一定點即チ平行力ノ中心ヲ通過ス可シ、此一定點ヲ物體ノ重心ト云フ。

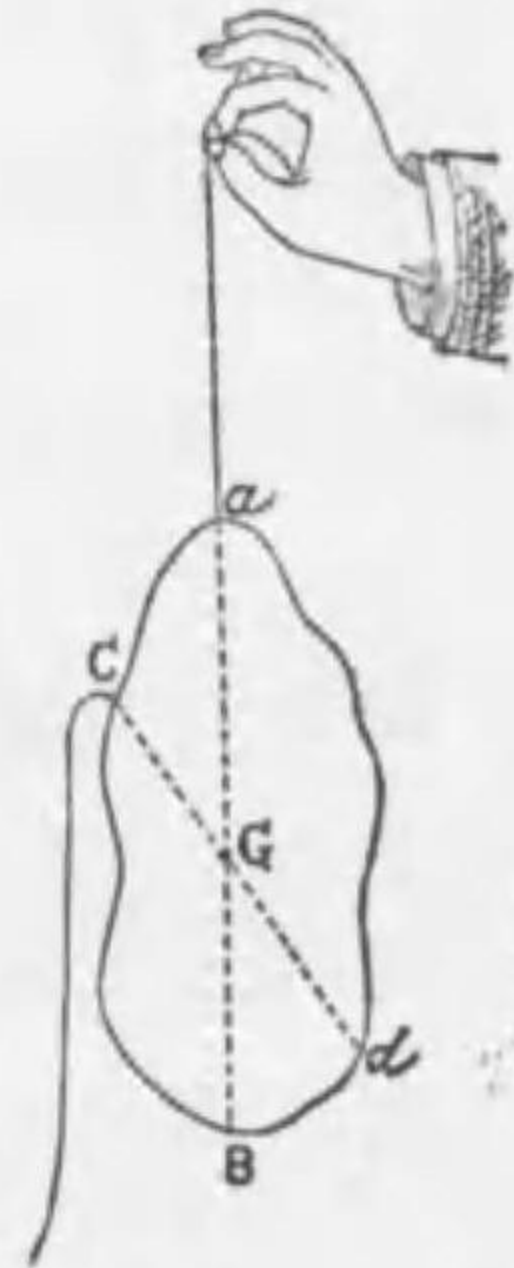
定義 物體ヲ構成スル各質點ニ働ク重力ヲ平行力ト看做ストキ、其合力ノ作用線ノ通過スル一定點ヲ其重心ト云フ。

圖ニ示ス如ク物體內ニ任意ノ二質點 A, B ヲ考ヘ其質量ヲ m_1, m_2 瓦トスレバ其重サハ大サ m_1, m_2 瓦重ナル平行力ナリ。故ニ其ノ合力ハ AB 線ヲ重サ即チ質量ノ逆比 $m_2 : m_1$ ニ内分スル點 C ニ働ク一力 $m_1 + m_2$ 瓦重ナリ。次ニ物體內ノ第三ノ質點 D ヲ考ヘ其質量ヲ m_3 トスレバ三



質點 m_1, m_2, m_3 ニ働ク三力ノ合力ハ C 點ニ働ク $m_1 + m_2$ 瓦重ト D 點ニ働ク m_3 瓦重トノ合力ナルガ故ニ、其着力點ハ C

D 線ヲ二力ノ逆比 $m_1+m_2 : m_3$ ニ内分スル點 E ニシテ其大サハ $m_1+m_2+m_3$ 瓦重ナリ。順次同様ノ方法ヲ反覆シテ物體ノ總テノ質點ニ働ク重力ノ最後ノ合力ヲ求ムレバ其大サハ物體ノ全重量ニシテ其作用線ハ物體ノ地球ニ對スル位置ニ關係ナキ一定點 G ヲ通過スルヲ見ル可シ、之レ即チ重心ナリ。故ニ物體ノ釣合等ヲ考フル場合ニハ其全重量ガ其重心ニ働クモノト看做シ得ルナリ。故ニ物體ヲ絲ニテ吊セバ物體ハ其重心ガ絲ノ延長線上ニ來ル位置ニ於テ靜止ス可シ、何トナレバ此場合ニハ物體ハ絲ノ張力及ビ重心ニ働ク重力ノ二力ニテ釣合フガ故ニ其作用線ハ一直線上ニ在ラザル可カラザレバナリ。此理ニ基キ板狀ノ物體ノ重心ヲ求ムルニハ之ヲ絲ニテ吊シ其方向ヲ板面ニ記シ、次ニ他ノ點ニテ吊シテ更ニ其方向ヲ記セバ二線ノ交點 G ハ即チ重心ノ位置ナリ。



組織一樣ナル物體ノ重心ハ其形ノ中心即チ幾何學上ノ中心ト一致ス。斯ノ如キ場合ニ於テハ物體ノ重心ハ對稱ノ觀念ニ依リテ求メ得ルナリ、例ヘバ物體ガ二ツノ對稱線ヲ有スルトキハ其交點ガ重心ノ位置ナルガ如シ。次ニ簡單ナル形ノ重心ヲ求ムル方法ヲ示ス。

(1) 一樣ナル直線棒 Uniform straight rod.

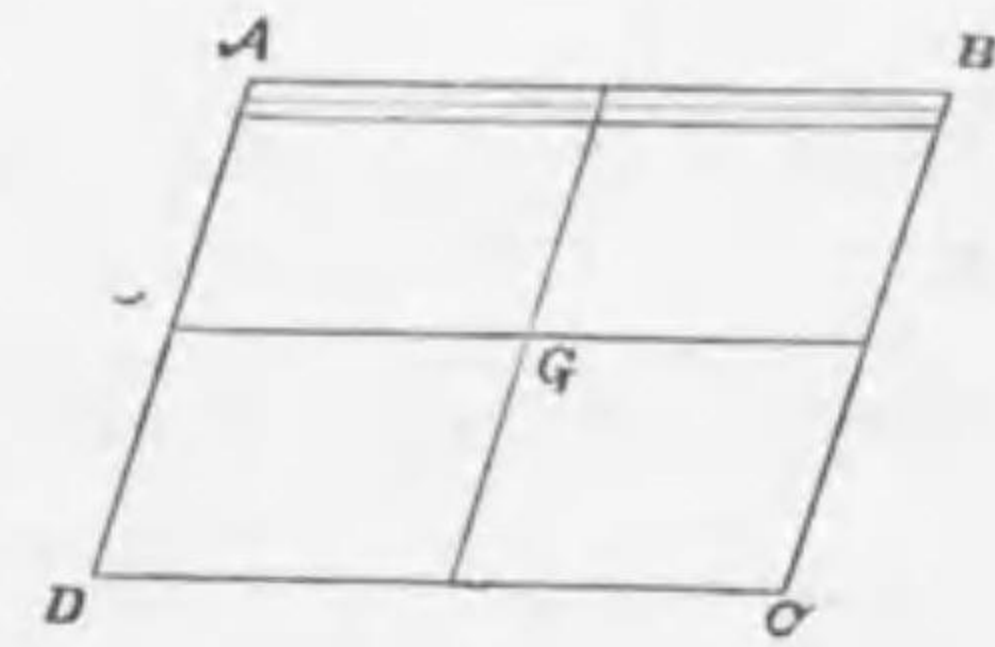
一樣ナル直線棒 AB ノ重心 G ハ其中心ニ在リ、何トナレバ A, G 間ノ任意ノ質點ニ對シテ B, G 間ニ之ト對稱ノ位置ニ質點アリテ其二質量ノ重サノ合力ノ中心ハ G 點ニ在レバナリ。

(2) 圓輪及ビ圓板 Circular ring and circular plate.

圓輪ノ重心ハ其中心ニ在リ、何トナレバ任意ノ直徑ノ兩端ニ在ル二ツノ質點ノ重心ハ輪ノ中心ニ在レバナリ。又圓板ハ數多ノ同心輪ノ集合ト看做シ得ベク而シテ各圓輪ノ重心ハ其中心ニ在ルガ故ニ圓板ノ重心モ亦其中心ニ在ルナリ。又圓板ハ任意ノ直徑ヲ對稱線トスルガ故ニ二ツノ直徑ノ交點ハ其重心ナル事明カナリ。

(3) 平行四邊形 Parallelogram.

平行四邊形狀ノ一樣ナル板ノ重心ハ對邊ノ中心ヲ結ブ二ツノ直線ノ交點即チ對角線ノ中心ニ在リ。何トナレバ、板ヲ一邊ニ平行ナル數多ノ直線ニテ細分シ一樣ナル數ノ棒ノ集合ト看做セバ各々ノ棒ノ重心ハ其中心ニ在ルガ故ニ板全體ノ重心ハ對邊ノ中心ヲ結ブ直線上ニ在ル可シ。同様ニシテ板ノ重心ハ他ノ對邊ノ中心ヲ結ブ直線上ニモ在ルヲ要スルガ故ニ求ムル板ノ重心ハ其二ツノ直線ノ交點ニ在ルヲ知ルナリ。



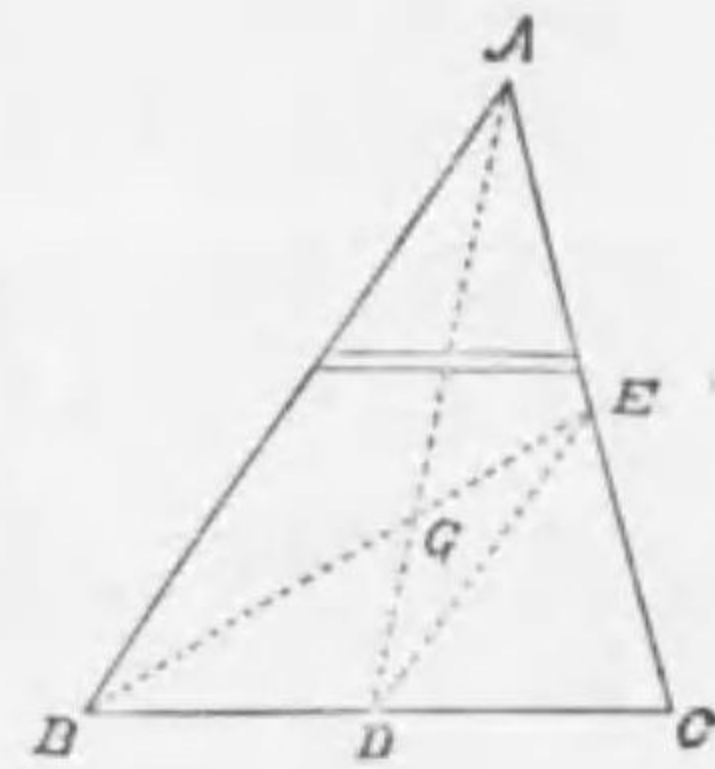
(4) 球 Sphere.

球ノ重心ハ其中心ト一致ス、何トナレバ球ハ其直徑ニ對シテ對稱ナルガ故ニ二ツノ直徑ノ交點即チ球ノ中心ハ其重心ナル可ケレバナリ。

(5) 三角板 Triangular plate.

一樣ナル三角板 ABC ノ重心ヲ求メン。之ヲ底邊 BC ニ平行ナル數

多ノ直線ニテ細分セル棒ノ集合ト看做ストキハ各々ノ棒ノ重心ハ其中心ニ在ルガ故ニ板ノ重心ハ中線ADノ上ニ在ラザル可カラズ。同様ニシテ重心ハ中線BEノ上ニモ在ラザル可カラズ。故ニ求ムル重心ハ中線ノ交點Gニ在リ。直線DEハABニ平行ナルガ故ニ△ABGハ△GDEニ相似ニシテ

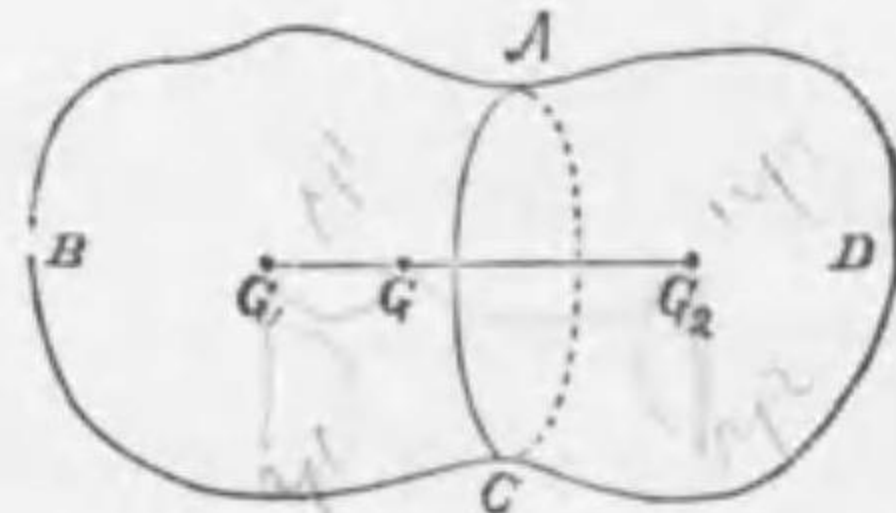


$$\frac{DG}{GA} = \frac{DE}{AB} = \frac{1}{3}; \therefore DG = \frac{1}{3}AG = \frac{1}{3}AD$$

$$\therefore AG = \frac{2}{3}AD$$

即チ、一樣ナル三角板ノ重心ハ其中線上ニ於テ頂點ヨリ $\frac{2}{3}$ ノ距離ニ在リ。

物體ノ二ツノ部分ABC及ビADCノ重心 G_1, G_2 ヲ知リテ全體ノ重心Gヲ求ムルニハ、二ツノ部分ノ全質量 M_1, M_2 ヲ夫々重心 G_1, G_2 ニ集中セシメテ得ル二質點 M_1, M_2 ノ重心ヲ求ムレバ可ナリ。又物體ABCDノ重心Gト一部分ABCノ重心 G_1 トヲ知リテ殘部ADCノ重心 G_2 ヲ求メントス。全體ノ質量ヲM, ABCノ質量ヲ M_1 トスレバ殘部ノ質量ハ $M - M_1$ ナリ。而シテ G_1 點ニ於ケル質量 M_1 トG點ニ在ル質量 $M - M_1$ トノ重心ガG點ナルガ故ニ次式ヲ得



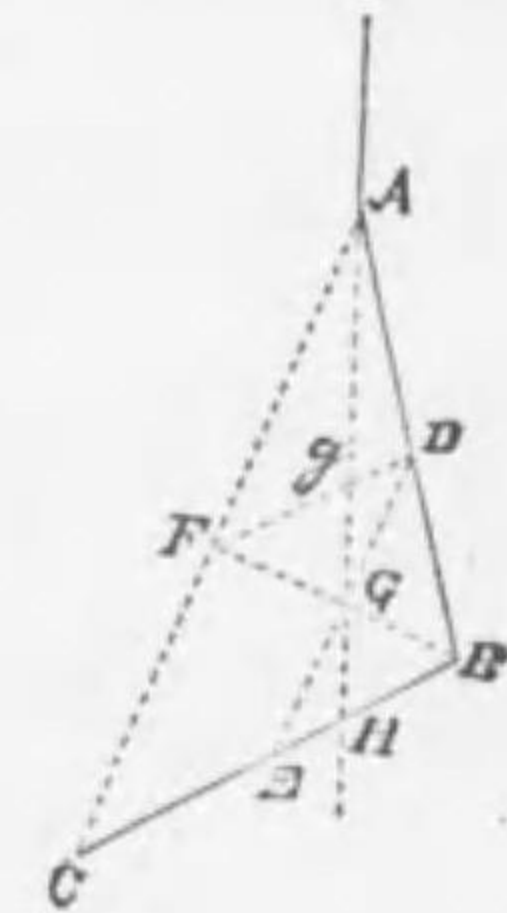
$$G_1 G \cdot M_1 = G G_2 \cdot (M - M_1)$$

$$\therefore G G_2 = \frac{M_1}{M - M_1} G G_1$$

例題

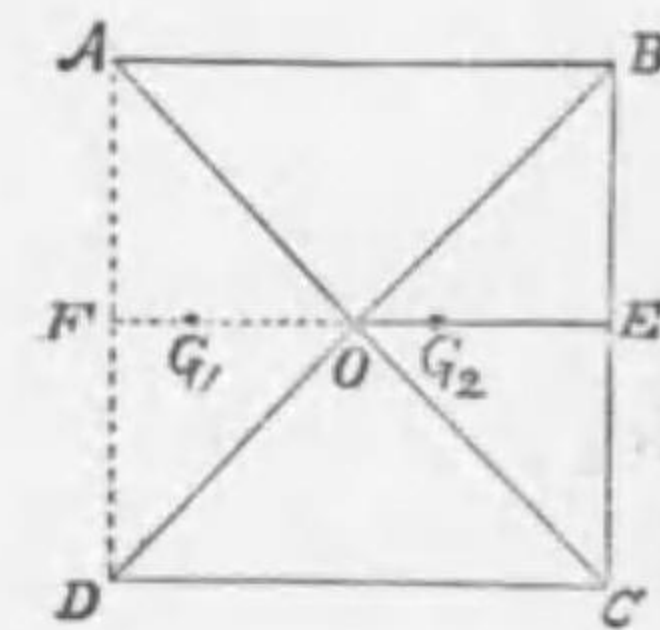
(1) 一樣ナル針金ABCヲ其中點Bニ於テ曲ゲ其一端Aヲ絲ニテ吊ストキハ絲ノ延長線ハBC邊ノ三分ノ一ノ點Hヲ通過スル事ヲ證明セヨ。

圖 針金AB及BCノ重心ハ夫々其中心D, Eニ在リ。故ニ此二點ニAB及BCノ全質量ヲ集中セシメテ得ル二質點ノ重心ヲ求ムレバ全體ノ針金ABCノ重心ヲ得ベシ。然ルニ針金AB及BCハ同長ナルガ故ニ此二質點ノ質量ハ相等シク從フテ求ムル重心ハDEノ中點Gニ在リ。故ニ針金ABCハG點ガ絲ノ延長線即チA點ノ直下ニ來ル位置ニ於テ靜止ス可シ。次ニ鉛直線AGガBCト交ル點ヲHトスレバ $BH = \frac{1}{3}BC$ ナル事ヲ證明セン。BGヲ延長シテACトFニ交ハラシメF, Dヲ結ブ。DEトACトハ平行ニシテGハDEノ中點ナルガ故ニFモ亦ACノ中點ナリ。又DハABノ中點ナルガ故ニGハBFノ中心ナリ。三角形ABFニ於テFD及ビAGハ中線ナルガ故ニ其交點gハ此三角形ノ重心ナリ。從フテ $gD = \frac{1}{3}FD$ ニナリ。而シテFDハCBニ平行ナルガ故ニ $BH = \frac{1}{3}CB$ ナリ。



(2) 一樣ナル正方形板アリ、其對角線ニテ成ル四ツノ三角形ノ一ツヲ缺損セルトキ殘部ノ重心ヲ求メヨ。

圖 正方形ABCDニ於テ三角形AODヲ缺損部トシ、此部分ガ缺損セザルトキノAODノ重心ヲ G_1 、求ムル重心ヲ G_2



トスレバ G_1, G_2 ハ對邊ノ中心ヲ結ブ線 EOF ノ上ニ在ル事明カナリ。
 正方形 $ABCD$ ノ重心 O ハ三角形 AOD ノ質量 m ナリ G_1 ニ集中セル質點
 ト三ツノ三角形ノ質量 $3m$ ナリ G_2 ニ集中セル質點トノ重心ナルガ故ニ、

$$m \cdot OG_1 = 3m \cdot OG_2$$

然ルニ、 $OG_1 = \frac{1}{3} OF = \frac{1}{3} AB$ $\therefore OG_2 = \frac{1}{9} AB$

(3) 一樣ナル圓板ヨリ、直徑ガ此圓板ノ半徑ニ等シキ内
 接圓ヲ缺キタル殘部ノ重心ヲ求メヨ。

圖ニ於テ内接圓板ノ重心ヲ G_1 、求ムル重心ヲ G_2 トスレバ G_1, G_2
 ニハ圓板ノ中心 O ヲ通過スル事明カナリ。圓ノ
 面積ハ其半徑ノ二乗ニ正比例スルガ故ニ小圓板
 ノ面積ハ全面積ノ $\frac{1}{4}$ ナリ。故ニ殘部ノ質量ヲ M
 トスレバ内接圓板ノ質量ハ $\frac{1}{4}M$ ナリ。故ニ

$$OG_2 \cdot M = OG_1 \cdot \frac{1}{4}M$$

$$\therefore OG_2 = \frac{1}{4} OG_1 = \frac{1}{4}r$$

(4) 長サ四尺ノ重サ 100 匁ナル一樣ナル棒ヲ其一端ヨ
 リ一尺ノ所ニテ吊シ棒ノ一半ノ中心ニ分銅ヲ懸ケテ之ヲ
 水平ナラシメンニハ分銅ハ幾匁ノ重量ヲ有セザル可カラ
 ザルカ。

圖 棒ノ重量ハ其重心即チ棒ノ中心ニ働クモノト看做シ得ベシ。而
 シテ棒ノ中心ハ絲ヲ結ビシ點ヨリ一尺ノ所ニアルガ故ニ棒ノ重サ能率
 ハ $1 \times 100 = 100$ 匁尺ナリ。求ムル分銅ノ重サヲ x 匁トスレバ其臂ノ長サ
 ハ $\frac{1}{2}$ 尺ナルガ故ニ其能率ハ x ナリ。

$$\therefore \frac{1}{2}x = 100; \quad \therefore x = 200 \text{ 匁}$$

(5) 樵夫ガ材木ノ重サヲ測ルニ之ヲ平地ニ横タヘ其一

端ノミヲ少シク吊シ上ゲテ重サヲ測リ、更ニ他端ニ就キテ
 同様ニ重サヲ測リ、二ツノ重サヲ加ヘテ材木ノ重サヲ求ム
 ト云フ。此方法ハ正シキヤ否ヤ、理由ヲ述ベテ説明セヨ。

圖 此方法ハ正シ、其理由ヲ説明セン。材木ヲ水平ニ横タヘ假リニ其
 兩端ヲ吊シ上ゲタリトセバ兩端ニ働ク力(平行力)ノ合力ハ材木ノ重心ヲ
 通過シ其大サハ材木ノ重サニ等シ。然ルニ材木ノ一端ヲ支フル力ハ他
 端ヲ吊スモ之ヲ地面ニテ支フルモ同様ナルガ故ニ問題ノ方法ノ正シキ
 事明カナリ。

別法 材木ノ全長ヲ l 、重サヲ W 、其重心ノ材木ノ一端ヨリノ距離ヲ x
 トスレバ他端ヲ支ヘ一端ヲ吊シテ測リタル重サヲ W_1 トスレバ槌子ノ
 理ニ依リテ

$$W_1 l = W \cdot (l - x)$$

次ニ他端ニ就キテ同様ノ測定ヲ爲セルトキノ重サヲ W_2 トスレバ

$$W_2 l = W \cdot x$$

上ノ二式ヲ加ヘ合セバ

$$(W_1 + W_2) l = W(l - x + x) = W l$$

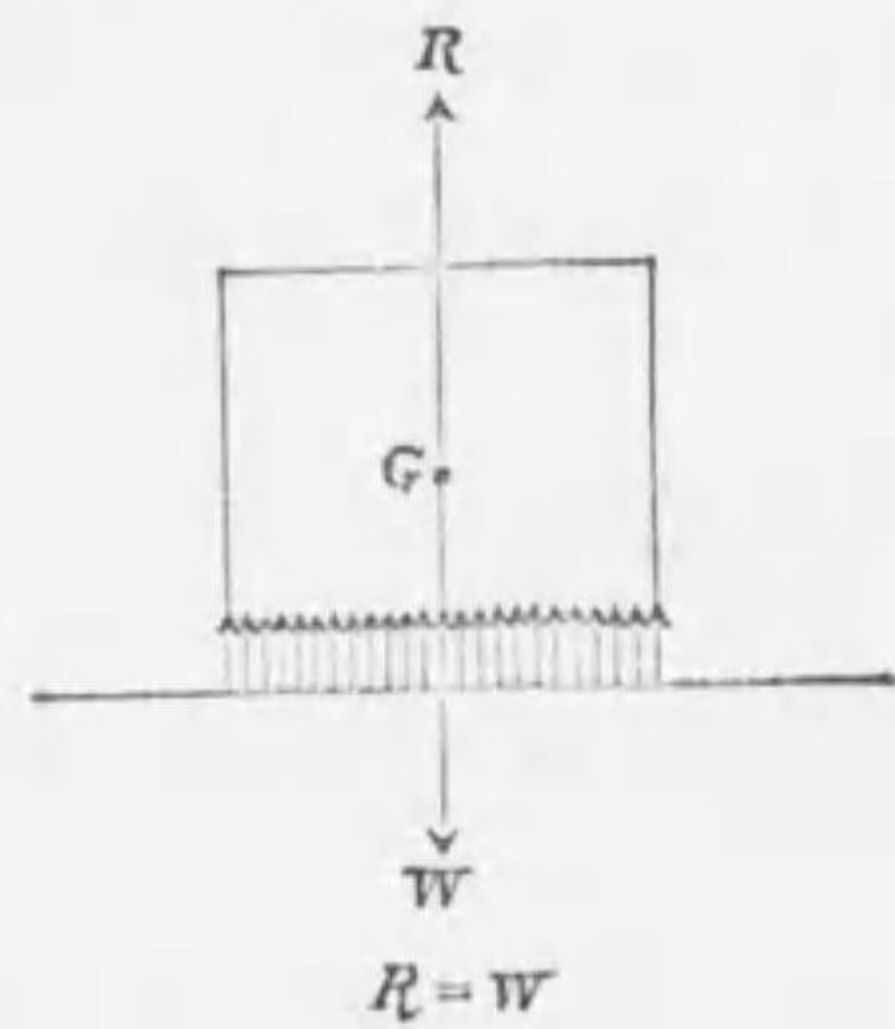
$$\therefore W_1 + W_2 = W$$

§ 14 物體ノ釣合 Equilibrium of a body.

地上ノ物體ハ其重心ニ於テ下方ニ向フ重力ノ作用ヲ受
 ク、故ニ物體ニ作用線ガ物體ノ重心ヲ通過シテ物體ノ重サ
 ニ等シキ上方ニ向フ力ヲ加フレバ物體ハ釣合ヲ保チ得ル
 ナリ。例ヘバ物體ヲ絲ニテ吊ストキハ重心ハ絲ノ延長線
 上ニ來リ絲ノ張力ト重心ニ働ク重力トハ方向反對ニシテ

同一ノ作用線上ニ在ル等大ノ二カトナリテ物體ハ釣合ヲ保ツナリ。

物體ヲ臺ノ上ニ支フルトキハ物體ハ其重心ニ於テ下方ニ向フ重力ト臺ノ物體ニ及ボス抗力トニ依リテ釣合フガ故ニ抗力ノ作用線ハ重心ヲ通過スル事明カナリ。元來此抗力Rハ圖ニ示ス如ク物體ト臺トノ接觸面ニ於テ物體ニ上方ニ働ク平行力ノ合力ニシテ其作用線ガ丁度重心ヲ通過スル様ニ接觸面ノ各部ノ壓力ガ分配セラレテ物體ハ釣合ヲ保ツナリ。



斯ノ如ク臺ノ上ニ載セタル物體ガ釣合フ爲メニハ抗力ノ作用線ガ其重心ヲ通過スル事ヲ要スルガ故ニ物體ガ顛倒スルヤ否ヤハ物體ノ重心ノ位置ト接觸面ノ如何トニ依リテ定マルナリ。即チ物體ノ重心ヲ通過スル鉛直線ガ其



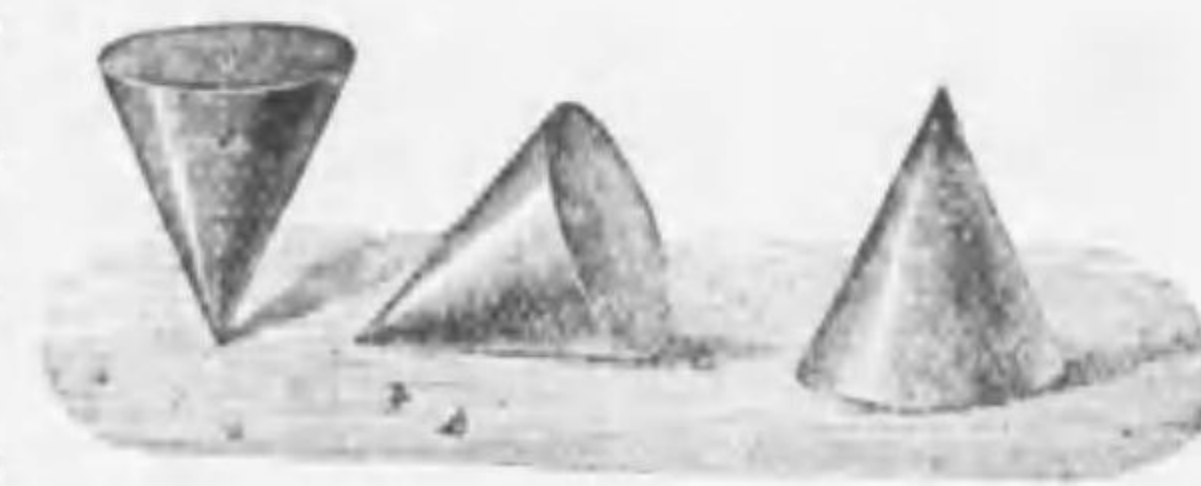
基底Baseノ内ヲ通過スレバ物體ハ倒レザルモ、若シ其外ニ出レバ倒ル、ナリ。圖ニ示ス三脚机ノ如キ場合ニハ抗力ノ合力ハ其三脚端ヲ結ブ三角形内ヲ通過シ得ルガ故ニ物體ノ倒ル、ト否トヲ決定ス可キ基底ハ物體ト臺トノ接觸

面自身ニ非ズシテ接觸部ノ外側ヲ連結スル直線ニテ限定セル面ナリト定ムルヲ要スルナリ。人ガ重キ物ヲ右手ニ持ツトキ左方ニ傾キ、又重キ物ヲ負フトキ前ニ屈ムハ全體ノ重心ヲ基底上ニ支持センガ爲メナリ。

§ 15 釣合ノ三種 Three kinds of equilibrium.

物體ノ釣合ヲ三種ニ區別スル事ヲ得。物體ヲ其釣合ノ位置ヨリ少シク傾ケテ放ツトキ物體ガ舊位置ニ復スレバ物體ハ安定ノ釣合 Stable equilibriumニ在リト云ヒ、物體ガ益々傾ケバ物體ハ不安定

ノ釣合 Unstable equilibriumニ在リト云ヒ、傾ケタル任意ノ位置ニ於テ釣合



ヘバ中立ノ釣合 Neutral equilibriumニ在リト云フ。例ヘバ直圓錐體ヲ正立スレバ釣合ハ安定ニシテ倒立スレバ不安定トナリ、之ヲ横タフレバ中立トナル。物體ノ重心ノ位置ニ着眼シテ三種ノ釣合ヲ考フルニ、安定ノ釣合ニ於テハ

物體ノ重心ハ最低ノ位置ヲ占メ之ヲ傾クルトキ重心ハ昇リ、不安定ノ釣合ニ於テハ重心ハ最高ノ位置ヲ占メ之ヲ傾クルトキ重心ハ降り、中立ノ釣合ニ於テハ



之ヲ動かスモ重心ノ高サハ變化セザルヲ見ルナリ。不倒翁ノ倒レザルハ正立スルトキ重心ノ位置最モ低クシテ之

ヲ傾クルトキ其位置上ルガ爲メナリ。

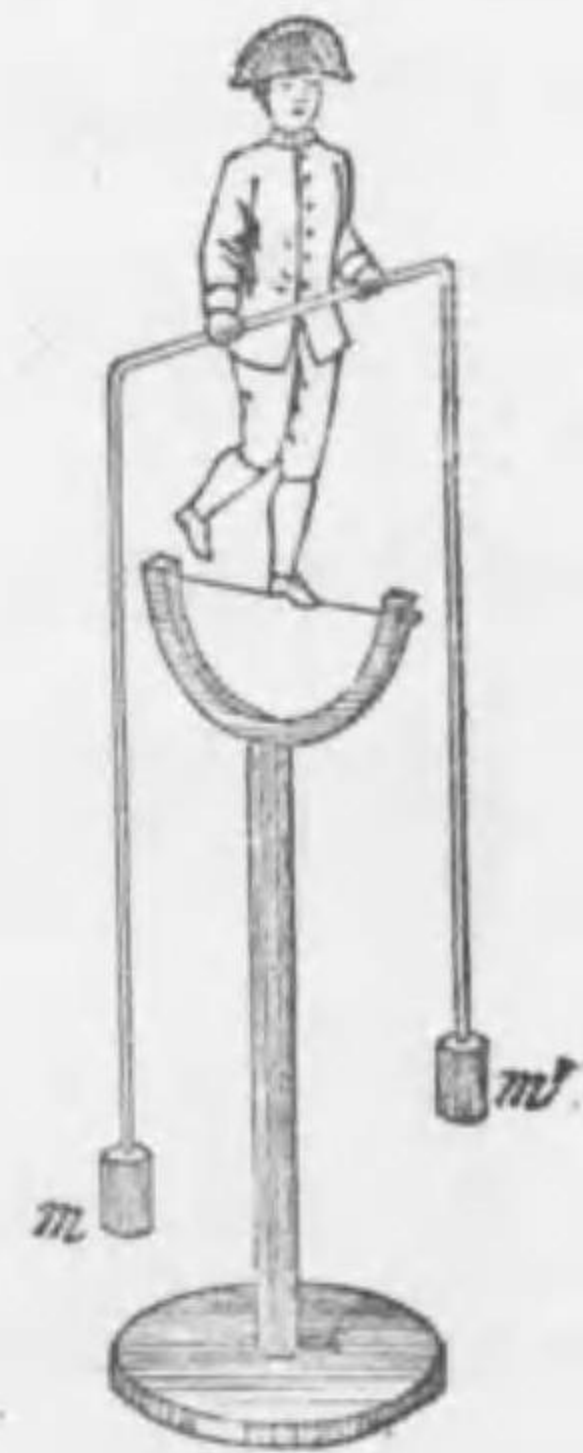
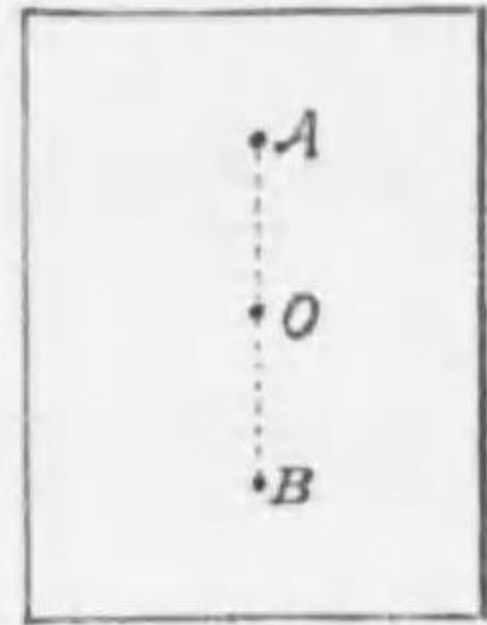
又物體ヲ一點ニテ支フルトキ其重心ガ支點ノ直下ニアレバ釣合ハ安定直上ニ在レバ不安定一致スレバ中立ナリ。

例ヘバ名刺ノ一點Bニ緩ク針ヲ刺シ其重心(中心)OヲBノ直上ニ支フルトキハ釣合ハ不安定ニシテA點ヲ刺シテO點ガ其直下ニ來ルトキハ釣合ハ安定ナリ。

又若シ重心Oヲ刺シテ之ヲ與フレバ釣合ハ安定ニシテ名刺ハ任意ノ位置ニ於テ靜止シ得ルナリ。圖ニ示ス人形ハ一脚ニテ張リタリ絲ノ上ニ立チタルモノニシテ一見不安定ノ釣合ニ在ルガ如キモ、錘mmヲ持ツガ爲メニ全體ノ重心ハ

支點ノ直下ニ在リテ釣合ハ安定ナリ。

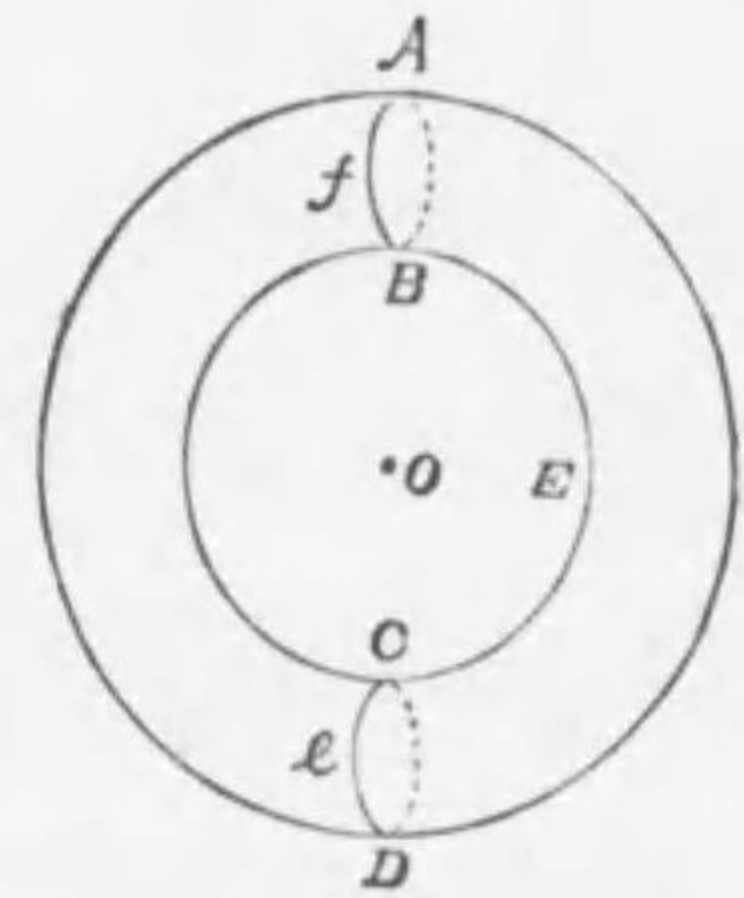
又鉛筆ニ圖ニ示ス如ク小刀ヲ挿シ其尖端ヲ指頭ニ支フルトキ鉛筆ノ倒レザルハ全體ノ重心ガ支點ノ直下ニ在ルガ爲メナリ。



例題

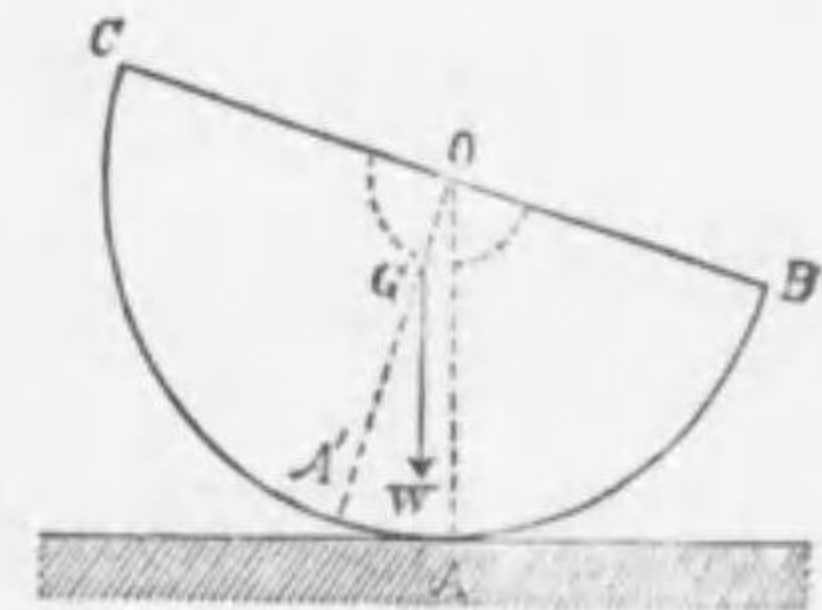
(1) 圓形ノ内空管ノ四點A, B, C, Dニ質點ヲ置クトキノ釣合ヲ吟味セヨ。

圖 管外ノ最高點Aニ質點ヲ置クトキハ之ヲ何レノ方向ニ動カスモ質點ハ滑リ落ルガ故ニ釣合ハ不安定ナリ。管内ノB點ニ於テハ管ノ切口ナル圓周fノ方向ニ於テハ安定ニシテ圓周ニ沿ウテハ不安定ナリ。故ニfトBEトノ中間ノ方向ニ於テ中立ノ釣合アルヲ知ル可シ。同様ニシテC點ニ於テハ安定不安定及ビ中立ノ釣合アリテ、D點ニ於テハ總テノ方向ニ於テ安定ナルヲ見ル可シ。



(2) 半球ヲ球面ヲ下ニシテ水平面ニ載セタルトキノ釣合ヲ吟味セヨ。

圖 圖ニ於テABCヲ中心Oナル半球トスレバ其重心GハCB面ニ直角ナル對稱ノ半徑OA'ノ上ニ在ル事明カナリ。故ニ半球ヲ球面ヲ下ニシテ水平面上ニ載スレバ重心Gハ接觸點A'ノ直上ニ在リテ半球ハ釣合ヲ保フナリ。次ニ圖ニ示ス如ク球ヲ少シク傾ケ接觸點ガAニ移リタルモノトセバ、重心Gニ働ク球ノ重サWガ接觸點Aノ周リニ能率ヲ有スル事トナリテ球ハ舊位置ニ復ス即チ初メノ釣合ハ安定ナリ。



球ヲ傾クルトキ中心Oノ高サハ一定ニシテ重心GハO點ニ對シ半徑OGナル圓周ニ沿フテ昇ルコトヲ考フルモ其釣合ノ安定ナルヲ知ル可シ。

(3) 傾角 30° = シテ滑ラザル斜面上 = 半径 1 寸厚サ 2 分ノ滑ラザル圓板幾枚ヲ重ね得ルカ。

圖 先ツ斜面上ニ半径一寸ノ直圓柱

ABCDヲ載スルトキ圓柱ガ將ニ倒レントスルトキノ高サBCヲ求メン。圓柱ノ重心(中心)Gヲ通過スル鉛直線ガ底面DC内ニ在ル間ハ圓柱ハ倒レズ、外ニ出ツレバ倒ル、ガ故ニ圓柱ガ將ニ倒レントスル場合ニハ鉛直線ハ丁度D點ヲ通過スルナリ。線GD及ビGEハ夫々OP及ビORニ直角ナルガ故ニ $\angle DGE = \angle POR = \theta$ ナリ。直角三角形DGEニ於テ

$$GE = DE \cot \theta; \therefore BC = 2DE \cot \theta$$

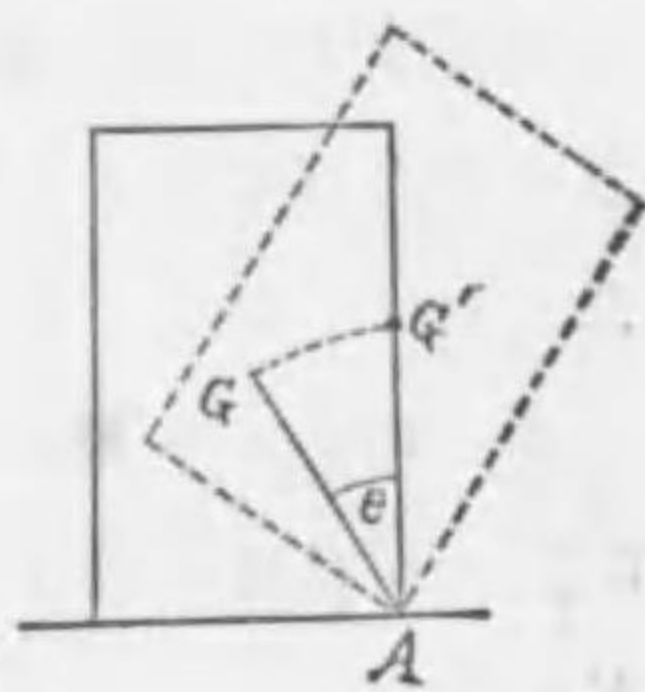
然ルニ、DE = 10分、 $\theta = 30^\circ$ ナルガ故ニ此値ヲ上式ニ代入シ

$$BC = 2 \cdot 10 \cdot \cot 30^\circ = 20 \sqrt{3} = 34.6 \text{ 分}$$

此BCノ高サヲ圓板ノ厚サ2分ニテ除シタル整数部17ハ所要ノ枚數ナルコト明ナリ。

§ 16 安定度 Stability.

臺ノ上ニ静止スル種々ノ物體ハ同ジク安定ノ釣合ニ在ルモ、其形重心ノ位置及ビ重サ等ニ依リテ安定ノ程度ニ大小ノ別アリ、例ヘバ物體ガ扁平ニシテ重キ程倒シ難ク細長クシテ輕キ程倒シ易キガ如シ。物體ノ安定度ヲ測ルニ通常次ノ三種

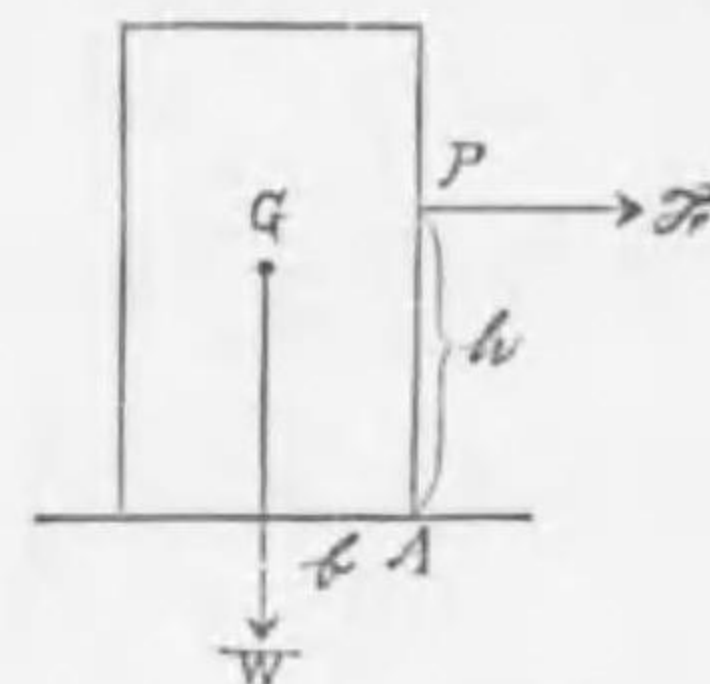


ノ方法アリ。

I. 圖ニ示ス如キ物體ヲA點ノ周リニ傾ケテ倒スニハ其重心GヲAノ直上ノ位置G'ニ持チ來タスヲ要ス、即チ物體ヲ角GAG' = θ 丈ケ傾クルヲ要スルナリ。故ニ此角 θ ヲ以テ物體ノ安定度ヲ示シ得ルナリ。從ツテ物體ノ安定度ハ底面ヲ廣クシテ重心低キ程大イナルヲ知ル。

II. 物體ノ安定度ハ又物體ヲ傾クルニ要スル力ニテ示シ得ルナリ。次圖ニ示ス如ク重サ

Wナル物體ノP點ニ水平力Fヲ加ヘテA點ノ周リニ傾クルトキ、二力F, WノA點ニ對スル臂ノ長サヲ夫々h, bトス。外力Fノ能率Fhガ

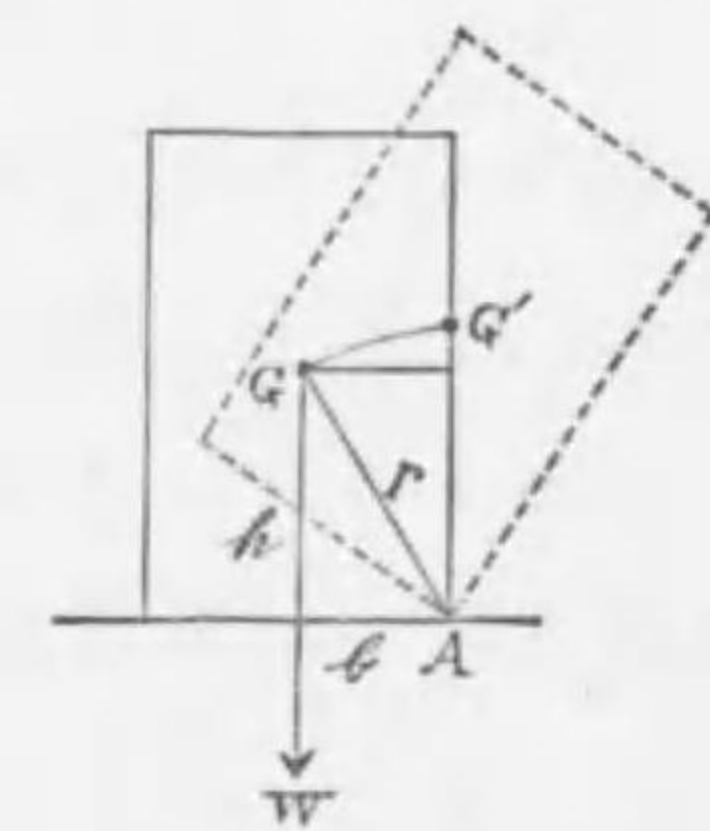


重サWノ能率Wbニ等シキトキ物體ハ傾キ得ルガ故ニ

$$Fh = Wb; \therefore F = \frac{b}{h} W$$

力FハW及ビbが大イナル程大イナルガ故ニ、物體ノ安定度ハ物體ガ重クシテ扁平ナル程大ナリ。

III. 安定度ヲ測ル上記二ツノ方法ハ何レモ不完全ナリ、何トナレバ第一ノ場合ニハ物體ノ重サヲ無視シテ單ニ迴轉ノ角ノミヲ考ヘ、第二ノ場合ニハ物體ヲ倒スニ要スル力(從ツテ物體ノ重サ)ノミヲ考ヘ迴轉ノ角ヲ無視スレバナリ。安定度ヲ測ルニ最モ適當ナ



ニ於テ桿ハ釣合フニ至ル。今 A'B' ナ桿ノ釣合ノ位置トシ、A', B', C' ヲリ支點 C' ナ通過スル鉛直線ニ下セル垂線ノ長サヲ夫々 A'N, B'M, G'L' トスレバ桿ガ釣合フトキハ次式ヲ得

$$w \cdot A'N = P \cdot G'L$$

桿ノふれノ角ヲ θ トスレバ $\angle ACA' = \angle CA'N = \angle GCG' = \theta$ ナリ而シテ $A'C = l, GC = G'C = d$ トスレバ

$$A'N = l \cos \theta, G'L = d \sin \theta$$

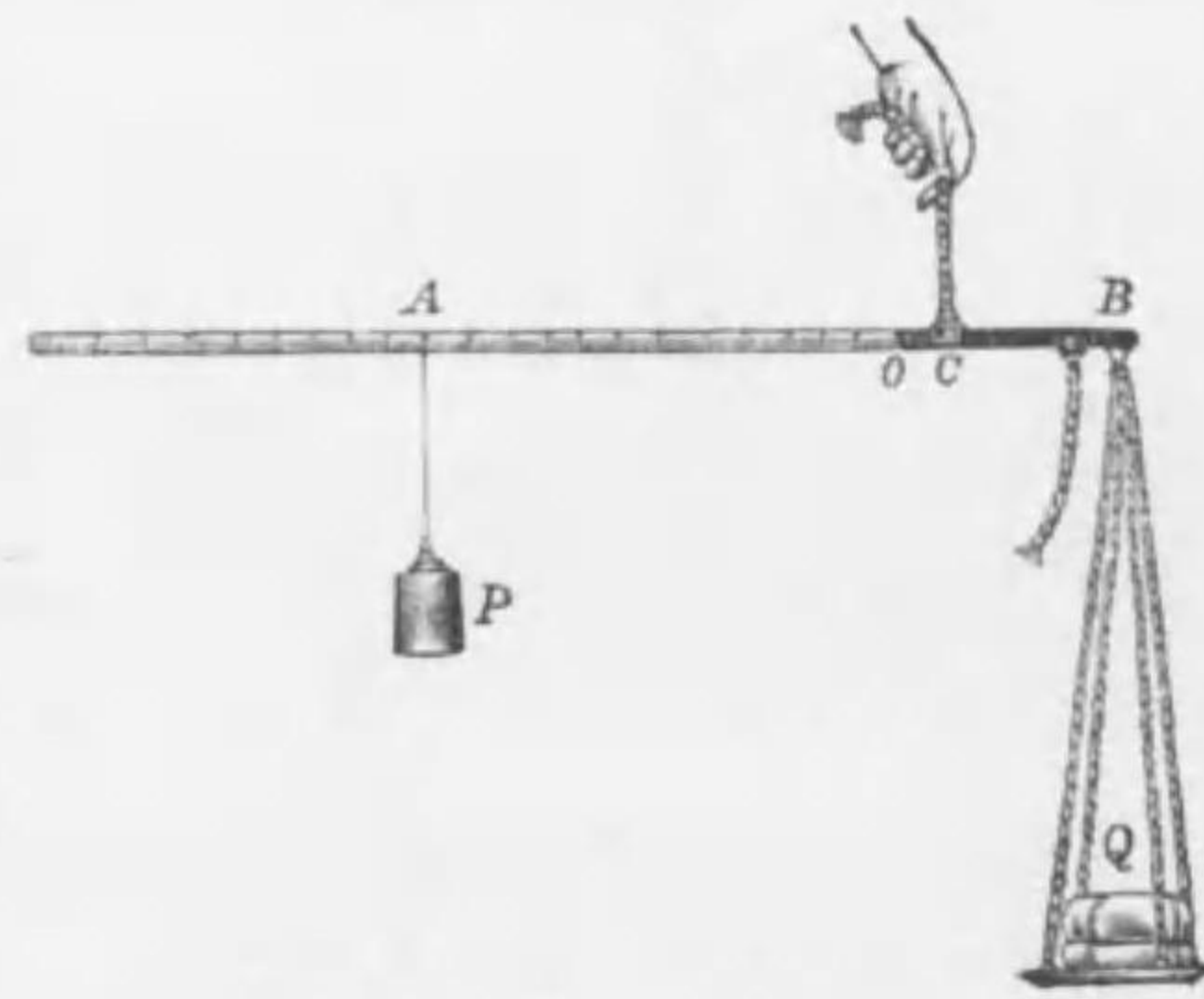
$$\therefore w l \cos \theta = pd \sin \theta$$

$$\therefore \tan \theta = \frac{wl}{pd}$$

上式ニ依リテ、一定ノ重サノ差 w ニ對シテ天秤ノ感シ即チふれノ角 θ ナ大ニスルニハ、(1) P ナ小ニスルヲ要ス、即チ桿ヲ成ル可ク輕クスルヲ要ス、(2) d ナ小ニスルヲ要ス、即チ重心 G ナ成ル可ク支點 C ニ近クスルヲ要ス、(3) l ナ大ニスルヲ要ス、即チ桿ヲ成ル可ク長クスルヲ要スルナリ。

§ 18 桿秤 Steelyard.

桿秤ハ我國ニ於テ一般ニ使用スル輕便ナル秤ニシテ一定ノ分銅ヲ桿上ニ動かシ桿ヲ水平ナラシムルトキノ分銅ノ位置ニ依リテ物體ノ質量ヲ測ルモノナリ。圖ニ於テ、 B ヲ秤皿ノ懸點、 C ヲ支點、 A ヲ分銅ノ懸點トス。秤皿ニ



物體ヲ載セザルトキ分銅ヲ O 點ニ懸ケテ桿ガ水平トナルモノトス。分銅ノ重サヲ P トシ、桿秤及ビ皿ノ重サヲ W トス。然ルトキハ、上記ノ場合ニ於テハ分銅 P ガ O 點ニ於テ桿ヲ左轉セントスル能率 $P \cdot OC$ ハ重サ W ガ桿ヲ右轉セントスル能率 $W \cdot OG$ ニ等シ [G ハ桿秤及ビ皿ノ重心ニシテ C, B 二點ノ中間ニ在ル可シ、圖ニハ之ヲ示サズ] 從ツテ次式ヲ得

$$P \cdot OC = W \cdot OG \dots\dots\dots(1)$$

次ニ皿ニ物體ヲ載セ分銅ヲ A 點ニ懸ケテ桿ガ再ビ水平トナリタルモノトス。物體ノ重サヲ Q トスレバ

$$P \cdot CA = W \cdot OG + Q \cdot CB \dots\dots\dots(2)$$

式(1)(2)ヲ邊々相減ジテ次式ヲ得

$$P(CA - OC) = P \cdot OA = Q \cdot CB$$

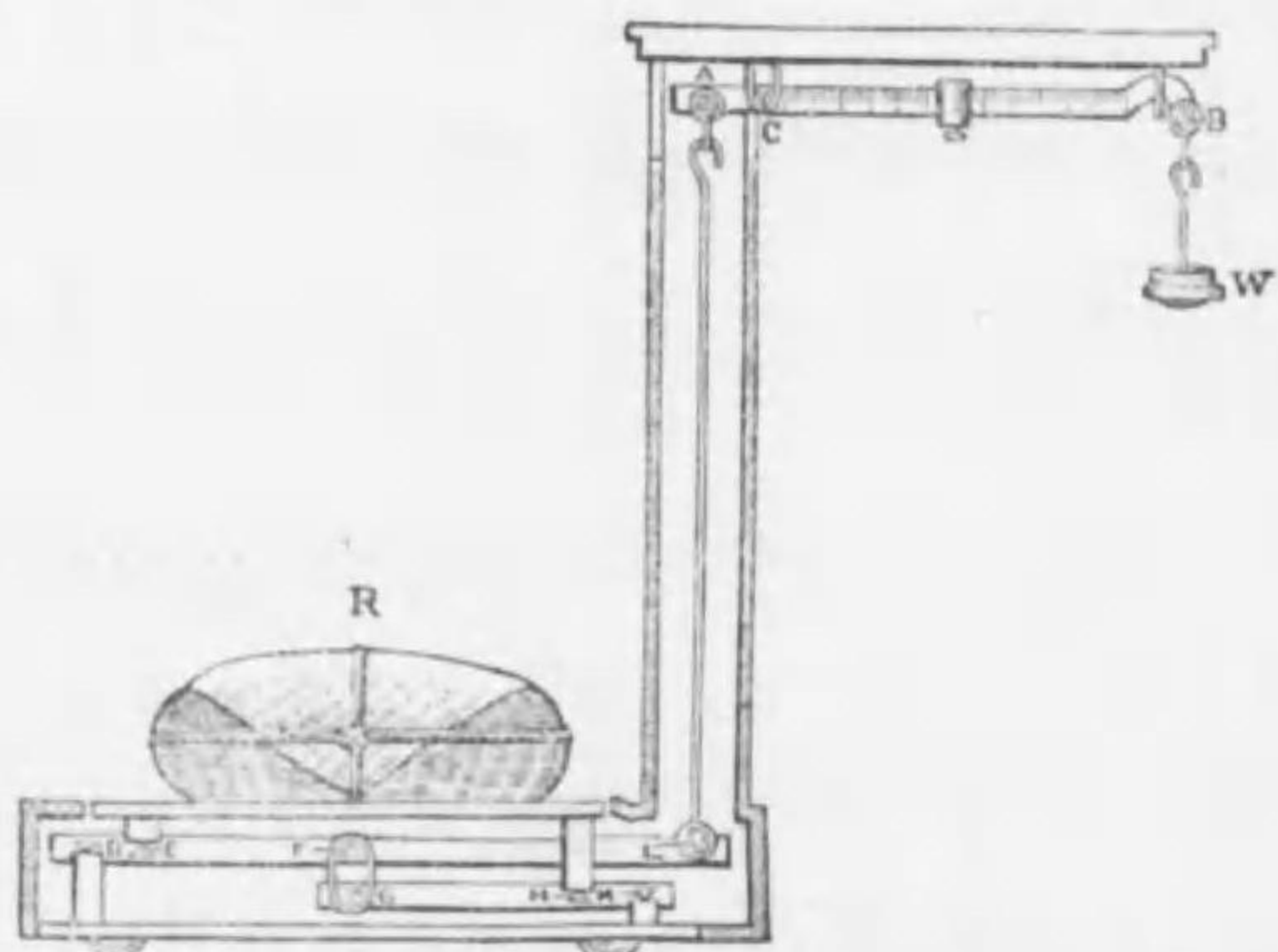
$$\therefore OA = CB \cdot \frac{Q}{P} \dots\dots\dots(3)$$

一ノ桿秤ニ就キテハ P 及ビ CB ハ一定ナルガ故ニ、上式ニ依リ物體ノ重サ Q ハ長サ OA ニ正比例スルヲ知ル。即チ、 Q ヲ例ヘバ 1, 2, 3 匁等トスレバ OA ハ $\frac{CB}{P}, 2\frac{CB}{P}, 3\frac{CB}{P}$ 等トナルガ故ニ O ヲ零點トシテ 1 匁毎ニ $\frac{CB}{P}$ ズツノ等距離ニテ目盛ヲ施セバ分銅ノ位置ニ依ツテ直チニ物體ノ質量ヲ讀ミ取り得ルナリ。

§19 臺秤 Platform scale.

臺秤ハ重キ荷物等ノ質量ヲ測ルニ用フル便利ナル秤ニシテ、荷物ヲ臺ノ

上ノ任意ノ位置ニ載セ適當ノ分銅 W ヲ B ニ掛ケ且ツ補助ノ小分銅ヲ桿 CB ニ沿ウテ動カシ以テ



物體ノ目方ヲ測ルナリ。荷物ヲ載スル臺ハ三角稜 E, H ニテ支持セラレ稜 E ハ支點 D ナル樞子ニ固定シ、稜 H ハ支點 K ナル樞子ニ固定ス。此二ツノ樞子ニ三角稜 F, G ヲ固定シ之ヲ桿ニテ連結セリ、而シテ樞子 DEF ノ他端ニ更ニ三角稜 L ヲ固定シ之ヲ支點 C ナル桿秤ノ一端ニ固定セル稜 A ニ連結セリ。

荷物ノ重サヲ R トシ、此重サガ臺ノ支持稜 E, H ニ分配シタル値ヲ夫々 P, Q トスレバ臺ハ荷物ノ位置ニ依ツテ異ナルモ其和 $P + Q$ ハ常ニ R ニ等シ。支點 D ナル樞子ノ E 稜ニ働ク力 P ハ F 稜ニ $P \times \frac{DE}{DF}$ ナル力ガ作用スルニ等シク又支點 K ナル樞子ノ H 稜ニ働ク力 Q ハ F 稜ニ $Q \times \frac{HK}{GK}$ ナル力ガ作用スルニ等シ。然ルニ臺秤ノ構造ハ

$$\frac{DE}{DF} = \frac{HK}{GK} = \frac{1}{n}$$

ナル關係ヲ満足スル様ニ製作セルガ故ニ、臺ノ上ニ重サ R ヲ載セタル結果ハ結局 F 稜ニ

$$P \times \frac{DE}{DF} + Q \times \frac{HK}{GB} = \frac{P+Q}{n} = \frac{R}{n}$$

ナル力ガ働クニ等シク、其値ハ臺ノ上ニ於ケル荷物ノ位置ニ無關係ナリ。又 $\frac{DF}{DL} = \frac{1}{m}$ トスレバ、 F 稜ニ作用スル $\frac{R}{n}$ ハ L 即チ A 稜ニ力 $\frac{R}{mn}$ ガ作用スルニ等シ。最後ニ支點 C ナル桿秤ニ於テ、 A 稜ニ力 $\frac{R}{mn}$ ガ作用シ B 點ニ重サ W ヲ掛ケテ桿ガ水平トナリタリトセバ

$$\frac{R}{mn} \times AC = CB \times W$$

$$\therefore R = mn \times \frac{CB}{AC} \times W$$

mn 及ビ $\frac{CB}{AC}$ 等ハ臺秤ノ構造上一定ノ値ヲ有ス、故ニ上式ニ依リテ荷物ノ重サ R ハ分銅ノ重サ W ニ正比例スルヲ知ルナリ。故ニ物體ノ重サ R ノ $mn \times \frac{CB}{AC}$ 分ノ一ノ分銅 W ヲ B ニ掛ケ又分銅ノ分數ニ相當スル小分銅ヲ桿ニ沿ウテ動カシ以テ物體ノ重サヲ測リ得ルナリ。

第二章 液 體

§ 1 液體 Liquid.

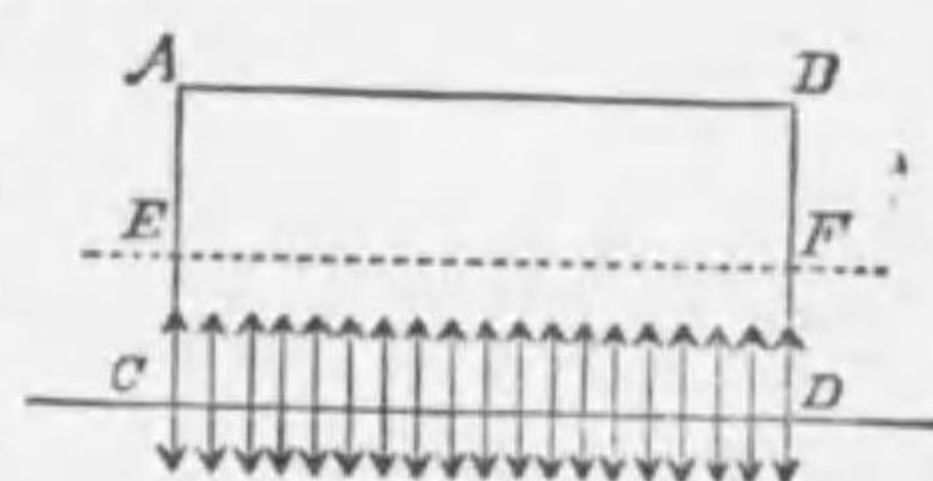
液體ハ體積ノ彈性ヲ有スルモ分子間ノ凝集力小ニシテ、形ノ彈性ヲ有セズ[第一編第一章§4參照]。故ニ液體ヲ圓筒内ニ密閉シテ之ヲ壓搾セント試ムレバ大ナル抵抗力即チ彈力ヲ表ハスモ、體積ノ變化ヲ伴ハザル形ノミノ歪即チすれニ對シテ全ク抵抗ヲ表ハス事ナシ。例ヘバ、手ヲ液内ニ沈メテ急ニ動カストキハ液ノ慣性ニ打勝テテ之ニ速度ヲ與フルガ爲メニ抵抗ヲ感ズルモ、靜カニ動カストキハ殆ド抵抗ヲ感ゼザルガ如シ。斯ノ如ク、液體ハ體積ノ彈性ヲ有シ形ノ彈性ヲ有セズシテ其各部ハ容易ニ滑リ動キ得ルノ特性ヲ有ス。

氣體ハ液體ニ比スレバ壓縮シ易ク且ツ形ノ彈性ヲ有セズシテ其各部ハ容易ニ移動シ得ルナリ。斯ノ如ク、液體ト氣體トハ體積ニ對スル彈性ニ強弱ノ差アルモ、其各部ガ容易ニ滑リ動ク點ニ於テ共通ノ性質ヲ有スルガ故ニ、之ヲ併セテ流體 Fluid ト云フ事アリ。

§ 2 壓力 Pressure.

矩形柱 $ABDC$ ヲ臺ノ上ニ支フルトキハ柱ハ其重サニ等シキ力ニテ接觸面 CD ニ於テ臺ヲ壓シ臺ノ柱ニ及ボス反

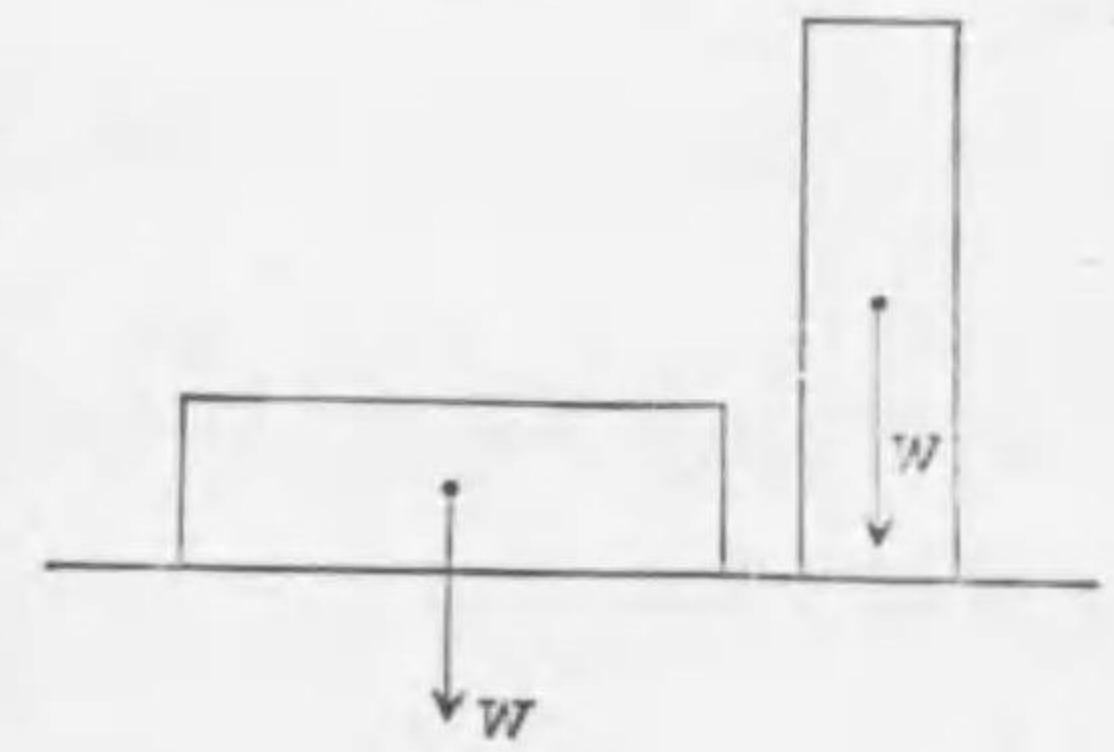
作用即チ抗力ヲ受ケテ釣合ヲ保ツ、即チ柱ト臺トハ接觸面 CD ニ於テ互ニ壓シ合フナリ。又矩形柱ヲ EF ナル水平面ニテニツノ部分ニ切斷シタルモノト考フレバ、ニツノ部分ハ上部ノ重サニ等シキ力ニテ接觸面 EF ニ沿ウテ壓シ合フヲ知ル可シ。



斯ノ如ク、凡テ二物體或ハ一物體內ノニツノ部分ガ一定ノ面ニ於テ互ニ壓シ合フ力ヲ壓力ト云フ。種々ノ面ノ受クル壓力ノ強弱ヲ比較スル

爲メニ、單位面積ノ上ニ働ク壓力ヲ考ヘ之ヲ壓力ノ強サ

Intensity of pressure 或ハ單位面積ト云ヒ、全表面ニ働ク壓力ヲ全壓力 Total pressure ト云フ。



例ヘバ、上圖ニ示ス如ク、矩形柱ヲ横ニ或ハ縦ニシテ臺ノ上ニ載スルトキハ底面ノ全壓力ハ柱ノ重サニ等シクシテ同一ナルモ壓力ノ強サハ縦ニスル方遙ニ大ナルガ如シ。

壓力ノ強サノ單位トシテハ通常一平方糎ニツキ一瓦重ナル壓力ノ強サヲ用ヒ、之ヲ示スニ $\left[\frac{\text{瓦重}}{\text{糎}^2} \right]$ 又ハ $[\text{瓦重} \cdot \text{糎}^{-2}]$ ナル符號ヲ用フ。面積 S 平方糎ノ上ニ一様ニ P 瓦重ナル力ガ働

トトキハ壓力ノ強サ p ハ次式ニテ與ヘラル。

$$p = \frac{P}{S}; \quad \therefore \quad P = p \cdot S$$

例題

(1) 泥土ノ上ニ板ヲ敷キテ其上ヲ歩メバ足ノ没入スル患ナキハ何故ゾ。

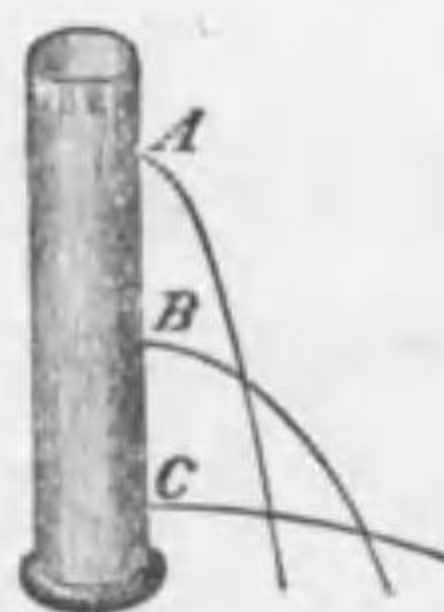
答 體重ヲ板ノ全面ニ分ルセシメ、泥土ヲ壓スル壓力ノ強サチ小ナラシメ得ルガ故ナリ。

(2) 鉛筆ノ頭ニテ手ヲ押ストキト尖端ニテ押ストキト痛サノ異ナル理由如何。

(3) 一邊二種ナル立方形ノ鉛(比重11.3)ヲ机上ニ載スルトキ、底面ノ壓力ノ強サ如何。 答 22.6[瓦重・ cm^{-2}]

§ 3 液體ノ壓力 Pressure of liquid.

液體ハ凝集力小ニシテ其各部ハ容易ニ滑リ動クガ故ニ、重力ノ作用ヲ受クルトキハ成ル可ク低所ニ流下セントスルノ傾向ヲ有ス、從ツテ液ヲ器ニ入レテ其流下ヲ妨グレバ液ハ容器ノ内壁ヲ壓シ之ニ壓力ヲ及ボスナリ。



例ヘバ、上圖ニ示ス如ク側壁ニ小孔ヲ穿テル容器ニ水ヲ入ルレバ水ノ小孔ヨリ迸出スルガ如シ。

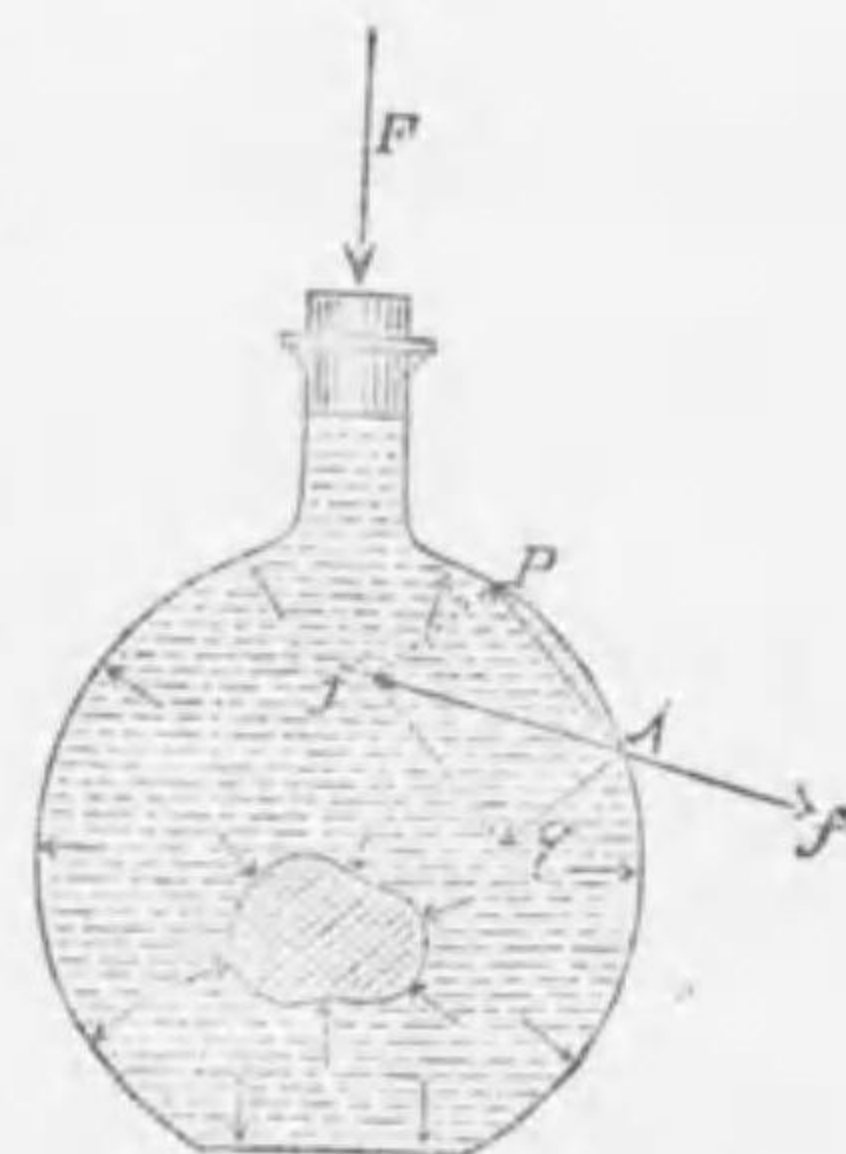
液體ノ各部ガ容易ニ滑リ動キ得ル結果トシテ液體ノ壓力ニ關シ次ノ事實ヲ得——静止セル液體ガ容器ノ内壁又ハ液

體內ニ沈メタル物體ノ表面ヲ壓スル壓力ノ方向ハ之ニ直角ナリ。此事ハ前圖ノ裝置ニ於テ側壁ノ小孔ヨリ迸出スル水柱ガ側壁ニ直角ニ出ル事ニテ實驗シ得ベシ。

實驗 水囊ニ水ヲ滿タシ口ヲ締メテ壺ノ上ニ載セ手ニテ之ヲ壓下シツ、針ニテ水囊面ヲ刺シ小孔ヲ穿テバ水流ハ面ニ直角ニ迸出スルヲ見ル可シ。

液體ノ壓力ガ接觸面ニ直角ナル事ハ液ノ各部ガ容易ニ滑リ動キ得ル事實ニ基キテ證明シ得ルナリ。

圖ニ於テ液ガ容器ノ内壁ニ接セル小部分 A ヲ考フルニ、此部分ガ内壁ヲ壓スル力 P ガ假リニ壁面ニ直角ナラズシテ圖ニ示ス如ク傾斜スルモノトス。然ルトキ此部分ガ内壁ヨリ



壓セラル、反作用 P' ヲ壁面ニ直角ナル分力 q ト之ニ沿ヘル分力 P トニ分解セヨ。液體ハ體積ノ彈性ヲ有シ形ノ彈性ヲ有セズ、從ツテ液體ヲ活塞ニテ容器内ニ壓搾セント試ムルトキハ液體ハ活塞ノ面ニ直角ナル彈力(抗力)ヲ表ハシ得ルモ體積ノ變化ヲ伴ハザル歪即チずれニ對シテ全ク抗力ヲ表ハシ得ザルナリ。故ニ液體ハ壁面ニ直角ナル分力 P ニ對シテハ體積ノ彈力ヲ表ハシテ釣合ヲ保チ得ルモ壁面ニ沿ヘルずれヲ起ス分力 q ニ對シテハ之ヲ支フル事能

ハザルナリ。從ツテ液體ガ靜止セルトキハ液面ニ沿ヘル分力 P ハ消失シ壓力ハ壁面ニ垂直トナルナリ。

§ 4 液體內ノ壓力 Pressure in a liquid.

試驗管ノ側壁又ハ底部ノ任意ノ場所ニ小孔ヲ穿テテ之ヲ水中ニ押シ入ルレバ水ハ管内ニ流射スルヲ見ル可シ。故ニ液體ノ壓力ハ容器ノ内壁面及ビ液體內ニ沈メタル物體ノ表面上ニ表ハル、ノミナラズ又液體內ノ各點ニ於テ存在スルヲ知ル。

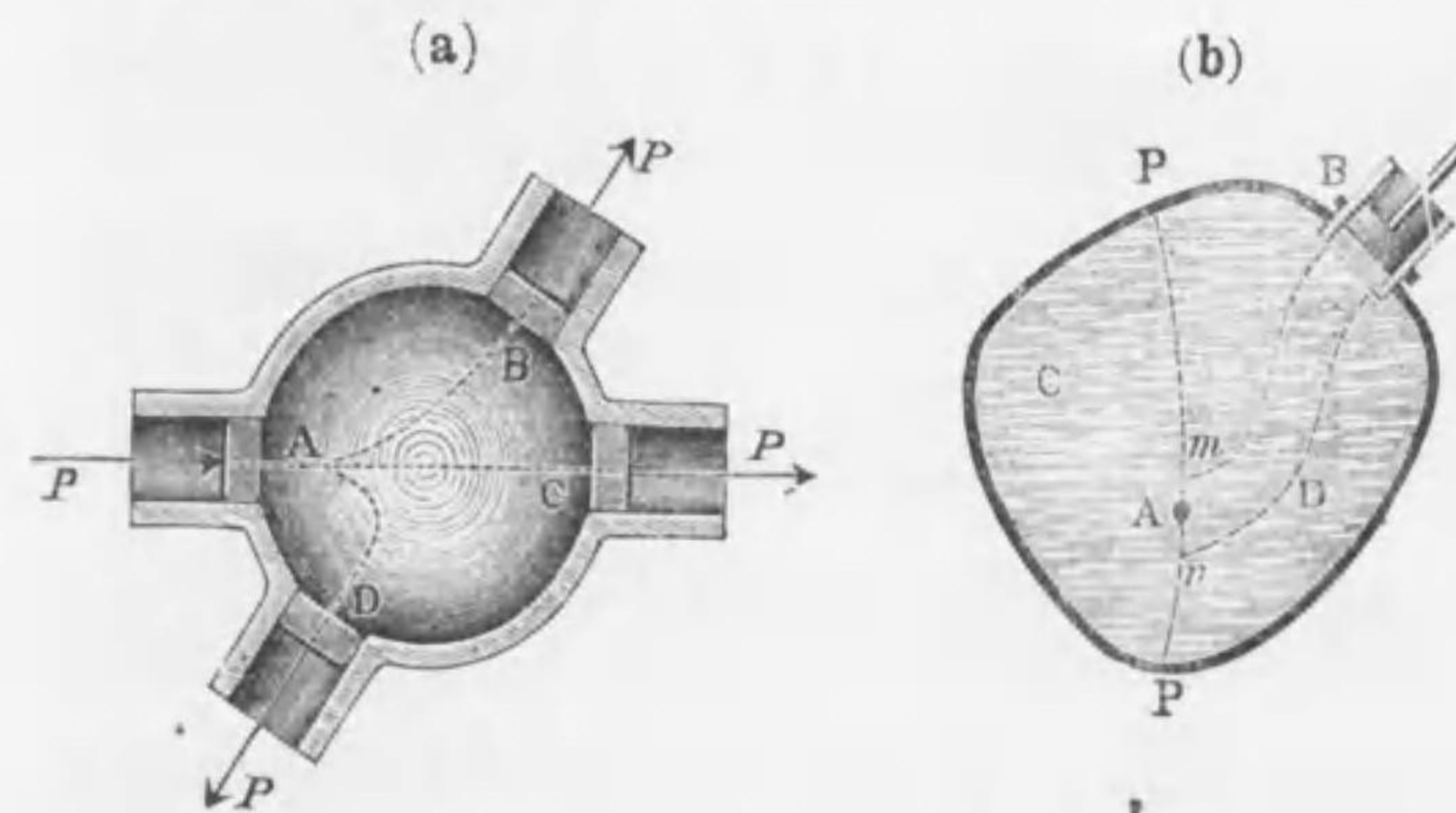
液體內ノ一點 P ノ壓力トハ其點ヲ通過スル單位面積ノ面ヲ考フルトキ之ニ働ク力ノ謂ナリ。一點 P ヲ通過スル面ノ方向ヲ種々ニ變ズレバ壓力ハ常ニ其面ニ直角ニ働クガ故ニ其方向モ亦從ツテ變ズ。故ニ液體內ノ一點ノ壓力ハ圖ニ示ス如ク總テノ方向ニ働ク事ヲ知ル。



§ 5 壓力ノ傳達 Transmission of pressure.

固體ヲ壓スレバ壓力ハ唯壓シタル方向ニノミ傳達ス、例ヘバ棒ニテ物體ヲ押セバ壓力ハ其端面ニ於テノミ働キ其側面ニ表ハレザルガ如シ。是レ固體ハ凝集力強ク其各部ガ互ニ結合シテ滑リ動カザルガ爲メナリ。圓筒内ニ細砂ヲ壓搾シ其側面ニ小孔ヲ穿テバ細砂ハ迸出シ以テ壓力ガ横ニ傳達スル事ヲ知ルナリ。砂粒ノ間ニハ摩擦アルガ故

ニ砂ハ往々小孔ヲ閉塞シ壓力ノ傳達ヲ妨グル事アルヲ示ス。之ニ反シテ液體ノ各部ハ容易ニ滑リ動クガ故ニ液體ヲ密閉シテ之ヲ壓スレバ壓力ハ液體內ノ各點ニ傳達ス。而シテ斯ノ如ク液體內ニ傳達スル壓力ノ強サハ各點ニ於テ同一ナル事ヲ示サントス。



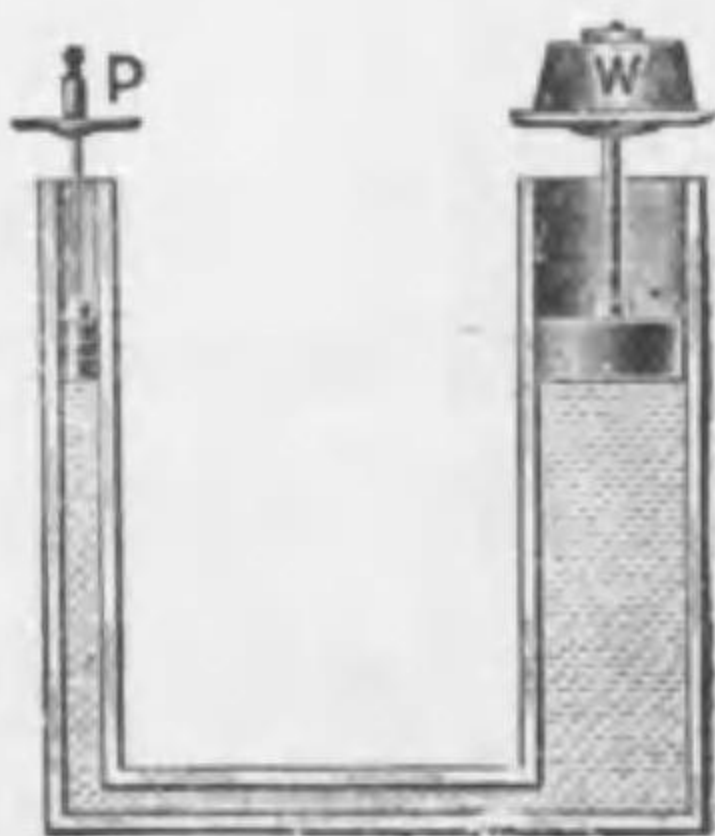
(a) 圖ニ示ス如ク、同面積ノ活塞 A, B, C, D ヲ有スル容器内ニ液體ヲ密閉シ活塞ノ一ツ A ヲ力 P ニテ壓スレバ壓力ハ液體ノ各部ニ傳達シ他ノ活塞ハ同一ノ力ニテ壓出セラレヲ見ル可シ。即チ、液體ノ一部ニ加ヘタル壓力ハ強サヲ變ズシテ一様ニ容器ノ内壁ニ傳達スルナリ。次ニ、液體內ノ各點ニ於ケル壓力ノ強サモ亦同一ナル事ヲ説明セン。(b) 圖ニ於テ A ヲ液體內ノ任意ノ一點トシ A ヲ通過スル面 PAP ニテ液體ヲ C, D ノ二ツノ部分ニ分チタルモノト考フ。然ルトキハ、 C, D ハ境界面 PAP ニ沿ウテ互ニ押シ合フ可

シ。今 C ノ部分ガ其儘固化シタルモノト假想スルモ D 部ニ於ケル壓力ノ分布ハ影響ヲ受クル事ナキガ故ニ、 A 點ノ周圍ニ活塞 B ノ面積ニ等シキ $m n$ ナル面ヲ考フレバ $m n$ ハ容器ノ内壁ト看做シ得ルガ故ニ (a) 圖ノ實驗ニ依リテ其上ノ壓力ノ強サハ活塞 B ノ壓力ノ強サニ等シキ事ヲ斷定シ得ルナリ。 A ハ液體內ノ任意ノ一點ニシテ且ツ面 $m n$ ハ任意ノ方向ニ取り得ルガ故ニ次ノ結論ヲ得

液體ノ一部ニ壓力ヲ加フレバ其壓力ハ強サヲ變ゼズシテ液體內ノ各點ニ傳達ス。

之ヲばすかるノ原理 Pascal's principle ト云フ。此事實ハ實驗ノ結果ナルモ、液體ノ各部ガ容易ニ滑リ動ク事ニ依リテ推定シ得ベシ。何トナレバ液體ノ一部ヲ壓スルトキ若シ其各點ニ於ケル壓力ノ強サガ等シカラズトセバ液體ハ高壓ノ場所ヨリ低壓ノ場所ニ滑リ動ク可ケレバナリ。故ニ液體內ノ各點ノ壓力ガ相等シクナリテ液體ハ靜止スルヲ知ルナリ。

ばすかるノ原理ヲ應用スレバ小ナル力ニテ大ナル力ヲ起シ得ルナリ。圖ニ示ス如ク大小二個ノ圓筒ヲ連通シテ水ヲ容レ小ナル活塞ヲ P ナル力ニテ壓シ大ナル活塞ノ上ニ重サ W ヲ載セテ鈞合フモノトシ、大小ノ活塞ノ



面積ヲ夫々 a, b トスレバばすかるノ原理ニ依リ兩活塞ニ於ケル壓力ノ強サ $\frac{W}{a}$ 及ビ $\frac{P}{b}$ ハ相等シキガ故ニ

$$\frac{W}{a} = \frac{P}{b} ; \therefore W = \frac{a}{b} \cdot P$$

故ニ面積 a ヲ b ニ比シテ大ニスレバ小ナル力ニテ大ナル力ヲ起シ得ルナリ。

ぶらまノ水壓機 Brahma's hydraulic press ハ此理ヲ應用

シタル器械ニシテ物體

ヲ壓搾スルニ用フ。其

構造ハ圖ニ示ス如ク大

小ノ活塞ヲ有スルニツ

ノ圓筒ヲ連通シタルモ

ノナリ。梃子 $o m n$ ニ

テ小ナル活塞 A ヲ上

レバ瓣 v_2 ハ閉ヂ瓣 v_1 ハ

開キテ圓筒内ニ水ヲ吸入ス。次ニ栓塞 A ヲ押し下

レバ v_1 ハ閉ヂ v_2 ハ開キテ水ヲ大ナル圓筒内ニ送り大ナル力ニ

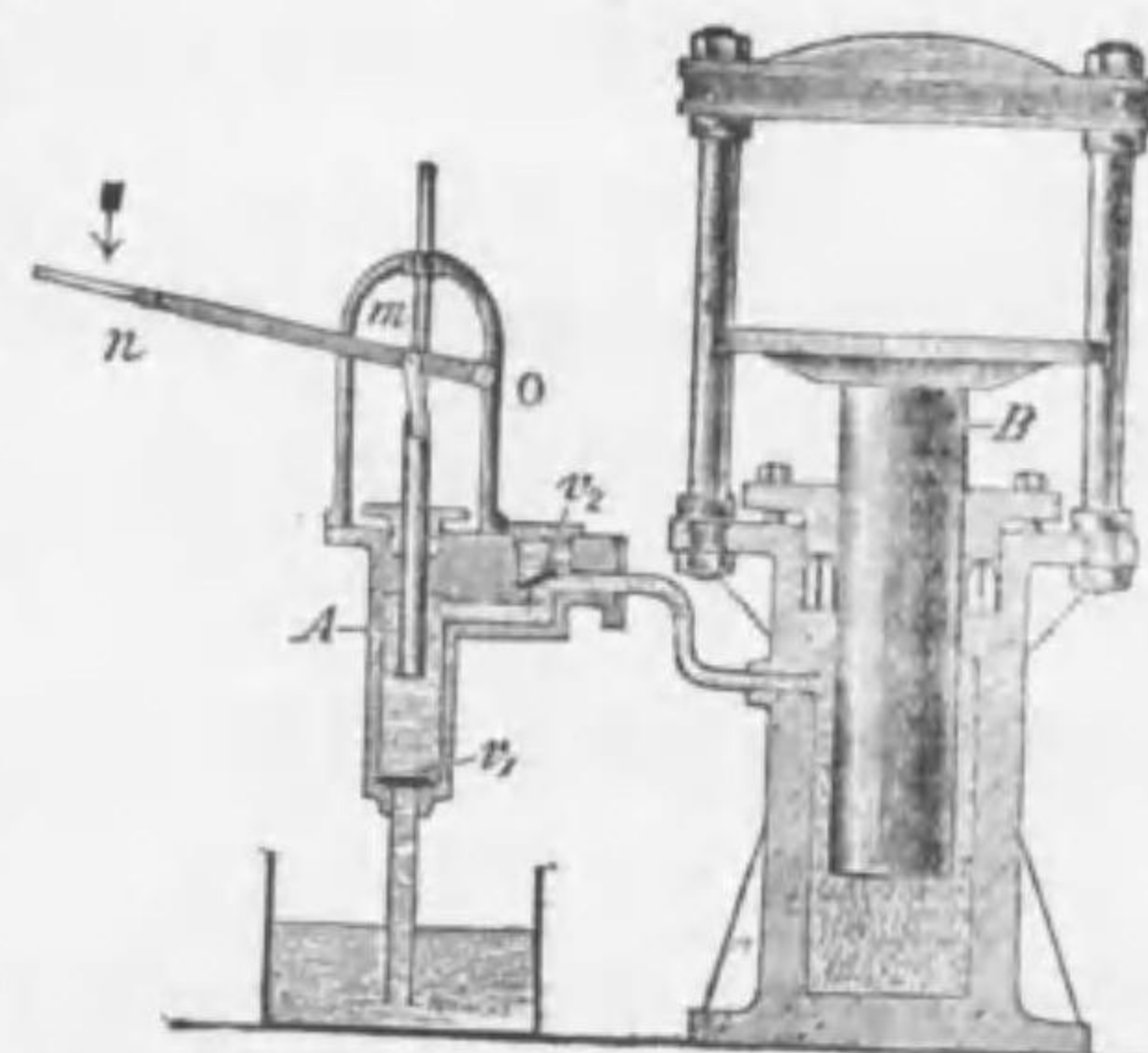
テ活塞 B ヲ押し上ゲ臺ノ上ノ物體ヲ壓搾スルナリ。今 n

點ヲ押し手ノ力ヲ F トスレバ小活塞ガ m 點ニ於テ下方ニ

壓セラル、力ハ梃子ノ理ニ依リ $\frac{on}{om} \cdot F$ ナリ。故ニ A, B ノ

斷面ヲ夫々 b, a トシ B ノ押し上ゲラル、力ヲ W トスレバ

$$\text{壓力ノ強サ} = \frac{on}{om} \cdot \frac{F}{b} = \frac{W}{a}$$



$$\therefore W = \frac{a}{b} \cdot \frac{om}{om} \cdot F$$

例へば $om=5$ 寸, $on=1$ 尺 5 寸, $a=100$ 寸², $b=1$ 寸², $F=10$ 貫重トスレバ $W=3000$ 貫トナル。

§ 6 液體ノ自由表面 Free surface of a liquid.

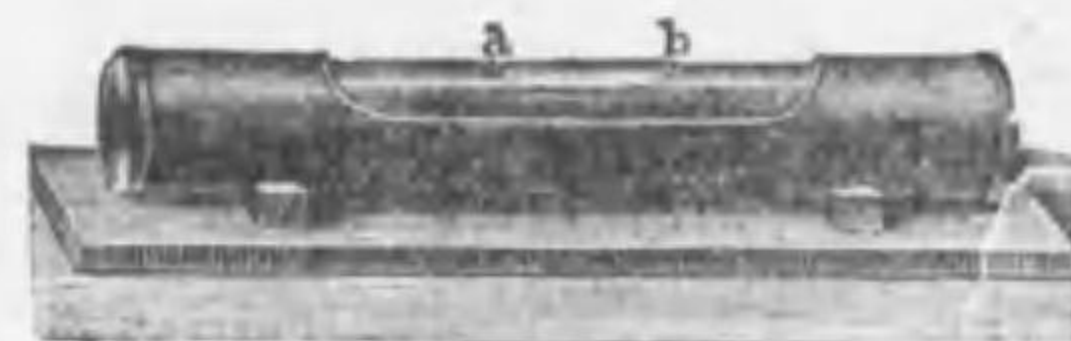
液體ノ上部ニ於テ大氣又ハ其他ノ氣體ニ接スル表面ヲ一般ニ液體ノ自由表面ト云フ。液體ハ自由ニ滑リ動クガ故ニ其自由表面ハ常ニ液面ニ働ク外力ノ方向ニ直角ナル形ヲ取ル。例へば、液體ガ重力ノミノ作用ヲ受クルトキハ其表面ハ鉛直線ニ直角ナル水平面トナル。何トナレバ、若シ然ラズトセバ液面ノ一部 A ニ働ク重力ヲ液面ニ直角ナル分力 q ト接線ノ方向ノ分力 p トニ分解セヨ。然ルトキハ A 部ノ液體ハ表面ニ接線ノ方向ニ向ヒずレテ起ス分力 p ノ作用ヲ受ケテ静止スル事トナリ液體ノ各部ガ滑リ動クト云フ性質ニ矛盾ス、故ニ液體ガ静止スルトキハ其表面ハ重力ノ方向ニ直角ナル水平面トナルナリ。海水ノ場合ノ如ク廣キ水面ハ到ル處重力ノ方向ニ直角ナル球面ヲ爲ス。容器ノ液面モ實ハ球面ノ一部ナレドモ其ノ面積小ナルガ爲メニ水平面ト看做シ得ルノミ。

附 水銀滴露滴等ノ球形ヲ爲スハ液體ノ量ノ小トナルト共ニ其重サニ比シテ液體ノ凝集力ニ起因スル表面張力ノ作用大トナリテ球形トナリ表面ハ凝集力ニ直角ナル形トナルナリ。器壁ニ近キ液體ノ表面ガ曲面トナルハ表面ガ此部分ニ働ク力ニ直角トナルガ爲メナリ。[第一編第

二章§12]。又容器ニ水ヲ容レテ之ヲ廻轉スルトキ水面ノ中央部ガ陥没スルハ液面ガ液面ノ小部分ニ働ク重力ト遠心力(後章ニ述ブ)トノ合力ニ直角トナルガ爲メナリ。

§ 7 水準器 Level.

水準器ハ面ノ水平ナルヤ否ヤヲ檢スル器ニ



シテ、稍々圓形ニ彎曲セ

ル硝子管内ニ小氣泡 ab ヲ殘シテ酒精又ハえーてるヲ密封シ臺ニ取付ケタルモノナリ。之ヲ或面ニ載スルニ、其面ガ水平ナレバ輕キ氣泡ハ押シ上グラレテ管ノ中央ニ留マレドモ、傾ケル面上ニ於テハ氣泡ハ一方ニ移ルガ故ニ其位置ニヨリテ面ノ傾斜ノ度ヲ知り得ルナリ。

同 水準器ノ硝子管ノ彎曲ノ度ガ小ナル程感シノ真クナル事ヲ説明セヨ。又硝子管ガ眞直ナルトキハ使用上如何ナル不便アルカ。

§ 8 重キ液體內ノ壓力 Pressure in a heavy liquid.

後章ニ説明スルガ如ク、地上ノ物體ハ凡テ其表面ニ於テ大氣ノ壓力ヲ受ク。故ニ容器内ノ液體ハ其表面ニ於テ大氣ノ壓力ヲ受ク、而シテ此壓力ハ一樣ニ液體內ノ各點ニ傳達ス(ばすかるノ原理)。此壓力ノ外ニ液體ハ其重サニ依リテ順次ニ下層ヲ壓スルガ故ニ、重力ノ作用ヲ受クル液體內ニ於テハ液面ヨリノ深サト共ニ増加スル壓力ノ分布スルヲ知ルナリ。

今液面ヨリ h 程ノ深サニ於ケル一點 A ニ於テ面積 S 平方程ナル面ヲ考フレバ此面ハ其上ニ在ル液柱ノ重ヲ支ヘザル可カラズ。此液柱ノ體積ハ Sh 程ナルガ故ニ液體ノ比重ヲ d トスレバ其重サハ Shd 瓦重ナリ。故ニ此重ヲ面ノ面積 S ニテ除スレバ液體ノ重サニ依リテ此面ノ受クル壓力ノ強サ p トシテ次式ヲ得

$$p = \frac{Shd}{S} = hd \left[\frac{\text{瓦重}}{\text{程}^2} \right]$$



液面ニ働ク氣壓ノ強サヲ p_0 トスレバ A 點ノ全體ノ壓力ノ強サ p ハ液體ノ重サニ依リテ起ル壓力ノ強サ hd トばすかるノ原理ニ基キ液體ノ各點ニ一樣ニ傳達スル壓力 p_0 トノ和ニ等シキガ故ニ

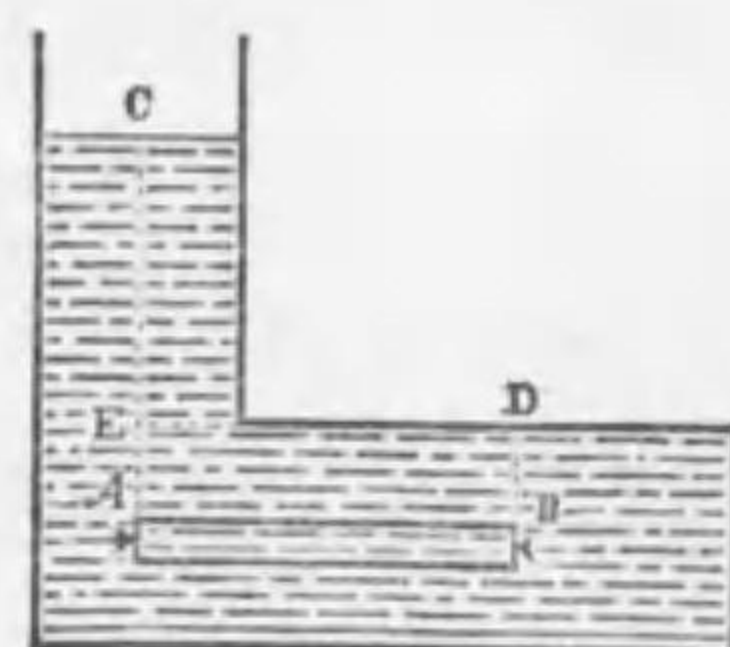
$$p = p_0 + hd \left[\frac{\text{瓦重}}{\text{程}^2} \right]$$

§ 9 重力ノ作用ヲ受クル液體內ノ壓力ノ分布ニ關シテ次ノ必要ナル事實アリ

重力ノ作用ヲ受ケテ静止セル液體內ノ同一水平面上ノ各點ニ於ケル壓力ノ強サハ相等シ。

前節ニ於テ述べタルガ如ク、液體內ノ一點ニ於ケル壓力ノ強サハ液體ヨリノ深サニ依リテノミ定マルガ故ニ同一水平面上ノ各點ノ壓力ノ強サハ相等シキ事明カナリ。然レドモ此事ハ二點 A, B ガ次圖ニ示ス如ク共ニ液體ノ自由

表面ノ直下ニ在ラザル場合ニモ適合スル事ヲ直接ニ證明セントス。二點 A, B ニ端面ヲ有スル水平ナル液ノ部分 AB ガ其儘固化シタルモノト假想スルニ此液柱ハ初メ静止セシ液ノ一部ナルガ故ニ液體內ニ於テ釣合ヲ保タザル可カラズ。故ニ液柱ハ之ニ働ク外力即チ其重サ及ビ其側面ニ働ク壓力ノ作用ヲ受ケテ釣合ハザル可カラズ。液柱ノ側面ニ働ク壓力ハ之ニ直角ニ働キ且ツ其強サハ側面ノ下方程大ナルガ故ニ其合力ハ結局重サト釣合フナリ、而シテ是等ノ力ハ鉛直ノ方向ヲ有スルガ故ニ液柱ヲ横ニ動カス作用ヲ有スル事ナシ。然ルニ液柱ハ釣合フガ故ニ兩端面 A, B ニ水平ノ方向ニ働ク壓力從ツテ其強サハ相等シカラザル可カラズ。



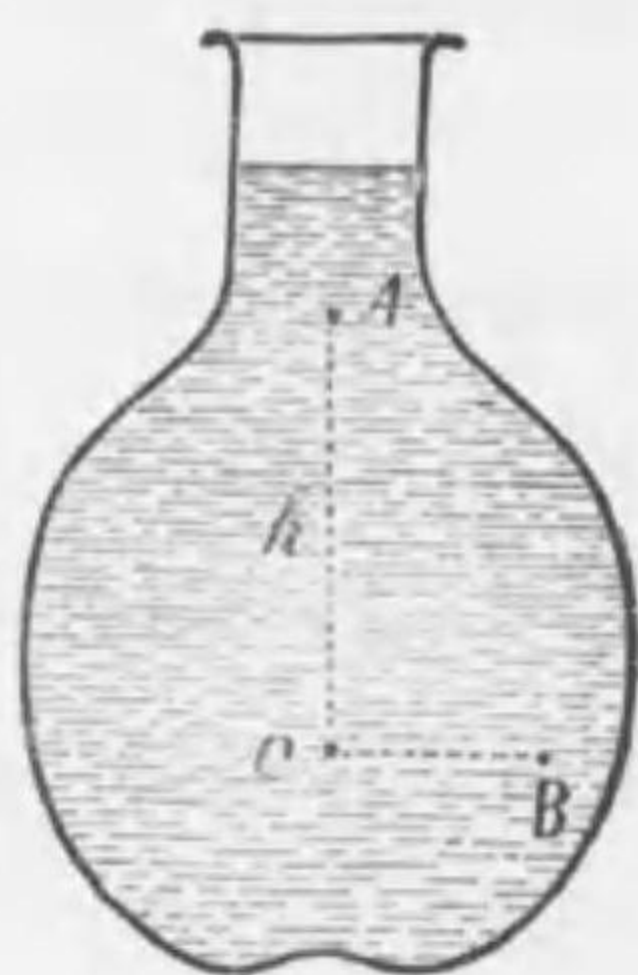
注意 A, B 二點ガ高サ夫々 AC 及ビ BD ナル液柱ヲ支フルニ關ハラズ其壓力ノ強サガ互ニ相等シキハ D 點ノ壓力ガ C 點ノ壓力ニ等シカラザルガ爲メナリ。即チ D 點ノ壓力ノ強サハ之ト同水面上ノ點 E ノ壓力ノ強サニ等シク高サ CE ノ液柱ノ重サニ等シキ壓力ヲ受クルガ故ニ液柱 BD ノ頂點 D ハ下方ニ此壓力ニテ壓セラレ從ツテ B 點ノ壓力ハ A 點ノ壓力ニ等シクナレルナリ。 D 點ニ小孔ヲ穿ツトキ水ノ噴出スルハ此點ニ壓力ノ存スルノ證左ナリ。

上記ノ證明ニ依リテ、液體內ノ任意ノ一點ニ於ケル壓力ノ強サハ其點ガ液體ノ自由表面ノ直下ニ在ルト器壁ノ下ニ在ルトニ關ハラズ常ニ液面ヨリノ深サニ依リテ定マル

事ヲ知リ得ルナリ。從ツテ圖ニ示ス如キ任意ノ容器ニ容レタル液體內ノ任意ノ二點 A, B ノ壓力ノ強サヲ夫々 p, p' トスレバ次式ヲ得ベシ

$$p' = p + hd$$

茲ニ h ハ二點 A, B ノ鉛直距離ヲ示シ、 d ハ液體ノ比重ヲ示ス。



注意 B點ノ直上ニ在ル液柱ノ上端即チ容器ノ内壁ハ前圖ノ場合ノ如ク水平ナラザルモ之ヲ十分ニ細キ鉛直ナル面ト水平ナル面トノ集合ト看做シ水平ナル面ノ部分ニ之ト同水平面上ニ於テ液ノ自由表面ノ直下ニ在ル點ト同一ノ壓力ガ働クモノト考フレバ B點ノ壓力ノ強サガ液面ヨリノ深サニ依リテ定マル事ヲ知リ得ルナリ。

液體ノ内部ノ一點ニ於ケル壓力ハ單ニ下方ニ向ツテ働クノミニ非ズシテ總テノ方向ニ向ツテ働クナリ。例ヘバ圖ニ示ス如ク輕キ圓板ヲ絲ニテ圓筒ノ下端ニ當テ、之ヲ水中ニ押シ入ルレバ板ハ上方ニ壓セラレテ降下スル事ナシ。然ルニ筒内ニ水ヲ注入シテ内外ノ水面略々同一トナレバ板ハ降下ス、故ニ板ヲ押シ上グル全壓力ハ液柱ノ重サニ等シキヲ知ルナリ。



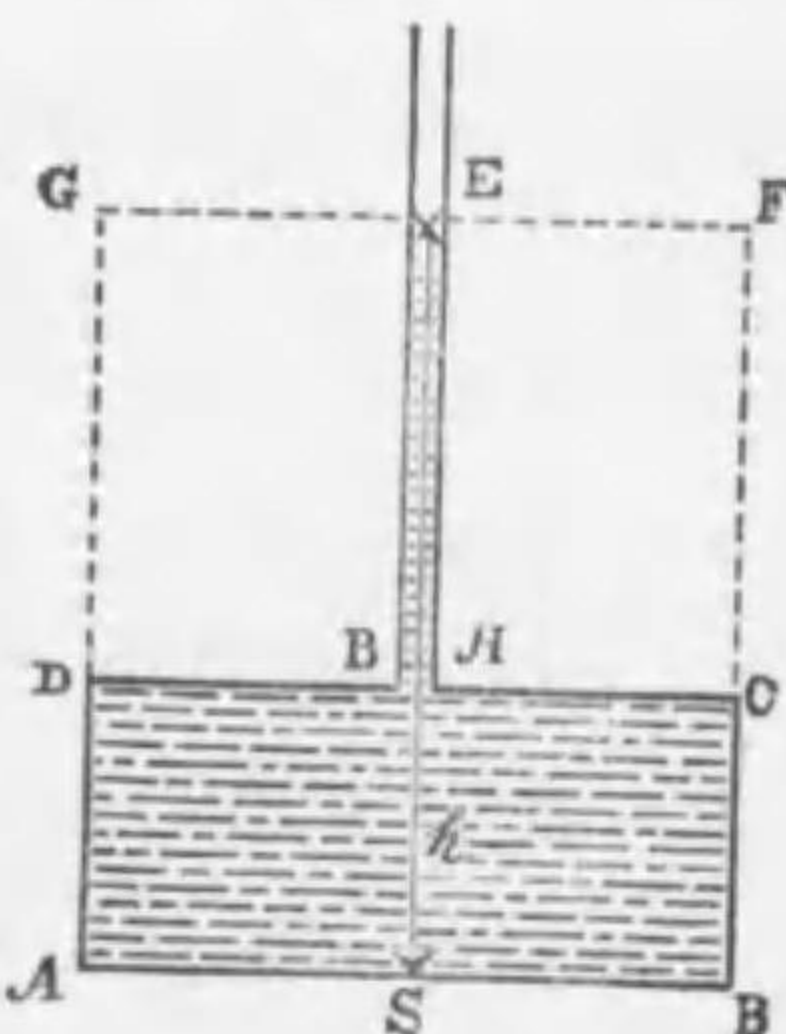
斯ノ如ク液體內ノ一點ニ於ケル壓力ノ強サハ單ニ下壓ト上壓トニ就キテ等シキノミナラズ、總テノ方向ニ於テ互

ニ相等シ。§ 5ニ於テ述べタルガ如ク、液體ノ重サヲ無視スルトキハ液體ノ各點ニ於ケル壓力ノ強サハ總テノ方向ニ於テ相等シ。液體ガ重力ノ作用ヲ受クルトキハ壓力ノ強サハ液面ヨリノ深サト共ニ變化スルモ或一點ニ於ケル壓力ノ強サハ總テノ方向ニ於テ相等シ。何トナレバ其點ヲ中心トシテ體積從ツテ重サヲ無視シ得ル程小ナル球形ノ液ノ部分ヲ考フルニ此球ノ表面ノ各點ニ於ケル壓力ノ強サハばすかるノ原理ニ依リテ相等シ、即チ球ノ中心ニ於ケル壓力ハ總テノ方向ニ於テ相等シケレバナリ。

§ 10 底壓 Bottom pressure.

容器ニ液體ヲ入ル、トキ底面ノ受クル全壓力ヲ底壓ト云フ。前節ニ於テ述べタルガ如ク、液體內ノ任意ノ一點ノ壓力ノ強サハ其點ノ液面ヨリノ深サニ依リテ定マリ容器ノ形ニ關係セズ。故ニ容器ガ圖ニ

示ス如ク面積 S 平方糎ナル水平面 AB ニシテ、器底ノ液面ヨリノ深サヲ h 糎、液體ノ比重ヲ d トスレバ器底ニ於ケル壓力ノ強サハ hd [瓦重糎²]ニシテ求ムル底壓ハ Shd 瓦重ナリ。故ニ底壓ハ底面 AB ノ上



ニ高サ h ナル液柱 $ABFG$ ガ直立スルトキノ全壓力ニ等シクシテ其値ハ容器ノ形ニ關係セズ。

圖ニ示スハ底壓ガ容器ノ形ニ關係ナキ事ヲ示ス装置ニシテ底面積等シクシテ種々ノ形ヲ有スル容器 *a, b, c* 等ヲ支ヘ其底部ニ板ヲ當テ、水ヲ入ルレバ水ノ流出スルトキノ水面ノ高サハ何レノ場合ニ於テモ同一ナルヲ見ル可シ。

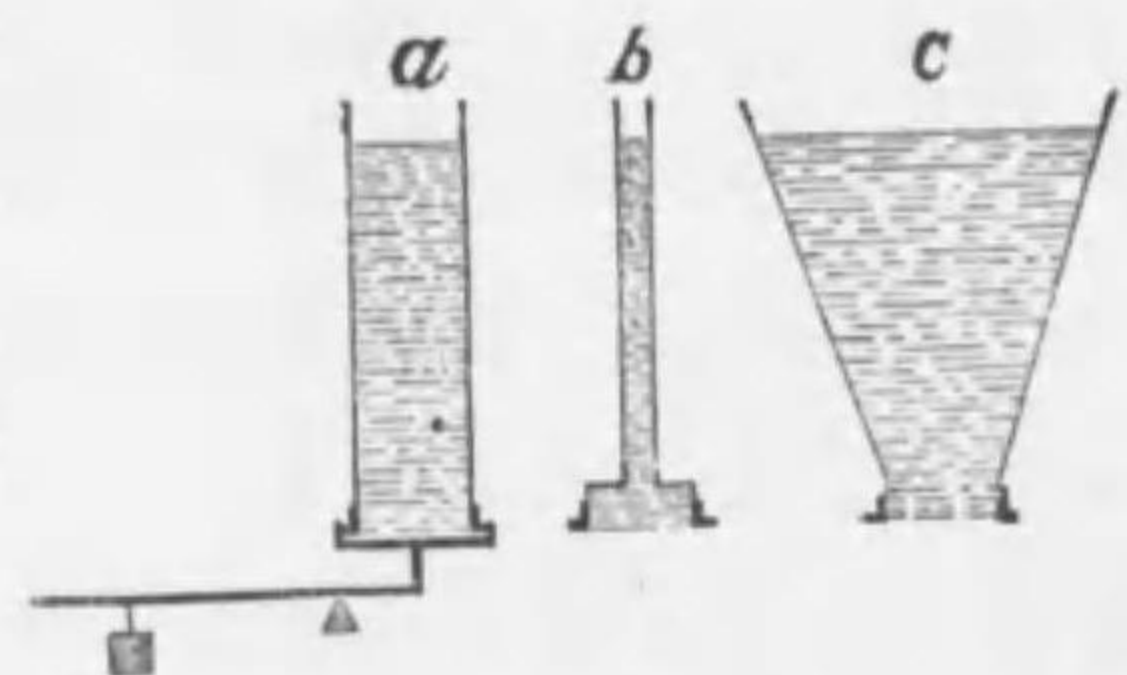


圖 容器ノ底壓ハ其底面上ニ直立スル液面マデノ高サノ液柱ノ重サニ等シキモ、之ヲ天秤ニテ測ルトキノ重サハ勿論容器ノ重サト内部ノ液體ノ重サトノ和ニ等シ。今此理由ヲ考フルニ、例ヘバ前圖ニ於テ底面 *AB* ハ液柱 *ABFG* ノ重サニテ下方ニ壓セラル、モ器壁 *CH* 及ビ *BD* ノ部ハ液柱 *CFEH* 及ビ *BECD* ノ重サニ等シキ力ニテ上方ニ壓セラル、ガ故ニ結局容器ノ内壁全體ノ下方ニ壓セラル、力ハ液體ノ重サニ等シケレバナリ。

例題

(1) 底面積 10 平方糎高サ 20 糎ナル容器ニ水銀ヲ充タストキ器底ノ受クル全壓方如何但シ氣壓ヲ算入セズ。

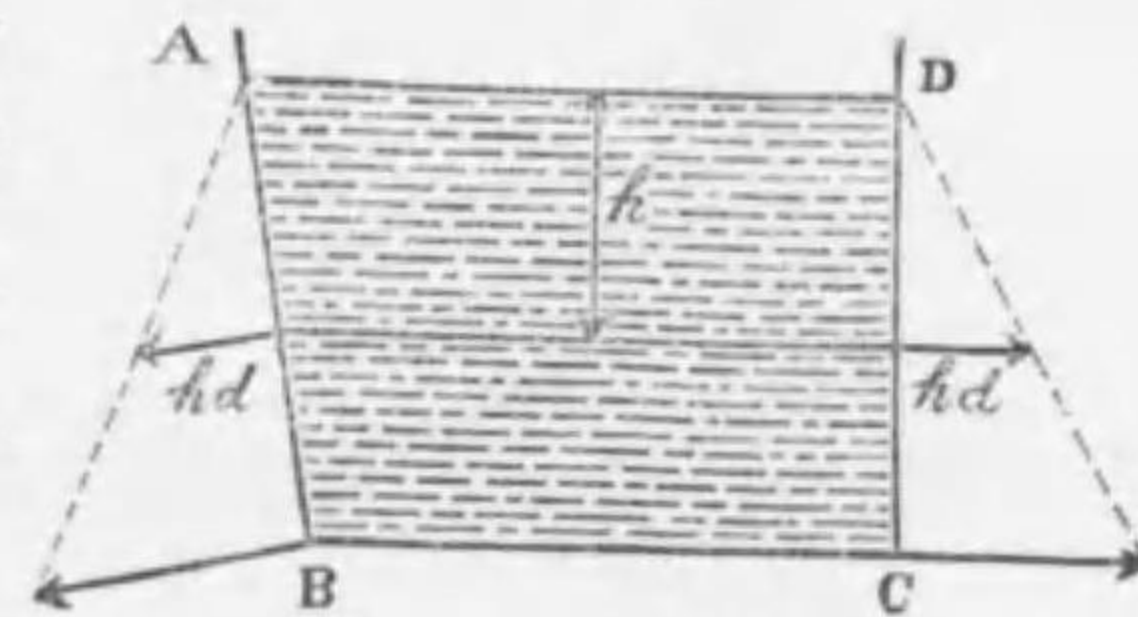
圖 底壓 = $Shd = 10 \times 20 \times 13.6 = 2720$ 瓦重

(2) 底面積 1000 糎²、高サ 40 糎ナル樽ノ蓋ノ孔ニ長サ 1.5 米ノ管ヲ簞メテ之ニ水ヲ充タストキ底面ノ受クル全壓力如何。

圖 底壓 = $Shd = 1000 \times 190 = 190000$ 瓦重

§ 11 側壓 Lateral pressure.

容器ニ液ヲ入ル、トキ其側壁 *AB, CD* 等ニ働ク全壓力ヲ側壓ト云フ。液面ヨリ *h* 糎ナル深サニ在ル點ノ壓力ノ強サハ hd [瓦重糎²]ニシテ、此點ト同一水平面上ノ各點ニ於テ總テノ方向ニ於テ同ノ壓力ノ強サヲ有スルナリ。故ニ圖ニ示ス如ク側壁上



ノ各點ニ直角ニ働ク壓力ノ強サヲ直線ニテ表ハセバ其端ハ一ノ直線トナル可シ(氣壓ヲ無視ス)。故ニ

側壁ガ鉛直ナルト傾斜セルトニ關セズ其平均ノ壓力ノ強サハ

$$\frac{1}{2}(0 + Hd) = \frac{1}{2} Hd \text{ [瓦重糎}^2\text{]}$$

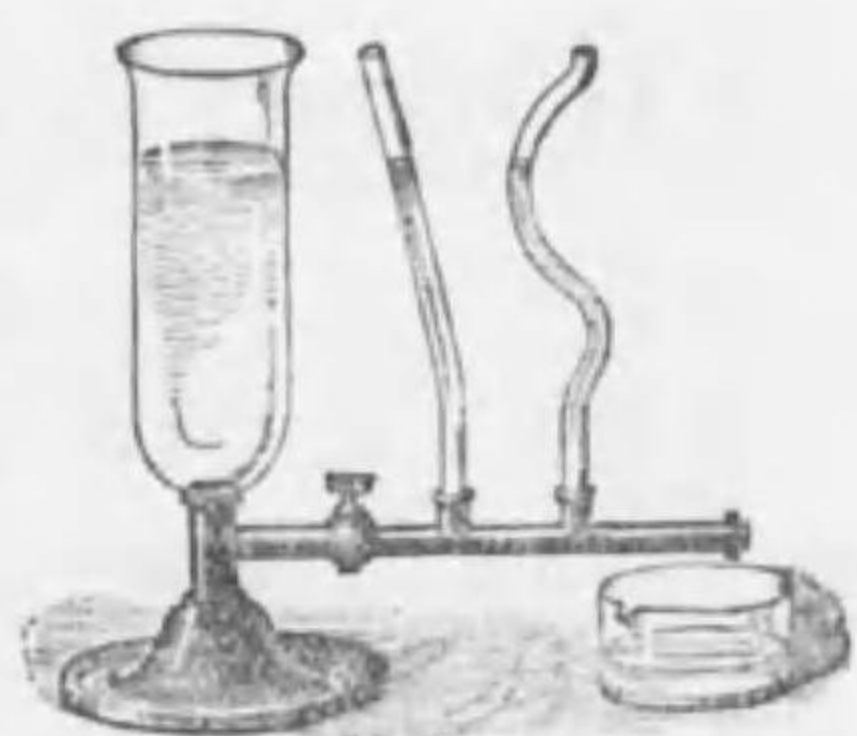
ナリ、茲ニ H ハ液體ノ深サヲ示ス。故ニ S 糎²ヲ以テ側壁ノ面積トスレバ側壁ノ傾クト否トニ關セズ其上ニ働ク側壓ハ $\frac{1}{2} Hsd$ 瓦重ナルヲ知ルナリ。

問 一粉立方ノ容器ニ水銀ヲ充タストキ全側面ニ働ク側壓如何。 答 27200 瓦重。

§ 12 連通管 Communication tubes.

圖ニ示ス如ク形及ビ大サヲ異ニスル種々ノ管ノ底部ヲ互ニ連通セル所謂連通管ニ水ヲ入ルレバ各枝管ノ液面ハ

同一水平面上ニ在ルヲ見ル可シ。
何トナレバ、各枝管ヲ取付ケタル底
管内ニ於テノ水平面ヲ考フレバ
其各點ノ壓力ノ強サ從ツテ各枝管
ノ液面マデノ高サハ互ニ相等シカ



ラザル可カラザレバナリ。又
圖ニ示ス如ク革製ノ袋ニ細管
ヲ附シタルモノニ水ヲ入レ、其
上ニ板ヲ載セ板上ニ人體ノ如
キ重キモノヲ載スルモ側管内
ノ水ハ左程ニ上昇セザルヲ見
ル可シ。板ノ面積ヲ S 、體重ヲ
 W 板ノ水平面ヨリ測リタル側
管内ノ水柱ノ高サヲ h トスレ
バ水ノ比重ハ 1 ニシテ板ト同
水平面上ノ壓力ノ強サハ相等

シキガ故ニ次式ヲ得ベシ

$$\frac{W}{S} = h \times 1$$

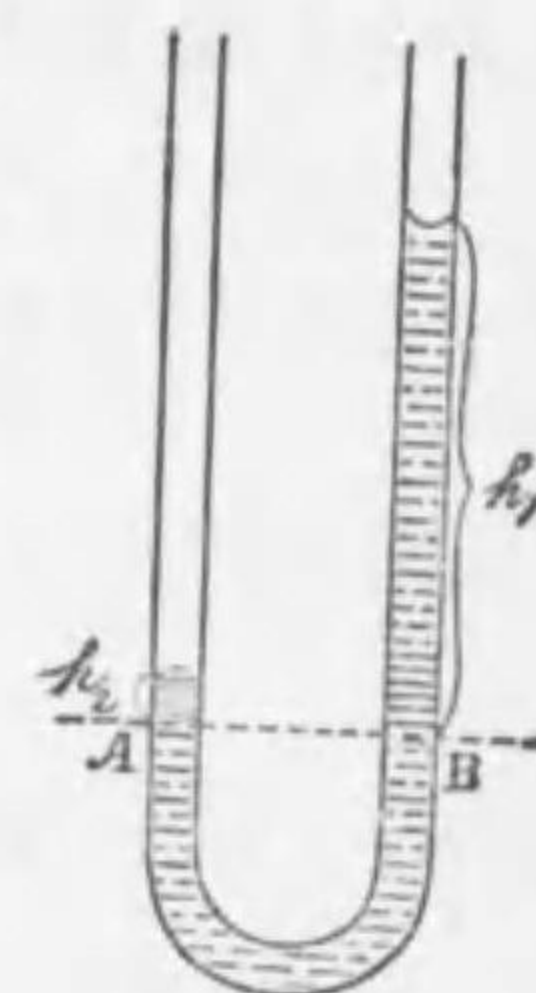
例ヘバ $S = 25$ 平方 = 625 平方呎, $h = 1$ 米 = 100 平方呎ナルトキ
ハ $W = 62.5$ 噸即チ 16.667 貫トナルナリ。

圖ニ示スガ如キ U 字連通管ニ互ニ混和セザル二種ノ液

體ヲ入レ、二液ノ境界面ヲ通過スル水平面
 AB ヨリ液面ニ至ル高サヲ夫々 h_1, h_2 トシ
二液ノ比重ヲ d_1, d_2 トスレバ水平面 AB ノ
上ノ壓力ノ強サハ相等シキガ故ニ

$$h_1 d_1 = h_2 d_2$$

即チ、液柱ノ高サハ其比重ニ逆比例スルナ
リ。



§ 13 **あーきめですノ原理** Archimedes' principle.

物體ヲ液体内ニ沈ムレバ其表面ニ働ク液體ノ壓力ハ深
キ程大ナルガ故ニ之ヲ上方ニ押し上グントスル壓力ハ下
方ニ押しス壓力ニ打ち勝テテ物體ハ結局液体内ニ於テハ空
氣中ニ於ケルヨリモ幾分カ輕ク見ユ可シ。水中ニテ太キ
石ヲ揚ゲ又入浴中指頭ニテ體重ヲ支ヘ得ルハ是ガ爲メナ
リ。實測ノ結果ニ依ルニ

液体内ニ沈メタル物體ハ物體ト同體積ノ液體ノ重サニ
等シキ上壓ヲ受ク。

之ヲあーきめですノ原理ト云フ。而シテ物體ガ液体内ニ
於テ受クル此上壓ヲ浮力 Buoyancy ト云フ。從ツテ

液体内ニ沈メル物體ノ重サハ其眞重ヨリモ浮力丈ケ輕
シ

ト云ヒ得ルナリ。

實驗 天秤ノ一方ノ皿ニ圓錐 P ト丁度之ヲ容ル、圓筒 G トヲ吊

シ他方ノ皿ニ分銅ヲ載セテ釣合ハシム。次ニ圓筒Pヲ水中ニ沈ムルト共ニ圓筒ニ水ヲ充タセバ天秤ハ再ビ釣合フヲ見ル可シ之ニ依リテ圓筒Pニ働ク浮力ハ丁度之ト同體積ノ水ノ重サニ等シキヲ知ルナリ。



今此原理ノ理由ヲ考フルニ物體ヲ沈ムルニ先ダテ之ト同形同大ノ液體ノ部分ガ其儘固化シタルモノト假想セヨ此液塊ハ初メ釣合ヒシ液體ノ一部ナルガ故ニ固化ノ後モ釣合ヲ保チ其表面ニ働ク全壓力ト重心Sニ働ク重サWトノ合力ハ零トナラザル可カラズ。

故ニ此液塊ノ表面ニ働ク全壓力ノ合力ノ作用線ハ其重心Sヲ通過シ其合力ノ大サハ液塊ノ重サWニ等シキヲ知ル。而シテ此液塊ヲ液體

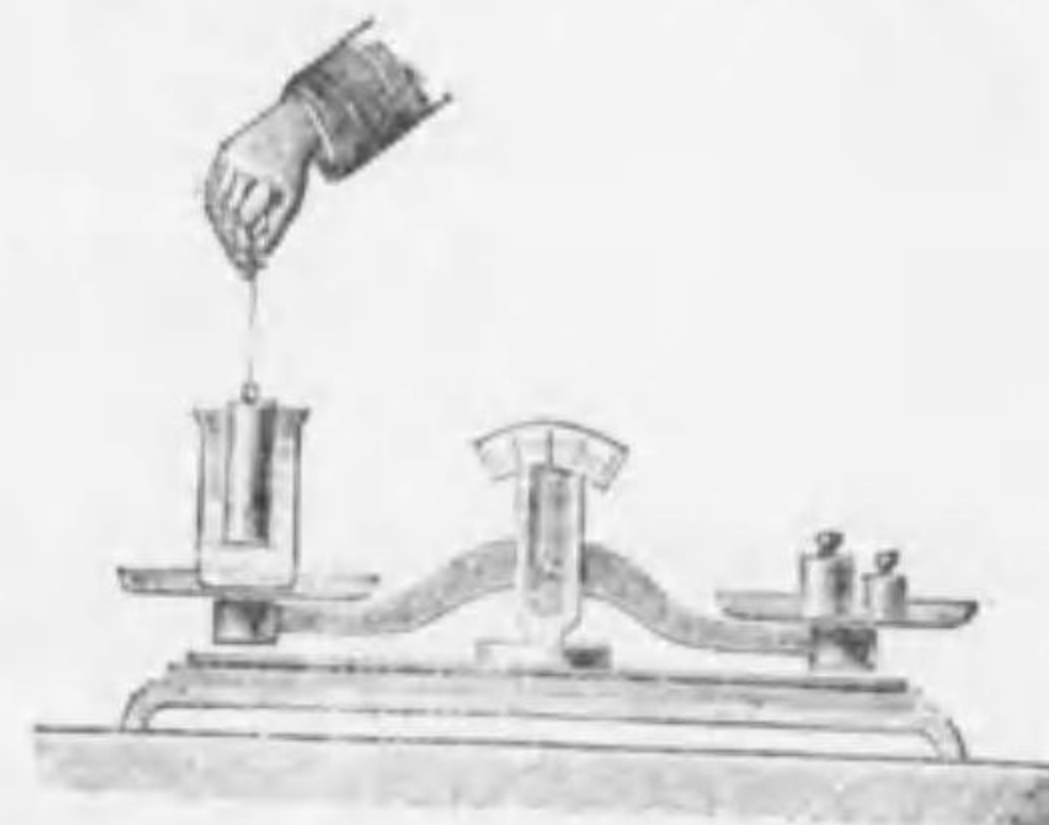


内ノ任意ノ場所ニ置クモ常ニ釣合ヲ保ツガ故ニ其表面ニ働ク全壓力ノ合力ノ作用線ハ常ニ一定點S(重心)ヲ通過ス、即チ全壓力ノ着力點ハ密度一樣ナル液塊ノ重心ト一致スルナリ。次ニ液塊ヲ物體ニテ其儘置キ換ヘタリト考フレバ其表面ニ働ク壓力ハ前ト同一ナルガ故ニ、體內ニ沈メル

物體ハ之ト同體積ノ液體ノ重サニ等シキ上壓即チ浮力ヲ受クルヲ知ルナリ。浮力ノ着力點ヲ浮心 Centre of buoyancy ト云フ、浮心ハ物體ノ組織ヲ一樣ナリト看做セシトキノ重心ト一致ス。

固 あ一きめですノ原理ニ關シテ注意ス可キ事アリ、ソハ液體內ニ沈メタル物體ガ上壓ヲ受クルト共ニ

容器ガ之ト等大ノ下壓ヲ受クル事ナリ。圖ニ示ス如ク、びーかーニ水ヲ容レテ天秤ノ秤皿ノ上ニ釣合ハシメ物體ヲ其内ニ吊シ入ルレバ物體ガ上壓ヲ受クルト共ニびーかーヲ載セタル皿ノ降下スルヲ見ル可シ。



次ニ他方ノ皿ニ物體ノ排除セシト同體積ノ水ノ重サニ等シキ分銅ヲ載スレバ天秤ハ再ビ釣合フニ至ル。此理由ハ物體ヲ沈ムルト共ニびーかー内ノ水位高マリテ底壓ガ丁度物體ノ排除セシ水ノ重サ丈ク増加スル事ヲ考フレバ明カナリ。

§ 14 浮體 Floating body.

重サW瓦ナル物體ヲ液體內ニ沈ムルトキ、物體ト同體積ノ液體ノ重サ即チ浮力ヲP瓦トスレバ液體內ノ物體ノ見掛ノ重サハW-P瓦ナリ。物體ノ體積ヲV極³、物體及ビ液體ノ比重ヲ夫々d₁, d₂トスレバW=Vd₁瓦, P=Vd₂瓦ナルガ故ニ、液體ニ沈メル物體ノ見掛ノ重サW'ハ

$$W' = W - P = V(d_1 - d_2) \text{ 瓦}$$

(I). 物體ノ重サガ液體ノ浮力ヨリモ大ナルトキ、即チ $W > P$ 或ハ $d_1 > d_2$ ナルトキハ物體ハ器底ニ沈ム。

(II). 物體ノ重サガ液體ノ浮力ニ等シキトキ、即チ $W = P$ 即チ $d_1 = d_2$ ナルトキハ物體ハ液體內ノ任意ノ場所ニ於テ静止ス。

(III). 若シ又物體ノ重サガ液體ノ浮力ヨリモ小ナルトキ即チ $W < P$ 或ハ $d_1 < d_2$ ナルトキハ物體ハ浮ビ出デ物體ノ重サト物體ノ排除セル液體ノ重サ即チ浮力トガ相等シキ處ニテ物體ハ釣合フニ至ルナリ。故ニ船舶ノ海面ニ浮ブ時ハ其ノ重サハ船體ノ排除セル海水ノ重サニ等シ。軍艦ノ噸數ハ其排水量ヲ立方呎ニテ表ハシテ之ヲ 35 立方呎ニテ除シタルモノナリ、是レ 35 立方呎ノ海水ノ重サガ約一噸 (2240 封度) ナルガ爲ナリ。又氷ノ密度ハ水ノ密度ヨリモ小ナルガ故ニ氷ハ水面ニ浮ビ冰山ノ圖ニ示ス如ク海面ニ浮ブハ人ノ知ル所ナリ。



鶏卵ハ淡水中ニ沈ム ($d_1 > d_2$)、然レドモ水中ニ適量ノ食鹽ヲ溶解スレバ卵ハ鹽水内ニ浮游ス ($d_1 = d_2$)、而シテ尙ホ一層食鹽ヲ加フレバ卵ハ遂ニ液面ニ浮ブニ至ル ($d_1 < d_2$)。又水泳ノ際十分空氣ヲ吸入シテ胸部ヲ膨ラストキ身體ハ浮ビ空氣ヲ吐キ出ストキ身體ノ沈ムハ吾人ノ經驗スル所ナリ。是レ身體ノ體積ヲ増減スレバ身體ト同體積ノ水ノ重サニ等シキ浮力モ亦増

減シ一方ニ於テ空氣ヲ呼吸スル爲メニ起ル體重ノ變化ハ微少ニシテ無視シ得ルガ爲メナリ。浮沈子 Cartesian diver ハ同様ノ理ヲ示ス面白キ實驗裝置ニシテ、其構造ハ圖ニ示ス如ク硝子瓶ニ錘ヲ附シ瓶内ニ適量ノ空氣ヲ殘シテ之ヲ硝子圓筒内ノ水中ニ倒ニ浮游セシメタルモノナリ。護膜ヲ以テ氣密ニ圓筒ノ蓋ヲ爲シ之ヲ指頭ニテ押セバ硝子瓶ハ沈降シ指ヲ弛ムレバ瓶ハ再ビ浮ビ出ヅ。此理由ヲ考フルニ、膜ヲ押ストキハ壓力ハばすかるノ原理ニ基キテ水中ノ各點ニ傳播シ瓶内ノ空氣ハ壓縮セラレ從ツテ物體(硝子瓶・瓶内ノ空氣等)ト同體積ノ水ノ重サニ等シキ浮力減少シテ瓶ハ沈降ス、次ニ指頭ヲ弛ムレバ瓶内ノ空氣ハ再ビ膨脹シテ浮力増加シ瓶ハ浮キ上ルナリ。



例題

(1) 重サ 100 瓦ノ鐵塊ヲ水銀内ニ押シ沈ムルニハ幾瓦重ノ力ヲ要スルカ、但シ鐵及ビ水銀ノ比重ヲ夫々 7.8 及ビ 13.6 トス。

解 鐵ハ水銀ヨリモ比重小ナルガ故ニ鐵塊ハ水銀面ニ浮ブ事明カナリ。鐵塊ノ體積ハ $\frac{100}{7.8}$ 輕ナルガ故ニ鐵塊ヲ全部水銀内ニ押シ沈マシタルトキノ浮力ハ $\frac{100}{7.8} \times 13.6$ 瓦重ナリ。故ニ鐵塊ヲ沈ムルニ要スル力ハ

浮力ヨリ鐵塊ノ重サヲ減シタルモノ即チ

$$\frac{100}{7.8} \times 13.6 - 100 = 74.4 \text{ 瓦重}$$

ナルヲ知ル。

(2) 水ヲ入レタル器中ニ浮ベタル氷塊ガ融解スルトキハ水位ニ變化アルカ。

圖 氷塊全體ノ重サハ排除セル水ノ重サニ等シキガ故ニ氷ガ全部融解シテ生ズル水ノ體積ハ氷塊ノ沈ミシ部分ノ體積ニ等シク、從ツテ氷ノ融解ニ依リテ水位ハ變化スル事ナシ。

(3) 氷山ノ海面ニ浮ブアリ、(a) 氷山ノ海水面ノ内外ニ於ケル質量ノ比如何、(b) 氷山ノ海面上ノ體積 1000 立方尺ナルトキハ全體積如何。但シ、氷ノ比重ヲ 0.9 トシ海水ノ比重ヲ 1.03 トス。

圖 (a) x, y 瓦ヲ以テ氷山ノ水面ノ内外ニ於ケル質量トスレバ氷山ノ沈メル部分ノ體積ハ $\frac{x}{0.9}$ 體ニシテ之ニ働ク浮力ハ $\frac{x}{0.9} \times 1.03$ 瓦ナリ。然ルニ氷山ノ重サ $x + y$ 瓦ハ此浮力ト釣合フガ故ニ次式ヲ得

$$x + y = \frac{x}{0.9} \times 1.03$$

$$\therefore \frac{y}{x} = \frac{1.03}{0.9} - 1 = \frac{1}{7} \text{ (約)}.$$

即チ、氷山ノ海水面ノ内外ニ於ケル質量ノ比ハ 7 1 ナリ。

(b) 氷塊ノ全體積ヲ V 立方尺トスレバ氷塊ノ重サ $0.9 \times V$ ハ浮力 $(V - 1000) \times 1.03$ ト釣合フガ故ニ次式ヲ得

$$(V - 1000) \times 1.03 = V \times 0.9$$

$$\therefore V = 7923 \text{ 立方尺}$$

(4) 内空ノ細長キ圓筒内ニ錘ヲ入レ之ヲ縦ニ水中ニ入

レタルニ深サ 6 寸沈ミタリ、若シ之ヲ比重 0.79 ノあるこ一
る中ニ入ルレバ液中ニ沈ム深サ幾許ナルカ。

圖 圓筒ノ切口ヲ S 平方寸求ムル深サヲ x 寸トスレバ圓筒ノ重サハ水及ビあるこ一ノ浮力ニ等シキガ故ニ次式ヲ得

$$\begin{array}{l} \text{水ノ浮力} \qquad \qquad \text{酒精ノ浮力} \\ 6S = \text{圓筒ノ重サ} = xS \times 0.79 \end{array}$$

$$\therefore x = \frac{6}{0.79} = 7.6 \text{ 寸(約)}.$$

(5) 比重 0.8、厚サ 5 厘ナル木片ヲ水面ニ浮バシムルトキ木片ノ水中ニ沈ム深サ幾許ナルカ。又木片ノ切口ヲ 10 厘平方トスレバ、其上ニ 10 瓦ノ分銅ヲ載スルトキ木片ノ更ニ沈ム深サ幾許ナルカ。

圖 初メノ場合ニ於テ木片ノ切口ヲ S 平方厘トスレバ其重サハ $5S \times 0.8$ 瓦重ナリ。木片ノ沈ム深サヲ x 厘トスレバ水ノ浮力ハ xS 瓦重ナルガ故ニ

$$5S \times 0.8 = xS \quad ; \quad \therefore x = 4 \text{ 厘}.$$

次ニ切口 $S = 10^2 \text{ 厘}^2 = 100 \text{ 厘}^2$ ナル木片ノ上ニ 10 瓦ノ分銅ヲ載スルトキ木片ノ沈ム全體ノ深サヲ x 厘トスレバ木片及ビ分銅ノ重サノ和ハ浮力ニ等シキガ故ニ

$$5 \times 100 \times 0.8 + 10 = x \times 100$$

$$\therefore x = 4.1 \text{ 厘}$$

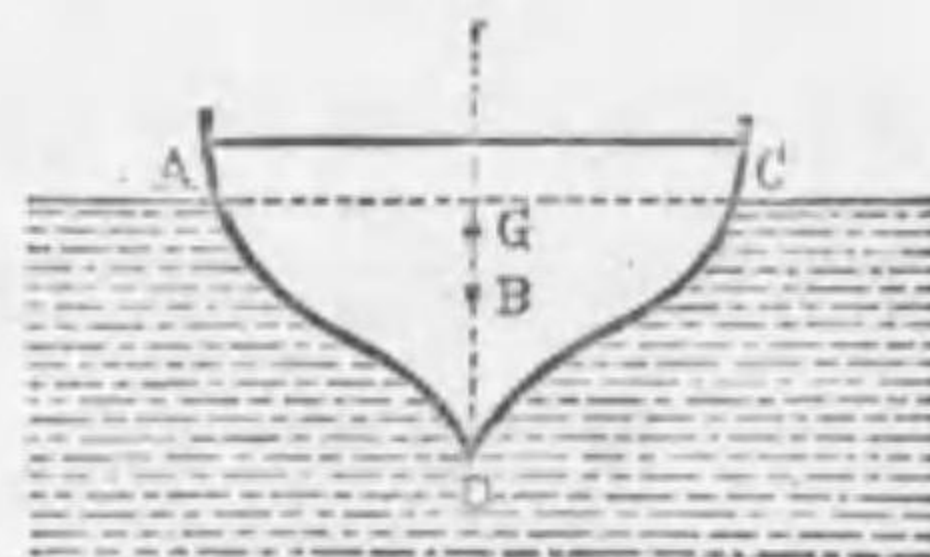
故ニ分銅ヲ載セタルガ爲メニ木片ノ更ニ沈ム深サハ $4.1 - 4 = 0.1$ 厘ナリ。

§ 15 浮體ノ釣合 Equilibrium of floating body.

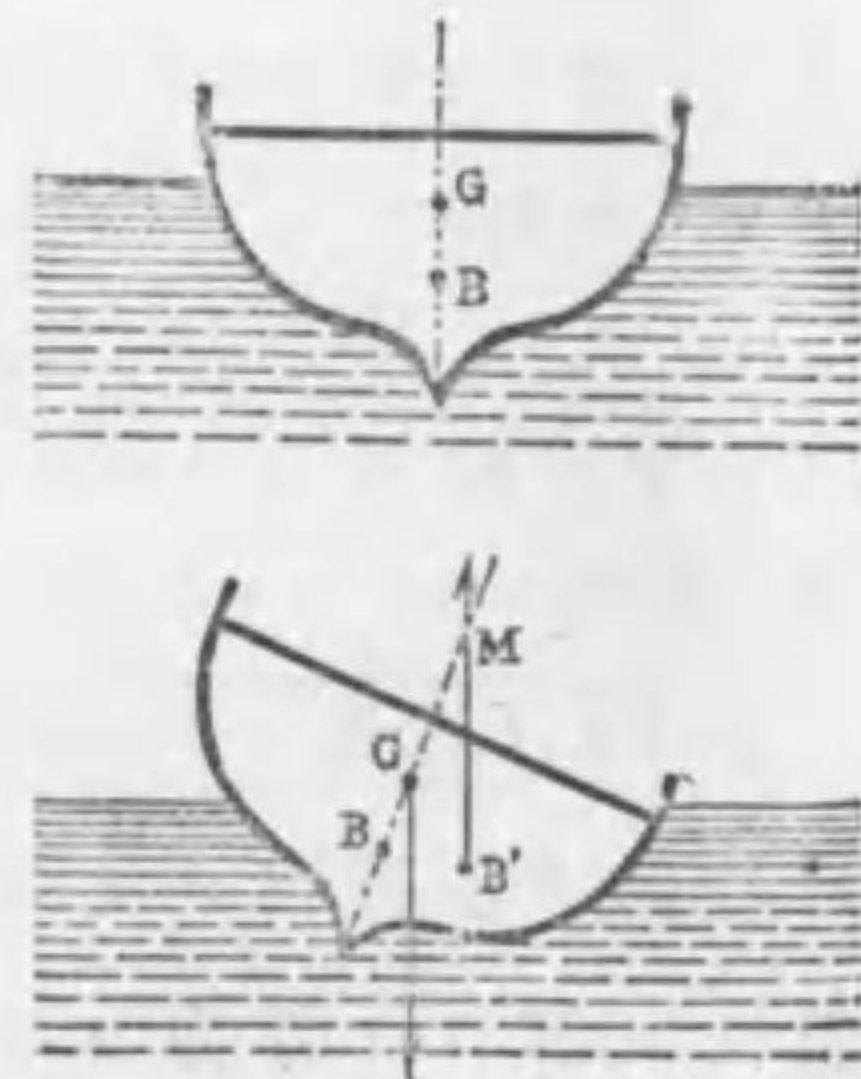
物體ガ液体内ニ沈ムトキハ物體ハ之ト同體積ノ液體ノ重サニ等シキ浮力ヲ受ケ且ツ浮力ノ着力點即チ浮心ハ物

體ヲ液體ト看做ストキノ重心ト一致スルナリ (§13 參照)。而シテ物體ノ重サガ之ト同體積ノ液體ノ重サヨリモ小ナル場合ニハ物體ハ液面ニ浮ビ其重サト物體ノ排除セル液體ノ重サニ等シキ浮力トガ相等シクナル位置ニ於テ物體ハ釣合ヲ保ツナリ。此場合ニ於ケル浮力ノ着力點即チ浮心ハ浮體ノ排除セル液體ノ部分ノ重心ト一致シ必ズシモ浮體自身ノ重心トハ一致セザルナリ。

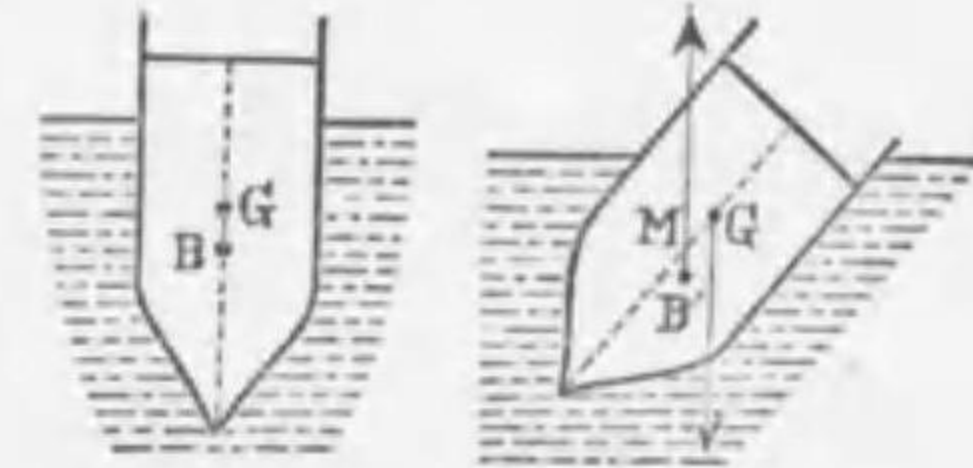
圖ニ示ス如ク例ヘバ船ノ如キ浮體ガ水面ニ於テ釣合フ場合ニ於テハ浮心 B ハ船ノ排除セル部分 ACD ガ液體ナルトキノ重心ト一致ス。此事ハ液體ノ一部分 ACD ヲ液體內ノ任意ノ位置ニ置キ此部分ガ其表面ニ働ク壓力ト其重サトノ二力ニテ常ニ釣合フ事ヲ考フレバ明カナリ [§13 あーきめですノ原理ノ證明ト同様ニ推定シ得ベシ]。船體自身ノ重心 G ハ荷物ノ積ミ方等ニ關係シ浮心 B トハ必ズシモ一致セザルナリ。



次ニ浮體ノ釣合ヲ考ヘントス。例ヘバ船ガ水面ニ浮ブトキハ其重心 G ニ働ク重サト浮心 B ニ働ク浮力トハ等大ニシテ方向反對ナル二力トナリテ船ハ釣合ヲ保ツナリ。船體ガ少シク傾クトキ排除スル液體ノ形ハ從ツテ變化



シ浮心ハ圖ニ示ス如ク B' 點ニ移ルナリ。故ニ重心 G ニ下方ニ働ク重サト浮心 B' ニ上方ニ働ク浮力トハ一ノ隅力ヲ成シテ船體ヲ初メノ位置ニ復セシムルナリ。浮心 B' ヲ通過スル鉛直線ト BG 線トノ交點 M ヲめたせんた一 **Meta-centre** ト云フ。故ニ一般ニ浮體ヲ少シク傾クルトキめたせんた一ガ重心ノ上ニ在ル間ハ浮體ハ安定ノ釣合ニ在ルナリ。之ニ反シテ下圖ニ示ス如ク船體ヲ傾クルトキめたせんた一ガ重心ノ下ニ來ルトキハ初メノ釣合ハ不安定ナリ。



何トナレバ船體ヲ傾クルトキ表ハル、偶力ノ爲メニ船體ハ益々傾キテ遂ニ顛覆スルニ至ル可ケレバナリ。

§ 16 **比重ノ測定** Measurement of specific gravity.

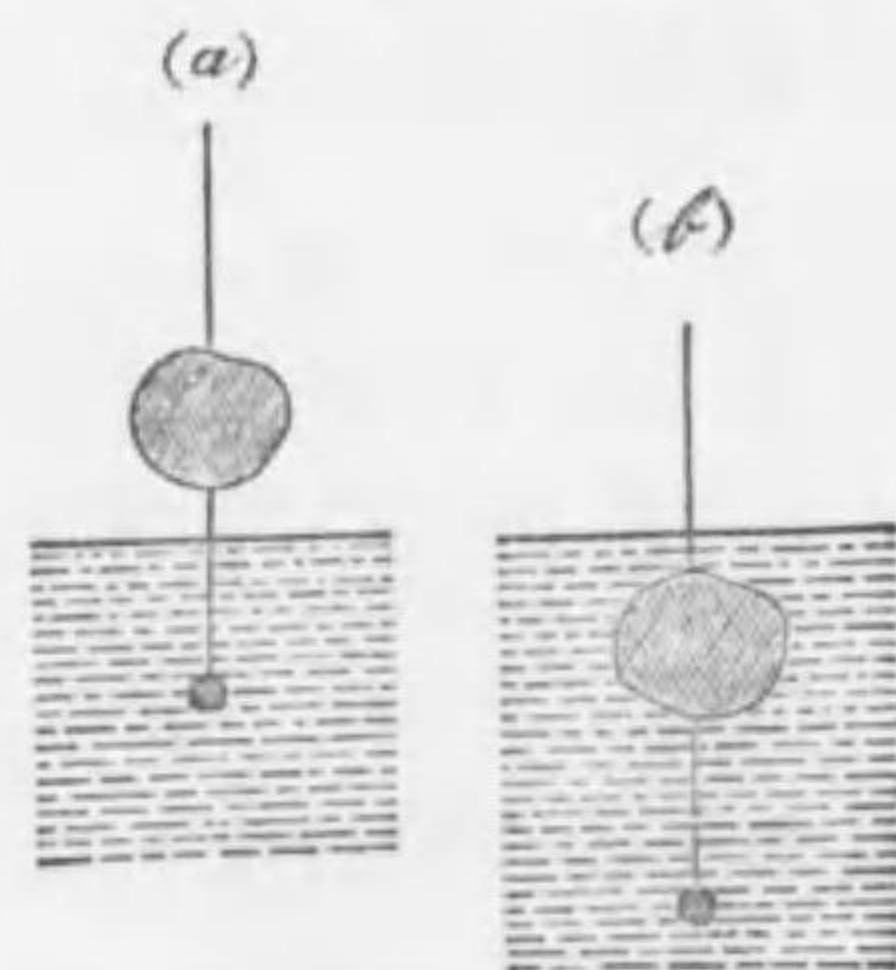
物體ノ比重ハ *C.G.S.* 單位ヲ用フレバ其單位體積內ノ質量即チ密度ト數値ヲ同ジクスルガ故ニ物體ノ體積ト其質量トヲ測レバ比重ヲ求メ得ベシ。物體ガ矩形柱又ハ圓柱等ノ如ク規則正シキ形ヲ有スル場合ニハ物指ニテ邊ノ長さ、高さ或ハ半徑等ヲ測リテ其體積ヲ計算シ以テ比重ヲ求メ得レドモ其形不規則ナル場合ニハあーきめですノ原理ヲ應用シテ比重ヲ求ムルヲ便ナリトス。以下固體及ビ液體ノ比重ヲ測定スル方法ヲ記載ス。

(I). 水ヨリ重ク且ツ水ニ溶解セザル物體ノ比重ハあー

きめですノ原理ニ依リテ容易ニ求メ得ベシ。今物體ノ空氣中ニ於ケル重サヲ W 瓦、之ヲ水中ニ吊シ入レテ秤リタル重サヲ w 瓦トスレバ $W-w$ 瓦ハ物體ト同體積ノ水ノ重サニ等シ、故ニ次式ヲ得

$$\text{比重} = \frac{W}{W-w}$$

(II). 物體ガ水ヨリモ輕キ場合ニハ之ヲ水中ニ沈マシムル爲メニ錘ヲ附ス可シ。今物體ノミノ空氣中ニ於ケル重サヲ W 瓦、次ニ之ニ錘ヲ附シ錘ノミヲ水中ニ沈メタルトキノ重サヲ W_1 瓦トシ、最後ニ物體ト錘トヲ共ニ水中ニ沈マシテ秤リタル重サヲ W_2 瓦トス。然ルトキハ、 $W_1 - W_2$ 瓦ハ物體ノミノ空氣中ニ於ケル重サト水中ニ於ケル重サトノ差即チ物體ト同體積ノ水ノ重サニ等シ。故ニ



$$\text{比重} = \frac{W}{W_1 - W_2}$$

(III). 比重ヲ測ラントスル固體ガ水ニ溶解スル場合ニハ其固體ガ溶解セザル液體ヲ撰ビ上記ノ方法ニ依リテ固體ノ液體ニ對スル比重ヲ求メ之ニ液體ノ水ニ對スル比重ヲ乗ズレバ固體ノ比重ヲ得ルナリ。何トナレバ、今固體ノ重サヲ W_1 瓦トシ之ト同體積ノ液體及ビ水ノ重サヲ夫々

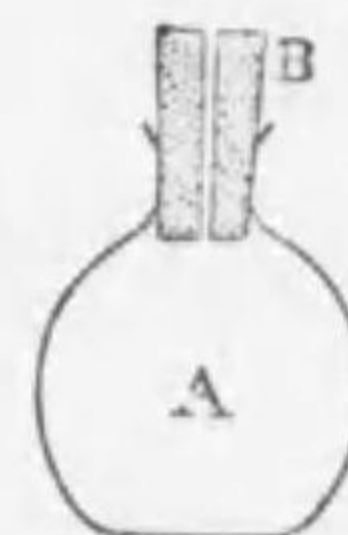
W_2, W_3 瓦トスレバ

$$\text{比重} = \frac{W_1}{W_3} = \frac{W_1}{W_2} \times \frac{W_2}{W_3}$$

即チ、固體ノ比重ハ固體ノ液體ニ對スル比重 $\frac{W_1}{W_2}$ ト液體ノ比重 $\frac{W_2}{W_3}$ トノ積ニ等シ。

(IV) **比重瓶** Specific gravity bottle.

比重瓶トハ小硝子瓶 A ニ細頸ヲ有スル硝子栓 B ヲ附シタルモノナリ。粒狀ノ固體ノ比重ヲ測ルニハ比重瓶ヲ用フルヲ便ナリトス。先ヅ瓶内ニ水ヲ充タシテ硝子栓ヲ箆メ細頸口ヨリ溢出スル水ヲ拭ヒ去リタル後、水ト瓶トノ重サ W_1 瓦ヲ測ル可シ。次ニ重サ W 瓦ナル粒狀ノ固體ヲ瓶内ニ入レ溢スル水ヲ拭ヒ去リテ再ビ瓶内ニ殘レル水及ビ固體ノ重サ W_2 瓦ヲ測ル可シ。然ルトキハ $W + W_1 - W_2$ 瓦ハ溢出セシ水ノ重サ即チ固體ト同體積ノ水ノ重サニ等シ。故ニ



$$\text{比重} = \frac{W}{W + W_1 - W_2}$$

次ニ液體ノ比重ノ測定法ヲ記載ス。

(I). 比重ヲ測ラントスル液體ニモ又水ニモ溶解セザル固體例ヘバ硝子塊ヲ取ツテ其空氣中ノ重サヲ W 、液体内ニ沈メタルトキノ重サヲ W_1 、水中ニテノ重サヲ W_2 トスレバ

$W - W_1$ 及 $W - W_2$ ハ夫々固體ト同體積ノ液體及ビ水ノ重サナルガ故ニ液體ノ比重ハ次ノ如シ

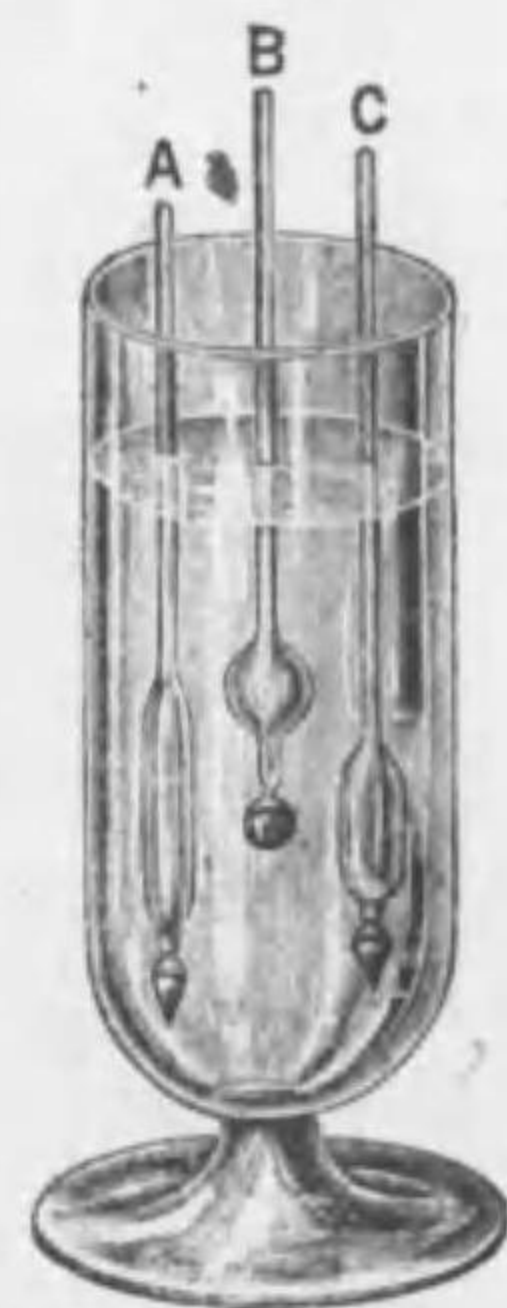
$$\text{比重} = \frac{W - W_1}{W - W_2}$$

(II) 液體ノ比重ハ比重瓶ヲ用ヒテ便利ニ測定スル事ヲ得ルナリ。今比重瓶ノ重サヲ W_1 瓶内ニ液體ヲ充タセルトキノ重サヲ W_2 水ヲ充タセルトキノ重サヲ W トスレバ瓶ノ容積ト同體積ノ液體及ビ水ノ重サハ夫々 $W_1 - W$ 及 $W_2 - W$ ナルガ故ニ

$$\text{比重} = \frac{W_1 - W}{W_2 - W}$$

(III) **浮秤** Hydrometer.

液體ノ比重ヲ測ルニ最モ輕便ナルハ浮秤ニシテ、其構造ハ切口一様ナル硝子管ノ下部ニ膨大セル空所ヲ設ケ其下ニ水銀又ハ霰彈ヲ封入シテ鍾トセルモノナリ。今浮秤ヲ液面ニ浮バシムレバ鍾ノ爲メニ浮秤ハ鉛直ニ浮ブナリ。浮秤ノ重サハ排斥セル液體ノ重サニ等シキガ故ニ、液體ノ比重ノ大ナル程浮秤ノ沈ム度小ナルナリ。故ニ管壁ニ豫メ目盛ヲ施シ置クトキハ其示度ニ依リテ比重ヲ測リ得ルナリ。



浮秤ノ目盛ニ直チニ比重ヲ與フルモノト然ルザルモノトノ二種アリ後者ニ屬スルモノ、種類中最モ普通ニ用ヒラル、ハば一め Baum'e ノ式ニシテ、水ヨリ重キ液ニ對スル目盛ト水ヨリ輕キ液ニ對スル目盛トノ二種アリ。水ヨリ重キ液ニ對スル目盛ハ蒸溜水ニ浮バシタルトキ水面ト頸ト接スル點ヲ零度トシ 15% (重サニテ) ノ食鹽水ニ浮バシタルトキヲ十五度トシテ其間ヲ等分シ更ニ此目盛法ヲ十五度以上ニ擴張シタルモノナリ。水ヨリ輕キ液ニ對スル目盛ハ 10% ノ食鹽水ニ浮バシタルトキノ水際ヲ零度トシ蒸溜水ニ浮バシタルトキヲ十度トシテ其間ヲ等分シ此目盛法ヲ十度以下ニ擴張シタルモノナリ。次表ハば一めノ度數ト液體ノ比重トノ比較ヲ示ス

水ヨリ重 キ液體	度	0	3	6	9	15	21	27
	比重	1.000	1.020	1.040	1.064	1.114	1.170	1.230
水ヨリ輕 キ液體	度	10	12	14	16	20	24	23
	比重	1.000	0.935	0.970	0.955	0.928	0.903	0.880

注意 本節ハ於テ求メタル固體及ビ液體ノ比重ノ式ハ何レモ溫度攝氏四度ノ水ニ對スル比重ニ非ズシテ實測ノ際ニ於ケル溫度ノ水ニ對スル比重ナリ。故ニ眞ノ比重ヲ求ムルニハ實測上ノ値ニ其溫度ニ於ケル水ノ比重ヲ乘ゼザル可カラズ。

例題

(1) 空氣中ニテ重サ 35 瓦ノ固體ヲ水中ニテ秤ルトキハ 5 瓦トナリ、他ノ液中ニテ秤ルトキハ 14 瓦トナル。固體及ビ液體ノ比重ヲ見出セ。

圖 本節ノ固體ノ比重測定法(I)及ビ液體ノ比重測定法(I)ニ依リテ

$$\text{固體ノ比重} = \frac{35}{35-5} = 1.17$$

$$\text{液體ノ比重} = \frac{35-14}{35-5} = 0.7$$

(2) 重サ 150 瓦ノ物體ヲ比重 0.78 ナル酒精中ニテ秤レバ 140 瓦トナル物體ノ比重ヲ問フ。

$$\text{物體ノ酒精ニ對スル比重} = \frac{150}{150-140} = 15.$$

$$\therefore \text{物體ノ比重(水ニ對スル)} = 15 \times 0.78 = 11.7$$

(3) 比重瓶ニ水ヲ充シタルトキノ重サ 65 瓦次ニ重サ 10 瓦ノ固體ヲ入レ溢レ出ヅル水ヲ拭ヒ取リタルトキノ重サ 73 瓦ナリシト云フ、固體ノ比重ヲ問フ

$$\text{比重} = \frac{10}{10+(65-73)} = 5$$

(4) 重サ 50 瓦ノ硝子塊ヲ水中ニテ秤レバ 35 瓦トナリ、海水中ニテ秤レバ 34.6 瓦トナルト云フ、鹽水ノ比重如何。

$$\text{比重} = \frac{50-34.6}{50-35} = 1.03$$

(5) 重サ 16 瓦ノ木片ニ錘ヲ附シ水中ニテ秤リタルニ 6 瓦アリタリ、次ニ錘ノミノ水中ニテノ重サハ 30 瓦ナリシト云フ。木片ノ比重如何。

$$\text{比重} = \frac{16}{30+16-6} = 0.4$$

(6) 切口一樣ナル浮秤ヲ水ニ浮ブルトキ其長サノ二分ノ一丈ケ沈ミ、他ノ某液ニ浮ブルトキ三分ノ二丈ケ沈ミタリト云フ。液體ノ比重如何

浮秤ノ長サ=L、切口=s、液ノ比重=xトスレバ

$$\frac{L}{2} \times s = \text{浮秤ノ重サ} = \frac{2}{3} Ls \times x$$

$$\therefore x = \frac{3}{4} = 0.75$$

第三章

氣體

§ 1 氣體 Gas.

前章 § 1 = 於テ述ベタルガ如ク、氣體ハ液體ノ如ク形狀ノ彈性ヲ有セズシテ其分子ハ容易ニ移動シ得ルノ特性ヲ有スルガ故ニ液體ノ移動性ニ關スル壓力ノ事柄ハ其儘氣體ニ適用シ得ルナリ、即チ

(I). 静止セル氣體ノ壓力ハ常ニ物體ノ表面ニ直角ニ働ク。

(II). 密閉セル氣體ノ一部ニ適用セル壓力ハ其強サヲ變ゼズシテ四方ニ傳達ス(ばすかるノ原理)。

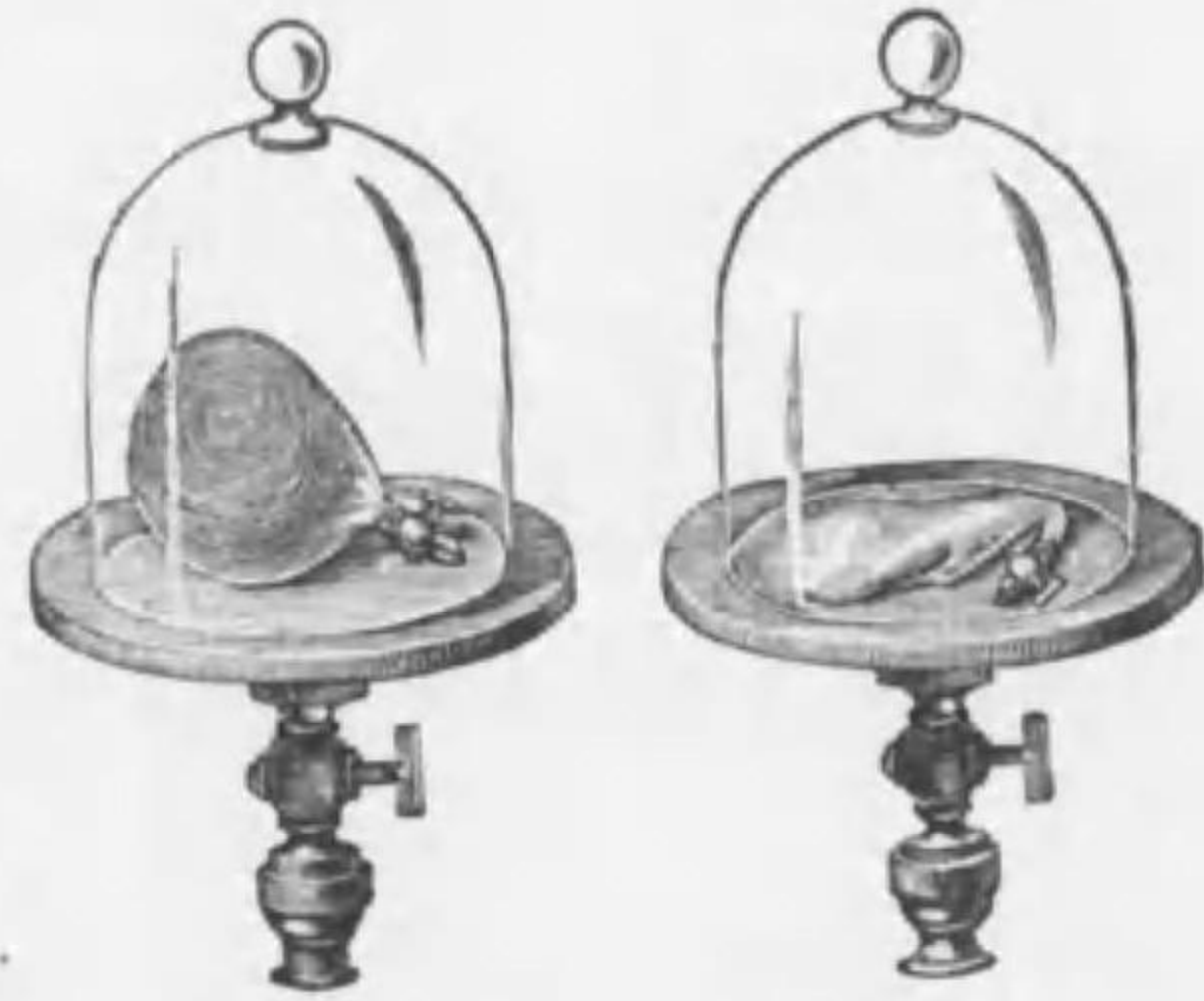
(III). 氣體内ノ一點ニ働ク壓力ノ強サハ總テノ方向ニ於テ相等シ。

(IV). 重力ノ作用ヲ受ケテ静止セル氣體内ニ於ケル同一水平面上ノ各點ノ壓力ノ強サハ相等シク、又異ナル任意ノ二點ノ強サノ差ハ二點ノ鉛直距離ヲ高サトシ單位面積ヲ底トスル氣柱ノ重サニ等シ。

(V). 氣體内ノ物體ハ之ト同體積ノ氣體ノ重サニ等シキ上壓即チ浮力ヲ受ク[あるきめですノ原理]。

氣體ノ液體ト異ナルハ、氣體ハ一定ノ體積ヲ有セズ器中ニ密閉スルニ非ザレバ四方ニ擴散セントスルノ膨脹性ヲ

有ス例ヘバ圖ノ如ク膀胱
ノ口ヲ縛リ之ヲ空氣ぼん
ぶノ鐘内ニ置キテ周圍ノ
空氣ヲ排除スレバ膀胱ハ
忽チ膨大スルナリ。斯ノ
如ク氣體ハ擴散性ヲ有ス
ルガ故ニ地球ヲ圍繞スル
空氣ハ地球ノ引力ニ依リ
テ之ヲ牽引スルニ非ザレ
バ遠ク宇宙間ニ膨脹シ去ル可シ。



又氣體ハ液體ト異ナリ容易ニ壓搾セラレ
テ壓力ヲ増加ス、空氣銃ハ空氣ノ此性質ヲ利
用シタルモノナリ。圖ニ示ス如ク硝子瓶ニ
水ヲ入レ硝子管ヲ封入シテ呼氣ヲ吹き入ル
レバ水ハ管口ヨリ噴出ス、是レ瓶内ノ水面上
ノ空氣ガ呼氣ノ爲メニ壓搾サレテ強ク水面
ヲ壓下スルガ爲メナリ。



之ヲ要スルニ、氣體ハ液體ト同ジク分子ノ移動性ヲ有シ
膨脹性ノ有無及ビ壓縮ノ難易ニ依リテ液體ト區別セラル。

§ 2 **空氣ノ重サ** Weight of air

空氣ハ其質頗ル稀薄ニシテ密度小ナルガ故ニ一見重サ
ナキガ如シト雖モ天秤ニテ之ヲ秤量スレバ直チニ重サヲ

有スル事ヲ認ム可シ。即チ圖ニ示ス如キ
内空ノ硝子球ヲ取リ内部ノ空氣ヲ排除シ
テ其重サヲ秤リ次ニ空氣ヲ充タシテ重サ
ヲ測レバ前ヨリモ重クナルヲ見ル可シ、此
差ハ瓶内ノ空氣ノ重サニ外ナラズ。實測
ニ依ルニ、空氣ノ重サハ一立ニツキ約 1.2
瓦即チ一斗ニツキ約 6 匁ナリ。



次ニ溫度攝氏零度壓力一氣壓ノ場合ニ於ケル氣體ノ密
度ノ表ヲ掲グ

	密度[瓦・糎 ⁻³]		密度[瓦糎 ⁻³]
空氣	0.001293	窒素	0.001256
酸素	0.001430	炭酸瓦斯	0.001977
水素	0.000090	水蒸氣	0.000304

圖 幅7米、奥行10米、高サ5米ナル教室ノ空氣ノ總重量ハ幾貫目ナ
ルカ、但シ空氣ノ重サ一立ニツキ1.2瓦トス。

圖 教室ノ容積ハ70×100×50立セルガ故ニ求ムル重サハ
 $35 \times 10^4 \times 1.2 = 420000$ 瓦 = 420 匁 = 112 貫

§ 3 **大氣ノ壓力** Atmospheric pressure.

前節ニ於テ述べタルガ如ク、空氣ハ可ナリノ重サヲ有ス
ルガ故ニ地球ヲ圍繞スル大氣ノ重サハ其上層ヨリ下層ニ
進ムニ從ヒテ漸次ニ重疊シ地上ノ物體ハ其重サニ依リテ
壓セラル此壓力ヲ氣壓ト云フ。次圖ニ示ス如クびべつとニ
水ヲ吸ヒ上ゲ管口ヲ指頭ニテ塞ケバ之ヲ何レノ方向ニ向

クルモ水ハ流出セズ、以テ氣壓ガ液體ノ壓力ノ如ク總テノ方向ニ働クヲ知ルナリ。

田 硝子瓶ニ水ヲ充タシ之ニ細キ硝子管ヲ貫キタルこ
るく栓ヲ施シテ瓶ヲ倒立スルモ水ハ流出セズ是レ氣壓ニ
テ水ヲ瓶中ニ支フルガ爲メナリ。然ルニ廣口瓶ニテ此實
驗ヲ爲スニ水ハ流出シ瓶ノ口ヲ紙片ニテ蔽ヘバ水ハ流出
セズ。廣口瓶ノ場合ニハ水ノ面廣クシテ一部ノ水ノ流出
スルト他ノ部ニ空氣ノ押シ入レラル、作用ト相俟テ結
局水ハ流出スルニ至ルナリ。びへつとノ場合ノ如ク水ノ
面狭キトキハ水面ノ表面張力ニ依フテ水面ヲ一様ニ保チ
得ルガ故ニ水ハ流出セザルナリ。ふらすこノ口ニ金網ヲ張り水ヲ充タ
シテ倒立スルモ水ハ流出セズ。是レ個々ノ網目ノ水面ガ表面張力ニテ
水平ニ保タルガ爲メナリ。



空氣ハ液體ト異ナリ壓縮シ易キガ故ニ太氣ハ下層ヨリ
上層ニ上ルニ從ヒ漸次ニ稀
薄トナリテ確然タル表面ヲ
有セザルモ假リニ上層ノ空
氣ヲ悉ク押シ下ゲ
テ地上ト同一ノ密
度トナセバ其厚サ
約2里トナル。地
上ノ諸物體ハ實ニ
此深サノ氣洋ノ底ニ沈メルガ故ニ其表面ノ受クル氣壓ハ



案外ニ強大ナリ。例ヘバ金屬製ノ二個ノ兩球ヲ密着シテ
内部ノ空氣ヲ排除スレバ球ノ外面ニ働ク氣壓ノ爲メニ容
易ニ之ヲ開離スルヲ得ズ。然ルニ空氣ヲ入ルレバ容易ニ
之ヲ開離スル事ヲ得ルナリ、以テ氣壓ノ大ナルヲ知ル可シ。

空氣ぼんぶノ發見者 ^{グーリック}Guerick ハ昔 ^{マグデブルグ}Magdeburg 府ニ於テ直徑3呎ノ半球
ヲ用ヒ此試驗ヲ爲シタルニ之ヲ離スニ二十頭ノ馬ヲ要シタリト云フ。
爾來此試驗ニ用フル半球ヲまぐでぶるぐ半球ト云フ。

斯ノ如ク物體ノ表面ニ働ク氣壓ノ大ナルニ拘ハラズ通
常吾人ノ之ヲ感知シ得ザルハ氣壓ガ物體ノ表面ニ四方一
様ニ働クガ爲メナリ。又吾人ガ身體ヲ壓迫スル外氣ノ壓
力ヲ感ゼザルハ身體ノ組織ガ漸次ニ氣體ノ侵入スルヲ許
シ内外ノ壓力相平均スルニ由ルナリ。輕氣球ニテ急ニ高
處ニ上ル時苦痛ヲ感ジ時トシテ出血スル事アリト云フハ
内外ノ壓力相平均スルノ暇ナキガ爲メナリ。

次圖ニ示ス如ク、試験管ニ水ヲ滿タ
シ指頭ニテ管口ヲ閉ヂ之ヲ水中ニ倒
立スレバ管内ノ水ハ降下スル事ナク
管内ニ止マルヲ見ル可シ。是レ管外
ノ水面ニ働ク氣壓ノ爲メニ水柱ガ管
内ニ押シ上ゲラレテ支持セラル、ニ
由ルナリ。



上圖ノ裝置ニ於テ、試験管ヲ徐々ニ引上ゲテ管ヨリ少量ノ氣泡ヲ送レ

其都度氣泡ノ爲メニ排除セラル、丈ケノ水ハ管外ニ出ヅ可シ。圖ニ示セルハ此理ヲ應用シ水ヲ充タシタル硝子瓶ヲ水中ニ倒立シテ養鶏ニ汚レザル水ヲ給與スル装置ナリ。

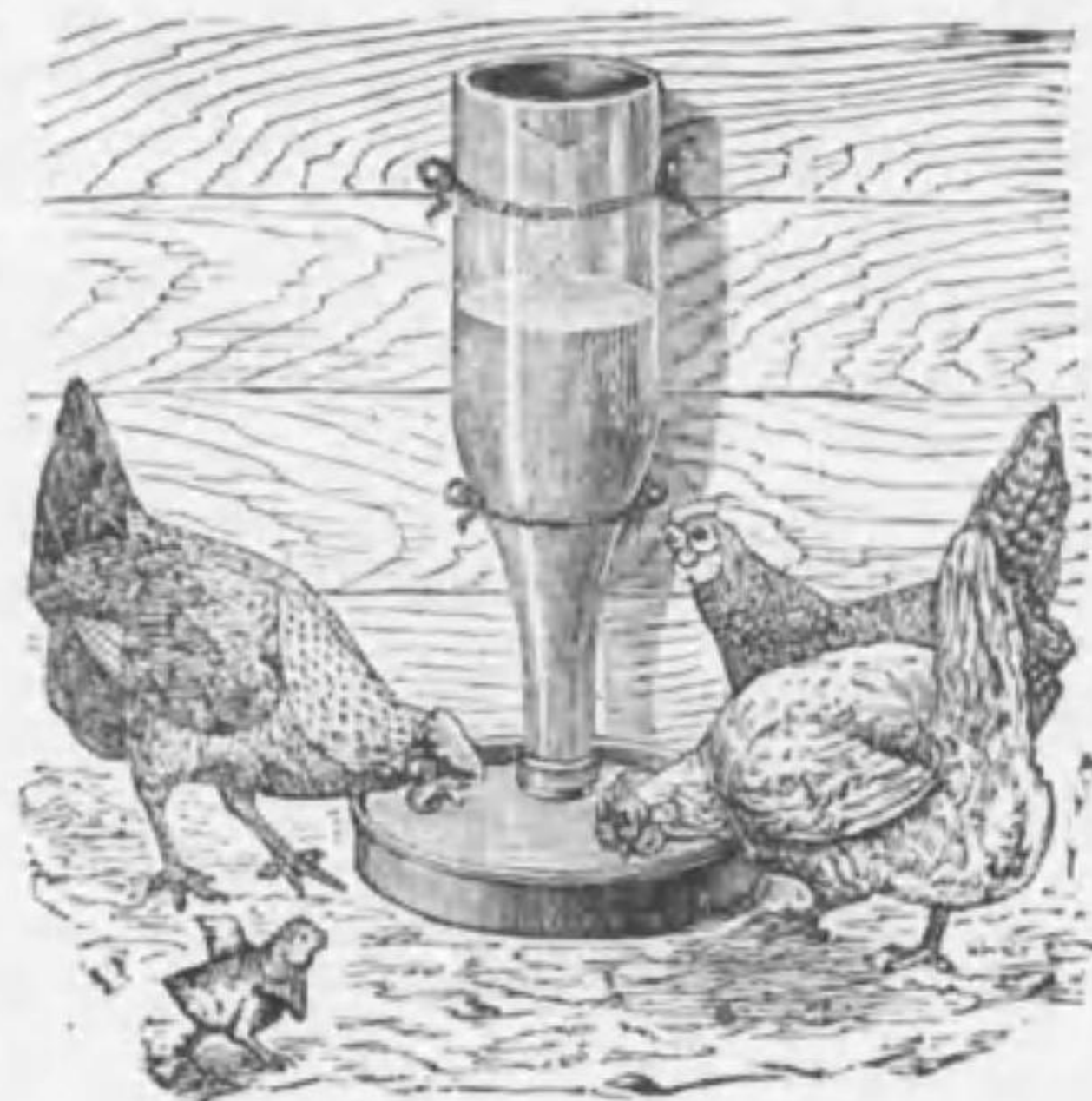
實驗 圖ニ示セルハ「不思議ノ漏斗」トモ懸ス可キ一種ノ手品の實驗ナリ。此



漏斗ハ切口ニテ示ス如ク二重壁ヨリ成リ液ノ流下スル管口ノ少シク上ノ内壁ト取柄ノ附セル上端ノ縁ノ所トニ小孔ヲ穿テリ。初メ上方ノ孔ヲ開キタル儘ニテ此漏斗ヲ垂直ニ水中ニ沈ムレバ水ハ其内部ニ上ルト共ニ下方ノ孔ヲ通シテ二重壁ノ間ノ部分ニ入ル可シ。次ニ上方ノ孔ヲ指頭ニテ塞ギテ漏斗ヲ引キ上グレバ二重壁ノ間ノ場所ヲ充タシタル水ハ氣壓ノ爲メニ下ノ孔ヨリ出テザルモ、指頭ヲ離シテ上方ノ孔ヲ開ケバ水ハ急チ流出スルナリ。

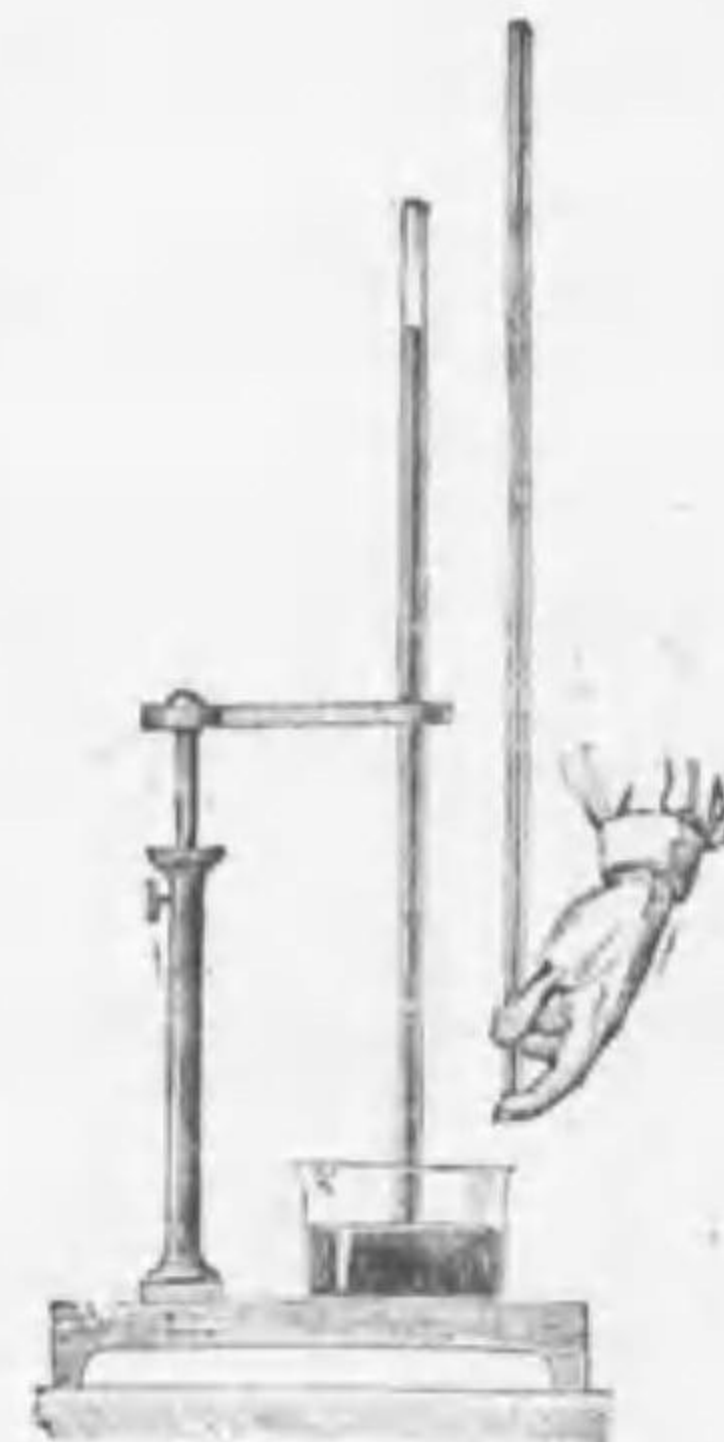
§ 4 **どりちえりーノ實驗** Toricelli's experiment.

前節ノ試験管ノ實驗ニ於テ管内ノ水柱ハ管外ノ水面ニ働ク氣壓ノ爲メニ支持セラル、事ヲ見タリ。氣壓ノ限度ヲ知ルニハ此ノ装置ニ於テ管ヲ十分ニ長クシ氣壓ニテ幾



許ノ長サノ水柱ヲ支持シ得ルカヲ見レバ可ナリ。然ルニ水ヲ用フレバ十米以上ノ長サノ管ヲ用フルノ不便アリ、之ニ反シテ水銀ヲ用フレバ管ノ長サヲ縮少スルノ便アリ、とりちえりー初メテ此方法ニ依リテ氣壓ノ強サヲ測定シタリ。即チ、上圖ニ示ス如ク長サ一米許リノ一端閉テタル硝子管ニ水銀ヲ充タシ之ヲ水銀槽中ニ倒立スレバ管内ノ水銀ハ降下シテ槽ノ水銀面ヨリ約76 糎ノ高サ(h)ニ止マリ、其上部

ハ真空ヲ生ズ、之ヲどりちえりーノ真空 Toricelli's Vacuum ト云フ。同水平面上ノ各點ノ壓力ノ強サハ相等シキガ故ニ、管外ノ水銀面ニ働ク氣壓ノ強サハ管内ニ於ケル高サノ水銀柱ノ底面ノ壓力ノ強サニ等シク從ツテ氣壓ヲ水銀柱ノ高サニテ表ハシ得ルヲ知ル。氣壓從ツテ之ヲ測ル水銀柱ノ高サハ場所及ビ時ト共ニ變化スルモ通常76 糎内外ノ値ヲ有ス。壓力ノ標準トシテ高サ76 糎ノ水銀柱ノ重サニ相當スル壓力ノ強サヲ用ヒ、之ヲ一氣壓 One atmospheric pressure ト云フ。水銀ノ比重ヲ13.6ト取レバ一氣壓ハ一平方糎ニツキ $76 \times 13.6 = 1034$ 瓦重トナル。即チ、一氣壓力ハ一平方糎ニツキ約一瓦重、一平方寸ニツキ約二貫五百目、又一平方



糎ノ高サハ場所及ビ時ト共ニ變化スルモ通常76 糎内外ノ値ヲ有ス。壓力ノ標準トシテ高サ76 糎ノ水銀柱ノ重サニ相當スル壓力ノ強サヲ用ヒ、之ヲ一氣壓 One atmospheric pressure ト云フ。水銀ノ比重ヲ13.6ト取レバ一氣壓ハ一平方糎ニツキ $76 \times 13.6 = 1034$ 瓦重トナル。即チ、一氣壓力ハ一平方糎ニツキ約一瓦重、一平方寸ニツキ約二貫五百目、又一平方

吋ニツキ約15封度ト記憶シテ可ナリ。

因 水銀ノ密度ハ溫度ト共ニ變化シ又其重サハ地上ノ場所ニ依ツテ變化ス。故ニ精密ヲ要スル場合ニハ、一氣壓ヲ緯度45°ノ海面上ニ於テ溫度攝氏零度、高サ76糎ノ水銀柱ノ重サニテ與ヘラル、壓力ノ強サナリト定義ス。

液柱ノ底面ニ於ケル壓力ノ強サハ液柱ノ鉛直ノ高サニノミ關係スルガ故ニ、とりちゑりーノ實驗ニ於テ硝子管ヲ傾クルモ水銀柱ノ高サハ變化セズ。又硝子管ノ切口ノ大サハ水銀柱ノ高サニ關係ナシト雖モ其直徑ガ餘リニ小トナレバ毛管作用ニ依リ水銀柱ノ降下ヲ起ス、例ヘバ直徑ガ8耗ナレバ水銀柱頭ハ0.5耗丈ケ毛管作用ノ爲メニ壓下セラル、ナリ。故ニ管ノ切口ハ餘リニ小ナラザルヲ要ス。

大ナル壓力ヲ表ハスニハ氣壓ヲ單位トシ、又小ナル壓力ヲ表ハスニハ水銀柱ノ高サヲ與フルヲ常トス。例ヘバ10糎ノ壓力ト云ヘバ高サ10糎ナル水銀柱ノ底面ノ壓力ノ強サヲ意味スルガ如シ。

例 題

(1) 氣壓76糎ノトキとりちゑりーノ實驗ヲ爲スニ水ヲ用フレバ水柱ノ高サ幾糎トナルカ。

因 求ムル高サヲx糎トスレバ水ノ比重ハ1ナルガ故ニ

$$x \times 1 = 76 \times 13.6 ; \therefore x = 1034 \text{ 糎} = 10.34 \text{ 米}$$

(2) 一氣壓ノ壓力ヲ平方糎ニツキ約1.034斤重トシ、此

壓力ヲ平方尺、貫及ビ平方吋、封度ヲ單位トシテ表ハセ。

因 尺及ビ1貫重ヲ單位トセルトキノ一氣壓ノ値ヲxトスレバ

$$\text{一氣壓} = x \left[\frac{\text{貫}}{\text{尺}^2} \right] = 1.034 \left[\frac{\text{斤}}{\text{糎}^2} \right].$$

$$\therefore x = 1.034 \frac{\text{尺}^2}{\text{糎}^2} \times \frac{\text{斤}}{\text{貫}} = 1.034 \frac{10^4}{(33)^2} \times \frac{4}{15} = 253$$

即チ、一氣壓ハ一平方尺ニツキ約250貫ニ當ル。次ニ平方吋及封度重ヲ單位トセルトキノ一氣壓ノ値ヲyトスレバ

$$\text{一氣壓} = y \left[\frac{\text{封度}}{\text{吋}^2} \right] = 1.034 \left[\frac{\text{斤}}{\text{糎}^2} \right].$$

然ルニ1吋=2.54糎、1封度=453.6瓦ナルガ故ニ

$$y = 1.034 \times \left[\frac{\text{吋}}{\text{糎}} \right]^2 \times \left[\frac{\text{斤}}{\text{封度}} \right] = 1.034 \times (2.54)^2 \times \frac{1}{0.4536} = 15 \text{ (約)}$$

即チ一氣壓ハ一平方吋ニツキ約15封度ニ當ル。

(3) 地球ヲ圍繞スル空氣ヲ密度0.001293 [瓦・糎⁻³]ナル一様ナル氣層ト看做セバ地上ニ於テ一氣壓ノ壓力ヲ生ズル爲メニハ其高サハ幾里トナルカ。

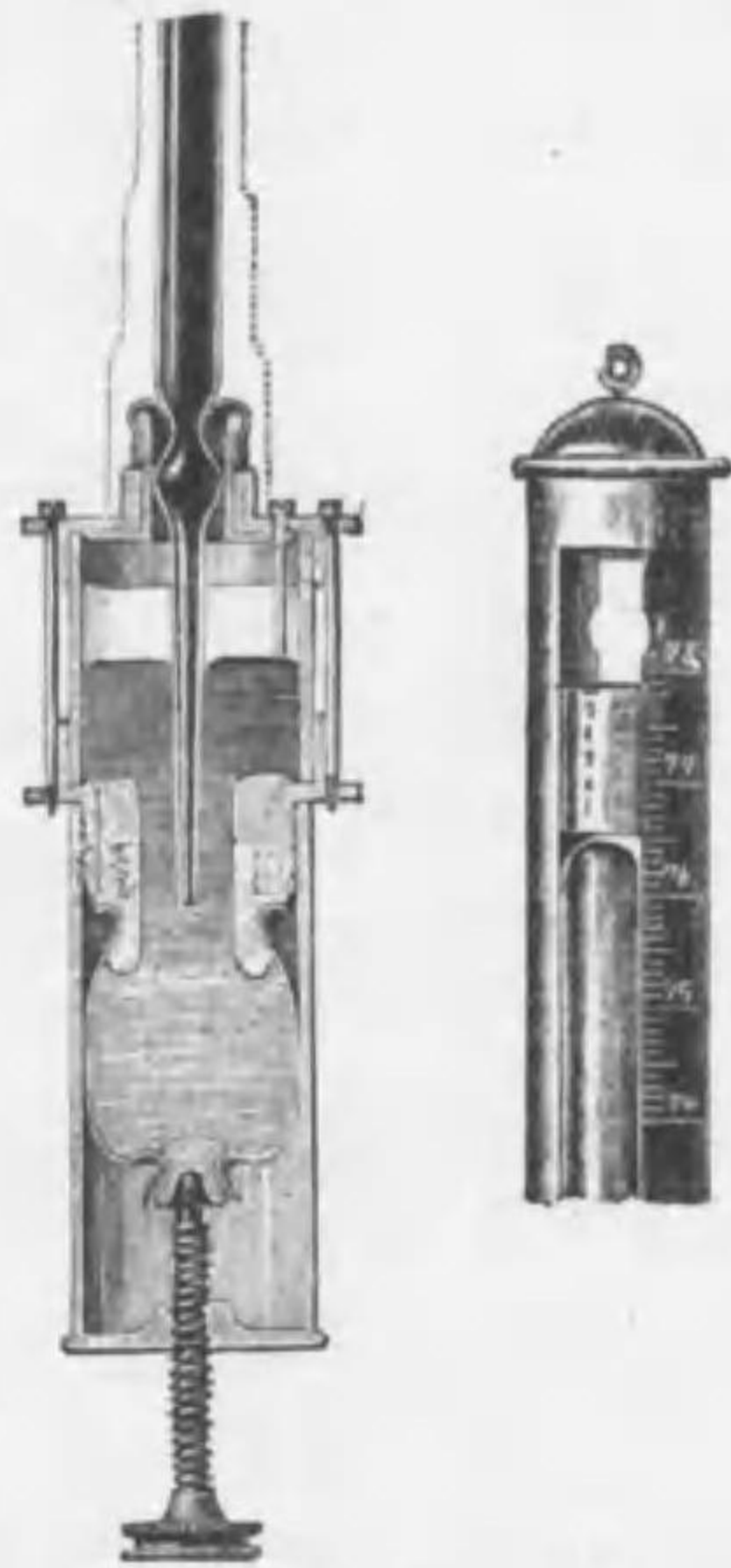
因 求ムル高サヲx糎トスレバ $x \times 0.001293 = 1034$.

$$\therefore x = \frac{1034}{0.001293} \text{ 糎之ヲ里ニ改算スレバ約2里}$$

§ 5 氣壓計 Barometer.

氣壓ヲ測定スル器械ヲ氣壓計又ハ晴雨計ト云フ。精密ニ氣壓ヲ測ル爲メニ普通ニ用フルハFortinノ氣壓計ニシテ其原理ハとりちゑりーノ實驗裝置ヲ便利ナル形ニ變更シタルニ過ギズ。即チ其構造ハ圖ニ示ス如ク底部ニ鞣皮製ノ袋ヲ備ヘタル水銀槽中ニ一端閉ヂタル硝子管ニ水銀

ヲ充タシテ倒立セルモノナリ。
 氣壓ノ變化ニ伴ヒテ水銀柱ハ昇
 降シ從ツテ槽内ノ水銀面ハ上下
 ス而シテ水銀柱ノ高サハ常ニ槽
 内ノ水銀面ヨリ測ルヲ要スルガ
 故ニ槽内ニ指針ヲ固定シ其尖端
 ヲ以テ水銀柱ノ高サヲ測ル標準
 トス。氣壓ヲ測ルニハ先ヅねぢ
 ニ依リテ糝袋ヲ上下シ槽内ノ水
 銀面ヲ丁度針ノ尖端ニ觸ル、様
 ニ調節シタル後柱ニ刻シタル尺
 度(其零點ハ針ノ尖端ト同一水平
 面ニ在リ)ニ依リテ水銀柱ノ高サヲ讀ミ取り得ルナリ。



あねろいど晴雨計 **Aneroid barometer** ハ水銀ヲ用ヒズ金
 屬板ノ歪ニ依リテ氣壓ヲ測ル輕便ナル晴雨計ニシテ其外
 觀及ビ内部ノ構造ハ下圖ニ示スガ如シ。圖中 *K* ハ金屬製
 ノ圓筒ニ伸縮ニ餘裕ヲ與ヘンガ爲メニ圓狀ノ溝ヲ設ケタ
 ル薄キ金屬板ノ蓋ヲ附シ内部ノ空氣ヲ稀薄ニシテ密封シ
 タルモノナリ。蓋ノ中央ニ支柱 *M* ヲ固定シ之ヲばね *P* ニ
 テ支ヘ其彈力ニテ蓋ガ氣壓ノ爲メニ押シ潰サレントスル
 ヲ防グ。 *I* ハ支柱 *M* ノ上端ニ取付ケタル梘子ニシテ其一
 端ハばね *P* ニ固定セラレ他端ハ連結棒 *M* ヲ經テ棒手ニ連



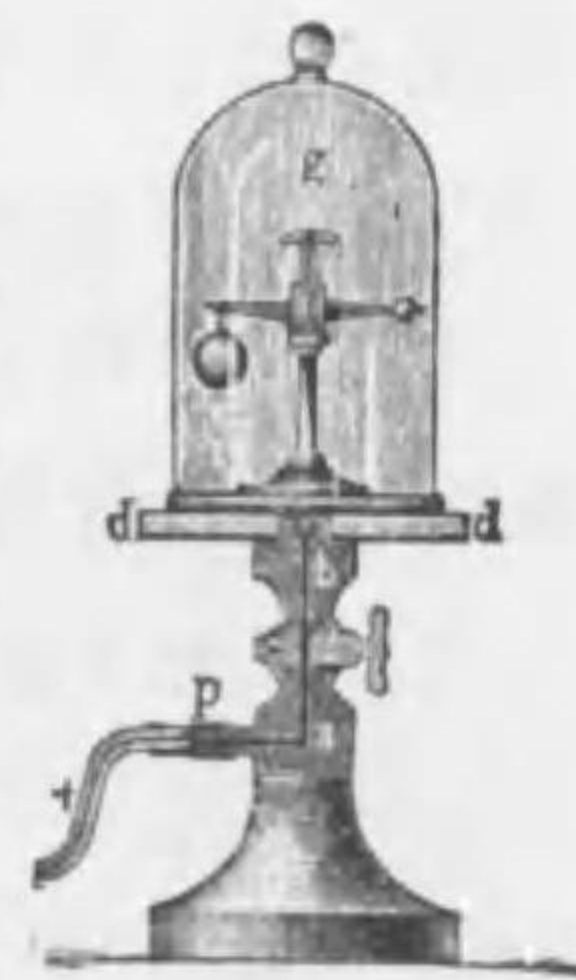
絡ス。又鎖 *S* ノ一端ハ *K* ノ軸ニ固定セル棒ニ連ナリ他端ハ
 指針ノ軸ニ捲キ付ケラル、而シテ此軸ニハ更ニせんまいヲ
 捲ケリ。今氣壓ノ變化ニ依リテ蓋及ビ柱 *M* ガ上下ニ動ケ
 バ此運動ハ棒 *I* 等ヲ經テ指針ニ傳達ス。故ニ豫メ此晴
 雨計ヲ水銀晴雨計ト比較シテ指針ノ指ス圓板上ニ目盛ヲ
 施セバ指針ノ示度ニ依リテ直チニ氣壓ヲ讀ミ取り得ルナ
 リ。

圖 氣壓計ニ晴雨計ノ別名アルハ各地ニ於ケル氣壓ノ配布ガ天候ト
 密接ノ關係アルガ爲メナリ。中央氣象臺ニテハ各地ノ測候所ヨリ日々
 電報ニテ氣壓ヲ報告セシメテ天氣豫報ヲ作ル一般ニ氣壓高ケレバ天氣
 好リ氣壓低ケレバ天氣不長ナリ。特ニ或ル地方ノ氣壓ガ降下シテ所謂
 低氣壓ノ中心トナルトキハ其附近ハ風雨ノ劇シキヲ常トス。斯ノ如キ
 低氣壓ハ移動スルモノニシテ本邦ニ於テハ臺灣ノ南方ヨリ九州四國附
 近ヲ經テ日本海ニ出テ北海道方面ニ向フ場合多シ。故ニ或ル地方ニ於

テ氣壓ノ著シク降下スルハ風雨ノ徴ニシテ、氣壓ノ上昇スルハ天候快晴ノ徴ナリ。然レドモ、一地方ノ天候ハ單ニ氣壓ニノミヨリテ定マルモノニ非ズ地形其他種々ノ事情ノ影響ヲ受クルモノナルガ故ニ上記ハ概略ノ關係ナル事ヲ忘ル可カラズ。

§ 6 空氣ノ浮力 Buoyancy of air.

空氣中ノ物體ハ物體ノ排除セル部分ノ空氣ノ重サニ等シキ上壓即チ浮力ヲ受ク、換言スレバあきめですノ原理ハ氣體内ニ在ル物體ニモ適合スルナリ。次圖ハ之ヲ證スル裝置ニシテ、中心ニ支點ヲ有スル秤桿ノ一端ニ内空ノ金屬球ヲ吊シ他端ニ金屬錘ヲ取付ケタルモノナリ。今球ト錘トガ空氣中ニ於テ釣合ヲ保ツ様ニ錘ノ位置ヲ加減シタル後、全體ノ裝置ヲ空氣中ニ入レテ空氣ヲ排除スレバ球ハ錘ヨリモ大ナル浮力ヲ失ヒテ降下スルヲ見ル可シ。故ニ、空氣中ニ於テ重サ相等シキ種々ノ物體ノ真空中ニ於ケル真ノ重サハ其體積ノ大ナルモノ程大ニシテ、又逆ニ真ノ重サ相等シキ種々ノ物體ヲ空氣中ニ置ケバ體積ノ大ナルモノ程見掛ケノ重サ小トナルヲ知ルナリ。



輕氣球 Balloon ハ空氣ノ浮力ヲ利用シタルモノニシテ、大ナル絹囊ニ護膜ヲ塗リテ氣密ニシ其中ニ水素・石炭瓦斯ノ如キ空氣ヨリモ密度ノ小ナル氣體ヲ充タシタルモノナリ。

リ。氣囊ノ體積大ニシテ浮力大ナルトキハ附屬物ノ重サニ打チ勝チテ氣球ハ上騰シ得ルナリ。

天秤ヲ用ヒテ物體ノ質量ヲ測ルトキ物體及ビ分銅ノ浮力ノ影響ヲ受クルガ故ニ精密ヲ要スル場合ニハ浮力ニ對シテ補正ヲ爲スヲ要ス。今 m ナリテ物體ノ質量、 m' ナリテ空氣中ニ於テ之ト釣合フ分銅ノ質量トシ、 λ, s, s' ナリテ夫々空氣、物體及ビ分銅ノ密度トス。然ルトキハ $\frac{m}{s}$ ハ物體ノ體積ニシテ之ニ働ク浮力ハ $\frac{m}{s}\lambda$ ナリ、故ニ空氣中ニ於ケル物體ノ見掛ノ重サハ $m - \frac{m}{s}\lambda$ ナリ。同様ニシテ分銅ノ空氣中ニ於ケル重サハ $m' - \frac{m'}{s'}\lambda$ ナリ。物體ト分銅トハ空氣中ニ於テ釣合フガ故ニ次式ヲ得



$$m - \frac{m}{s}\lambda = m' - \frac{m'}{s'}\lambda$$

$$\therefore m = m' \frac{1 - \frac{\lambda}{s'}}{1 - \frac{\lambda}{s}}$$

上式ノ分母子ニ $1 + \frac{\lambda}{s}$ ナリテ乘ジ、物體及ビ分銅ノ密度 s, s' ニ比シ、空氣ノ密度 λ ハ小ナルガ故ニ $\frac{\lambda^2}{s^2}$ 及ビ $\frac{\lambda}{s} \cdot \frac{\lambda}{s'}$ ナリテ棄却スレバ

$$m = m' + m' \left(\frac{1}{s} - \frac{1}{s'} \right)$$

即チ、空氣中ニテ物體ヲ秤ルトキハ分銅ノ質量 m' ニ浮力ニ對スル補正トシテ

$$m' \left(\frac{1}{s} - \frac{1}{s'} \right)$$

之ケノ質量ヲ加フルヲ要ス。例ヘバ、真鍮(比重8.4)ノ分銅ヲ用ヒテ水(比重1)ヲ秤ル場合ニ於テ 100 瓦ノ分銅ニテ釣合ヒタルモノトシテ上式ノ

値ヲ計算セン。空氣ノ密度ヲ 0.0012 [瓦・リットル⁻¹]トスレバ

$$100 \times 0.0012 \left(1 - \frac{1}{8.4}\right) = 0.1 \text{ 瓦}$$

即チ水ノ眞ノ重サハ 100.1 瓦ナリ。

例題

(1) 空氣中ニ於テ重サノ相等シキ木片ト鉛塊トハ何レガ眞ニ重キカ。

圖 木片ノ比重ハ鉛塊ノ比重ヨリモ小ナルガ故ニ木片及ビ鉛塊ノ重サガ空氣中ニ於テ相等シキトキハ木片ノ體積ハ鉛塊ノ體積ヨリモ大ナリ。故ニ木片ハ鉛塊ヨリモ大ナル浮力ヲ受ケ、從ツテ木片ノ眞空中ニ於ケル重サ即チ眞ノ重サハ鉛塊ノ眞ノ重サヨリモ大ナルナリ。

(2) 護謨球ニ水素瓦斯ヲ充タシテ放ツトキハ初メハ高ク空中ニ上昇スレドモ後ニハ昇ラザルニ至ル理由及ビ落ち來ル理由如何。

圖 初メ護謨球ノ高ク上昇スルハ球ノ重サガ之ト同體積ノ空氣ノ重サ即チ浮力ヨリモ小ナルガ爲メナリ。而シテ空氣ハ上層ニ進ムニ隨ヒテ稀薄ナルガ故ニ球ガ上昇シテ其重サガ排除セル部分ノ空氣ノ重サニ等シクナレバ球ハ靜止スルナリ。又球内ノ水素ト球外ノ空氣トハ護謨膜ヲ透シテ滲透作用ヲ行ヒ水素ノ球外ニ出ル量ハ空氣ノ球内ニ入ル量ヨリモ大ナルガ故ニ球ハ漸次ニ其體積ヲ減ズルト共ニ重サヲ増シ重サガ浮力ヨリモ大トナルニ至レバ遂ニ降下スルナリ。

(3) 輕氣球ノ袋ニ水素ヲ充タシ直径 10 米ノ球トナストキハ幾斤重ノ上騰力ヲ得ベキカ、但シ空氣ノ重サハ一リニツキ 0.0013 瓦、水素ノ空氣ニ對スル比重ハ $\frac{1}{13}$ 、袋ノ重サ

ハ 1 平方米ニツキ 250 瓦トス。

圖 1 米³ = 10^6 立方センチメートルナルガ故ニ一立方米ノ空氣ノ重サハ 1.3 瓦ニシテ同體積ノ水素ノ重サハ $\frac{1.3}{13} = 0.1$ 瓦ナリ。球ノ全表面ハ $4\pi \cdot 5^2$ 平方米ナルガ故ニ袋ノ重サハ $4\pi \cdot 5^2 \times 0.25$ 瓦ナリ。又球ノ體積ハ $\frac{4}{3}\pi \cdot 5^3$ 米³ナルガ故ニ球内ノ水素ノ重サハ $\frac{4}{3}\pi \cdot 5^3 \times 0.1$ 瓦ニシテ浮力ハ $\frac{4}{3}\pi \cdot 5^3 \times 1.3$ 瓦ナリ。故ニ上騰力 = $\frac{4}{3}\pi \cdot 5^3 (1.3 - 0.1) - 4\pi \cdot 5^2 \times 0.25 = 550$ 瓦 ($\pi = \frac{22}{7}$)

§ 7 ぼいるノ定律 Boyle's law.

氣體ヲ壓搾スレバ其體積ノ減ズル程其壓力ハ大トナル、空氣銃ハ此壓力ノ増加ヲ利用シタルモノナリ。一般ニ容器内ニ密閉セル一定量ノ氣體ノ壓力ハ其温度ト體積トニ依リテ變化ス。温度ノ變化ニ對スル關係ハ後編ニ譲リ、茲ニハ氣體ノ温度一定ナルトキ其壓力ガ體積ノ變化ト共ニ如何ニ變化スルカラ吟味セントス。

此關係ヲ實驗ニ依リテ求ムルニハ圖ニ示スガ如キ裝置ヲ用フ。圖中 cb ハ一端閉ヂタル硝子管ニシテ a ハ兩端開放セル硝子管ナリ。此二ツノ管ヲ圖ニ示ス如ク厚肉ノ護謨管ニテ連絡シ水銀ニテ cb 管内ニ適量ノ空氣ヲ密閉ス (c 端ニ活栓ヲ設クルヲ便ナリトス)。今氣壓ヲ H 耗トシ水銀柱ノ兩端 a, b ノ鉛直距離ヲ h 耗トスレバ密閉セラレタル空氣ノ壓力ハ $H \pm h$ 耗ナリ、但シ此實驗ニ於テ a 管ヲ引キ上ゲタル場合ニハ正號ヲ取り引キ下シタルトキハ負號ヲ取ルハ勿論ナリ。斯ノ如クニシテ壓力ヲ測リ、 cb ノ管側目盛リヲ讀ミテ此壓力ニ對スル空氣ノ體積ヲ測ル可シ。



斯ノ如キ實驗ノ結果トシテ次ノ結果ヲ得
温度不變ナルトキハ、一定量ノ氣體ノ壓力ト體積トハ互ニ逆比例ス

之ヲ發見者ノ名ニ因ミ、ぼいる又ハまりをトシテ Mariotteノ定律ト云フ。今氣體ノ任意ノ壓力ヲ p トシ之ニ相當スル體積ヲ v トスレバ此定律ハ次式ニテ表ハサル

$$p \propto \frac{1}{v} \quad \therefore pv = k \text{ (} k \text{ハ常數)}$$

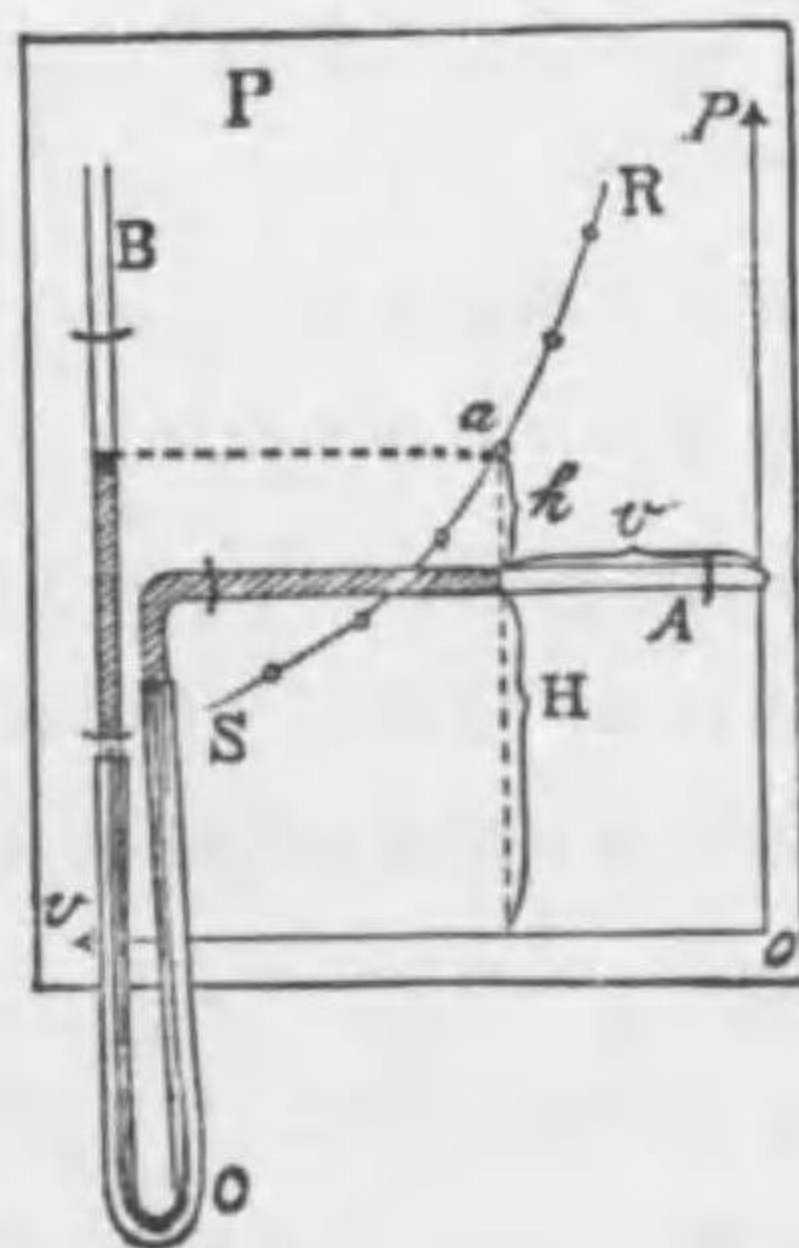
即チ、定温度ニ於ケル氣體ノ體積ト壓力トノ積ハ不變ナリ、
 次ニ氣體ノ密度ヲ d トシ其全質量ヲ m トスレバ $m = vd$ ナルガ故ニ

$$p \frac{m}{d} = k, \quad \therefore d = \left(\frac{m}{k}\right)p$$

茲ニ $\frac{m}{k}$ ハ一ノ常數ナルガ故ニ、ぼいるノ定律ハ又次ノ如ク云ヒ表ハシ得ルナリ。

定温度ニ於ケル一定量ノ氣體ノ密度ト其壓力トハ互ニ正比例ス。

實驗 ぼいるノ定律ヲ實驗ニ徵スルニ圖ニ示スガ如キ輕便ナル裝置アリ。平面板 P ナ鉛直ニ支ヘ板面ニ一端閉ゲタル硝子管 A ナ水平ニ兩端開放セル硝子管 B ナ鉛直ニ取付ケ A, B ノ管口ヲ厚肉ノ護膜管ニテ連絡ス可シ。次ニ硝子管 A 内ニ水銀ニテ適量ノ空氣ヲ密封スルトキハ、此空氣ノ體積 v ハ硝



子管ノ長サニテ讀ミ取り得ベク、其壓力 p ハ氣壓計ノ水銀柱ノ高サ H ト此裝置ニ於ケル兩水銀端ノ鉛直ノ高サ h トノ和 $H+h$ ニ等シ。硝子管 B ナ上下ニ動カシテ壓力ヲ變ズレバ p, v ノ關係ヲ示ス點 a ノ軌跡ハ圖ニ示ス如ク一ノ双曲線トナルヲ見ル可シ。板面ニ鑿メ法眼紙ノ如ク水平及ビ鉛直ノ線ヲ引キ置カバ實驗上便利ナリ。

固 精密ナル測定ニ依レバ、氣體ハ嚴密ニぼいるノ定律ニ從フモノニ非ズ壓力ガ左程大ナラザル間ハ多クノ氣體ハ先ヅ此定律ニ從フモノト看做シ得ルモ、壓力ガ大トナル程此定律ヨリ振レテ生スルナリ。今壓力 p_1 ガ一氣壓ノ時ノ體積ヲ v_1 トシ壓力 p_2 ガ二氣壓トナリシ時ノ體積ヲ v_2 トス。若シ氣體ガ完全ニぼいるノ定律ニ從フトキハ $p_1 v_1 = p_2 v_2$ ニシテ比 $\frac{p_1 v_1}{p_2 v_2} = 1$ ナル可シ。然ルニ實際ノ氣體ニ於テハ此比ガ次表ノ如キ値ヲ有ス

	H ₂	N ₂	O ₂	CO	CO ₂	Hcl	NH ₃	SO ₂
$\frac{p_1 v_1}{p_2 v_2}$	0.999	1.001	1.002	1.003	1.003	1.009	1.019	1.021

壓力チ一氣壓ヨリ二氣壓トスルトキ比 $\frac{p_1 v_1}{p_2 v_2}$ ガ 1 ヨリモ大ナルハ其體積ガ初メノ體積ノ $\frac{1}{2}$ 以上ニ壓縮セラル、事ヲ示シ、此比ガ 1 ヨリモ小ナルハ壓縮ガ初メノ體積ノ $\frac{1}{2}$ ニ達セザル事ヲ示スナリ。

ファンデルワールス
 Van der waals ハ理論上ノ推理ニ依リテ氣體ノ p, v ノ間ノ關係トシテ次式

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v-b) = k, \text{ (} k \text{ハ常數)}$$

ノ成立スル事ヲ見出シタリ、式中 a, b ハ各種ノ氣體ニ特有ナル常數ナリ。上式ヲふあんでるわーるすノ式ト云フ。此式ハ $pv = k$ ナルぼいるノ定律ヨリモ遙ニ能ク事實ニ適合スルナリ。

例題

(1) 水底ヨリ浮キ上リタル球形ノ氣泡ノ直徑ガ二倍ニ

ナリタリトセバ水ノ深サ如何、但シ氣壓ヲ76 糎トス。

圖 球ノ體積ハ其半徑ノ三乗ニ正比例スルガ故ニ氣泡ノ直徑ガ二倍トナルトキハ其體積ハ八倍トナルナリ故ニ x 糎ヲ以テ水ノ深サトシテ水底ニ於ケル氣泡ノ體積トスレバ、 $\frac{1}{8}$ 糎ノ定率ニ依リテ次式ヲ得

$$76 \times 13.6 \times 8v = (76 \times 13.6 + x)v$$

$$\therefore x = 7235 \text{ 糎}$$

(2) とりちゑりーノ真空中ニ少量ノ空氣入りテ一千倍ノ膨脹ヲ爲シタリトセバ、氣壓ヲ示ス水銀柱ノ高サニ幾何ノ相違ヲ生ズルカ、但シ氣壓ヲ760 糎トス。

圖 管内ノ空氣ハ一千倍ニ膨脹シタルガ故ニ其壓力ハ $760 \times \frac{1}{1000} = 76$ 糎トナリ、從テ水銀柱ノ高サニ76 糎丈ケノ相違ヲ生ズルナリ。

(3) 試験管ヲ倒ニシテ水面下2 米ノ深サニ沈ムルトキハ管内ノ空氣ノ密度幾何トナルカ、但シ氣壓ヲ76 糎トス。

圖 水面上ノ空氣ノ密度ヲ1トシ水面ヨリ2 米ノ深サニ於ケル空氣ノ密度ヲ x トス。水面下2 米ノ深サニ在ル點ノ壓力ハ水銀柱ニテ $76 + \frac{200}{13.6}$ 糎ナリ。然ルニ空氣ノ壓力ト密度トハ正比例スルガ故ニ

$$\frac{76}{1} = \frac{76 + \frac{200}{13.6}}{x}$$

$$\therefore x = 1.2 \text{ (約)}$$

即チ水面下2 米ノ深サニ於ケル空氣ノ密度ハ水面ノ密度ノ約1.2 倍ナリ

(4) 切口一樣ニシテ兩端開放セル硝子管ヲ水銀槽中ニ沈メ上端ヨリ10 糎丈ケヲ出シテ上端ヲ密閉シ更ニ70 糎(上端ヨリ80 糎)丈ケ引上ゲタルニ管内ノ水銀柱ハ管外ノ水銀面ヨリ50 糎丈ケ高ク上レリト云フ、此時ノ氣壓如何。

圖 氣壓ヲ x 糎トシ管ノ切口ヲ S 糎²トスレバ、初メノ場合ニハ壓力ハ x 糎ニシテ體積ハ $10S$ 糎³後ノ場合ニハ壓力ハ $x-50$ 糎ニシテ體積ハ $(20-50)S$ 糎³ナリ。故ニ、 $\frac{1}{8}$ 糎ノ定率ニ依リ

$$x \times 10S = (x-50) \times 30S \quad \therefore x = 75 \text{ 糎}$$

(5) 前問ニ於テ氣壓ガ76 糎ナリト與ヘラル、トキハ、硝子管ヲ更ニ70 糎丈ケ引キ上グルトキ管内ノ水銀柱ノ高サ如何。

圖 後ノ場合ニ於ケル水銀柱ノ高サヲ x 糎トスレバ其體積ハ $(80-x)S$ ニシテ其壓力ハ $76-x$ 糎ナルガ故ニ

$$76 \times 10S = (76-x)(80-x)S$$

$$\therefore x^2 - 156x + 5320 = 0$$

此式ヲ解キテ $x = 50.4$ 糎ヲ得、他根ハ80 糎ヨリモ大ナルガ故ニ採ラズ。

§ 8 氣壓計ニヨル高サノ測定 Measurement of

heights by the barometer. 氣壓ハ地上ニ重疊セル氣層ノ重サニ依リテ起ルガ故ニ、大氣ノ上層ニ上ルニ從ヒテ氣壓ハ漸次ニ減少シ從テ空氣ハ稀薄トナルナリ。斯ノ如ク空氣ノ密度ハ一樣ナラザルガ故ニ高サト共ニ氣壓ノ減ズル模様ハ液體ノ場合ノ如ク簡單ナラザルモ、山麓ト山頂トノ氣壓ヲ知レバ山ノ高サヲ算出シ得ルナリ。今山麓ト山頂トニ於ケル氣壓ヲ夫々 b, a 糎トシ、 t ヲ山麓ト山頂トニ於ケル平均ノ溫度、 H 米ヲ山ノ高サトスレバ

$$H = 18400 (1 + 0.004t) \log_{10} \frac{b}{a}$$

圖明 山麓ニ於ケル氣壓ヲ b 糎トス。今大氣ノ溫度ヲ零度ト看做

シ且ツ高サ1米ノ氣柱ノ密度ハ一樣ナリト看做シ得ルモノトス。溫度零度、壓力76糎ノトキノ空氣ノ密度ハ0.001293[瓦・糎⁻³]ナルガ故ニ溫度零度、壓力b糎ナルトキノ空氣ノ密度ハ $0.001293 \times \frac{h}{76}$ ナリ。故ニ壓力b糎ナルトキノ高サ1米ナル氣柱ノ高サハ $100 \times 0.001293 \times \frac{h}{76}$ 瓦ナリ。此重サニ等シキ水銀柱ノ高サヲx糎トスレバ

$$x \times 13.6 = 100 \times 0.001293 \times \frac{h}{76}$$

$$\therefore x = \frac{.1293}{13.6} \times \frac{h}{76}$$

故ニ1米ノ上方ニ於ケル水銀柱ノ高サヲ b_1 トス

$$b_1 = b - \frac{.1293}{13.6} \times \frac{h}{76} = b \left(1 - \frac{.1293}{13.6 \times 76} \right) = kb$$

茲ニkハ括弧内ノ常數ヲ示ス。此常數kノ値ハ高サト共ニ變化セザルガ故ニ、地上ニ米ノ高所ニ於ケル水銀柱ノ高サヲ b_2 糎トスレバ

$$b_2 = kb_1 = k^2b$$

順次同様ニシテ、一般ニH米ノ高所ニ於ケル水銀柱ノ高サヲa糎トスレバ

$$a = k^H b \quad \therefore \log_e a = H \log_e k + \log_e b$$

$$\therefore H = \frac{1}{\log_e k} \log_e \frac{a}{b}$$

上式ニk値ヲ代入シ且ツ對數ノ底數ヲ10トシテ計算スレバ

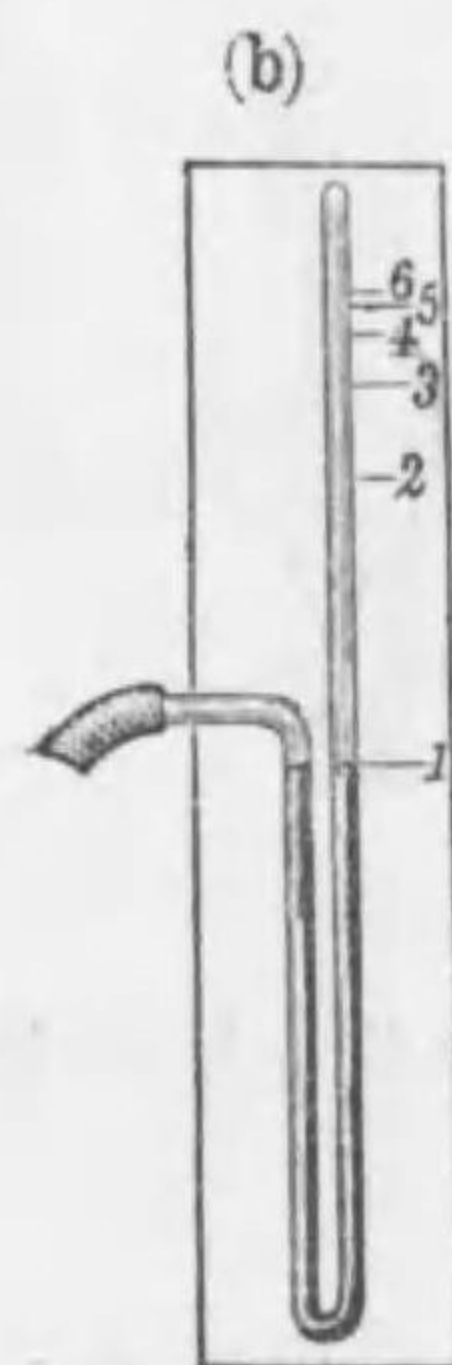
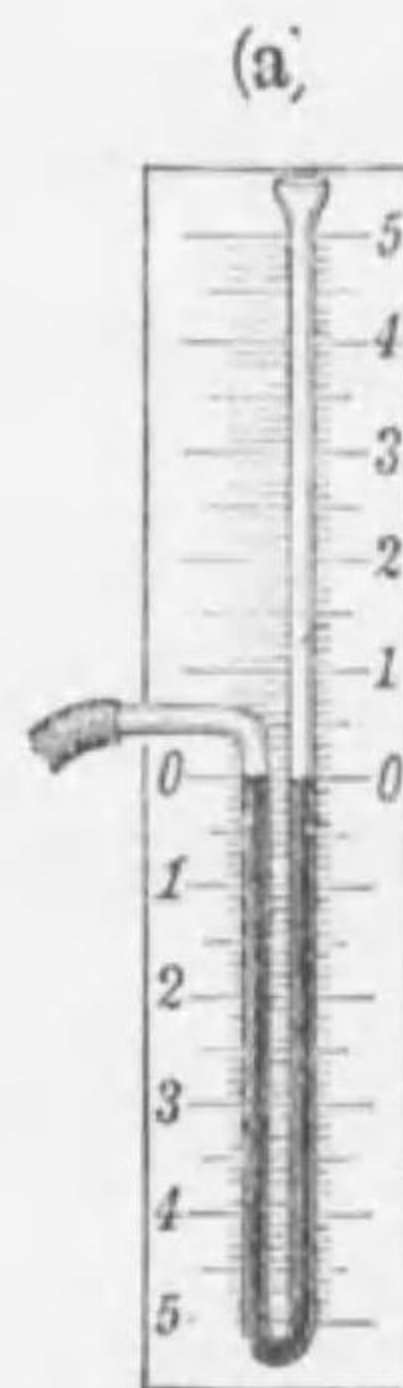
$$H = 18400 \log_{10} \frac{a}{b}$$

上ノ計算ニ於テハ大氣ノ溫度ヲ一樣ニ零度ナリト看做シ且ツ空氣ノ溫度其他高所ニ上ルト共ニ物體ノ重サノ減少スル事等ヲ度外視シタリ。溫度ガ零度ナラザルトキハ前ニ示シタルガ如ク補正トシテ $(1 + 0.004t)$ ナル因子ヲ要スルナリ。

§ 9 壓力計 Manometer.

一般ニ容器内ニ密閉セル氣體ノ壓力ヲ測ル器械ヲ壓力計ト云フ。(a)圖ニ示セルハ所謂開キ壓力計 Open manometerニシテ、兩端開放セルU字硝子管ニ水或ハ水銀ヲ入レ一方ノ管口ヲ厚肉ノ護謨管ニテ壓力ヲ

測ラントスル容器内ノ氣體ニ連絡セルモノナリ。兩脚ニ於ケル液柱端ガ水平ナルトキハ壓力ハ氣壓ニ等シク壓力之ヨリモ大ナルトキハ兩脚ニ於ケル讀ミヲ加ヘテ容器内ノ壓力ヲ求メ得ルナリ。開キ壓力計ハ小ナル壓力ヲ測定スルニ用フ。大ナル壓力ヲ測ルニハ(b)圖ニ示ス如キ閉キ壓力計 Closed manometerヲ用フ、其構造ハU字形ノ硝子管ノ一脚端ヲ閉テ其内ニ液體ニテ空氣ヲ密閉シタルモノナリ。密閉セル空氣ハ之ヲ壓縮スルトキハぼいるノ定律ニ從ヒテ壓力ヲ増加スルガ故ニ豫メ管側ニ1,2,3氣壓等ニ對スル目盛ヲ施シ置ケバ之ニ依リテ直チニ壓力ヲ測リ得ルナリ。



蒸汽罐内ノ蒸汽ノ壓力ヲ測ル等一般ニ工業用ニハ金屬製ノ壓力計ヲ用フ。次圖ニ示セルハ普通ニ使用スル Bourdon^{ノール}ノ金屬壓力計ニシテ、其要部ハ橢圓形ノ切口ヲ有シ圓形ニ曲ゲタル内空ノ金屬管 b ナリ。此管ノ一端 c ハ閉塞シテ指針ニ連絡シ、他端 a ハ活栓 h ヲ通シテ壓力ヲ測ラントスル場所ニ連通セリ。管内ニ壓力ヲ加フルトキハ管ノ切口ガ圓形トナラントシ之ト共ニ管ハ眞直ニ延ビントスル結果 c 端ハ右方ニ動き指針ハ廻轉シテ壓力ヲ示スナリ。

例題

(1) 開キ壓力計ニ水ヲ入レテ之ヲ瓦斯管ニ連結シタルニ水柱ノ高さノ差 12 糎ナリシト云フ、瓦斯ノ壓力如何。但シ氣壓ヲ 75 糎トス。

圖 高さ 12 糎ノ水柱ヲ水銀柱ニ直セバ $\frac{12}{13.6}$ 糎ナルガ故ニ、求ムル壓力ハ $75 + \frac{12}{13.6} = 75.9$ 糎(約)ナリ。

(2) 閉テ壓力計ニ水銀ヲ入レテ之ヲ壓力ヲ測ラントスル場所ニ連通シタルニ、水銀柱端ノ高さノ差 10 糎ナリシ



云フ、器中ノ壓力如何。但シ器中ノ壓力一氣壓ノトキ水銀柱端ハ水平トナリ、且ツ管 $C'B'$ ノ長さハ 20 糎ナリトス。

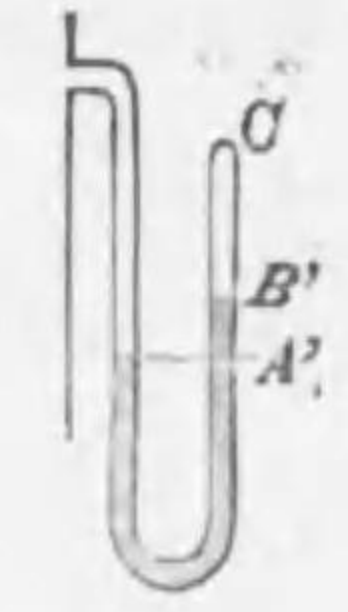
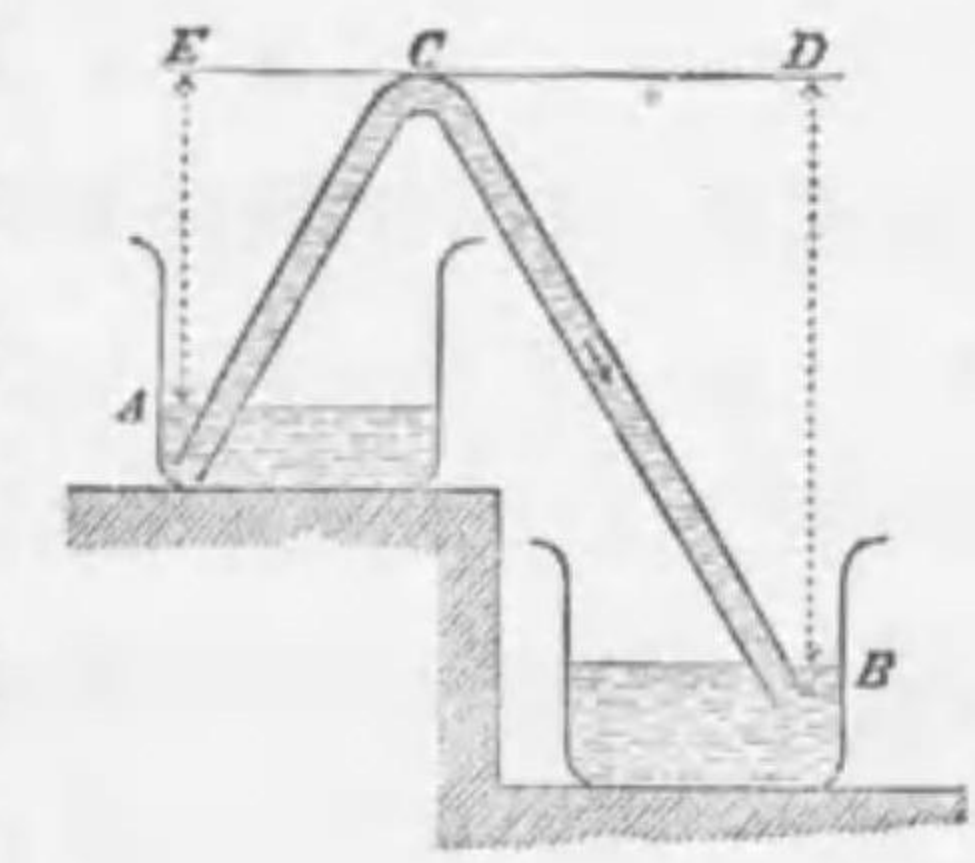


圖 水銀柱端ニ 10 糎ノ高さノ差ヲ生ズル爲メニハ兩水銀柱ガ上下ニ 5 糎宛移動シタル事ヲ示スナリ。故ニ密閉セル空氣柱ノ長さハ初メ器中ノ壓力一氣壓ノトキ 25 糎ナリシヲ知ル。故ニ、求ムル壓力ヲ x 糎トスレバ、 h 糎ノ定律ニ依リテ

$$25 \times 70 = 20(x - 10) \quad \therefore X = 105 \text{ 糎}$$

§ 10 **さいふせん** Siphon.

さいふせんハ長短二脚ヲ有シ兩端開放セル曲管ニシテ、高所ノ水ヲ低所ニ移スニ用フルモノナリ。短脚ヲ液中ニ沈メ長脚ノ管口ヲ吸ヒテ管内ニ液ヲ充タセバ液ハ受器ニ流出スルナリ。



今此理由ヲ考フルニ、管内ノ液ハ器中ノ液ニ連絡セルガ故ニ管内ノ C 點ノ壓力ハ A 液面ニ働ク氣壓ヨリ高サ AE ナル液柱ノ壓力丈ケ小ニシテ B 水平面ニ於ケル管内ノ液柱端ノ壓力ハ C 點ノ壓力ヨリ高サ DB ナル液柱ノ壓力丈ケ大ナリ。即チ管内ノ液體ガ長脚ノ管口ヨリ流出セントスル壓力ハ氣壓ヨリモ兩脚ノ鉛直ノ高さノ差 $BD - AE$ 丈ケノ高さノ液柱ノ壓力丈ケ大ニシテ長脚ノ

管口 = 働キテ液體ノ流下ヲ止ムル壓力ハ氣壓 = 等シ。故
 = 液體ハ此壓力ノ差 = 依リテ長脚ノ管口ヨリ流下スルナ
 リ。此壓力ノ差ハ短脚ノ高サ AE = ハ無關係ナルモ若シ
 AE ガ 10.34 米ヨリモ大ナルトキハ C
 部 = とりちゑりーノ真空ヲ生ズルガ故
 = さいふゑんハ働カザル = 至ル。



圖 = 示セルハ所謂間歇さいふゑん
 Intermittent siphon ト稱スル装置 = シ

テ、硝子瓶内 = 一ノ小さいふゑんヲ取付
 ケタルモノナリ。此さいふゑんノ短脚ノ管口ハ瓶ノ底 =
 近ク、長脚ハ瓶ノ底部ノ栓ヲ貫通セリ。瓶 = 水ヲ入ルレバ
 水位ハ管ノ内外 = 於テ一様 = 高マリテさいふゑんノ最高
 點 = 達スレバ水ハ長脚ノ管口ヨリ流出スル = 至ル。水ヲ
 連續的 = 供給シ且ツ供給ノ割合ガ流出ノ割合ヨリモ小ナ
 ルトキハ水ハ水位ガ短脚ノ管口 = 達スル迄流出スルナリ。

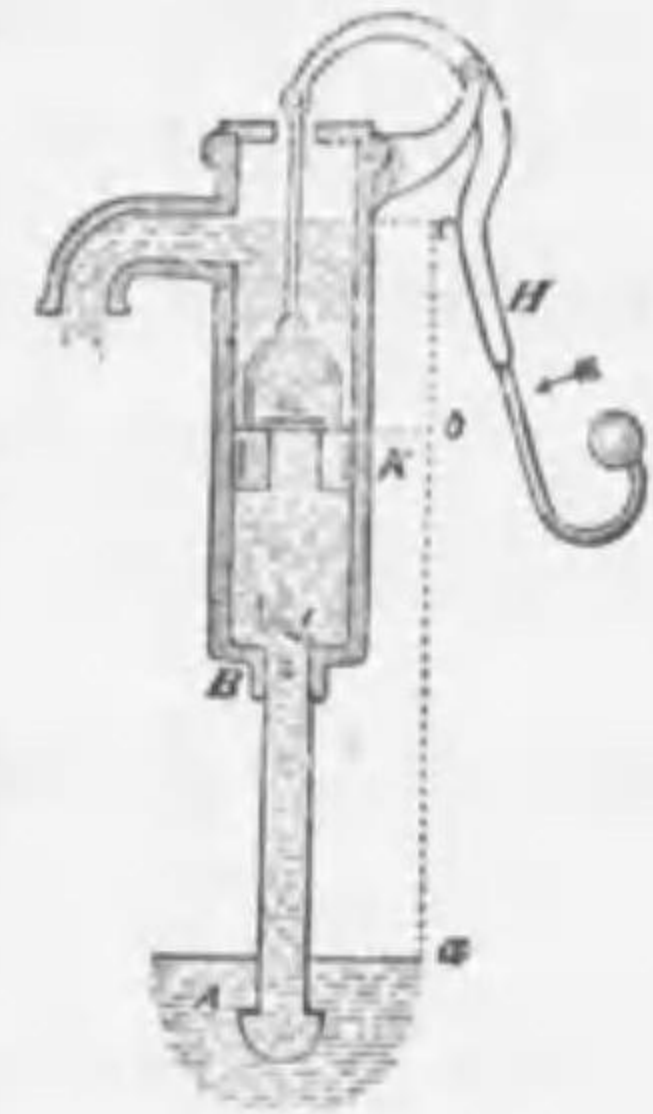
然ル後さいふゑんノ働キ止ミテ水ハ再ビ瓶内 = 貯ヘラ
 レテ上述ノ作用ヲ反覆シ水ハ間歇的 = 流出スルナリ。

§ 11 **水ぼんぶ** Water pump.

水ぼんぶハ氣壓ヲ利用シテ水ヲ高處 = 揚グル = 用フル
 器械 = シテ、吸揚ぼんぶ Suction-pump 及ビ押揚ぼんぶ Force-
 pump ノ二種アリ

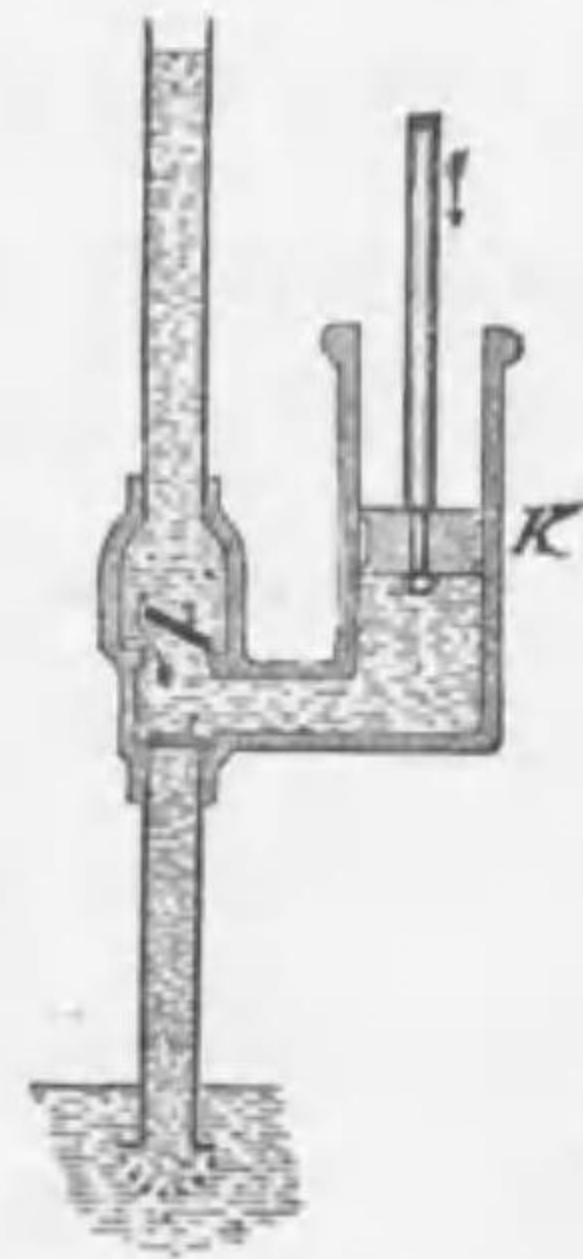
吸揚ぼんぶハ井水ヲ吸揚グル場合等 = 用フルぼんぶ =

シテ、其構造ノ要部ハ圓筒ト其内 = 密着
 シテ上下 = 動キ得ル活塞トヨリ成ル。
 圓筒ノ底部ト活塞ト = ハ上方 = ノミ動
 キ得ル瓣 Valve 1 及ビ 2 ヲ備へ、且ツ活
 塞ヲ動かス爲メ = 之 = 梃子 H ヲ附セリ
 初メ活塞ヲ下ゲテ圓筒ノ底部 = 接セシ
 メタル後之ヲ引キ揚グレバ活塞ノ下部
 = 空所ヲ生ジ水ハ氣壓ノ爲メ = 瓣 1 ヲ



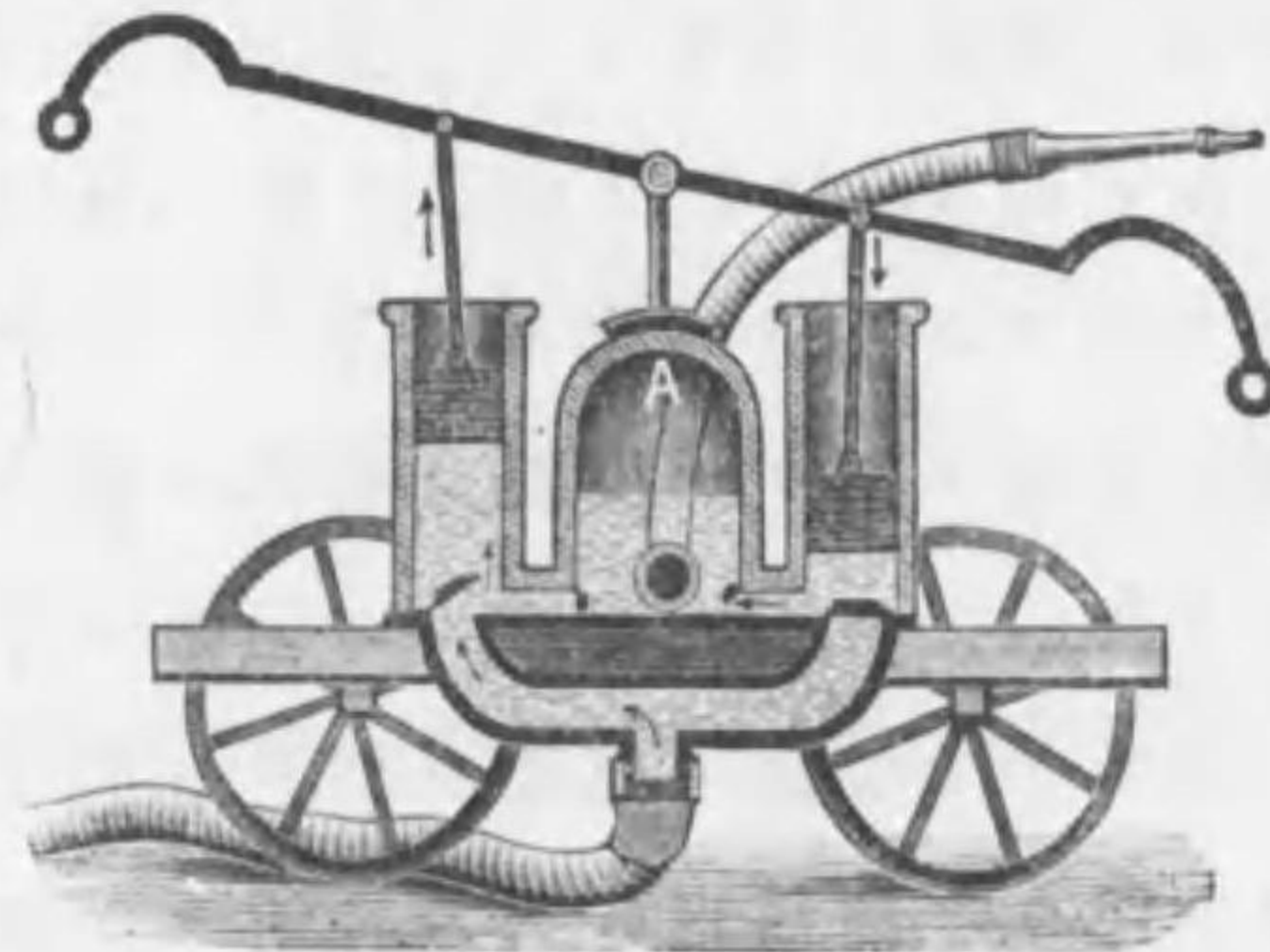
押シ開キテ圓筒内 = 入ル。次 = 活塞ヲ押シ下グレバ瓣 1
 ハ閉テ圓筒内ノ水ハ瓣 2 ヲ押シ開キテ活塞ノ上 = 出テ次
 回 = 活塞ヲ揚グルトキ吐口ヨリ流出スルナリ。吸揚ぼん
 ぶ = テ水ヲ吸揚ゲ得ル高サ 10.34 米ヲ

超ユルヲ得ザル事明カナリ。石油ノ汲
 上ゲ、鑛山ノ排水等一般 = 水ヲ高所 = 揚
 グル = ハ押揚ぼんぶヲ用フ。此ぼんぶ
 = 於テハ活塞 = ハ瓣ヲ附セズシテ第二
 ノ瓣ハ圖 = 示ス如ク水ヲ押シ揚ゲント
 スル管ノ底部 = 附セリ。此ぼんぶ = 於
 テ活塞ヲ引キ揚ゲテ水ヲ圓筒内 = 導ク



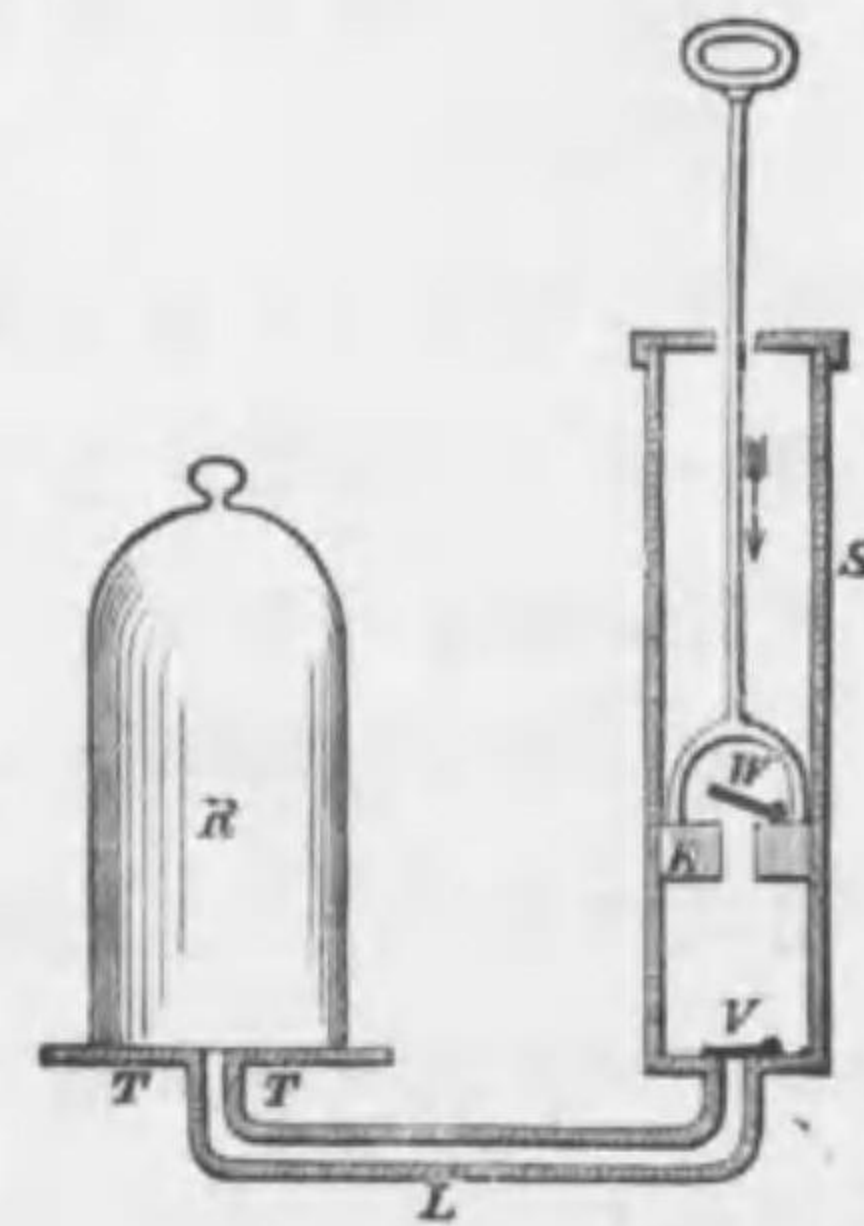
作用ハ吸揚ぼんぶト同様ナルモ、活塞ヲ
 押シ下ゲテ水ヲ管 = 沿ウテ押シ揚グル = ハ大ナル力ヲ要
 スルナリ。

押揚ぼんぶ = 於テハ活塞ヲ押シ下グルトキ = ノミ水ハ
 間歇的 = 吐口ヨリ流出スルナリ。 押上ぼんぶ = 空氣室
Air chamberヲ設クレ
 ハ水ヲ間斷ナク噴出
 セシメ得ルナリ。 普
 通 = 用フル消火ぼん
 ぶ Fire pump ハ二個
 ノ押上ぼんぶヲ連結
 シ且ツ空氣室 Aヲ設
 ケタルモノナリ。 梃子ヲ上下 = 動かセバ左右ノぼんぶハ
 交互 = 働キテ水ヲ中央ノ空氣室 = 送り室内ノ空氣ハ壓縮
 セラレテ水面ヲ壓シ水ハ間斷ナク管外 = 噴出スルナリ。



§ 12 **空氣ぼんぶ** Air pump.

空氣ぼんぶハ密閉セル器中ノ
 空氣ヲ排除スル器械 = シテ、其構
 造ハ圖 = 示スガ如ク其作用ハ吸
 揚ぼんぶト同様ナリ。 圖中 Sハ
 圓筒、Kハ其内 = 氣密 = 上下シ得
 ル活塞、Wハ上方 = ノミ動キ得
 ル瓣、Lハ導管、Rハ硝子鐘 = シテ
 Tハ臺ナリ。 活塞ヲ圓筒ノ底面
 = 接シタル後引キ上グレバ圓筒



内 = 空所ヲ生ズルガ故 = 鐘内ノ空氣ハ圓筒ノ瓣ヲ排シテ
 其内 = 進入ス。 次 = 活塞ヲ押シ下グレバ圓筒内ノ空氣ハ壓縮
 セラレ活塞ノ瓣ヲ押シ開キテ脱出ス。 故 = 活塞ヲ上下
 = 動かセバ鐘内ノ空氣ハ漸次 = 抽出セラル、ナリ。

今 Vヲ以テ硝子鐘及ビ導管ノ容積トシ、vヲ以テ圓筒内
 = 於テ活塞ノ動キ得ル容積トスレバ活塞ヲ引キ上ゲシ後
 = ハ體積 Vノ空氣ガ體積 V+vトナルナリ。 故 = P₀、P₁ヲ以
 テ活塞ヲ引キ上グル前後 = 於ケル鐘内ノ壓力トスレバほ
 いるノ定律 = 依リ

$$P_0 V = P_1 (V+v) \quad \therefore P_1 = P_0 \frac{V}{V+v}$$

同様 = シテ活塞ヲ第二回目 = 引キ上ゲシ後ノ鐘内ノ壓力
 ヲ P₂トスレバ

$$P_2 = P_1 \frac{V}{V+v} = P_0 \left(\frac{V}{V+v} \right)^2$$

次 = 活塞ヲ第 n 回目 = 引キ上ゲシ後ノ鐘内ノ壓力ヲ P_nト
 スレバ

$$P_n = P_0 \left(\frac{V}{V+v} \right)^n$$

上式 = 於テ $\frac{V}{V+v} < 1$ ナルガ故 = 活塞ヲ上下 = 動かス度數
 nヲ大 = スル程 P_nハ限リナク小トナルガ如シト雖モ、實際
 = 於テハ下記ノ二ツノ理由 = 依リテぼんぶノ作用止ミ活
 塞ヲ上下スルモ鐘内ノ空氣ハ最早圓筒内 = 進入シ能ハザ

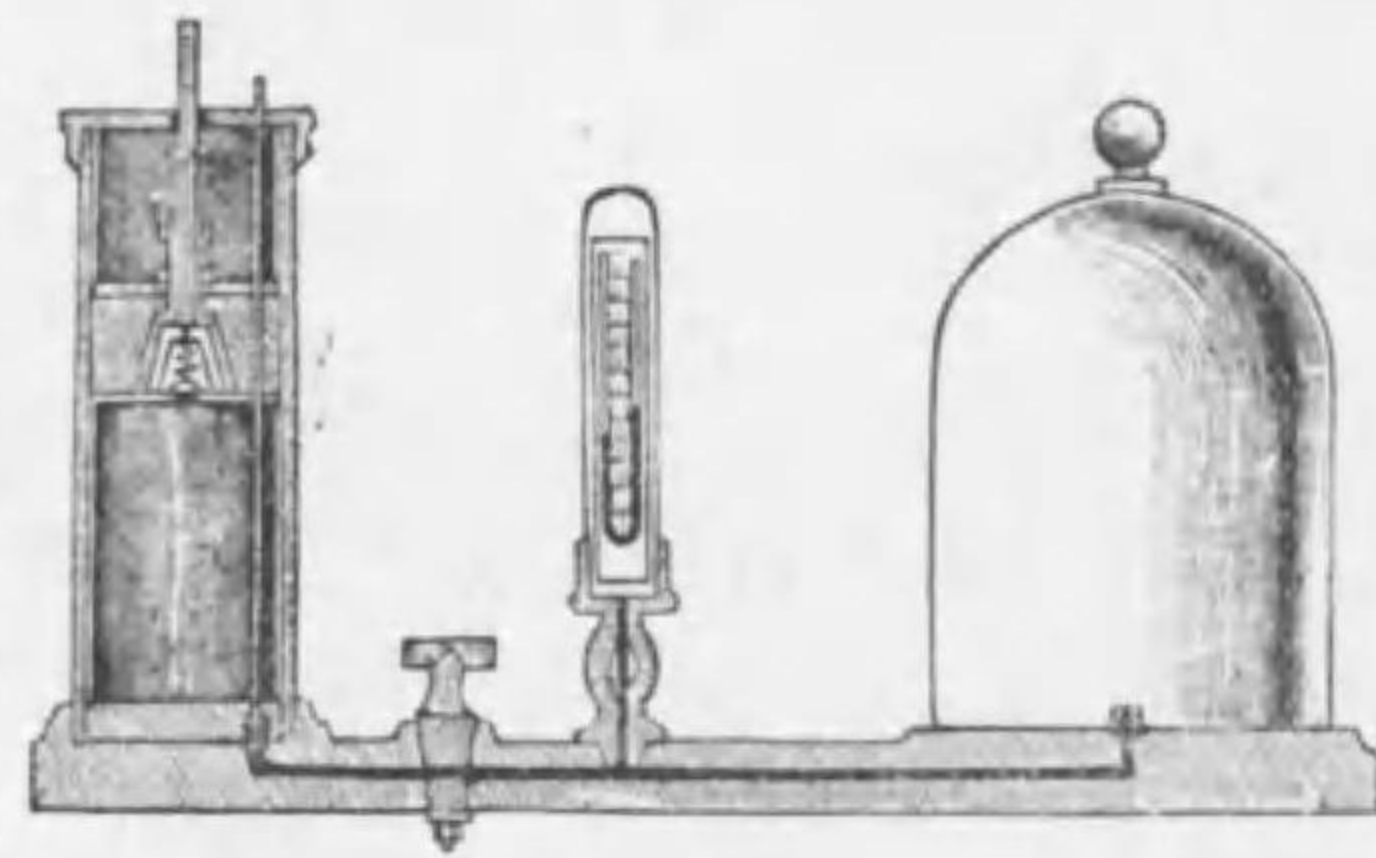
ルニ至ル。

第一 圓筒ノ底部ニ設ケタル瓣 V ハ幾分カ重サヲ有スルガ故ニ鐘内ノ空氣ノ壓力ガ減少スルト共ニ空氣ハ遂ニ之ヲ押し上ゲ能ハザルニ至ル。

第二 活塞ヲ押し下グルトキ其底面ト圓筒ノ底面ト完全ニ密着スルハ不可能ニシテ其間ニ多少ノ空隙ヲ存ス可シ。

故ニ活塞ヲ押し上グルトキ此空隙ニ壓縮セラレシ空氣ハ圓筒内ニ擴ガリテ真空ヲ生ゼズ從ツテ假令瓣 V ニ重サナシトスルモ鐘内ノ空氣ハ瓣 V ヲ押し上ゲ能ハザルニ至ル可シ。

圖ニ示セルハ圓筒ノ底部ノ瓣ガ重サヲ有スル爲メニ起ル缺點ヲ避クル爲メニ此瓣ヲ活塞ノ運動ニ依リテ開閉セシムルは、

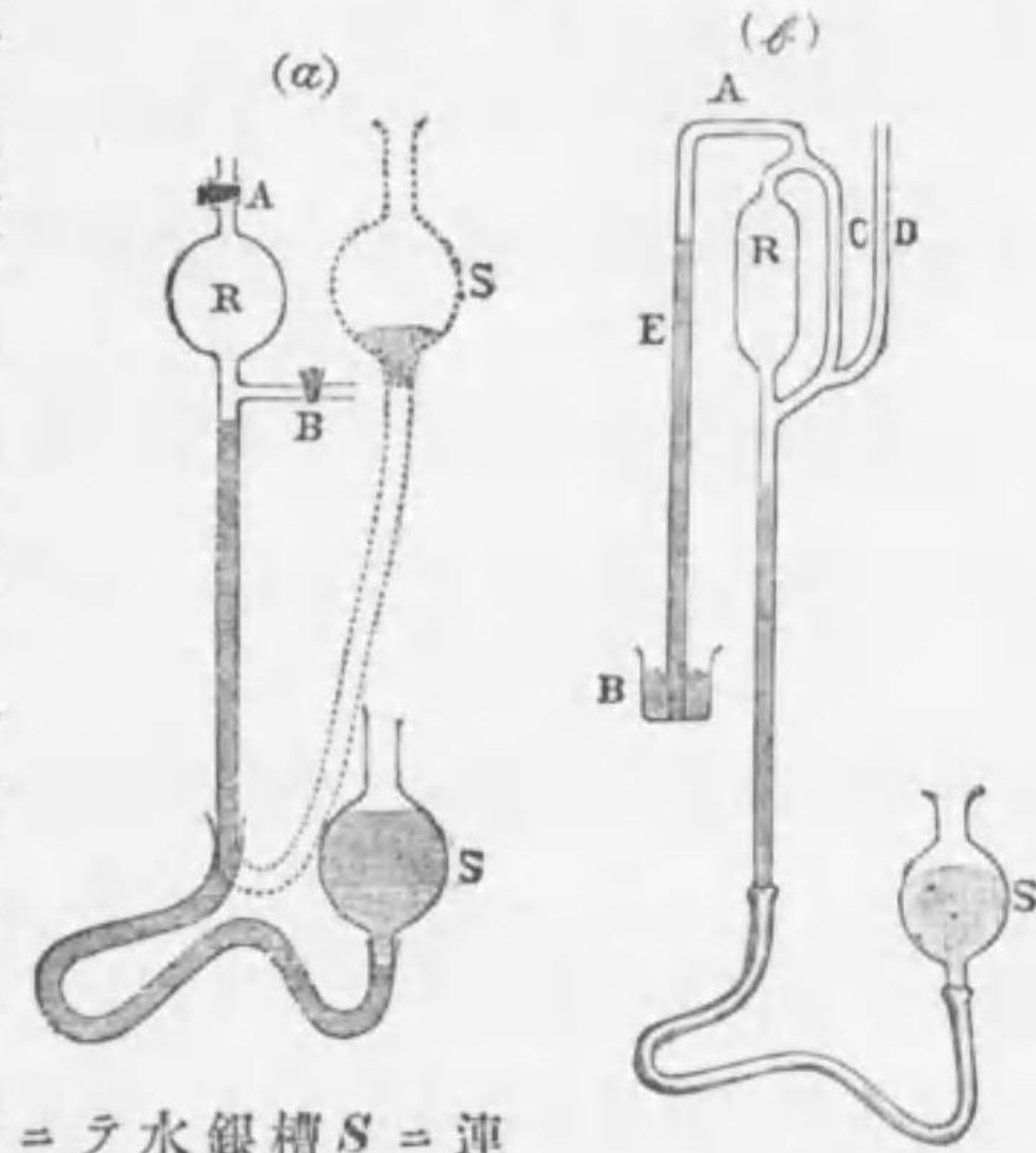


んぶナリ。活塞ヲ氣密ニ貫ケル棒ヲ設ケ其下端ニ瓣ヲ附シ其上端ニ近ク圓筒ノ蓋ニ對シテ止メ短キ横棒ヲ附セリ而シテ此棒ハ活塞ニ對シ摩擦ニテ支持セラル。活塞ヲ下グルトキハ活塞ハ棒ヲ伴ヒテ瓣ハ閉ヂ次ニ之ヲ上グルトキハ棒モ亦少シ上リテ瓣ハ開クナリ。

§ 13 水銀ほんぶ Mercury pump.

前記ノ器械的ほんぶニ於テハ活塞ト圓筒ノ底部トノ間ノ空隙ノ爲メニ高度ノ真空ヲ得ルニ適セズ。高度ノ真空ヲ得ルニハ通常水

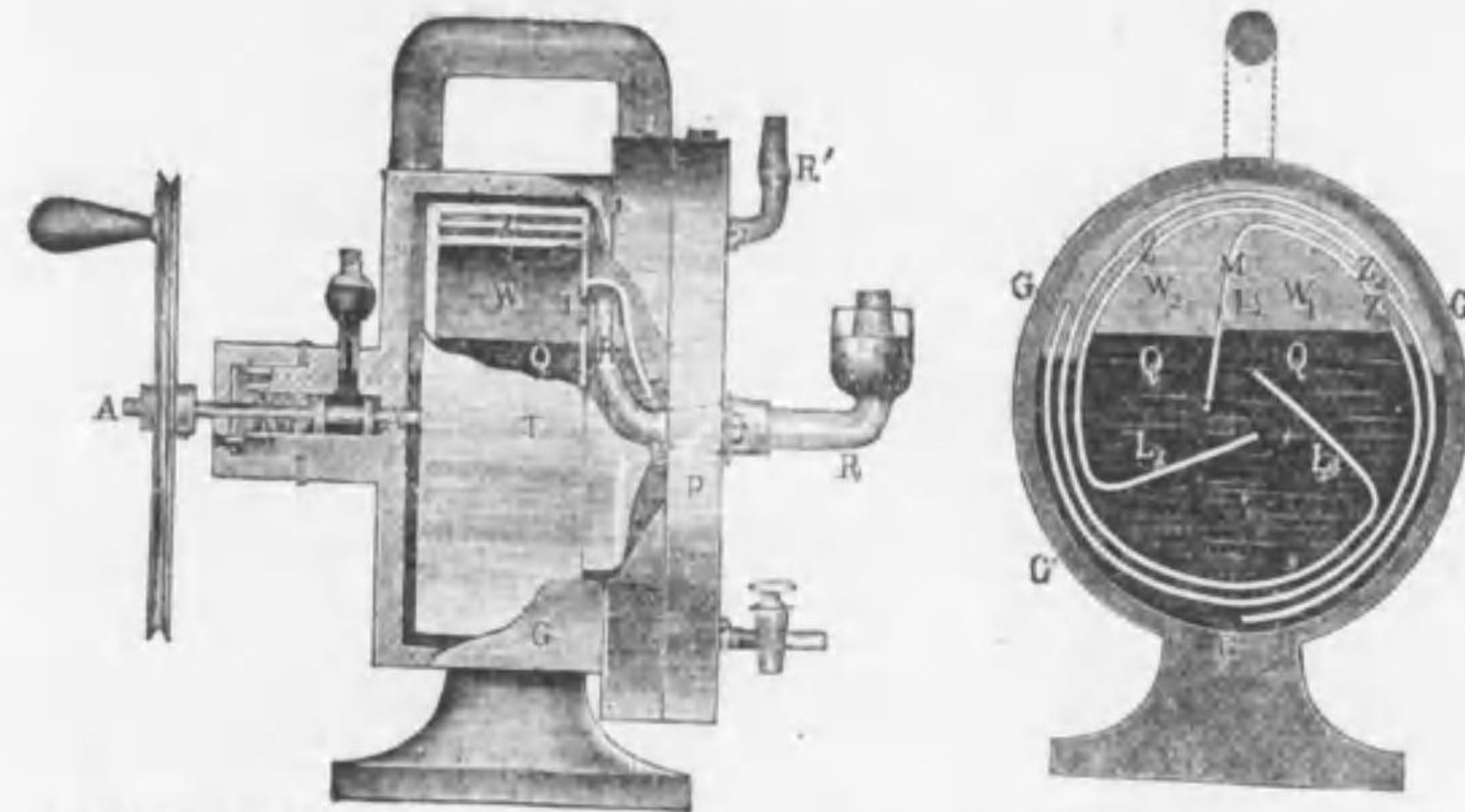
銀ほんぶヲ用フ。(a)圖ニ示セルハGeisslerノ水銀ほんぶニシテ其原理ハとりちゑりーノ真空ヲ利用シタルモノナリ。長サ一米許リノ硝子管ノ上端ニ硝子球 R ヲ附シ管ノ下端ヲ厚肉ノ護謨管ニテ水銀槽 S ニ連



結セリ。而シテ A ノ上部ト空氣ヲ排除ス可キ器ニ通ズル側管トニ活栓 A, B ヲ附セリ。此ほんぶヲ使用スルニハ先ヅ A ヲ開キ B ヲ閉ヂテ S ヲ持ち上グ R 内ノ空氣ヲ排除スルト共ニ水銀ヲ充タス可シ。次ニ A ヲ閉ヂテ S ヲ下グレバ R ニとりちゑりーノ真空ヲ生ズ故ニ B ヲ開ケバ空氣ヲ排除ス可キ場所ノ空氣ハ R ニ進入スルナリ。再ビ B ヲ閉ヂ A ヲ開キテ前ノ方法ヲ反覆スレバ漸次ニ空氣ヲ排除シ得ルナリ。

(b) 圖 = 示セルハ ^{トエプラー} Toepler ノ水銀ポンプ = シテ、がいすれるノポンプ = 於ケル活栓ヲ開閉スルノ煩ヲ除キタルモノナリ。硝子球 R ノ上下ヲ側管 C = テ連絡シ其上端ハ長ク一米許リノ硝子管 E = 連ナリ此管ノ管口ハ水銀槽 B = 沈ム。管 D ハ空氣ヲ排除ス可キ場所 = 連結スル硝子管 = シテ其他ハがいすれるノポンプト同様ナリ。今槽 S ヲ揚グレバ水銀ハ先ヅ D 管ノ底部 = 入りテ抜ク可キ場所ト R トノ連絡ヲ絶ツ。尙ホ S ヲ揚グレバ水銀ハ R 及ビ C ヲ充タシテ E 管ヨリ空氣ヲ追ヒ出シテ B 器 = 送り大氣中 = 放出セシム。次 = S ヲ下グレバ E 管ノ上部及ビ R, C = とりちゑりノ真空ヲ生ジ、空氣ハ C 管ヲ通ジテ R ノ上部 = 吸ヒ入レラル、ナリ。若シ C 管ヲ設ケザレバ初メノ間 = 多量ノ空氣ガ R ノ底部ノ水銀ヲ潜リテ盛 = 其上部ノ真空内 = 噴出スル結果水銀ヲ動搖セシメテ硝子壁ヲ破ルノ患ヒアルナリ。又 R, C ノ上部ノ連結管ヲ圓 = 曲ゲタルハ C 管ノ下部ノ水銀ガ空氣ト共 = 強ク R 内 = 送り込マル、 = 際シ管壁 = 衝突スル事ヲ防ガシメンガ爲メナリ。

^{グーデ} Goede ノ水銀ポンプハ近時一般 = 流布セル頗ル便利ナルモノ = シテ、其構造ハ下圖 = 示スガ如シ。圖中 G ハ鑄鐵製ノ圓筒 = シテ其前面ヲ厚キ硝子板 = テ氣密 = 蔽ヒ其内 = 大凡 $\frac{2}{3}$ 位ノ高サマデ水銀ヲ充タセリ。 T ハ切口 = テ示スガ如キ三重ノ陶器製ノ圓筒 = シテ、其支軸 AA ヲ手又ハ



電氣發動機 = テ廻轉スルナリ。 R ハ空氣ヲ排除ス可キ場所 = 連絡スル管、 R' ハ空氣ノ吐口 = シテ其内口ハ陶器圓筒ノ外部ノ場所 = 連通セリ。陶器圓筒ハ大小ノ二室 = 分レ、小室ノ上部ハ連通管 R = テ空氣ヲ抜ク可キ場所 = 連絡セリ。大室ハ更 = 隔壁 M = テ三ツノ室 W_1, W_2, W_3 = 區分セラレ各室ハ小孔 L_1, L_2, L_3 = テ小室 = 連絡セリ。今圓筒ヲ時針ト反對ノ方向 = 廻轉スレバ室 W_1 ハ漸次 = 廣クナルト共 = 孔 L_1 ヲ通ジテ管 R = 連絡セル場所ノ空氣ヲ吸入ルナリ。暫時 = シテ W_1 ガ W_2 ノ位置 = 達シ孔 L_1 ハ水銀内 = 沈ミテ W_1 ハ密閉セラレ其内ノ空氣ハ圓筒ノ廻轉ト共 = 壓縮セラレテ圓筒内 = 逐ヒ出サル、ナリ。引キ續キ圓筒ヲ廻轉スレバ各室ガ順次同様ノ作用ヲ爲シテ空氣ヲ排除シ得ルナリ。此ポンプハ單獨 = テハ用ヲ爲サズ吐口 R' ヲ補助ポンプ = 連結シテ排出スル空氣ヲ吸出スヲ要スルナ

リ。何トナレバ、圖ノ位置ニ於テ水銀中ニ沈メル室 W_2 ガ圓筒ノ廻轉ト共ニ W_1 ノ位置ニ達スルトキ此所ニとりち
 るりノ真空ヲ生ズル爲メニハ圓筒外ノ水銀面ニ働ク氣
 體ノ壓力ガ少クトモ一纏内外ナルヲ要スベケレバナリ。

第三編

熱

第一章

温度及ビ熱

§ 1 温度及ビ熱 Temperature and heat.

一ノ物體ヲ熱シ或ハ之ヲ冷却シテ之ニ觸ル、トキハ、手ハ物體ヲ熱シ或ハ冷却シタル程度ニ應ジテ熱・温・微温・冷寒 (hot, warm, tepid, cool, cold) 等ノ感ジヲ受ケ、物體ノ寒暖ニ種々ノ程度アルヲ知ル。物體ノ此寒暖ノ度ヲ温度ト云フ、例ヘバ湯ハ水ヨリモ温度高シト云フガ如シ。

温度ノ高キ物體甲ト温度ノ低キ物體乙トヲ接觸スレバ甲ノ温度ハ降リ乙ノ温度ハ昇リテ遂ニ二物體ノ温度均一トナル。此現象ヲ説明スルガ爲メニ熱ト稱スル一種ノ量ガ接觸面ヲ通ジテ甲ヨリ乙ニ流入シタルモノト考フ。サレバ、一物體ノ含有スル熱ノ多少ニ依リテ其温度ノ高低ヲ起スモノナルヲ知ルナリ。

熱ガ高温度ノ物體甲ヨリ低温度ノ物體乙ニ移ルハ恰モ水位ノ異ナル水桶甲乙ヲ管ニテ連通スルトキ水ガ水位ノ高キ桶ヨリ水位ノ低キ桶ニ流レ移ルガ如シ。而シテ水桶甲乙ガ同一ノ水位トナリテ水流止ムトキニ桶ノ水量ハ必

ズシモ相等シカラザルガ如ク、同溫度トナレル甲乙二物體ノ有スル熱量ハ必ズシモ相等シカラズ、例ヘバ甲乙ガ同種類ノ物質ニシテ甲ガ乙ノ n 倍ノ質量ヲ有ストセバ甲ハ乙ノ n 倍ノ熱量ヲ有スルガ如シ。又連絡セル水桶甲乙ニ於テ水ハ水量少キモ水位ノ高キ桶ヨリ水位ノ低キ桶ニ向ツテ流ル、如ク、二物體ヲ接觸スルトキ熱ハ熱量少キモ溫度ノ高キ物體ヨリ溫度ノ低キ物體ニ向ツテ流ル、ナリ。之ヲ要スルニ、水ノ流レガ水位ノ高低ニ依リテ定メラレ必ズシモ水量ノ多少ニ關セザルガ如ク、熱ノ移動モ亦溫度ノ高低ニ依リテ定メラレ必ズシモ熱量ノ多少ニ關セザルナリ。

斯ノ如ク、溫度及ビ熱量ハ水位及ビ水量ニ酷似スルモ、此比喻ニ對シテ深ク注意ス可キ一事ハ水ハ物質ナルモ熱ハ物質ニ非ザル事ナリ。此事ハ物體ノ重サガ溫度ノ高低ニ關セザル事實ニ徴シテ明カナリ。後章ニ於テ詳述スル如ク物體ノ有スル熱ハ物體ノ分子ノ運動ニ起因スルモノニシテ分子運動ノ烈シキ程熱量ハ大トナルナリ。

熱ハ物體ノ分子運動ヲ烈シクシテ其溫度ヲ高メ、又之ヲ膨脹セシメ或ハ状態ヲ變ベシムル等ノ効果ヲ有スルナリ。

§ 2 寒暖計 Thermometer.

物體ノ溫度ノ高低ハ略ボ吾人ノ感覺ニ依リテ之ヲ判定シ得ベシト雖モ、吾人ノ體温ハ一定ニ非ズ且ツ此方法ハ不正確ニシテ信頼スルニ足ラズ。

實驗 1 温湯、微温湯及ビ冷水ヲ三ツノ桶ニ入レ、右手ヲ温湯ニ左手ヲ冷水ニ沈メ暫時ノ後、雙手ヲ同時ニ微温湯中ニ沈ムレバ右方ハ冷ニ左手ハ暖ニ感ズベシ。此實驗ニ依リテ、吾人ノ感覺ノ信頼スルニ足ラザルヲ知ル可シ。

實驗 2 一室内ニ在リテ同溫度ヲ有スル金屬片及ビ木片等ニ觸ルルニ金屬片ハ木片ヨリモ寒冷ニ感ズ。又是等ヲ同溫度ニ熱シテ觸ル、ニ金屬片ハ木片ヨリモ熱ク感ズ。此理由ハ金屬片ハ木片ヨリモ途ニ其ク熱ヲ導クガ故ニ吾人ノ手ニ熱ヲ與ヘ又之ヲ奪ヒ去ルノ度大ナルガ爲メナリ。

正確ニ溫度ヲ測定スルニハ熱ノ物體ニ及ボス効果ヲ利用ス。一般ニ溫度ヲ測定スル器械ヲ寒暖計ト云フ。普通ニ用フルハ水銀ノ膨脹ヲ利用セル水銀寒暖計ナリ。水銀寒暖計ハ硝子毛管ノ一端ヲ球形或ハ圓筒形ニ膨ラシ之ニ水銀ヲ入レ熱シテ空氣ヲ排除シタル後管口ヲ封ジタルモノナリ。之ヲ温暖ナル物體ニ接觸スレバ硝子管先ヅ膨脹スルガ故ニ水銀柱ハ一時降下スルモ水銀ノ膨脹ハ硝子ノ膨脹ノ約七倍ナルガ故ニ水銀柱ハ結局上昇シ、又之ヲ寒冷セル物體ニ接觸スレバ水銀柱ハ降下スルナリ。故ニ水銀柱ノ長サニ依リテ物體ノ溫度ヲ比較シ得ルナリ。通常寒暖計ニ氷點 Freezing point 及ビ沸騰點 Boiling point ナルニツノ標點 Fixed point ヲ設ケ其間ヲ分刻シテ目盛ヲ施ス。氷點トハ融ケツ、アル水ノ中ニ寒暖計ヲ沈ムルトキ水銀柱ノ頂點ニ刻セル標點ニシテ沸騰點トハ壓力一氣壓ノ下