

物理器
械实验法及其原理

原名物理器械說明書

物理器械實驗法及其原理

第一卷

此書有著作權翻印必究

中華民國廿二年二月初版

每册定價道林紙二元二角

報紙一元二角

外埠酌加運費匯費

編纂者 王 晚 梅

發行者 科 學 儀 器 館
上海河南路

印刷者 文 明 印 刷 所
上海河南路

普 及 常 識
提 倡 實 驗

蔡元培題



鼎梅先生存正

惠書並賜物理志械實驗法及理論

一冊此種為本而惟於常書上有推廣

之方特別在於育上可以引起實驗之興

極別中甚善望數字奉呈備

採書此鳴謝並祝 名經 無元格為盼

序

燮光主持科學儀器館十年矣宙合沸騰驚心怵目抱杞人憂者發奮以救亡相激厲可謂知所先務然本原所在未可以空言獲也大學一書具治平之範而絜矩於致知格物嗚呼能知本矣萬物並育各有其性相生相克各有其理窮理盡性道即在茲自西學東漸新理日昌物質文明蔚爲學說觀其汽機輪軸之靈敏聲光化電之神妙實足左右造化開物成務推其本原物理而已戊戌以還民智漸啓椎輪大輅實表先河友人鍾君憲鬯虞君含章林君滌安咸具世界智識知挽狂瀾而救陸沉非闡明科學不爲功聯合同志創設科學儀器館於上海并設廠以仿製理化教育用品爲職務迄今三十三年矣夫器惟求新學貴實踐古今中外其揆一耳愚學者未能達其用也乃編物理圖解以明之荏苒居諸已成陳跡丙寅之間燮光承乏斯館有改編物理器械說明書之議莘莘學子歡走相告叠經事變七年於此附圖列說釐爲三卷區以八編凡力算聲光化電器械咸列之一再修正方克成書按圖可索據理以求不尙空譚不寶遠物書中所列本廠已陸續仿製之寓提倡國貨於

科學之中潛智強國此殆爲本原之中原者乎癸酉春日會稽
顧燮光序於上海科學儀器館

自序

溯自大地溝通。物質相競。歐美列強。肆其經濟侵略政策以來。國人怵於禍至之無日。吾神明華胄有淪爲黑奴紅番之痛也。於是愛國志士。乃揭櫫其種種口號。渙汗大號。動色相告。非曰實業救國。即曰交通救國。亦既數數聞之於公開之講演。見之於報端之論壇矣。然試一審歐美列強。彼其實業勃興之先導。與夫交通發達之淵源。奚自而來乎。則固盡人知其必先奠基於科學。罔敢加以否認者也。由是國人之狂呼口號者。又決然捨去其實業交通等諸節目。一易而爲概括之科學救國談。夫爲政不在多言。期於實行。所謂科學救國云者。又奚獨不然。物理學者。科學界領域之一也。就其輓近之成績而言。其屬於形而上者。固已可窺見宇宙之奇觀。洩盡造化之秘密。即就其形而下者論之。亦足以利用厚生。開物成務。今日者新舊兩世界之交通。如履庭戶。地底數萬年之寶藏。陳諸几席。上窮碧落。探姮娥奔月之芳蹤。下逮深淵。訪龍窟晶宮之瑰麗。誰實爲之而致此乎。則凡稍知因果律者。固莫不曰物理學所賜予也。彼高唱精神

主義醉心哲理者流。不知天地之大。格物窮理之有神於民生。猶復放言高論。謚之爲奇技淫巧。目之曰好行小慧。多見其不知量耳。夫物理學既有此驚人奇蹟。宜若非恆人所能問津者。是又不然。謂予不信。試證諸過去發明歷史。如瓦特因蒸汽膨脹而作汽機。弗打因蛙腿痙攣而創電池。推之法辣待之發明感應電流。馬柯尼之創製無線電信。舉凡改造世界之大發明。超越人類思想界之大創作。而溯其最初之動機。則莫不基於眼前習見之事實。古人所謂作始也簡。將畢也巨者。豈其然乎。惟常人對此眼前習見事實。恒多忽視。不與注意。迨一經物理學家之寓目。卽不肯輕易放棄。必窮思力索。務求得其最後之真理而後快。及真理既得。則又設置器物。多方實驗。思推而應用於人事。雖歷經失敗而有所不悔。故論者謂近世物理學之進展。啓其秘鑰者。固不得不溯源於諸原則之確定。而根據諸原則。一一施之於人生日用。則非由過去物理學者之幾經實驗不爲功。蓋精確之學說。非以實驗證明之。固等於架空之玄談耳。我國物理學之列入學校教科中。始自前清末葉。然稽其數十年來過去之成績。微特不能創作新器物。以佔得世界發明家之一席。卽就歐美各國今日所視爲習見或風行之器物。

猶事事需仰給於鄰邦。甚或並其使用法及管理法。亦多茫然不解。循是途轍。而欲期科學救國之實現。吾未見其能濟也。會稽顧君鼎梅。長科學儀器館有年。恒思憑藉其目前地位。冀有以貢獻於科學界。故對於各種物理器械之製品。不惜博訪周諮。隨時革新。蕪與舶來品相頡頏。又鑒於各學校之置備物理器械者。往往視同陳列品。不知從事實驗。致所謂實用科學之物理學。幾等於高談原理之哲學也。輒欲刊行一種物理器械說明書以餉學者。又以館中十餘年前出版之物理器圖解。陳舊簡略。不足以應現世之實用。乃屬本祥更爲發凡起例。就初高兩級中學應有之諸種物理器械。一一爲之說明其用法。夫物理學之實驗。非易事也。假令平時關於基礎之原理及器械之構造。無相當之認識。臨時即不免有動輒得咎之虞。况淺學如余。而欲以一知半解之所得。筆之記錄。出而公之於世。安在其不見譏於大雅耶。徒以顧君鄭重委託。辭不獲命。遂不揣譎陋而嘗試之。計歷時五稔而始告成。凡書中所記事項。在執筆之前。必先就館中所備各器。一一證以實地試驗。並參攷東西書藉數十種。擷其精英而附以簡要之說明。故對於謬誤之點。自問或可幸免。惟此類書物。出版愈多。則學術界獲益愈大。所望全國

教師。出其平時實驗之心得。於教授之暇。不辭勞瘁。輯成專書。俾習斯學者樂與各種儀器相接近。習之既久。不惟有得心應手之妙。且由此類觸旁通。進而應用於實業及交通上。力促其改良與發展。則庶乎今日國人所謂科學救國云者。或有實現之一日乎。

中華民國二十一年十一月

王本祥序於上海科學儀器館

編輯旨趣

一 物理學爲實驗科學之一。凡關於各種現象之觀察。與夫學理之證明。非訴之於實驗。無由得確切之了解。我國教育界對於物理學之認識。亦既有年。而稽其既往及目前之成績。微特不能追蹤歐美諸先進國。與之列席抗衡。即與東鄰新興之日本絜長較短。亦深愧有望塵莫及之嘆。揆厥原因。則學校教授時多偏重於理論上之講解，與公式之演算。不知注重實驗之過也。

二 欲從事於物理學之實驗。其先決問題。固在於置備精良器械。然在實驗之前。又必須有充分之預備。及臨時有熟練之技術。始能勝任愉快。否則雖有精良器械。若冒昧嘗試。往往易招失敗。經屢次失敗之結果。在實驗者心理。必以爲所備器械。窳劣不適於用。而聽衆心理。則又往往懷疑於實驗者學力不足，而失其信仰心。庸詎知尸其咎者。固在彼而不在此耶。

三 目前我國出版界關於物理學之教科書及講義等參攷書。雖已如雨後春筍。數見不鮮。惟對於實驗上適用之

出版物。則尚如鳳毛麟角。絕少概見。本書編纂目的。即爲彌補此缺憾而作。藉供初高兩級中學及同程度師範實業學校等學生實驗時參攷之用。書中採取之教材。一本教育部十八年所頒布之暫行中學課程標準。各校學生。得此一編。即未經教師指導。亦不難於自動實驗。

四 一般物理學教科書及參攷書等。其編纂程序。雖各有不同。然大體多爲系統之敘述。本書主旨。在於說明各種物理器械實驗方法。故關於編纂上之程序。自不得不與前述各書全異其趣。茲將本書要點。述之如下。

1 用途 以簡要之辭句。標明某種器械在物理學上及日常事實上有何種功用。

2 構造 將某種器械製作方法，及其內外部組織。加以詳細說明。閱之不特可瞭然於某種器械之構造狀況。且遇各校中如設有小規模機械工場者。即不難由教師率同學生。按圖自製。

3 實驗法 將某種器械應有之各種實驗方法。不避煩瑣。一一記入。務期一器必盡一器之用。其關於實驗前應有之種種預備事項。及實驗時因措置不當，易於招致之種種意外危險。尤不憚詳細指示。免致實驗者肢體上受不虞

之損傷。

4 原理說明 在物理學中。凡一種器械之創作。必係根據某種原理，俾得將某種效應就器械上證明之。且一器之成立。必經一人或數人再三改良。乃始公布於世。本欄首述創作歷史，及其改良經過。次將其應用原理。詳為分析。同時並將各種重要定律或原則。隨時附入。有時某種原則，可用吾人日常習見事實證明時。更不憚旁證曲引。列入書中。以期誘發學生用物理學原則觀察自然現象之動機。

五 數學為物理學基礎。凡物理學上重要原則及定律。必用數學證明之。固盡人所知也。惟本書主旨。重在實驗。故遇有須用數學計算時。僅將其應用公式。約略加以說明。以表明各項間相互關係之事實。至於公式之演算方法。則坊間已有物理學計算法詳解等書出版。又各級教科書中。亦多附有計算問題及解答案。凡研究物理學者。均宜依題練習。以期純熟而資應用。

六 本書所用各種器械名稱，及物理學上應用之術語。係就我國新舊譯著本中。擇其最雅馴而又最通行者採用之。並各附注異名以期貫通。其在我國尚未有譯名者。則由編者就西文原義。譯成適當名稱。讀者如認為有不妥之

處。乞加以糾正。

七 本書所用度量衡法。一律依照國民政府最近所頒行之萬國權度通制。凡以前關於物理學中計算法所用之營造尺庫平制，及習用之英制。悉以萬國權度通制改算之。

八 物理學實驗及其原理說明。非圖不明。本書除將各種器械。一一示其外部形狀及內部構造外。並將實驗時之裝置，及關於原理說明時，須用圖像顯出者，亦均分別繪圖貼說。以期讀者易於瞭解。故書中所列之圖。殆達千餘以上。為普通教科書所未有。

九 本書在原理說明欄中。如遇有緊要之辭句，及關於諸種定律或原則之記入時。必於其下附以波線。俾資醒目。學者務須熟讀牢記以免遺忘。

十 我國今日各級學校對於物理學所以不注重實驗之故。其中主要原因。固非一端。然因各校物理教師。往往以一身而兼數學教課。為時間所限制。無暇為事前之預備，及事後之整理。以致不得不將實驗工作廢除者。亦所在多有。編者之意。以為在今日物理教師缺乏之際。以一身而兼數校教課。誠為事實上所難免。惟對於最重要之實驗工作。

則斷不容任意廢除。萬一教師因教務紛繁。不克躬親實驗。不妨就各級學生中擇其平日成績優良者。或對於本科有特殊興味者。酌派若干人爲儀器室管理委員。並令擔任事前預備，及事後整理職務。如翌日實驗某種物理器械。應由教師於先一日將預備及整理事項。詳細指導。如是則非特學校中所置備之各種物理器械。不致視同陳列品。且因此更得引起其他學生研究物理學之興味。競思攬得此項任務而後快。其裨益於我國物理學發展之前途。殊匪淺尠。此爲編者經驗有得之過去事實。敢以貢獻於全國物理教師之前。請爲採納施行。

十一 本書創始於十六年之秋。直至二十一年之冬。始得脫稿。在編纂期中。往往視第一次寫成之稿，有不愜意處。輒不惜將原稿全部毀棄。另易新稿。以致一再延期出版。殊爲憾事。兼以編者學識譎陋。讀書不多。自審蚊負無力。雅不敢肩此鉅任。徒以我國出版界中。尙未發見此種刊物。而物理學之必需有賴於實驗工作。又爲目前自然科教授上共認之事實。故輒忘其譎陋。發願編成此書。以期與當世各賢達相質證。書中錯誤之點。自知難免。深望各教師隨時錫以指教。俾得於再版時一律改正。則豈獨編者之幸。抑

亦教育界之幸也。

編者誌。

物理器械實驗法及其原理目次

上 卷

第一編 一般供測定用器械

節數	頁數
1 公尺.....	1
2 舊制營造尺.....	3
3 英尺.....	4
4 三種比較尺.....	6
5 卷尺.....	8
6 計算尺.....	9
7 奇零尺模型.....	14
8 測角器.....	16
9 測圓器.....	17
10 圓環形螺旋測微器.....	19
11 圓柱形螺旋測微器.....	21
12 稱量瓶.....	22
13 量杯.....	23
14 量筒.....	27
15 量瓶.....	28
16 量管.....	28

17	滴管	30
18	比重計	51
19	比重瓶	34
20	物理天平	35
21	彈簧秤	44
22	喬利氏彈簧秤	45
23	測秒表	47
24	調節器	48

第二編 固體重學及其性質

25	驗恆性器(靜)(甲種)	49
26	驗恆性器(靜)(乙種)	50
27	驗恆性器(動)	51
28	墜體速率試驗器	52
29	真空直墜管	57
30	拋物線器	58
31	平行四邊合力器	60
32	二力合力器	62
33	重心板	63
34	圓錐體	65
35	斜塔	66
36	奔馬	68
37	均稱體	69

38	垂線墜	70
39	不倒偶	71
40	上轉體	71
41	圓板上轉體	72
42	單槓桿	73
43	複槓桿	75
44	滑車	77
45	輪軸	81
46	斜面	83
47	尖劈	85
48	測剪器	89
49	螺旋壓榨器	93
50	齒輪	91
51	無盡螺旋	94
52	八種助力器	95
53	比較擺	97
54	鐘擺模型	100
55	愷陀氏可逆懸擺	101
56	碰擊球	103
57	不等重碰擊球	104
58	驗彈性球反動定律器	105
59	試彈力器	107

60	試撻力器	103
61	試扭力器	109
62	測摩阻力器	111
63	羅亥氏玻璃	112
64	雨汞器	114
65	黏力玻板	115
66	固體吸氣器	115
67	液體滲透器	117
68	氣體滲透器	118
69	無礙軸	119
70	離心力軌道	120
71	試離心力轉臺	121
72	離心環	122
73	離心重環	124
74	離心擺	125
75	離心球	126
76	液體離心球	127
77	離心分離器	128

第三編 液體重學及其性質

78	液體壓力傳達器	131
79	較水壓面積器	132
80	勃蘭瑪水壓機模型	133

81	液體上壓力試驗器	135
82	液體側壓力試驗器	136
83	液體底壓力試驗器	138
84	連通管	140
85	泡準器	142
86	示阿屈靡特原則器	143
87	浮沈傀儡	144
88	液體比重比較標本	146
89	液體比重管	147
90	固體比重浮秤	148
91	固體比重比較標本	149
92	液體表面張力試驗器	150
93	毛細管現象試驗管	152
94	毛細管現象試驗板	154
95	螺旋吸水器	155
96	反動力水車	156
97	水輪模型	157
98	離心力吸水唧筒模型	158
99	液體流射速度實驗器	160

第四編 氣體重學及其性質

100	真空測定氣壓管	163
101	水銀氣壓表	164

102	空盒氣壓表	167
103	測高用空盒氣壓表	169
104	自記空盒氣壓表	170
105	海崙球	171
106	海崙噴水器	172
107	斷續泉	174
108	虹吸	175
109	虹吸杯	178
110	魔漏斗	178
111	魔瓶	180
112	抽氣機	181
113	抽氣筒	185
114	驗氣壓半球	185
115	驗氣壓裂膠膜器	187
116	連通瓶	188
117	空氣浮力秤	189
118	測氣重瓶	190
119	吸水唧筒模型	191
120	壓水唧筒模型	192
121	水龍模型	194
122	鮑盾氏壓力表說明器	195
123	氣體容積壓力互測器	196

124 積氣噴水器	198
125 噴霧瓶	200
126 吹霧器	201
127 驗氣壓板	202
128 螺旋推進器雛形	203
129 飛機模型	205

物理器械實驗及其原理

第一編

一般供測定用器械

公尺

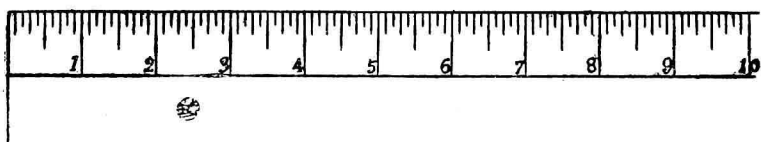
Metre Scale.

用途 公尺舊譯爲米突尺。又有譯爲邁當尺者。專供量度各物體長短及廣狹之用。我國自十七年七月。由國民政府頒布度量衡法規。以後凡遇有計算長短廣狹時。應一律以本器爲標準。

種類 通常所用公尺。分竹製及木製二種。間有用金屬製成者。

製作法 取扁平竹片或木片一條。截至所需之長度爲止。公尺之長度。視其用途而異。通常所用者。爲一公尺，及三公寸，二公寸，等三種。磨光其兩面。刻墨線度分於其上。例如長一公尺之器。先就其全器等分爲十公寸。每一公寸中。又等分爲十公分。更就每一公分。等分爲十公

第一圖



釐即成。如第一圖。卽爲公尺十分之一（卽一公寸）之形。每一公尺。等於公尺原器在攝氏寒暑表零度時。首尾兩標點間之距離。

使用法 本器爲全球各國（英美除外）所通用。即所謂萬國度量衡制也。其在各種學術中。關於數量上之計算。尤以應用此器爲便利。通常以尺爲單位。尺以上爲丈，引，里。尺以下爲寸，分，釐。以十進。亦以十退。而各於其上冠以一公字。如公里，公尺，公釐等。以別於舊時所用之營造尺。及其他各種度量器。並以標明本器爲全世界各國所公用。而非一國家一地方私行制定之度量器也。

茲將公尺制度之名稱及其定位法列表如下：

定名	舊譯名	原名	相等數
公里	啓羅米突	Kilometer	一〇〇〇公尺
公引	黑達米突	Hectometer	一〇〇公尺
公丈	迭克米突	Decimeter	一〇公尺
公尺	米突	Meter	單位
公寸	得夕米突	Decimeter	〇.一公尺
公分	生的米突	Centimeter	〇.〇一公尺
公釐	密理米突	Millimeter	〇.〇〇一公尺

按我國因舊譯公尺爲米突尺。故對於尺以上及尺以下之各數。均另創新字以代之。如秬卽米突尺。十尺爲料。百尺爲碩。千尺爲秆。十分尺之一爲粉。百分尺之一爲糲。千分尺之一爲耗。又耗之千分之一曰秒。秒之千分之一曰釐。釐之十分之一曰縷。

製作原理 凡計算上應用之器。要以能永久不變。且具有一定標準者爲得當。公尺制度之優點。卽在於此。考公尺制度亦名米突法。其創

製者實爲法人。緣法國於革命時代。其度量衡法之糾紛錯亂。莫可究詰。國會議員於是始有制定度量衡法之決議。其法。以通過法京巴黎地球子午線長四千萬分之一爲單位。取白金製一標準尺。以溫度在攝氏零度時之長度爲一 (Meter)。其後又發見當時所測定子午線之長。不無錯誤。一則因測定子午線之長。欲求其十分精密。本非易事。二則地球之體積。經若干年度後。不免因漸次冷却。而有收縮之虞。故寧捨棄其以子午線爲標準之原案。改以白金原器爲標準。似覺較爲得當。乃於一八七二年四月開一萬國米突法同盟度量衡會議於巴黎。結果決定另製一種標準尺。分貯於各國國庫中。此種標準尺。係用白金九〇分與鈹一〇分合成金所製。仍以在攝氏零度時之長度爲一 Meter。因此種合成金遇冷熱伸縮之係數。較諸白金更爲微小也。

舊制營造尺

Tmear Measuring Scale Chinese

用途 舊制營造尺。一名工部尺。亦用以量度各物體長短廣狹者。

在我國新度量衡法規未頒布以前。官廳及民間多用此尺。

種類及

第 二 圖

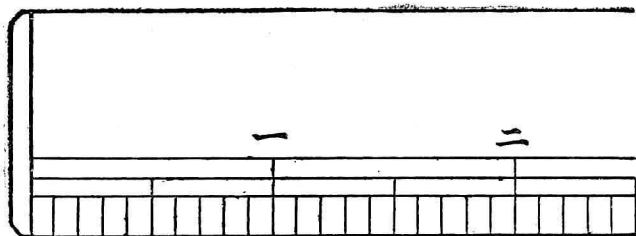
製作法 舊

時所用營造尺。

多用竹木爲之。

間亦有用金屬及

象牙獸骨等製成



者。其製作法亦與公尺相同。常用者爲一尺。先將全尺等分爲十寸。更將每一寸等分爲十分。如第二圖。爲舊制營造尺四分之一（即二寸五分）之形。

使用法 舊制營造尺通常以尺爲單位。尺以下爲寸，分，釐，毫。俱用十退法。尺以上則以五尺爲步。二步爲丈。十丈爲引。一百八十丈爲里。

製作原理 本器製作之起源。係取秬黍種子之適中者。度其縱爲一分。由是縱累百黍即爲一尺。因黍之顆粒。均齊劃一。無大小之差也。故有縱黍尺之名。

營造尺在我國沿用已達數百年之久。在明清兩代。由工部製造。頒之民間。以準度營造。故有此名。又按續通考云：『商尺者。即今木匠所用曲尺。蓋自魯班傳至於唐。唐人謂之丈尺。自唐至今用之。名曰今尺。又名營造尺』。據此則營造尺沿用之歷史。且不止數百年矣。惟我國自十七年頒布新度量衡法規後。凡以前舊有各種度器。一律禁止使用。本書主旨。在說明製器原理。且爲便於比較新舊兩種度器優劣起見。故仍行附入。藉供參考。

英 尺

Inch Scale

用途 本器亦供量各物體長短廣狹之用。爲英國所制定之度器。

種類 分竹製木製二種。其木製品亦有作折疊式者。

製作法 與公尺營造尺等均屬相同。惟其刻度之法。先將全器等

分爲十二分。更於每一小分中。再等分爲十二分。

如第三圖。爲英尺二分之一（即六吋）之形。

使用法 本器爲英美兩國各地所專用。

我國因與英通商較早。故以前工商社會用英制者亦頗多。通常以依亞爲單位。三分依亞之一爲幅地。十二分幅地之一爲因制。十二分因制之一爲勒音。二依亞爲花當。八百八十花當爲買爾。是爲常用之度制。至計算海上及陸地之長度。則別有法規定之。茲不贅述。

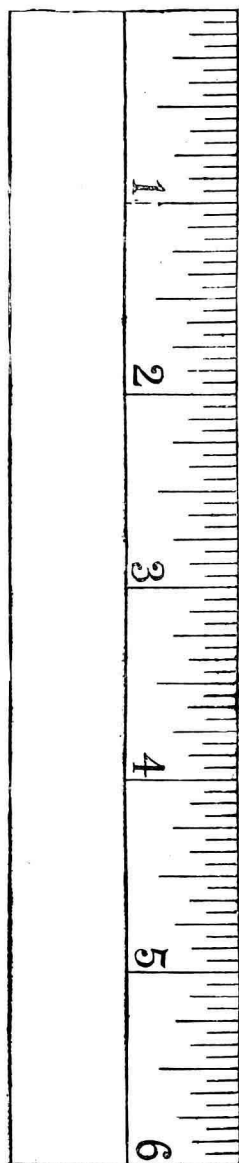
茲將常用英尺制度之名稱及其定位法列表如下：

下：

譯名	原名	略號	相等數
買爾	Mile	哩	一七六〇碼
花當	Fathom	噶	二碼（即六呎）
依亞	Yard	碼	單位（即三呎）
幅地	Foot	呎	三分碼之一（即十二吋）
因制	Inch	吋	十二分呎之一
勒音	Line		十二分吋之一

製作原理 考英國制度法之起源。實以

英王亨利第一之肘長爲單位。名之曰碼。更以其三分之一爲呎。其原名爲 Foot。譯義爲足。其他



第 三 圖

哩，疇，吋等。即以碼為標準。而上下進退之。按此法微特不便計算。且純然含有古代專制皇帝之餘威。徒以英人富於保守性。故迄今猶沿用不改。此外各國。其原有之度制。殆皆與英相類似。惟吋與足之長。人各不同。無怪聚各國度制之單位於一堂。而不能得一長短相同之數也。

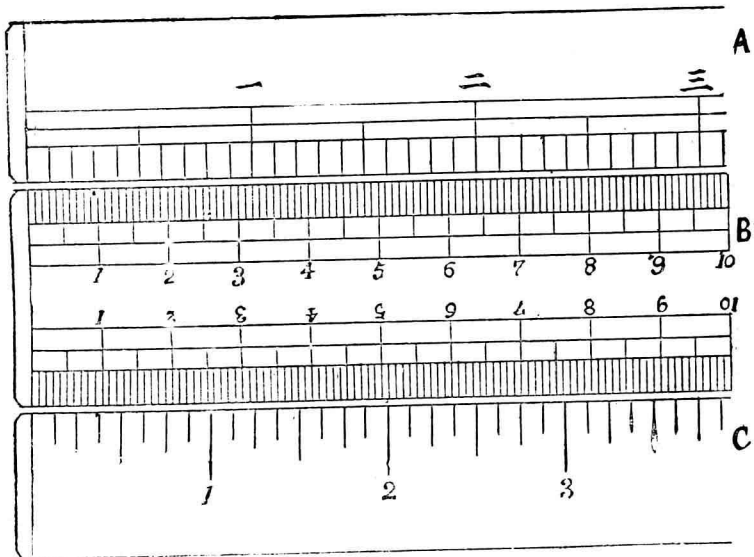
三種比較尺

Three kinds Scales.

用途 本器取三種不同之尺度。俾互相比較。而得其差度之用。

組合 取長短相等之公尺。及舊制營造尺，英尺各一。合成一組。

如第四圖。(A)為舊制營造尺。(B)為公尺。(C)為英尺。



使用法 任取何種尺度。與他種尺度相比較。即易求得其相差之

數。其用法盡人皆知。無俟詳述。茲將三種尺度比較表分列如下：

(一) 公尺與舊制營造尺及英尺比較表

名稱	與舊制營造尺比較	與英尺比較	
公里	三一·二五尺	一〇九三、六一四三 〇、六二一三七二	依亞 買爾
公引	三一·二、五尺	一〇九、三六一四三 三二八、〇八四三	依亞 幅地
公尺	三一·二五尺	一〇、九三六一四三 三二、八〇八四三	依亞 幅地
公尺	三一·二五尺	一、〇九三六一四三 三、二八〇八四三	依亞 幅地
公寸	〇·三一·二五尺	〇、一〇九三六一四 三、九三七〇一一	依亞 因制
公分	〇·〇三一·二五尺	〇、〇一〇三六一 〇、三九三七〇一	依亞 因制
公釐	〇·〇〇三一·二五尺	〇、〇〇一〇九三六 〇、〇三九三七〇	依亞 因制

(二) 舊制營造尺與公尺及英尺比較表

名稱	與公尺比較	與英尺比較	
里	五七六 公尺	〇·三五七九一〇一六	買爾
引	三二 公尺	三四·九九五六六二	依亞
丈	三·二 公尺	三·四九九五六六	依亞
步	一·六 公尺	一·七四九七八三	依亞
尺	〇·三二 公尺	一·〇四九八六九九	幅地
寸	〇·〇三二 公尺	一·二五九八五六三	因制
分	〇·〇〇三二 公尺	〇·一二五九八五六	因制

釐	0.00032 公尺	0.0125986 因制
毫	0.000032 公尺	0.0012599 因制

(三)英尺與舊制營造尺及公尺比較表

名稱	與舊制營造尺比較	與公尺比較
買爾	二.七九三九九七 里	一.六〇九三四 公里
花當	五.七一四九九四 尺	一.八二八八〇 公尺
依亞	二.八五七四九七 尺	〇.九一四三九九 公尺
幅地	〇.九五二四九九 尺	〇.三〇四八〇〇 公尺
因制	〇.七九三七四九 寸	二五.四〇〇 公釐

卷 尺

Tape.

用途 與前述各種尺度相同。

種類 分鋼製布製二種。

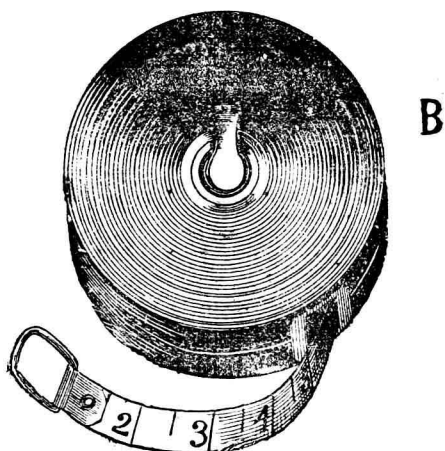
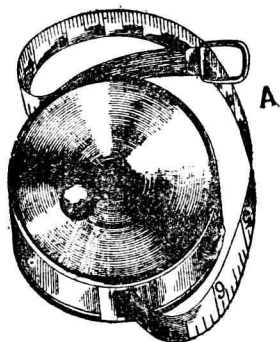
製作法 取狹長形薄鋼片或布片。截至所需之長度。於其上下二面。各畫以度分。(通常所用度分。一面為公尺。一面為英尺。)別以小銅環一個。綴於鋼片或布片之一端。平時卷藏於圓形鋼壳或革囊之內。如第五圖。(A)為鋼製卷尺。(B)為布製卷尺。

使用法 前述各種尺度。僅足供量度面積較小及距離較近之物體。若欲量度面積較大及距離較遠之物體。及欲舉辦土木建築等鉅大工程。則

非使用卷

第 五 圖

尺不可。
其法先以
一人手持
鋼壳或革
囊。立於
出發點。



別以一人手牽尺端之小銅環。徐徐引之。至所欲測知之終止點而止。

則視其尺上所示之數。即可知其二

端之距離。使用既畢。以一手握革囊上面搖柄迴轉之。其被引長之尺。仍得卷藏於內

計 算 尺

Slide Rule.

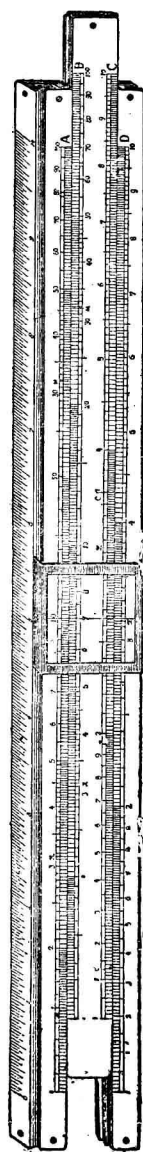
用途 計算尺為一種極簡便之計算器。因數學中遇有繁複之乘除。若用普通法演算。往往耗時費神。而又不能得正確之結果。若改用本器。則可免上述諸種困難。且遇有連續之代數三角等式。及關於機械理化等之計算。則更非用本器不可。

種類 本器用木或竹製成。分直形，圓形，圓柱形，等三種。其長度亦分五吋，十吋，二十吋，等三種。

構造 如第六圖。為普通式之計算尺。其表面分定尺與動尺二部。

定尺固著不動。器中表有 (A) (D) 字者即是。動尺可向左右移動。器中表有 (B) (C) 字者即是。而此二部又各分爲上下二尺。如 (A) 爲定尺之上尺。(B) 爲動尺之上尺。其尺面各畫有由 1 至 100 之度分。(C) 爲動尺之下尺。(D) 爲定尺之下尺。其尺面各畫有由 1 至 10 之度分。其定尺之上。又附有鉛製方框。得向左右移動。框內嵌以玻片。是名指器。玻片之正中。畫有黑色細長線一。是名指線。又動尺之內面亦畫有三種度分之尺。表以 (S) (T) (L) 等符號。定尺之背面。其左右二端。亦各有指線一。專供 (S) (T) (L) 三尺之用。

使用法 本器應用範圍頗廣。欲詳述之。決非數紙所能盡。茲姑就普通計算尺略述其用法。即凡遇乘除二法之計算。宜取 (A) (B) 之上尺。或 (C) (D) 之下尺。擇一使用之。惟下尺之度分視上尺較密。故計算時。所得之數。亦必較爲精確。至於平方及平方根之求出。則須用 (A) 尺及 (D) 尺。立方及立方根之求出。則 (A) (B) (C) (D) 四種尺度。須同時並用。又欲求出正弦數值。須用動尺內面之 (S) 尺及 (A) (B) 二尺。欲求出正切數值。須用動尺內面之 (T) 尺及 (C) (D) 二尺。又欲求出對數。須用動尺內面之 (L) 尺及 (C) (D) 二尺。今試各設一例題。說明其用法如下。



乘法 用對數之數相乘。以二數之對數相加。即得所求積之對數。計算尺亦然。將關於數之對數之長相加。蓋以機械的施此加法者也。此加得之對數之長。即所求積之對數之長。

$$\boxed{\text{例題一}} \quad 2.45 \times 3.0 = 7.35$$

法以(B)尺之1。置於(A)尺2.45之下。次將指線移置於(B)尺3.0之點。則見指線恰在(A)尺之7.35上。此7.35。即二數相乘之積也。

$$\boxed{\text{例題二}} \quad 7.5 \times 2.5 = 18.75$$

本題若用上尺計算。則其法與第一例題同。若改用下尺(C)(D)計算。則(C)尺之2.5處。決非(D)長之度分所能及。故不得不改用他法。其法宜將(C)尺之10。移置於(D)尺之7.5處。次將指線移置於(C)尺之2.5處。則見指線恰在(D)尺之18.75處。惟本法係以10代100。故其答數。必須更正。可將18.75以10乘之。則得187.5。即二數相乘之積也。

除法 用對數而施兩數之除法。即自分子之對數。減去分母之對數。其對數之差。為所求商數之對數。即此差設為計算尺之差。則表示分子之(D)尺上之長。減去表示分母之(C)尺上之長。即得此差之長。關於此差之長之數。即所求之商。

$$\boxed{\text{例題三}} \quad 8.25 \div 5.5 = 1.5$$

法以指線移置於(D)尺8.25處。次又移動(C)尺。令其5.5之位置。適在指線之下。則此時(C)尺之1。恰在(D)尺之1.5處。而此1.5之數。即所得之商數也。若改用上尺計算。可移置指線於(A)尺之8.25處。次又移(B)尺之5.5。使在指線之下。則此時(B)尺之1。恰在(A)尺之1.

5 處。其理與用下尺正同。

平方及平方根 凡在下尺上無論何數。其平方數皆得於上尺之相對處檢得之。反之，在上尺上無論何數。而其平方根皆得於下尺之相對處檢得之。

例題四 $3^2 = 9$

試移置指線於 (D) 尺之 3 處。則同時可檢得 (A) 尺之 9。亦恰在指線之下。蓋 9 即 3 之平方也。

例題五 $\sqrt{81} = 9$

試移置指線於 (A) 尺之 81 處。則同時可檢得 (D) 尺之 9 亦恰在指線之下。蓋 9 即 81 之平方根也。

立方及立方根 欲算出立方或開立方根。依下列方法。即易求得之。

例題六 $1.4^3 = 2.744$

法以 (C) 尺之 1。先置於 (D) 尺之 1.4 處。次又將指線移置於 (B) 尺之 1.4 處。則此時可檢得 (A) 尺之 2.744。恰在指線之下。蓋 2.744 即 1.4 之立方也。

例題七 $\sqrt[3]{1.728} = 1.2$

法先移置指線於 (A) 尺之 1.728 下。次乃移置動尺。(本題計算時其動尺須向_右方移動) 俟 (B) 尺在指線下之數。與 (D) 尺在 (C) 尺上 1 之對面之數相同時。此數即為所需之立方根。如 1.2 即 1.728 之立方根也。

例題八 $\sqrt[3]{558} = 8.23$

法先移置指線於 (A) 尺之 558 下。次乃移置動尺。(本題計算時其動

尺須向左方移動) 俟 (B) 尺在指線下之數。與 (D) 尺在 (C) 尺之 10 之對面之數相同時。此數即為所需之立方根。蓋 8.2^3 即 558 之立方根也。

正弦及正切 欲求得某角度之正弦或正切為何種數值。宜應用動尺內面表有 (S) 或 (T) 符號之尺度。並須用定尺背面左右二端之指線。相助為理。

例題九 正弦 $32^\circ = 0.5299$

移置 (S) 尺之角度 32° 於定尺背面之右方或左方指線下。其 (B) 尺上對 (A) 尺上 1 (初線) 或 100 (終線) 之數。即為 32° 正弦之值。如 0.5299 即是也。

例題十 正切 $7^\circ 20' = 0.1286$

法將 (T) 尺上之角度 $7^\circ 20'$ 。移置於定尺背面左方下之指線處。其 (C) 尺上對 (D) 尺上 1 之數。即為 $7^\circ 20'$ 正切之值。如 0.1286 即是也。惟本數末位之 6。雖非肉眼所能見。然用之既熟。自易於判定之。

正弦及正切之定位法 凡角度在 $5^\circ 4'$ 以上時。則其值必在 0.1 之上。若在 $5^\circ 4'$ 以下時。則其值必在 0.1 之下。正切之定位法亦如之。

對數 本器動尺之內面。表有 (L) 符號之尺度。為專供算出對數之用者。

例題十一 對數 $1.35 = 0.1303$

法將 (C) 尺之 1。置於 (D) 尺之 1.35 下。則 (L) 尺在定尺背面右方指線所指示處。即為其數之對數。(0.1303)

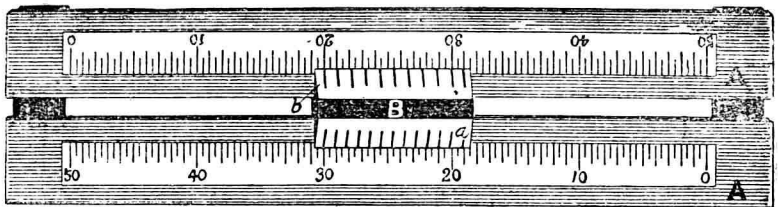
奇零尺模型

Model of vernier.

用途 奇零尺一名副尺。專供量度一公釐以下奇零小數之用。蓋通常所用公尺。以一公釐為最小單位。如有更小於一公釐以下之奇零小數。即無法確定之。故欲解決此難題。非另行創製一種尺度不可。按奇零尺係一六三一年物逆氏 (vernier) 所發明。故又名物逆尺。本節特就其全器之構造及其使用方法。加以簡單之說明。

種類 分普通用與測角用二種。如第七圖為普通用奇零尺模型。係

第 七 圖

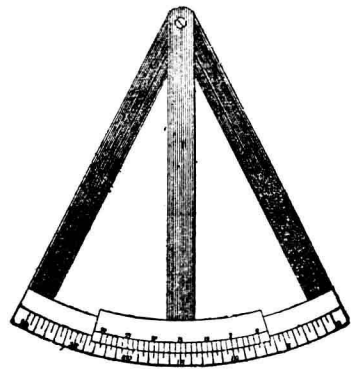


用木質製成。第八圖為測角用奇零尺模型。

第 八 圖

係用黃銅製成。

構造 普通用奇零尺模型。係由定尺二枚與動尺一枚組合而成。定尺如第七圖之(A)。上下二尺並行。相距約半寸許。左右二端各以木塊固定之。動尺如圖中之(B)。其長度約為定尺四分之一。嵌入於二定尺間。與之相並行。能向左右移動。其上下二側。



雖均畫有度分。惟其間距離各不相同。即在下側者。每一度分之長。與定尺上某分減十分之一之長相等。是名前進奇零尺。如圖中之(a)。又在上側者。每一度分之長。與定尺上某分加十分之一之長相等。是名後進奇零尺。如圖中之(b)。製前進奇零尺之法。係用長九公釐之短尺一枚。平均分爲十分。如是。則每一分其長度必爲0.9公釐。持此以與定尺之度分相比。則每一度分之差爲0.1公釐。而十度分之差即爲一公釐。故其十位應與定尺之九位相齊也。反之。後進奇零尺之製法。係用長十一公釐之短尺一枚。平均分爲十分。如是則每一度分之長適與前進奇零尺得相反之結果。即其十一位適與定尺之十位相齊也。

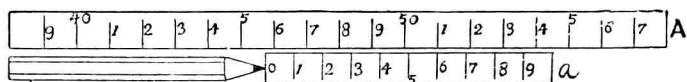
使用法

奇零尺之用法。前進與後進全屬不同。今先就前進奇零尺說明之。例如有一物體於此。其長爲四十五公釐有奇。如欲測定其奇零數究爲若干。可如第九圖。先將物體之一端。令與(A)定尺之○點處相並。

次乃將(a)動

第 九 圖

尺向左右移動



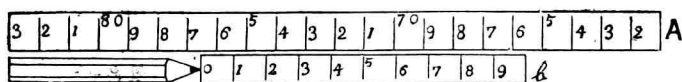
。令物體之他

端。與(a)動尺之○點處相接觸。此時試檢視(A)(a)二尺之度分線合一之處。當適在(A)定尺之5.1公釐及(a)動尺之第6度分處。因(a)動尺所畫度分。每一度分較諸(A)定尺所畫者短十分公釐之一。故(a)動尺之第5度分。其位置當後於(A)定尺之5.0公釐處。爲0.1公釐。其第四度分。當後於(A)定尺4.9公釐處。爲0.2公釐。如是每一度分。後0.1公釐。則至(a)動尺之○點處。其後於(A)定尺。必爲0.6公釐無疑。故其所求得之奇零數爲0.6公釐。即此物體之全長度。當爲四十五公釐又0.6

公釐也。至於後進奇零尺之用法。則如第十圖。先將欲測定物體之一端。與(A)定尺之○點相齊。次乃移動(b)動尺。令物體之他端與其○點相齊。此時在(A)定

第十圖

尺所度得某物體之長。假定為七六公釐有



奇。而欲確定此奇零之數。究為若干。則可檢視(A)定尺與(a)動尺上所畫度分互相合一處。而得正確之判定。例如本圖所示(A)定尺之七一公釐處。適與(b)動尺之第5度分處相合一。則依後進奇零尺畫分度分法之理推算之。其(b)動尺之第4度分處。當較(A)定尺七二公釐處。加長十分之一。其第3度分處。當較(A)定尺七三公釐處加長十分之二。第2度分處。當較(A)定尺七四公釐處加長十分之三。第1度分處。當較(A)定尺七五公釐處。加長十分之四。至○點處。當較(A)定尺七六公釐。加長十分之五。是即此物體之全長。當為七六公釐又○.五公釐也。至測角用奇零尺。其用法亦與此相同。

測角器

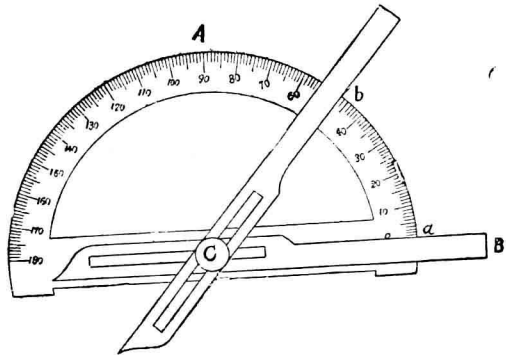
Goniometer.

用途 測角器，又名角度計。供測定各物體角度大小之用。在鑛物學中。凡欲測知各種鑛物結晶面之角度為若干。尤非賴此器不可。

構造 本器用銅鐵兩種金屬合製而成。如第一一圖。(A)為銅製之半圓規。表面刻有度分。自右至左。勻分為一百八十度。(B)為鐵製之缺。

由底部及面部(a)(b)兩股組成而成。於其中央部設有一軸。令底部(a)股與面部(b)股。均依此中軸而旋轉。(C)為螺旋。與(B)缺之中軸相啮合。令(a)股與(b)股不致分離。

第一一圖



使用法 先將(B)

缺中軸之下端。嵌入於(A)半圓規底部正中之小孔內。次展開(B)缺之兩股。令(a)股之右端止於(A)半圓規右側之零度處。乃以一手持此器。一手持所欲測之物體。置於左端兩股之間。使其稜部適與兩股間相交之直角處相接觸。於是旋緊(C)螺旋。不令兩股移動。則視(b)股右端所指之度分。即可測知某物體角度之大小為若干。凡各種結晶體之鑛物。其柱面與柱面間構成之面角。各有一定之度。故用此器以鑑別各種鑛物。極為便利。

按測角器有兩種。本節所述者，名曰接觸測角器(Contact Goniometer.) 為通常所使用者。惟適於結晶稍大之鑛物。若其徑在四五分以下即不適用。應改用反射測角器(Reflecting Goniometer.) 以測定其角度。而反射測角器又分直立分度圓盤及水平分度圓盤二種。其使用法較為複雜。且專供測定小結晶鑛物面角之用。茲姑從略。

測圓器

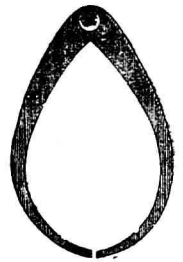
Callipers.

用途 測圓器，專供測定各物體圓徑之用。為機械學上必需之具。

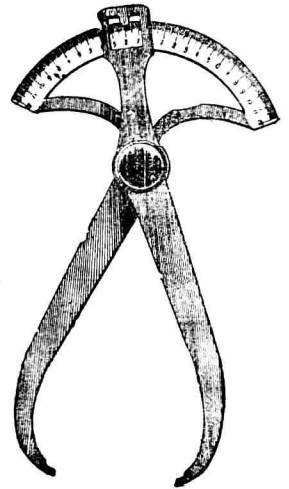
種類 本器分數種。有專供測外徑用者。有專供測內徑用者。有內外徑兼用者。有附以各種尺度及奇零尺者。

構造及使用法 本器多用鐵質製成。然亦間有用木質製成者。

如第一二圖。為測定外徑用之測圓器。製以鐵質。其兩股得自由活動。尖端向內。使用時可將兩股之尖端。緊切於所欲測定物體之外面。則視其兩尖端距離之差。即可測知第一三圖 某物體外圓徑之大小。如第一三圖。為測定內徑用之測圓器。亦由鐵質製成。兩股亦能自由活動。惟其尖端向外。使用時可將兩股之尖端。置於圓體之內孔。藉以測知內徑之大小。惟上述二器。僅足供簡單工程之用。尙未能十分精確。如 第一四圖

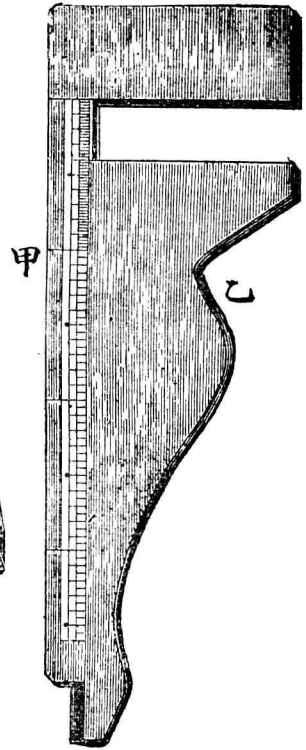


第一四圖。為附有尺度之測圓器，內外徑兼用。其尺度有二種。一為公尺。一為英尺。其全體亦分為二股。股之下端。各作尖形而甲股之上端作弧形。一面刻有公尺度分。於正中作○點。向左右二方劃成度分。各得1 2公分。一面刻有英尺。亦於正中作○點。向左右二方劃成度分。各得4吋半。又乙股之上端作方形。其二面之正中。各有指線一。專為指示度分之用。使用時可將二股任意開闔。用法與上述相同。而視其指線所在處。即可確定其內外徑之大小焉。如第

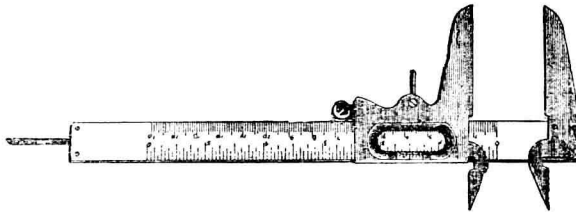


一五圖。爲本製測外徑用之器。由甲乙二部製成。各作直角形。其甲部直尺之邊緣。刻有精密度分。內面稟有深溝。乙部直尺之邊緣。則爲稜形突起。使適得嵌入於甲部之深溝中。俾能自在活動。使用時可將所欲測定之圓體。插置於甲尺二部曲尺之間。使極密切。則視乙部曲尺在甲部直尺某點。即可確定其某物體外徑之大小。如第一六圖。名曰測圓奇零尺。製以

第一五圖



第一六圖



熟鐵或黃銅。其本體爲一尺度。表面刻有英尺及公尺度分。更於尺上附有測內外圓徑之器。一股固著不動。一股附有螺旋微動機。可向左右進退。並於活動股之右側。附有奇零尺。俾得測定公釐以下之奇零數。使用法與第一二圖及第一三圖相同。惟所得之數。則較爲精確耳。

圓環形螺旋測微器

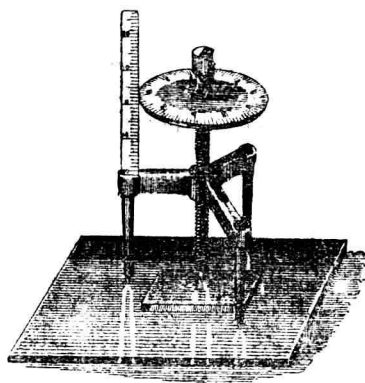
Spherometer.

用途 圓環形螺旋測微器。一名司非羅米突。又名球徑計。專供測

定微小球體之直徑。與板片厚薄之用。

構造 本器以陰陽二種螺旋合製而成。取刻度極準確之陽螺旋。令旋入於密合之陰螺旋中。每陽螺旋在陰螺旋中迴旋一週期。其上下之度。使適為一公釐之距離，更於陽螺旋之上端。附有金屬圓板一。在圓板之表面。周圍刻以精密度分。平均分為一百分或二百分。其陰螺旋則裝置於鐵製三足架之正中。別於三足架之一足間。植立一刻度小縱尺。俾與金屬圓板相緊切。此縱尺上每一度分。適合陽螺旋回轉一週期之距離。即一公釐也。又金屬圓板移動一度。則為百分之一公釐。或二百分之一公釐。即陽螺旋回旋一週期百分之一或二百分之一也。狀如第一七圖。

第一七圖



使用法 使用本器時。宜先取極平滑之圓玻片一枚。置於三足架之下。次將陽螺旋向前迴旋。令其下端緊切於玻片之面。則此時陽螺旋之尖端。適與三足架之纖足相齊。而同處於水平面之狀態。於是預記其縱尺上及金屬圓板上所示之度數為若干。然後再將陽螺旋向後迴旋。使與玻面相離。乃取所欲測定之物體。置於玻片之上。其位置須適與陽螺旋之尖端相對。再徐徐將螺旋向前迴旋。俟其尖端向物體接觸而止。此時檢視縱尺上及金屬圓板上之度數。與前次預記之度數相差為若干。即可確如所欲測定之物體為若干度數也。例如有一小球體。經本器測定後。假定在縱尺上之差為一度。而在金屬圓板上之差則為三〇度。即可判定其直徑為一公釐又百分公釐之三

也。(按此係指金屬圓板上之度分劃分百分者而言。若係劃分為二百分者。則應讀為一公釐又百分公釐之一五矣。

圓柱形螺旋測微器

Micrometer screw gauge.

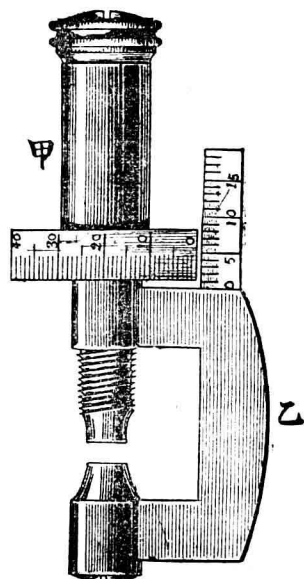
用途 圓柱形螺旋測微器，一名美克羅米突。又名線徑規。供測定金屬細絲圓徑之用。

構造 本器亦以陰陽二種螺旋製成。其構造視精粗而異。如第一八圖。為通常所用之圓柱形螺旋測微器。可分甲乙二部解釋之。甲部為一鐵製之圓柱。前端截成鈍形。陽螺旋即附於其中。更於圓柱之中部。附以金屬圓板一。在周圍之邊緣。刻有精密度分。平均劃分為一百分。

乙部作U字形。在其上部之左端。附有一圓形突起。右端則延長作管狀。陰螺旋即附於其內。更於長管之下側。附以一小形之尺。刻有公尺度分。約為五生的米突。用作測定時記數之用。當甲部之陽螺旋在乙部陰螺旋中迴旋時。每迴旋一週期。其距離之度適為一公釐。而甲部金屬圓板每移動一分。則為陽螺旋迴旋一週期百分之一。亦即百分公釐之一。其記數之法。與圓環形螺旋測微器無異。

使用法 本器之使用法。一如圓環形螺旋測微器。臨用時先將甲

第一八圖



部之陽螺旋。向前迴旋。令其下端與乙部左端之圓形突起相密切。則斯時金屬圓板之邊緣。當適在縱尺上之零點。次復將陽螺旋向後迴旋。俾與乙部突起相離。然後取欲測定之金屬細絲。置於其間。復徐徐將陽螺旋令向前迴旋。至與物體相接觸而止。則檢視金屬圓板邊緣在小尺上所指示之度分。並視其自身邊緣與小尺相接觸處之度分。即可測定某種金屬細絲之圓徑為若干。其讀數法。一如圓環形螺旋測微器。

稱量瓶

Weighing bottle.

用途 稱量瓶，供權知各種液體重量之用。並用以測定各種固體及液體之重率。

構造 用上等玻璃質製成。其形與通常玻璃瓶相同。瓶口附有玻塞。務使密相切合。狀如第一九圖。其大小視其容量之多寡而異。

第一九圖

使用法 (第一) 權知各種液體量量之法。

先將空瓶先淨。繼使之乾燥。乃置天平中權之。記取其重量為若干。然後再取所欲權知重量之液體注入瓶中。復置於天平中權之。乃除去最初所權得之重量。其所餘之數。即某種液體實質之重量也。蓋凡各種液體之分子。均極易分散。非如各種固體。可以任意處置。故欲權知其輕重。非有此種特別裝置不可。



(第二) 測定各種液體重率之法。

所謂液體重率者。即指某種液體較純水輕重之數也。故必須以純水之重率爲標準單位。蓋水之重率爲一〇〇〇。凡輕於純水之液體。如油與酒。其重率皆不逮一〇〇〇。重於純水之液體。如硫酸與硝酸。其重率均在一〇〇〇以上。測定液體重率之法。有用比重瓶者，有用浮表者，(均見後)惟遇不備上述各器時。亦可用稱量瓶代之。其法先以常溫(攝氏十五度)之水。裝入瓶中。權其輕重。記明其所得之數。次將瓶內之水傾出。易以所欲測定之液體。仍如前權其輕重。則視其權得之數或增或減。即可測定其重率之或大或小。例如第一次所權得水之重量。假定爲一千公釐。第二次權得硫酸之重量。爲一千四百三十三公釐。則知此硫酸之重率。即爲一·四三三也。又若以酒精易硫酸。其權得之重量爲八百九十三公釐。則此酒精之重率即爲〇·八九三也。

(第三)測定各種固體重率之法。

測定固體重率。亦以純水爲標準單位。通常所用之器。爲水學天平，及尼古爾孫浮秤等。(均見後)惟遇岩石金屬等細屑。則以用稱量瓶爲便。其法一如測定液體重率法。先權知水之重量。次將水傾去使之乾燥。易以所欲測定重率之細屑。則觀其前後重量相差之數。即可判定其重率之大小。若欲測得其精密之確數。則非應用特設之比重瓶不可。

量 杯

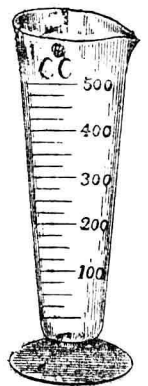
Glass measure.

用途 在物理學試驗時。欲知某種液體體積之多寡。非用一種準確之量器不可。量杯即通常所用量器之一也。又在化學上欲爲容量分析之工

作。有時亦得以量杯代量管及滴管之用。

構造 量杯通常用玻璃製成。亦間有瓷製者。全體以略作倒圓錐形者為多。上部擴大。於其一小部分處。作侈口形。俾液體得易於流出。表面刻有極準確度分。其刻度之法。有用英制者。有用萬國權度通制者。惟近年則以用途萬國權度通制者為多。其容量之大小。則視用途而異。小自十公勺起大至千公勺而止。共分九種。即一公勺，二〇公勺，五〇公勺，一〇〇公勺，二〇〇公勺，二五〇公勺，三〇〇公勺，五〇〇公勺，一〇〇〇公勺是也。狀如第二〇圖。

第二〇圖



使用法 注液體於本器中。俟其水平面所止之處。再檢視其表面所刻之度分。即可測知某種液體體積為若干。

茲將萬國權度通制及英制量法列表如下：

(第一)

定名	舊譯名	原 名	相 等 數
公撮	密理立特	Millilitre	〇.〇〇一公升
公勺	生的立特	Centilitre	〇.〇一公升(十公撮)
公合	得夕立特	Decilitre	〇.一公升(十公勺)
公升	立 特	Litre	單 位
公斗	迭克立特	Decalitre	一〇公升
公石	黑達立特	Hectolitre	一〇〇公升
公乘	啓羅立特	Kilolitre	一〇〇〇公升

按我國以前。因舊譯公升爲立特。故對於升以上及升以下之各數。均另創新字以代之。如蚘卽公升。十蚘爲卣。百蚘爲瓠。千蚘爲罇。十分蚘之一爲蚘。百分蚘之一爲壺。千分蚘之一爲甔等。

(第二)英國權度制量法表

(甲)普通量

譯名	原名	略號	相等數
盎	斯 Ounce		一六〇之一 加倫
及爾	Gill	及	三二分之一 加倫
品脫	Pint	品	八分之一 加倫(四及爾)
瓜脫	Quart	瓜	四分之一 加倫(二品脫)
加倫	Gallon	卣	單位
潑客	Peck	呌	二 加倫
蒲式爾	Bushel	詒	八 加倫
瓜他	Quarter		八 蒲式爾
卡爾奪朗	Choldron		三六 蒲式爾

(乙)藥量

譯名	原名	略號	相等數
米寧	Minim		七六八〇〇之一加倫
液體司克路步	Fluidscruple		三八四〇分之一加倫(二〇米寧)
液體打蘭	Fluid Dran		一二八〇分之一加倫(六〇米寧)

液體盎司	Fluid Ounce	喃	一六〇分之一加倫(八液體打蘭)
品脫	Pint	品	八分之一加倫(二〇液體盎司)
加倫	Gallon	呷	單位

(第三)萬國權度通制與我國舊有營造尺庫平制量法比較表

萬國權度制	營造尺庫平制
公撮	〇.〇〇〇九六五七 〇.〇九六五七四六一 升合
公勺	〇.〇〇九六五七五 〇.九六五七四六一 升勺
公合	〇.〇九六五七四六 〇.九六五七四六一 升合
公升	〇.九六五七四六一 升
公斗	九.六五七四六一 〇.九六五七四六一 升斗
公石	九六.五七四六一四 〇.九六五七四六一 升石
公秉	九六五.七四六一四三 九.六五七四六一四 升石

(第四)萬國權度通制與英制量法比較表

萬國權度制	英制
公撮	〇.〇〇七〇四 〇.八四四七〇四〇 一.六八九四〇八〇〇 及液體司克路步寧米

公	勺	○.○七○三九 二.八一五六八○○	及 液體打	爾 蘭
公	合	○.七○三九二 三.五一九六○○	反 液體	爾 斯
公	升	一.七五九八○○ ○.三一九九九七五	品 加	脫 倫
公	斗	二.一九九七五	加	倫
公	石	二.七四九六九	蒲 式	爾
公	乘	二七.四九六九	蒲 式	爾

量筒

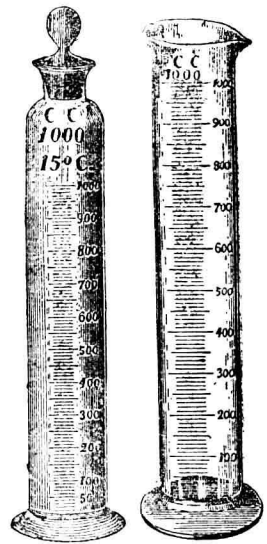
Measuring cylinders

用途 量筒之用途與量杯相同。

構造 量筒多用玻璃製成。全體作圓柱形。

分有塞與無塞二種。有塞者口部收縮。配以極密合之玻塞。無塞者則上下如一。惟於上端之一部分。略作侈口之狀。表面亦刻有度分。且視量杯更為精密。通常所用有塞量筒。由其容量之大小。可分為六種。即五○公勺，一○○公勺，二○○公勺，二五○公勺，五○○公勺。一○○○公勺是也。至無塞量筒。則分為八種。即一○公勺，二○公勺，五○公勺，一○○公勺，二○○公勺，二五○公勺，五○○公勺，一○○○公勺是也。如第二一圖為有

第二一圖 第二二圖



量筒。第二二圖爲無塞量筒。

使用法 量筒用法與量杯無異。惟有塞量筒。專供量液體中之具有揮發性者之用。無塞量筒。則供量普通液體之用。

量 瓶

Measuring flasks

用途 量瓶之用途。亦同於量杯及量筒。

構造 全體用玻璃製成。狀如普通燒瓶。口部具有密合玻塞。頸部細長。於其中部之周圍劃一細線。藉作標識。視其容量之大 第二三圖小。可分爲六種。即五〇公勺，一〇〇公勺，二〇〇公勺，二五〇公勺，五〇〇公勺，一〇〇〇公勺是也。其與量杯及量筒不同之點。即前二者劃分爲平均之度分。而此則除頸部有標識細線之外。別無若何之度分也。狀如第二三圖。

使用法 量瓶亦供量定液體體積之用。惟不能如量杯及量筒之活動連用。因其容量有一定故也。臨用時將液體注入瓶中。俟滿至頸部之線而止。則視其瓶外所刻之數字及符號。即可知其體積爲若干。又於數字及符號之外。常附以 15°C 記號。即爲攝氏表一五度（常溫）之記號。蓋液體體積之增減常與溫度之昇降成比例。附此記號即所以表明某種液體。在攝氏表一五度時所有之體積也。



量 管

Burettes.

用途 量管爲量各液體體積較小之器。專供化學上容量分析之用。

構造 量管爲一圓柱狀之長玻管。下端漸狹小。至末端則作尖銳形。

於玻管表面。刻有極精密度分。其刻度之法。與量杯 第二四圖 第二五圖

及量筒適相反。蓋量杯及量筒。其○點皆在下。而量

管之○點。則在上也。分有塞與無塞兩種。有塞量管

如第二四圖。於其下端狹小部分。附有玻璃活塞。得

以自由啓閉。無塞量管。則以膠皮管 及金屬彈簧挾，

與尖形玻璃嘴。代活塞之用。狀如第二五圖。其容量

之大小。視應用而異。大抵活塞量管約分爲二五公勺，

五〇公勺，七五公勺，一〇〇公勺等四種。不具活塞

之量管。則分爲一公勺，五公勺，一〇公勺，一五公

勺。二〇公勺，二五公勺，五〇公勺等七種。

使用法 使用本器。宜先用木製或金屬製架。

挾持之使穩固。然後將應用之試液。由上部注入。俟

液面與○點相齊而止。次又於量管之下方。別置一容器。臨用時將下端玻

璃活塞扭開。則試液即自上而下。俟管內液面適至所需之度分。即閉其活

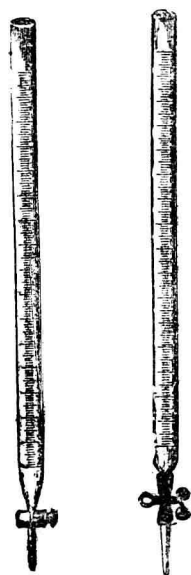
塞。故視其液面降下若干度。即可測知液體流出之體積爲若干也。若不具

活塞之量管。則宜用長約寸許之膠皮管。一端與管之下端相連。一端與尖

形玻璃嘴相連。平時於膠皮管之中部。挾以金屬彈簧挾。如欲令試液流出

若干。可用兩指捏住彈簧挾。則膠皮管上下交通。試液即自上而下。俟至

所欲需之分量時。即鬆其兩指。則膠皮管依然交通斷絕。試液即停住不再



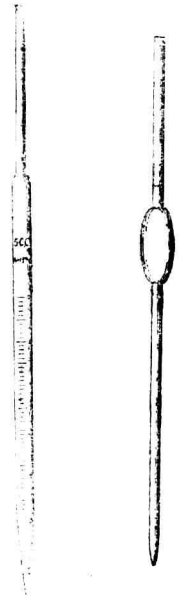
流出矣。

滴 管

Pipettes.

用途 滴管之用途。同於量管。能將試液若干容量。自此器移至彼器。為容量分析時必需之器具。

構造 滴管以玻璃製成。分刻度滴管與有泡滴管二種。刻度滴管如第二六圖。其形與普通玻璃管相類。下端頗尖細。製以硬質玻璃。其刻度法與前述量管相同。○點必在上端。其容量分一公勺，二公勺，五公勺，一〇公勺，一五公勺，二〇公勺，二五公勺，三〇公勺，五〇公勺，一〇〇公勺十種。有泡滴管如第二七圖。其玻璃管之中央部。突然放大。有作球形者。有作圓柱形者。以便多容試液。管外並未刻有精密之度分。惟於管之頸部周圍。劃有細線。作為表識。其容量有定數。亦如刻度玻璃管。共分一公勺，二公勺等十種。凡製滴管，有數事宜知。即(第一)下端口徑不可大於二十五分寸之一。(第二)上口之邊緣。宜用吹火熔之。使其口狹而邊厚。且須齊平。如是則用指按捺時。不致洩氣。



使用法 用滴管之法。宜先將食指之腹部潤

以水使微濕。然後以大指與中指。在管之近上口處夾持之。將管之下端插入盛試液之瓶中。次以口銜住管之上口。微微一吸。使試液昇入管中。俟

鼻至頸部之劃有表識處。即將口離開。而將食指在上口按住。則試液即爲空氣所抵住。不致落下。惟遇有劇毒或可厭之試液。用口吸之。殊覺有害。則宜用膠皮管聯於管之上端。先以二指捏住膠皮管。將滴管內之空氣盡量驅除。然後將兩指放鬆。則試液即自行流入管中。如嫌管中試液過多。可將食指稍鬆。則試液自能落下。俟落至表識處而止。準備既畢。乃將本器移置於添注試液之處。鬆其食指。則試液即自然流出。如將食指稍鬆後。仍行按住。則試液之流出較少。可視其需用之量而酌量支配之。又如管中試液已盡量流出。惟尚有點滴留滯於下端之口。不能落下時。可將口啣於上端之口吹出之。

比重計

Hydrometers

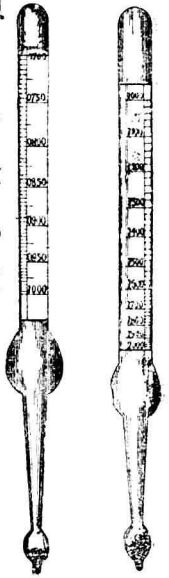
用途 比重計，專供測定各液體比重之用。並可由此求得某種液體內所含成分之多寡。一名液體比重浮秤。又名浮表。

種類 比重計種類頗多。視其用途而異。有用以測定酸類者。有用以測定酒精及以脫者。有用以測定牛乳者。有用以測定尿液者。第二八圖至其劃度方法。亦視創製者而各異。通常所用者爲蓋留撒克氏及步梅氏，土瓦圖氏等三種比重計。

構造 比重計構造。雖視其用途而異。然其大體則畧相類似。如第二八圖。爲最簡單之比重器。製以玻質。狀如普通玻管。頂端作尖銳形。漸近下端乃縊成蜂腰狀。其最下之部。又突然擴大略成泡狀。充水銀於其內。俾浮於液體時。得因重



心之集中。使之直立不欹。並於其上部玻璃管處。劃有一標準線 第二九圖
 線。如第二九圖。爲步梅氏比重計。分輕重二種。輕者用以
 測酒精以脫及銻水等之比重。其分度自七〇〇至一〇〇〇。
 重者用以測硫酸硝酸等之比重。其分度自一〇〇〇至二〇〇
 〇。如第三〇圖。爲成組比重計。共分四種。第一種，自七
 〇〇度至一〇〇〇度。第二種，自一〇〇〇度至一三〇〇度。
 第三種，自一三〇〇度至一六四〇度。第四種，自一六六〇度
 至二〇〇〇度。並另有攝氏溫度表及玻璃圓筒各一。裝入木
 箱中。合成一組。此外尚有蓋留撒克氏及土瓦圖氏所創製之
 比重計。其分度之法。皆與步梅氏少異。

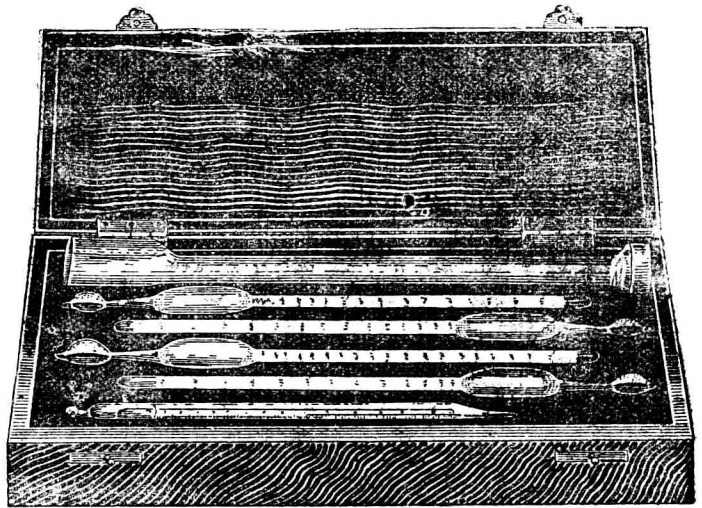


實驗法

欲實驗簡單比重器。可先盛清水於玻璃筒中。

乃以比重器沈
 入其內。則見
 玻璃上部所劃
 之標準線。當
 適在液體之表
 面處。若易以
 較水重之液體
 。如硫酸，硝
 酸等。則其標
 準線當在液面
 之上。反之若

第三十圖



易以較水輕之液體。如酒精，以脫等。則其標準線當在液面之下。故視標準線在液面之上下。及其高低之差。即可約略判定某種液體比重之大小。惟欲為精密之測定。則非用步梅氏或他種比重計不可。其法，先將欲測定之液體。注入玻筒中。約至八分之滿。其溫度須適為攝氏一五度。次將比重計沈入其中。則視玻管與液面相接處之度分。即可測知其比重之大小。如欲確知某液體中所含有之成分為若干。則宜使用某種液體專用之比重計。視其比重之大小。即可斷定其含量之多寡。例如酒精之比重在 0.999 度時。則每百分中為含有純酒精 0.53 分。若在 0.872 度時。則每百分中當含有純酒精 70.27 分。因酒精為較水輕之液體。其比重愈小。則其含量愈多。其品質亦愈佳。反之。凡較水重之液體。如硫酸，硝酸等。則異是。例如硫酸之比重在 1.590 度時。每百分中含有純硫酸 67.59 分。若在 1.840 度時。則每百分中當含有純硫酸 95.60 分也。至各液體比重與其含量多寡之算法。各專書中俱列有精密之表。可供查攷。茲不附載。

原理說明 本器應用之原理。實基於阿屈靡特氏之定律。即比重計沈入水中時。其沈入部分所排除之重量。即等於比重計自身之全重。若移置於他種液體時。則視其液體之比重若何。或為深沈。或為淺沈。不能一律。今假定比重計自身之全重為 10 公分（即十克）。則當其沈入水中至一定深處時。其所排除之水量。必為一立方公分（即十立方釐）。因一立方公分之水。其重量適為 10 公分也。又如將比重計置之酒精中。則其沈入之度雖較深於沈入水中時。然其所排除酒精之重。亦必為 10 公分。因酒精之比重較小於水故也。由是而知液體之比重愈小。則比重計所排除之

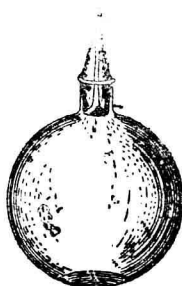
體積愈多。比重愈大。則比重計所排除之體積愈少。簡言之，即比重計所排除之體積。必與液體之比重爲反比例也。

比重瓶

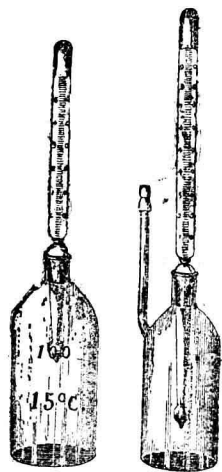
Specific gravity bottles.

用途 比重瓶，亦供測定各種液體比重之用。雖不及用比重計之便利。惟其所測得之數。則較爲精確。

構造及種類 比重瓶以玻質製成。形似普通玻璃瓶。瓶口附有玻塞。略分數種。如第三一圖。爲最簡單之式。瓶口附以有孔玻塞。容量爲二五公勺。第三二圖。爲附有溫度表之比重瓶。容量爲五〇公勺。又如第三三圖。除附有溫度表外。並附以有帽側管。容量亦爲五〇公勺。



第三一圖



第三二圖

第三三圖

使用法 先將空瓶在天平中權之。記明其重量爲若干。次以蒸溜水注入瓶中令滿。再置天平中權之。則其重量必較空瓶增加若干。乃減去空瓶之原有重量。則其所餘之數。卽爲水之重量。次易以酒精。依同法權之。其重量必減輕。又易以硫酸或硝酸。其重量必增加。是實由於各液體比重不同所致。凡欲實測某種液體比重之數。可於權得實際重量（卽除去瓶重之量）之後。以瓶之容量除之卽得。又通常測定各種液體比重之大小。恆以水爲

標準單位。即一公勺之蒸溜水。在攝氏四度時。其重量適爲一公分。而定其比重爲一。〇〇〇。至其他各液體之比重。則視其物質而異。茲就日常所習見各種液體。揭其比重如下。

水銀	13.508	硫酸	1.841	硝酸	1.420	人乳	1.029
煤油	0.836	純酒精	0.793	以脫	0.713		

各種液體之比重。恆與溫度成反比例。即溫度愈高。則其比重愈小。溫度愈低。則其比重愈大。故如欲測定某種液體在某溫度時之比重爲若干。則宜將溫度表附加於玻塞中。使其下端水銀球浸入液體中。通常凡測定各液體比重之數。恆以攝氏一五度爲標準溫度。若測驗時。其溫度在此標準以上或以下。則須依據液體漲縮表如法增減之。

物理天平

Physical balance

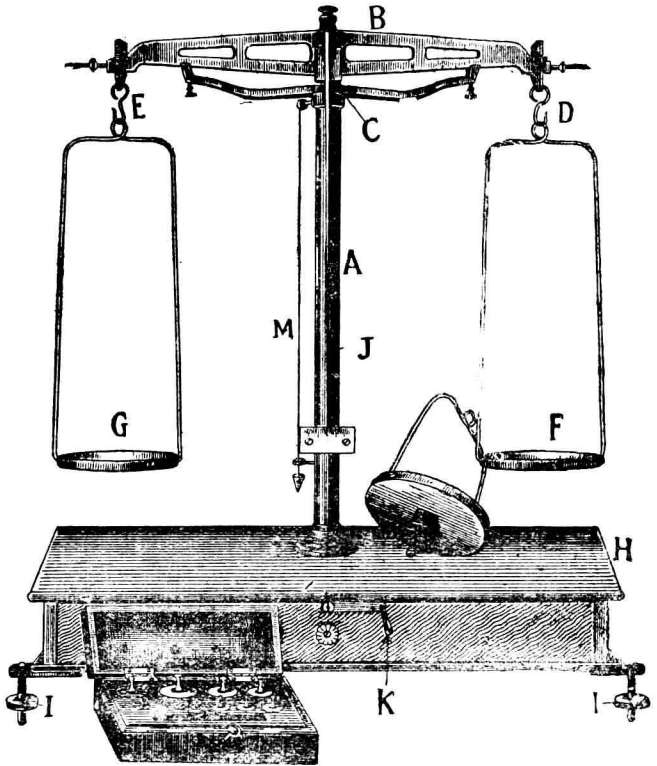
用途 物理天平，供物理試驗時權衡物體重量之需。同時並可供測定各種固體比重之用。

種類 天平之種類。視其構造之繁簡。與品質之精粗。得區爲普通用，物理學用，化學用三種。普通用天平。構造頗粗率。其感應亦較鈍。化學用天平。則構造既極精密。感應亦頗銳敏。其感量自百分公分之一起。至萬分公分之一而止。專供化學上重量分析之用。其價值異常昂貴。惟物理天平則適介於二者之間。在教室中應用殊爲便利。並於普通稱盤之外。更有附加鉤盤。可兼供測定各種固體比重之用。如第三四圖。爲甲種物理天平。第三五圖爲乙種物理天平。

構造 上述

第 三 四 圖

甲乙二種物體天平。
 以甲種最稱精密。
 茲略述其構造如下。
 如第三四圖。
 (A) 爲金屬圓柱。
 而空其中。植立於
 木箱(H) 之上。木
 箱底部有銅製螺旋。
 分三足鼎立，如
 (I)。(B) 爲槓桿。
 全體剖空。作長菱
 形。於其兩臂之正
 中。嵌入三角形鋼
 刃一。槓桿之兩端
 。各懸一鉤如 (D)

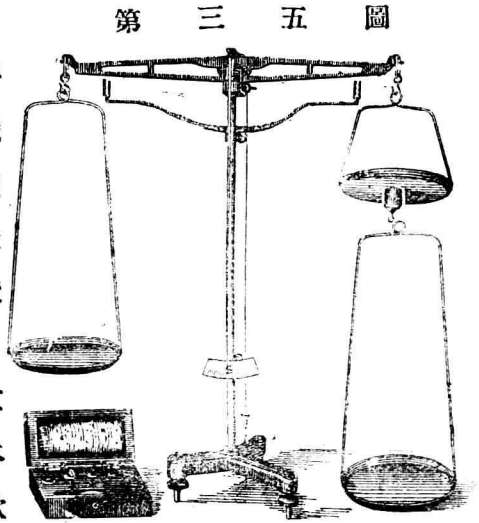


(E)。用以懸掛 (F) (G) 之稱盤。(別附有鉤盤一具專供測固體比重時之用)。金屬圓柱中。內藏一直立鐵桿如 (C)。上端鑲以銅質。作口形。內面有窪溝。俾槓桿中部三角形鋼刃。適支於窪溝之上。其下端與裝置於木箱之機枋(K)相切。由機枋之迴轉。得令(C)之鐵桿升降起落。又槓桿前面正中有指針一。如 (J)。下端與劃度之象牙板相切。此象牙板面所劃度分。平均分爲二十格。以中央爲零點。視其指針所指之度。即得判定槓桿之平均與

否。又圓柱後側有一垂直線如M。

蓋藉以測知木箱之位置是否呈水平狀態者。又圓柱之上端附以橫置鐵桿。略呈弧形。則專為平時託載槓桿之用。是為甲種物理天平構造大略。至乙種物理天平之構造。則較為簡單。視第三五圖即知，

使用法 本器使用時。宜先裝置如上列各圖。惟必須保持水平狀態。否則恐未能十分精確。欲



知天平全部已達於水平狀態與否。可視圓柱後側垂直線(M)而知之。因此垂直線當天平在水平狀態時。在理應適通過於圓柱下端所附綴之銅環中故也。故如遇垂直線不能正直通過銅環中時。則宜將基部之各螺旋(I)隨意旋動。務達至水平狀態而止。次乃將所欲權衡之物體。置於稱盤之甲方。再取物碼。置於稱盤之乙方。隨意增減之。俟兩方之輕重相等。則槓桿當左右相平衡。而此時指針亦應適指於象牙板上正中之○度。故視乙稱盤物碼全數之重量。即可確知所欲權衡物體之重量。

天平所用物碼。各國不同。我國以前通用庫平制。今已將庫平制廢去。改用萬國權度通制。惟英美兩國。則仍沿用英制衡法。且就中又有常衡，金銀衡，藥衡，三種區別。計算殊苦不便。至於物碼之質料。大者用銅製成。小者則製以鋁。且每一組中。必須大小具備。例如用萬國權度通制之物碼。每一組中。應備各等大小物碼如下：

一百公分 五拾公分 二十公分各一個 十公分二個 五公分一個
 二公分一個 一公分三個 五公釐一個 二公釐一個 一公釐二個
 五公毫二公毫各一個 一公毫二個 五公絲 二公絲各一個 一公
 絲三個

如欲用以測定各種固體之比重。則一方宜易以有鉤秤盤。法先將所欲測定之固體。繫以細線。懸於盤底之鉤上。在空氣中衡之。而記其重量。次更沉入水中衡之。則其所得之重量。必較輕於前。此所失之重量。即等於同體積之水重。以所失之重。除原重。即得物體之比重。今試以空氣中所衡得之重為 P 。以水中所失之重為 V 。以比重為 S 。則其相關之式如下：

$$S = \frac{P}{V}$$

例如有一物體。在空氣中衡之。其重量為一〇.五公分。在水中衡之。為六.三公分。則以一〇.五減去六.三。等於四.二公分。即水中所失之重量也。以四.二除一〇.五。則得二.五。即所欲測定物體之比重也。

上述測定固體比重之法。係專指較水重及不溶解於水中之物體而言。若其物體較水為輕。或入水即被溶解者。則欲求得其比重之數。必須另設他法。

凡物體較水輕者。因其下壓之力。遠不逮水之上壓力。故欲使之沉入水中。非借助於他種重物不可。例如有木片一塊。欲測定其比重之數。則必須借助於較水重之鉛塊。其法。先權得鉛塊在空氣中之重量。假定其數為二五.三〇公分。次將鉛塊沉入水中權之。則其重量必減輕為二三.〇六公分。乃就二五.三〇中。減去二三.〇六。得二.二四公分。即鉛塊在水中所失之重也。於是取所欲測定比重之木塊。繫於鉛塊上。同時在空

氣中權之。假定此二物體之共同重量。爲三五·五九公分。就中減去二五·三〇。得一〇·二九公分。卽木片單獨在空氣中之重量也。次再將鉛塊與木片同時沉入水中權之。假定其權得之重量。爲一八·九四公分。乃就二物體在空氣中所權得之重量。三五·五九·公分中減去一八·九四。得一六六五公分。此數卽鉛塊與木片二物體在水中所失之重也。今再就此二物體之合計數一六·六五中。減去鉛塊在水中所失之重數二·二四。得一四·四一。是爲木片在水中所失之重數。亦卽同體積之水重。故以木片在水中所失之重數一四·四一。除木片在空氣中所權得之重數一〇·二九。得〇·七一四。卽木片比重之數也。

又凡入水卽被溶解之固體。欲測定其比重。則必須選取不溶解此物之液體如酒精及油類等。以代水之用。其法。先須測知此液體之比重爲若干。次如第一或第二之法求得此固體之比重數。較其所用液體大至若干倍。最後乃以求得之固體比重數。與其所用之液體比重數相乘。其所得之乘積。卽此固體之比重數也。例如硫酸鉀爲極易溶解於水之固體。如欲測定其比重。必須以不溶解硫酸鉀之酒精代水之用。而通常酒精之比重。略爲〇·八三九。實驗時。宜先以硫酸鉀在空氣中權之。假定其所得之重量爲五·九四公分。次沉入酒精中權之。其所得之重量爲三·八三公分。於是空氣中權得之重數五·九四。減去在酒精中權得之重數三·八三。則得二·一一。是爲硫酸鉀在酒精中所失之重。亦卽同體積酒精之重也。故以硫酸鉀在酒精中失重之數二·一一。除空氣中權得之重數五·九四。得二·八一五。是卽硫酸鉀以酒精爲單位比重之數也。最後再以二·八一五。與酒精比重之數〇·八三九相乘。得二·三六二。是爲硫酸鉀以水爲單位比重

之數。

凡製作天平，必具備下列三種要件：

(第一) 秤桿之重心必使在支點之垂線下。

(第二) 秤桿之二臂。必使其長相等。且須有同等之平均量。

(第三) 天平之感度必極銳敏。以能顯出千分之一之差為合宜。而欲使天平感度銳敏。其製作之時。有不可不知者四事。即(一)務使重心與支點極相接近。(二)秤桿以愈長而愈妙。(三)秤桿及秤盤之重量務使減輕。(四)旋轉點務極尖銳。則可減小滯力。

附天平處理法：

凡感應銳敏之天平。其最關重要者。厥為槓桿中部之鋼刀。而此鋼刀若常與堅體相接觸。則易致磨鈍而發生滯力。故在不用之時。宜將連綴於木箱之機快（如第三四圖之 K）。將其搖柄迴轉向下。俾圓柱中鐵桿（如第三四圖之 C）降落。則槓桿即為弧形之橫鐵桿所託載。不致損及鋼刀。又酸類及鹼類等藥品。最易使金屬鏽蝕。故使用之後。宜拭之使極淨。不令沾染。

茲將萬國權度通制及英制衡法列表如下：

(第一) 萬國權度通制衡法表。

定名	舊譯名	原 名	相 等 數
公絲	密理克蘭姆	Milligramme	0.00000—公斤
公毫	生的克蘭姆	Centigramme	0.0000—公斤(—0公絲)
公釐	得夕克蘭姆	Decigramme	0.000—公斤(—0公毫)

公分	克蘭姆	Gramme	〇.〇〇—公斤(一〇公釐)
公錢	迭克克蘭姆	Decagramme	〇.〇—公斤(一〇公分)
公兩	黑達克蘭姆	Hectogramme	〇.一—公斤(一〇公錢)
公斤	啓羅克蘭姆	Kilogram	
公衡		Myriagramme	—〇公斤
公擔		Quintal	—〇〇公斤(一〇公衡)
公噸		T nne	—〇〇〇公斤(一〇公石)

按我國以前因舊譯公分爲克蘭姆。故於分以上及分以下之各數。均另創新字以代之。如克卽公分。尅卽公錢。廔卽公兩。尅卽公斤。尅卽公釐。尅卽公毫。尅卽公絲。

(第二)英制衡法表。

(甲) 常 衡

譯 名	原 名	相 等 數
克 冷(英釐)	Grain	七〇〇〇分之一磅 四三.七五分之一〇盎斯
打 蘭	Dram	二五六分之一磅 一六分之一盎斯
盎 斯(英兩)	Quunce	一六分之一磅
磅	Pound	單位(一六盎斯)
斯 冬	Stone	一四磅
瓜 他	Quarter	二八磅

亨魯來懷脫(英擔)	Hundredweight	一一二磅(八斯冬)
噸	Ton	二二四〇磅(二〇亨魯來懷脫)

(乙) 金銀衡

譯名	原名	相等數
克冷(英釐)	Grain	五七六〇分之一脫來磅
本尼懷脫(英錢)	Pennyweight	二〇分之一脫來盎斯(二四克冷)
脫來盎斯	Troy ounce	三分之一脫來磅(四八〇克冷)
脫來磅	Troy Pound	單位(七〇〇〇分之五七六〇常衡磅)

(丙) 藥衡

譯名	原名	相等數
克冷(英釐)	Grain	五七六〇分之一藥用磅
司克路步	Scruple	三分之一藥用打蘭(二〇克冷)
打蘭	Dram	九六分之一藥用磅(八分之一藥用盎斯) (六〇克冷)
盎斯(英兩)	Ounce	三分之一藥用磅(四八〇克冷)
磅	Pound	單位(七〇〇〇〇分之五七六〇常衡磅)

(第三) 萬國權度通制與我國舊有營造尺庫平制衡法比較表

萬國權度通制	營造尺庫平制
公絲	〇.〇〇〇〇二六八兩 〇.二六八〇八九三毫

公	毫	〇.〇〇〇二六八一兩 二.六八〇八九三三毫
公	釐	〇.〇〇二六八〇九兩 二.六八〇八九三三釐
公	分	〇.〇二六〇八九兩 二.六八〇八九三三分
公	錢	〇.二六八〇八九三兩 二.六八〇八九三三錢
公	兩	二.六八〇八九三三兩
公	斤	二六.八〇八九三二七兩 一.六七五五五八三斤
公	衡	一六.七五五五八二九斤
公	擔	一六七.五五五八二九斤
公	噸	一六七五.五五八二九斤

(第四)萬國權度通制與英制衡法比較表

萬國權度通制	英制
公 絲	〇.〇一五四三二四克冷
公 毫	〇.一五四三二三六克冷
公 釐	一.五四三二三五六克冷
公 分	〇.〇三二一五〇七四脫來盎斯 一五.四三二三五六三克冷 〇.七七一六一七八司克路步
公 錢	五.六四三八三三二打蘭
公 兩	三.五二七三九五七五盎司 三.二一五〇七四二脫來盎司
公 斤	二.二〇五六二二三四一磅 二.六七九二二八五脫來磅
公 衡	二二.〇四六二二三四磅

公	擔	一。九六八四一二八亨奪來懷脫
公	噸	〇。九八四二〇六四噸

彈簧秤

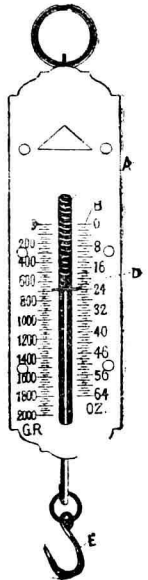
Spring balance.

用途 彈簧秤，亦為權衡物體輕重之器。蓋應用金屬延性（彈性之一種）之原理而作者。

分類 彈簧秤常用者分二種。一為彈簧鈎秤。用時以物體懸之鈎上。一為彈簧臺秤。用時以物體載諸盤中。

構造 彈簧臺秤為市肆間所習用者。其構造較為繁複。第三六圖茲就彈簧鈎秤略述其構造。如第三六圖。為本器之全形。外部為長方形金屬之框。如(A)。正面附有刻度金屬板如(B)。其刻度之法。分萬國權度通制及英制二種。皆於其上部作零點。下端至二〇〇〇公分或六四盎斯而止。金屬方框之內。其上部置有螺旋形鋼絲如(C)。鋼絲之末端。綴以直立小鐵片一。能隨鋼絲之伸縮向上下升降。而此小鐵片之上端。又附有指器如(D)。外與刻度金屬板相密切。蓋用以指示物體之衡量者。其下端有懸鈎。如(E)。則專為懸物之用。

使用法 本器使用極易。其法可取欲權衡之物體。懸諸鈎上。則視物體重量之大小。其螺旋形鋼絲之伸縮。即隨之而異。故觀金屬板上指器所指之度分。即可測知某種物



體之重量爲若干。若在鈎上取去物體。則鋼絲即縮短而回復其原有之狀態。同時其指器亦即上昇於零點。

原理說明 鋼絲爲具有彈性之物體。其延長之度。恆與物體之重量成正比例。例如物體之重量爲二公分。能令鋼絲延長一寸者。則遇物體重量爲四公分時。其鋼絲當延長爲二寸。遇物體重量爲六公分時。其鋼絲當延長爲三寸。餘以此例推。惟鋼絲之彈性亦有極限。若過其極限。或在長時間內受外力之作用。則必致漸失其彈性。此又用彈簧秤者所不可不知之事項也。

喬利氏彈簧秤

Jally's Spring balance.

用途 喬利氏彈簧秤之用途。與上述普通彈簧秤相同。不惟可藉此以測定較小之重量。且得別設一種裝置。用以測定各物體之比重。故其效用與物理天平殆無甚差異。

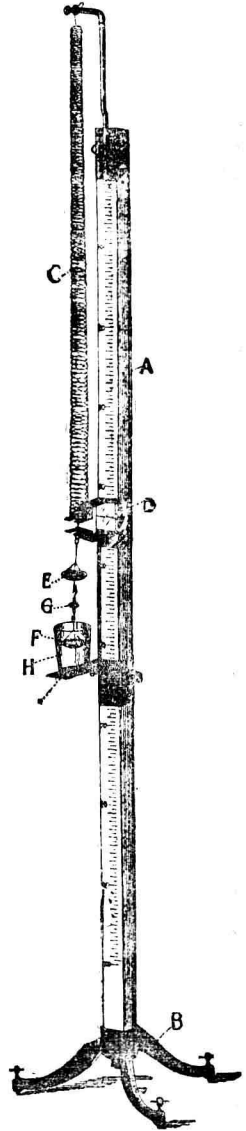
構造 喬利氏彈簧秤之構造。如第三七圖。全體以金屬製成。(A)爲方柱。長約一公尺有奇。於一面刻有公尺度分。植立於(B)之三足臺上。此三足臺上。每足各附有螺旋。得任意進退。俾保持水平之狀態。(C)爲螺旋形鋼絲。其法先取粗約〇·四五公釐之鋼絲一條。將全部共卷作一八〇回。每一螺旋之環。直徑約爲一七公絲。然後置於炭火中熱之至呈紅色。再取出徐徐冷卻之。即可應用。(D)爲指線。係於鐵製小方框中。嵌入鏡面玻片一塊。更於玻片之正中橫置一極細之線。蓋用以指示鋼絲延長之度者。(E)(F)同爲載物之秤盤。惟(E)盤製以金屬。於其底部附有小鈎。

(F) 盤製以玻質。兩盤之周邊均綴以極細金屬線三條。第三七圖
 向上束合作結。以便懸掛。(G) 爲 (E) 盤與 (F) 盤之
 聯綴器。製以金屬。上下各作鈎形。中爲一圓片。(H)
 爲盛水玻盃。(I) 則承載玻盃之臺也。

使用法 本器之用法有二種。

[其一] 爲測定物體之重量，用法與普通彈簧秤略相同。先將 (C) 之螺旋形鋼絲固著於方柱之頂端。次將 (E) 盤懸於鋼絲之下端。則其重力雖不大。然鋼絲常亦爲延長至若干度。今如欲測定小物體之重量。可取而載之於皿中。視鋼絲之加長爲若干度。先默誌於心中。隨即取去。易以適當之物碼。使其鋼絲延長之度。恰與以前載物時相同。則檢物碼之重數爲若干度。即可判定物體之重量爲若干也。

[其二] 爲測定物體之比重。用法與普通物理天平之水學天平相同。即先取 (C) 之螺旋形鋼絲固著於方柱之頂端。次取 (E) 盤懸於鋼絲下端。復次於 (E) 盤底部小鈎。上附以 (G) 之聯綴器。更於其下懸 (F) 盤。裝置既竟。乃取所欲測定之物體，載諸 (E) 盤中。依第一法權其輕重。將物體移置於 (F) 盤中。並將玻盃 (H) 盛水至半滿。而將 (F) 盤浸入水中。依前法權其輕重。則其物體之重量。當較輕於在 (E) 盤時。乃以在 (F) 盤中所失之重數。除 (E) 盤中所得原有之重



數。即可測得某種物體之比重。(參觀物理天平使用法)至聯綴器之效用。宜與指線相合。即凡欲確定鋼絲延長至若干度時。宜以聯綴器上之圓片。與指器上玻片之橫線。是否恰相對為標準。

測秒表

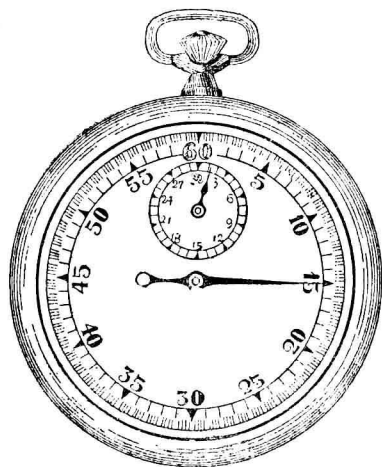
Stop watch.

用途 測秒表，一名立止表。專供測驗物體運動時計算其速度之用。

構造 測秒表之外形如第三八圖。其內部構造。係由數多齒輪切合

而成。與普通時表大略相同。其正面有長短指針各一。長針每移動一次。即為一秒。周行一次。共六十秒。亦即一分時間也。短針每移動一次。即為一分。周行一次。共三十分。亦即半小時也。蓋普通時表大抵以分為最小單位。而此器則以秒為最小單位。故可用以測定各種運動體在短時間內經過之速度。又本器內部。特設有始動，及休止，復位，等三種機括。以其體極纖細。非通常圖象所能顯示。故不備論。

第三八圖



使用法 使用本器之前。宜先將表上之柄。向左旋轉。俾內部之發條盡量絞足。與普通開表之法全無異致。次將其柄向內一推。使長短二指針之尖端均正指表面之零度。此時二針寂然不動。且方向全屬相同。而

呈一直線之位置。次乃俟各物體開始動作時。再將此柄向內一推。則長短二針。即向右移動。俟動體停止時。急將其柄再向內一推。則長短針即停止於最後所指之處而不動。故觀二指針所指之度分。再量度物體運動所經過之距離。即可測知某種物體運動時。在每一單位時間所得之速度。如欲為第二次試驗時。仍須再將其柄向內推進。則長短二指針之尖端。復止於零度而不動。

調節器

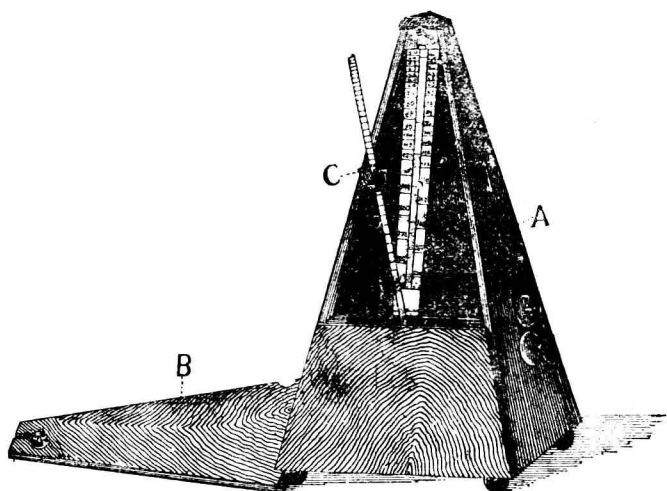
Metronome.

用途 調節器主要用途。本為奏各種樂器時調和節奏之需。故一名節奏器。又名測拍器。其在物理學中。則用以測驗各種物體運動進行時遲速之度。

構造 如第三九圖。(A)為方錐形木箱。上銳而下鈍。(B)為前面之掩板。揭去之則見其中黏有割度之表。且其所割之度。左右不同。即左方自四〇至二〇八。右方自四二至二〇〇。二者蓋交相為用。以示擺動之遲速者。又度分表之正中。並附有 Largo (遲緩) Largetto (微緩) Adagio (緩節之曲音) Andante (不疾不徐之曲音) Allegro (急調之音) Presto (極速之調) 等字。蓋亦用以示擺動之遲速者。至其內部之構造。則一如計時之鐘表。有發條。有齒輪。有輪軸。有向左右傾動之擺。有報時發音之器。惟其擺之構造。與普通鐘擺。完全不同。即全部為一鋼質扁形細桿。刻度分於其表面。上端距離較密。愈近下端。則其距離亦逐漸增加。至下部之末端。則綴以鉛球。蓋即全擺重心所在處。而使之為左右動作者也。又擺

之中部。貫以銅質節制器。如圖中之(C)。此節制器可活動上下。藉以節制擺動之遲速。

第三九圖



使用法

先將右方之機杼扭使向上旋轉。使其內部發條絞

緊。次將前面木板揭去。令懸擺向左右往復動作。再將擺上之節制器上下移動。至所需要之速度而止。例如欲令擺動較速。可將節制器移使向下。反之如欲令擺動較緩。則可將節制器移使向上。其遲速之度。可視度分表上西字定之。又報時之發聲器。其發聲之遲速。亦可隨意定之。其法即將左方銅質樞紐。推進之或引拔之。視其樞紐上所刻之數字即可測知其發聲之遲速。例如樞紐引拔至6字處。則每擺動六次。即發聲一次。引拔至4字處。則每擺動四次。即發聲一次。餘以此例推。

第二編

固體重學及其性質

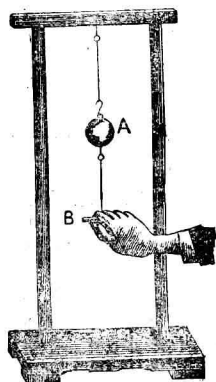
驗恆性器 (靜)(甲種)

Inertia apparatus, (static) (A)

用途 本器供證明凡靜止物體，不受外力作用時。恆繼續其靜止狀態。不能突然發生動作之事實。

構造 本器為一種長方形木製之架。如第四〇圖。於橫木上設一鉤。下垂細線。別以木製圓球一枚。上下各附一小鉤。如(A)。其上鉤與橫木處下垂之細線相連結。而下鉤則更用一細線懸以木製小桿如(B)。

第四〇圖



實驗法 實驗本器宜分二次為之。

[第一次] 先以手握(B)桿。徐徐用力向下引之。則此時(A)球上部之線必斷。而下部依然無恙。

[第二次] 仍以手握(B)桿。用力向下引之。惟須極迅速。則其所得結果。必與第一次相反。即(A)球上部之細線無恙。而下部之細線。則已先斷也。

原理說明 各種物體。皆有保持其固有現狀之性質。是名恆性。亦名慣性。又名惰性。例如本來靜止之物體。若不加以外力。自當永遠靜止。保持其原有之位置而不變。是即所謂恆靜性也。又謂之永靜性。實驗

本器時[第一次]試驗所得之結果。其故因(A)球上部之線。本先受有(A)球之重量。兼之經徐徐向下牽引後。則視下部所受之力。當然較大。故下部之線無恙。而上部之線已斷也。反之，如[第二次]試驗所得之結果。則因(A)球上本具有恆性。當人手迅速用力向下牽引時。其力尚不及傳達於(A)球上部之線。故下線已斷。而上線仍依然無恙也。

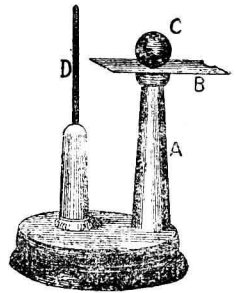
驗恆性器(靜)(乙種)

Inertia Apparatus (Static) (B)

用途 本器之用途，與前節相同。

構造 本器之構造如第四一圖。於木製座上。植立一柱如(A)。柱端作窪形。上載方形硬紙片一枚如(B)。更於紙片上置一小圓球如(C)。別於(A)柱之側。植立較短之木柱一。其頂端嵌入金屬製彈條一枚如(D)。

第四一圖



實驗法 本器如上圖裝置既畢。乃先以左手按住木座。不使移動。次以右手用力引金屬彈條使向後。旋即放手。則金屬彈條與紙片相接觸。即將紙片擊使落地。而小圓球則仍保其原有之位置不動。惟墜入於(A)木柱頂端之窪形穴中。

原理說明 就常理揣測。置小球於紙片之上。紙片落地。小球自應隨而同落於地上。而本試驗之結果乃適得其反者。此其故何也。蓋當(D)彈條撞擊紙片時。因其動作之勢。異常迅速。不及傳其力於(C)球。故紙片雖落地。而(C)球仍能保其固有之恆性。不致隨紙片落於地上。惟

因地心吸力之關係。故不得不落於(A)柱頂端之窟形穴中耳。反之。如將(B)紙片徐徐用力擊之。則紙片上所載之圓球。自當隨紙片同落於地。不待言也。由此試驗。則知凡靜止之物體。苟不加以外力。決不能令其位置改變。其理可益明矣。

吾人日常動作中。可藉以證明恆靜性之定律者。不一而足。例如吾人於乘舟登車時。若猝然將舟車開駛。則上體恆有向後傾倒之勢。蓋此時下體雖已與舟車取同一之速度。向前進行。而上體則仍保持其靜止之恆性。故不得不向後傾跌也。此外類此事例頗多。在吾人默察而自得之耳。

驗恆性器(動)

Inertia Apparatus (Dynamical)

用途 本器供證明凡既經動作之物體，非受外力阻礙。恆繼續循同一方向。以同一速度進行。不能突然中止之事實。

構造 本器之構造。極為簡單。可用木材或鐵葉。製成一淺皿。外附以柄。俾便手持。別以乾燥碗豆數粒置之皿中即得。如第四二圖。

第四二圖



實驗法 先將碗豆置於淺皿中以右手執持其柄突然向上舉起。旋即停止。則此時可見淺皿中之碗豆。離皿底向上跳躍。初不因皿之停止。而立即停止。必經若干時間後。乃始復落於淺皿中。

原理說明 本節實驗之事。與前二節適屬相反。蓋用以證明動體不能自靜之定律者。所謂恆動性者是也。又謂之永動性。當吾人手握淺皿向上疾舉時。則皿中之豌豆。亦隨之向上運動。今忽將淺皿倏爾停止運動。則其時淺皿靜止之力。一時不及傳達於豌豆。故豌豆決不與淺皿取同一態度。仍行繼續工作。以原有之速度向上進行。迨後因受地心之引力。仍復墜落於淺皿中。假令此向上進行之豌豆而無適與相反對之地心引力以障阻之。則隨其進行之所至。雖遠出於雲圍界之外。亦無不可也。

吾人日常動作中。足以證明恆動性之原理亦頗多。例如乘舟，乘車。當舟車疾駛時。突然停止其進行。則吾人上軀恆有向前傾倒之虞。其結果適與前條論恆靜性相反。蓋舟車雖停。而上軀方仍作向前之進行故也。此外無論何種物體。當其在運動極迅速之間。突然使之停止。則其進行之勢力。必不能一時使之消滅。然其最後乃終歸於靜止者。要不外無形之外力。有以障阻之耳。所謂無形之外力者。空氣及水之抵抗力，地面上凹凸不平之磨阻力，地心之吸力皆是也。

墜體速率試驗器

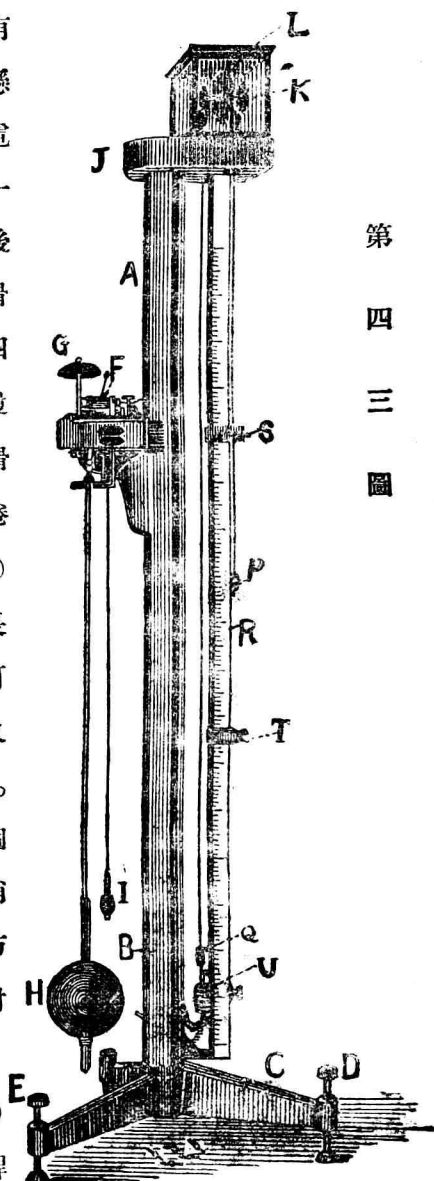
Atwood's Fall Machine

用途 墜體速率試驗器，供證明物體自高處墜下時。其路速與時間有相關之理。為英人阿脫烏特氏所發明。故又名阿脫烏特器。

種類 視其構造之繁簡。區為甲乙兩種。

構造 甲種如第四三圖。(A)(B)為六方形木柱。植立於(C)之鑲製三足臺座。座足附有螺旋器(D)(E)。進退之得令鐵座保持其水平狀態。

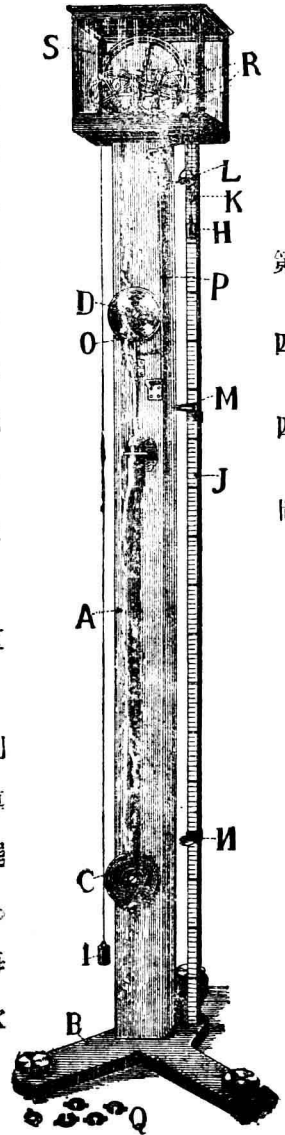
俾木柱直立不偏。柱之上半部。附有電氣磁鐵(F)。及電鈴(G)。下垂懸擺(H)。使用時以導線聯結電池與電氣磁鐵及電鈴(I)。柱之頂端。設一橢圓形木板如(J)。板之右方。前後並列小滑輪各二。如(K)。別有大滑輪(L)一。以其兩端之軸。橫架於四小滑輪之上。俾轉動極靈活。全部覆以方形玻璃箱。以免塵埃竄入。其大滑輪之輪周。鑿作深溝。以細絲一條捲繞溝中。二端各懸一等重之錘如(P)(Q)。又於柱之右側。樹一直尺。長約一公尺有半。如(R)。尺旁附有可隨意昇降之木環(S)。及支板(T)。又於尺之基部。亦附有電氣磁鐵如(U)。別於(P)(Q)二重錘之外。另備數個物碼。以便加於重錘之上。其兩端稍延長。乙種如第四四圖。(A)為四方形木柱。下有鐵座如(B)。座足亦附有螺旋器。柱之中部設有懸擺(C)。擺端附有銅球(O)。擺動時可擊(D)鐘使發聲。柱之上半部。更有細銅桿



第四三圖

一。如(P)。直立於其右側。能圓轉活動。其上
下二端。附有橫置曲撥各一。上端曲撥與(L)小
輪頁相切。下端曲撥與懸擺上端相切。又柱之頂
端。平置一長方形木板於其上。設小滑輪四。如
(R)。分列前後。大滑輪一。如(S)。橫架於小
滑輪之上。其大滑輪之周邊。亦鑿作深溝。繞以
細絲。二端各懸以重錘。如(H)(I)。柱之右旁。
亦樹立一長尺如(J)。尺部並附有銅環(M)。及
支板(N)。更於上部零點處。附一活片(K)。能
上下翻動。平時支以小輪頁(L)。故能承載(H)
錘。不使落下。此外須另備物碼數個。如圖中之
(Q)。

第
四
四
圖



實驗法 (一)甲種器實驗法 先加微重
於(P)錘。次將(Q)錘引下。使其底部突起處。
與長尺基部電氣磁鐵(U)上聯綴之嘴相啣合。則
(P)錘即不能自由落下。乃取電池若干具。以導
線連接於電氣磁鐵(U)。並將懸擺(H)使左右擺
動。此時因柱上附裝之電氣磁鐵(F)。感受電流。
能由吸鐵之作用。擊電鈴(G)使發聲。而電鈴每
一發聲。即為擺動之一周期。亦即時之一秒。次
將電鑰(I)。以指向內抵入。則(U)電氣磁鐵。
因電流通入。其聯綴於上部之嘴。即向外開張。

而(P) 錘因較重於(Q) 錘。即自高墜下。通過(S) 木環。而止於(T) 支板之上。

(二)乙種器實驗法 先加微重於(H)錘。次將(I)錘引下。則(H)錘即上昇至高處。乃迴轉細銅桿(P)。使其上端橫置曲撥。與(L)小輪頁相切。再將(K)活片向上翻動。令支持於小輪頁部。成一水平狀態。即將(H)錘載於活片上。不使落下。然後將(C)懸擺向左右擺動。則擺端之銅球(O)。即擊(D)鐘使發聲。而當擺動初期。其直立於柱旁之細銅桿上下二端曲撥。同時與擺端及小輪頁(L)脫離。於是活片(K)。因失其支持。遂向下翻動。(H)錘乃不得不迅速落下。穿過銅環而止於支板(N)之上。

甲乙二種器械其實驗方法。雖不無少異。然其結果則相同。茲更分二次實驗之。

[第一次實驗] 證明關於墜體路程之定律

先將物碼加於重錘之上。令昇至長尺〇度之處。使之固定。同時將尺旁附屬之環取去。乃開始將懸擺動作。則重錘即沿尺直下。止於支板之上。其經過之時間。須恰為一秒時。(欲確定在一秒時內。重錘由〇度降至支板之距離為若干。須經數次反覆試驗後。始得確定支板之位置。其法以重錘落於支板上。因相擊而發之聲。與擺動一秒時所報之聲。恰相吻合。始為正確)。是為第一秒時重錘所經過之路程。次更將支板移置於下方。使其重錘與支板相擊之聲。適與第二秒時鐘聲相合。是為第二秒時重錘落下所經過之路程。以下第三秒時第四秒時。均依法為之。則可測得第二秒時重錘落下所經過路程。必為第一秒時之四倍。其第三秒時。必為第一秒時之九倍。第四秒時。必為第一秒時之十六倍。餘均依此推算。

〔第二次實驗〕 證明關於墜體速率之定律

仍如前法。將物碼加於重錘之上。令昇至長尺〇度處而固定之。乃將有孔環形之板。以螺旋固定於尺旁。其位置須在第一次實驗第一秒時重錘所停止之處。次仍令重錘繼續落下。同時將懸擺繼續擺動。則此時重錘上所加物碼。為環形之板所阻留。不能隨重錘落下。再經一秒時。於其重錘所倒達之處置支板。（仍須以重錘擊支板聲與第二秒終之鐘聲相吻合為標準）。而命重錘由環形之板至支板之距離。為其等速動運之速率。即以表明重錘在一秒時內所得之速率。以下欲測定二秒時三秒時之速率。均依同法行之。則可測得第二秒時重錘落下之速率。必為第一秒時之二倍。其第三秒時必為第一秒時之三倍。第四秒時必為第一秒時之四倍。餘均依此推算之。

原理說明 凡無所繫持之物體。使從高處墜下。則因地球之引力。能令墜體於各秒時內受相等之加速率。所謂均等之加速運動也。惟前所求得之速率。又因恆性之故。必使墜體於每一秒時所受地球引力速率以外。並增加其實速率。故欲求得精確之實驗。殊屬非易。因實際上物體之墜落極速。即有高塔或深坑。亦苦於無法實驗也。阿脫烏特器。實為解決此難題而作者。其主旨務使物體之墜落較緩。因墜落較緩者。較諸墜落極速者。易於測定故也。按定律物體墜落之路程與時之平方成正比例。第一次實驗。即所以證明此定律者。今以 S_1 代第一秒時所經過之路程。以 $S_2 S_3 S_4$ 代第二秒時第三秒時第四秒時等所經過之路程。則

$$S_2 = 4S, \quad S_3 = 9S, \quad S_4 = 16S.$$

又按定律。物體墜落之速率與其時間成正比例。第二次實驗。即所以證明

此定律者。因行此實驗時。其附加於重錘之物碼。於第一秒時之終。已爲環形之板所阻留。再行墜下時。可視爲地球引力。已猝然中止其工作。其墜體乃因恆性之定律而落下者。故以於後各秒時。當以同一速率。經過同一之距離。今以重錘自環形之板落於支板時爲第一秒時。而以 V_1 代第一秒時之速率。以 V_2 V_3 V_4 代第二第三第四等秒時之速率。則

$$V_2 = 2V, \quad V_3 = 3V, \quad V_4 = 4V.$$

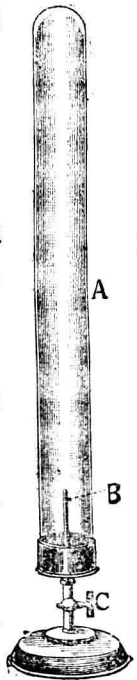
真空直墜管

Coin and feather tube.

用途 真空直墜管，供試驗真空中物體墜落之用。因其供試驗之物體爲銅錢與鳥羽。故又名錢毛並落器。

構造 本器之構造。分甲乙二種。外觀雖略有差異。然其實質則大致相同。如第四五圖爲甲種直墜管之形狀。(A) 爲巨大之玻璃圓筒。一端封閉。一端附有銅製圓形之皿。並於圓皿之正中。鑿一小孔。即將黃銅細管(B) 通入其中。而黃銅細管之側。又附以活塞如(C)。用司啟閉。其下端有陽螺旋。平時旋合於鐵製臺座之上。以銅錢與鳥羽各一枚。置於玻璃圓筒中。專供試驗之用。

實驗法 將玻璃圓筒。從鐵製臺座取下。然後移置於抽氣機上。開其活塞。依法抽去其圓筒中之空氣。再將活塞閉住。使其內外不能相通。乃將玻璃圓筒徐徐從抽氣機上取下。立即將位置顛倒。則此時圓筒中之銅錢與鳥羽。必同時



第四五圖

落下。無分先後。最後復啟其活塞。使筒外空氣。由黃銅細管竄入圓筒中。再顛倒其位置。則此時現象。與前次完全不同。即銅錢必迅即落下。而鳥羽則徐徐落下也。

原理說明 按物體落下之原則。凡物體在地面上同一之處。其重量雖因質量之差異而有不同。而其落下之速度。則全屬相同。與其質量之差異。毫無關係。惟證諸吾人所習見之現象。則有不盡然者。例如本節所述銅錢與鳥羽。在空中同時自上落下。則銅錢落下之速度。必遠過於鳥羽。此無他。因鳥羽之面積。大於銅錢。從而在空氣中所受之抵抗。亦較銅錢為多故耳。反之若以此二物置於真空中。使之同時落下。則無論其面積之相差若何。然既無空氣以施其抵抗。則其落下之遲速。當然毫無差異。此其理固不難一言而解耳。

拋物線器

Projectile apparatus

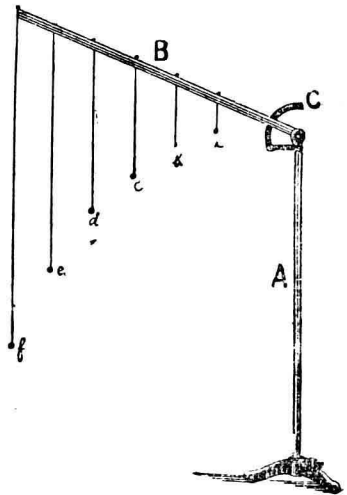
用途 拋物線器，供試驗水平拋射運動及斜向拋射運動之用。

構造 如第四六圖。(A)為鐵柱。植立於三足鐵製臺座之上。柱端橫綴一木樑如(B)。以螺旋固定之。橫樑之各部。於其規定之距離間。各設一小鈎。其數凡六。另以長短不同之細線六條。各以其線之一端。繫以銅製小球。而以一端。懸於小鈎之上。如(a)(b)(c)(d)(e)(f)。其各線長短之度。以距鐵柱最近者為最短。自此視其距離之程。逐次增加其長度。更於鐵柱與木樑相交處。附綴一弧尺如(C)。其表面所刻度分。自零度至九十度。

實驗法 先令鐵柱(A)與木樑(B)

第四六圖

之位置。適成一直角。乃取某種物體。在鐵柱後方。循木樑方向(即水平線)拋擲之。則被拋擲之物體。其進行路程。當其出發初期。雖與木樑並行。然轉瞬間即行改變。漸次經過(a)(b)(c)(d)(e)(f)等小球之下。成一弧線(即拋物線)而墜於地面。其到達點距離之遠近。則視其拋擲力之強弱而不一定。



原理說明 拋射運動。為物體因受某種瞬間之拋射力，及不斷之重力相合而成

之運動。如以手投石。由槍礮射出彈丸皆是也。惟二力之方向。視其拋射之徑路而異。即二力在同一直線者。謂之拋上運動。二力相互為直角者。謂之水平拋射運動。二力相互成銳角者。謂之斜向拋射運動。在拋上運動。物體自下而上。復自上而下。皆循一直線。至於水平拋射運動及斜向拋射運動。則非成拋物線不可。茲就本節所記之實驗法說明其理由。蓋當物體循水平線出發時。苟無重力以引之。則當以均等速度。向前進行。惟按之實際。地面各物。無一不受重力支配。故當其初出發時。雖得因某種瞬間之拋射力。循水平線而進行。然旋因重力之關係。折而至(a)。由是循次由(a)而(b)，由(b)而(c)。直至於(f)。始落於地面而靜止。此時若就其經過之路。繪以曲線。即成一拋物線。至斜向拋射運動。亦可用此器試驗之。惟鐵柱與木樑間之角度。須增大。(以四十五度為最大)又懸球細線之長度。亦應酌量增減之。其實驗之結果。為拋射體之經過路程愈遠。即拋

物線亦愈長。

拋射運動之理。在應用上最緊要者。為槍礮術。蓋彈丸之命中與否。全視槍礮斜向之角度與彈丸之速率而定。其間且有關於空氣之阻力。故欲求彈丸之每發必中。不可不於此數者注意焉。

平行四邊合力器

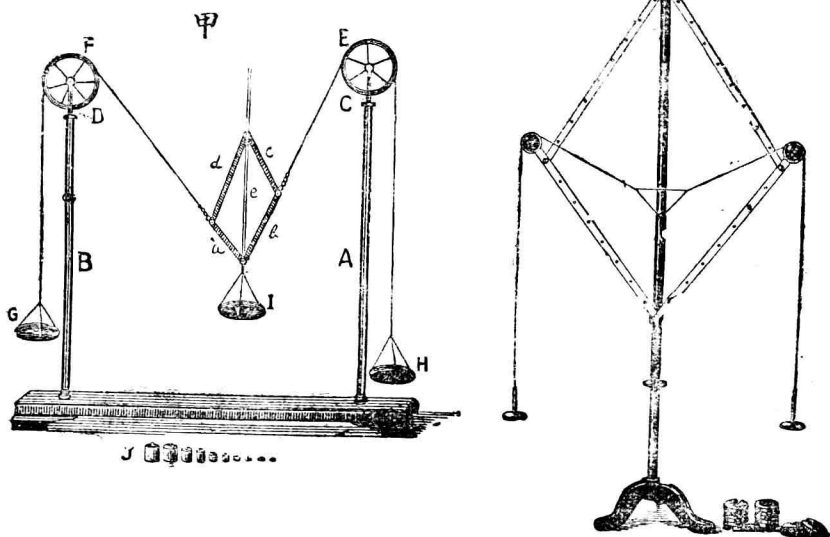
Gravesande's apparatus for

Verifying parallelogram of forces.

用途 平行四邊合力器，專供試驗合力之用。係以平行四邊形之對角線。表明合力之總量者。

種類及構造 本器分甲乙二種。如第四七圖。甲種構造較繁。

第四七圖



而乙種則較簡。茲特就甲種平行四邊合力器述其構造。如甲圖。(A) (B) 爲黃銅空心圓柱。植立於木臺之左右。以(C) (D) 二鐵桿插入其中。隨時可以自由昇降。鐵桿上端。各附有銅製滑車如(E) (F)。別以(a) (b) (c) (d) 竹尺四枚。各以銅釘互相聯結之。此四尺長短不同。(a) (c) 二尺之長。各爲一〇公分。(b) (d) 則各爲一五公分。乃於(a) 尺上端。繫以細線。斜向左方上行。繞過(F) 滑車而下垂。卽於線端懸一小皿如(G)。其(b) 尺之上端。亦繫以細線。斜向右方上行。繞過(E) 滑車而下垂。其線端亦一小皿如(H)。別以竹尺一枚。長約二五公分如(e)。與(a) (b) 二尺交點處相聯繫。並於其下端繫線。線端懸一小皿如(I)。另備物碼十餘個。每個重量爲一公分。如(J)。

實驗法 依上法裝置既竟。卽可從事實驗。其法將物碼分置於(G) (H) (I) 等小皿中。(G) 小皿中共四公分。(H) 小皿中共三公分。(I) 小皿中共五公分。則此時(a) (b) (c) (d) 四尺。卽形成一平行四邊形之方框。而(e) 尺則垂直。其上端與(c) 尺相交於某度。乃以紙板置方框之後。依其原有角度。畫一平行四邊形及一對角垂線。則可見(e) 尺所成之角。必與(I) 小皿中所載之物碼有關。卽其對角垂線之長。必與(I) 皿中物碼之數相配。而亦成爲五也。如增減物碼之數。依前法試之。則亦可依例算出之。

原理說明 凡二力同時以某角度之方向。加於一點。則其二力之合力。所有方向與強弱。皆得以平行四邊形之對角線表明之。如本器之實驗。(a) 尺爲表明(G) 力之方向及其強弱者。(b) 尺爲表明(H) 力之方向及其強弱者。(e) 尺爲表明(I) 力之方向及其強弱者。因(G) (H) 二力之合力。適與反對之(I) 力相平衡。故(e) 尺遂與(c) 相交。而成一相當之角度。倘

(G)(H)(I) 三力之比例不變。則其角度當亦不變。今在(G)之力為四。(H)之力為三。(I)之力為五。是三力之比。為3:4:5。又查(a)(b)(c)三尺之長。(a)為一〇公分。(b)為一五公分弱。(c)為一六公分強。而測其比例。亦為3:4:5之比例。故視對角垂線之長度。即可測知合力之總量。

二力合力器

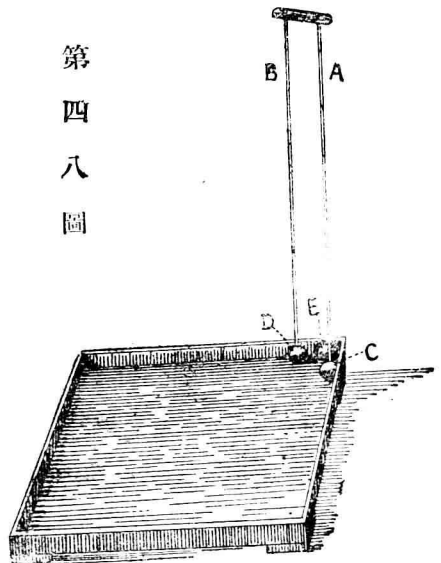
Apparatus for showing the
Resultant of two forces.

用途 二力合力器，供試驗二力合成一力之用。

構造 如第四八圖。在木製方盤之一角。植立(A)(B)二鐵柱。於每一柱中。各貫以木製有孔圓球一。如(C)(D)。另備木製無孔圓球一個如(E)。以供試驗。

實驗法 先將(C)(D)二圓球。同時引至鐵柱上端。以二指阻之。不使落下。次將(E)圓球置於二鐵柱下之間。乃鬆其二指。令(C)(D)二圓球。同時沿鐵柱而直落。則(E)圓球因被擊而轉動。其轉動之路。必依鐵柱之對角方向而行。次以(C)或(D)之圓球。依前法單獨下擊(E)球。則(E)球必依受擊之方向。或向左偏。或向右偏。即(E)球受(C)球下擊時。

第
四
八
圖



必向(B)柱之側而行。受(D)球下擊時。必向(A)柱之側而行也。

原理說明 凡靜止物體。受外力衝動。必依施力之方向循直線而進行。此定理也。若有二種相反之力。同時加於靜止物體。則因相抵而消滅。即不現何種動作。惟本器(E)球之被擊。其(C)(D)二球施力之方向。初非處於絕對相反之地位。乃係同時抨擊(E)球側點。而迫之使進行者。二力相合為一。遂不得不向對角而轉動。此理本極易領解。惟一經實物試驗。則更覺明顯耳。

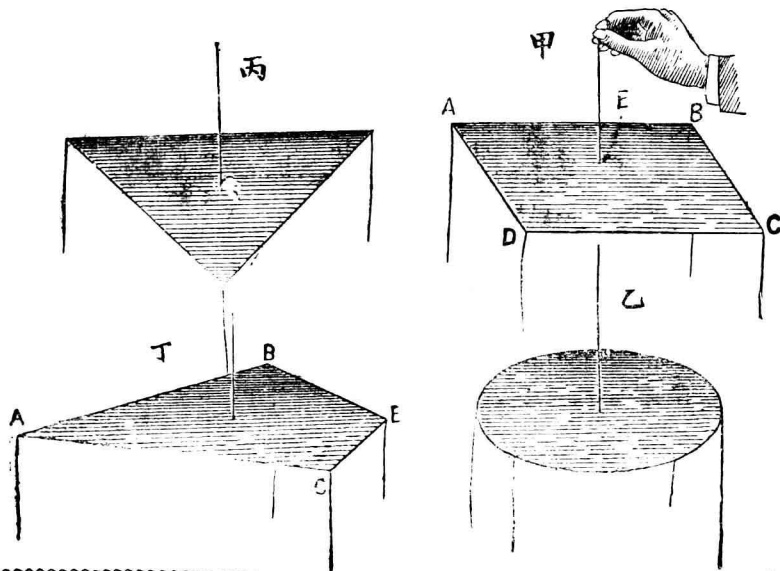
重心板

Irregular boards.

用途 重心板，專供試驗重心之用，並示推求重心之法。

構造 本器以各部質量相等之木板或鐵葉板製成。如第四九圖。甲

第
四
八
圖



科學儀器館編纂

爲正方形。乙爲正圓形。丙爲正三角形。丁爲不等邊多角形。皆於每一隅角所在處。各綴一線。並於重心所在處亦繫一線。

實驗法 推求正方形板重心所在處。最爲易事。如甲圖。先將(A)角所綴之線。向其對角引長。作成(A)(C)對角線。次將(B)角所綴之線。仍如前法。作成(B)(D)對角線。則此二對角線交點所在處。卽重心所在處也。如圖中之(E)。乃於(E)處鑽一小孔。以細線穿此小孔而過。則提此中央點之細線。其各部自能保持平衡。而無傾欹之虞。至於正圓形板。其重心所在處。亦在直徑之中央點。故推求之法。亦頗便易。又如欲推求正三角板之重心所在處。可將每一角之線引長。令各至對邊平分線上。則各線交點所在處。亦卽重心所在處也。惟不等邊多角形板重心之推求法。視前數者。稍覺較難。如圖丁。先於板之(A)(B)(C)(D)四角。各綴一線。次以手執(A)角之線。令板向下懸垂。俟其穩定時。乃於(A)角之直下。畫一(A)(E)垂線。順次再依前法。畫成(B)(F)及(C)(G)(D)(H)等垂線。則視各線交點所在處。亦卽重心所在處也。

原理說明 各種物體。均由物質之小分子組合而成。而此各小分子。其形體與質量。必彼此相等。因之其所受地球中心引力之作用。其方向亦必相等。簡言之。卽地球中心施於物體各分子間之引力。即可視爲一種平行力也。凡平行力合力之作用線。乃係循一定之方向者。故知凡動作於物體各部重力之合力。無論其位置如何。常集中於其一定之點。此重力集中之點。卽所謂重心也。惟世人不察。往往誤認物體之中心。卽爲重心所在處。其實二者。顯有區別。蓋所謂中心者。乃指物體形體之正中點。而所謂重心者。則指物體重力之集中點。故各物體重心所在處。未必恰在

物體之正中點也。例如有—方形木板於此。若其四角厚薄均係—律。則以—指承於木板之正中點。自能穩定而不致落下。因其重心即在木板之正中點也。反之若四角之中。有一角較他角為厚時。則必將手指移近厚角之方。始得維持其穩定狀態。蓋此時木板之重心。不在正中點。而卻在厚角之方。觀此則重心與中心之區別。不難瞭然矣。

圓錐體

Cone.

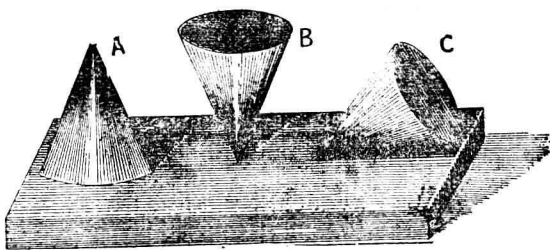
用途 圓錐體亦供試驗物體重心之用。

構造 本器製以木質。高約六寸。底徑約二寸。上端作尖形。底部則截成平面

實驗法 如第五〇圖。令錐體之底部。與桌上之平面相切。則其體極平安。雖稍斜欹之。仍能保其原有位置。決無傾仆之虞。如圖中之(A)。次將錐體之尖。使與桌上之平面相切則—經放手。錐體即隨而傾倒。如圖中之(B)。復次將錐體橫臥於平面上。任意推動之。則其體皆能隨位置而穩定。如圖中之(C)。

第五〇圖

原理說明 物體
之穩定與否。恆視其重心
之高下與底部之廣狹而判
。凡重心高而底部狹之物
體。極易傾倒。反之重心



低而底部廣之物體。則極難傾倒。今試就本圖之實驗說明之。蓋當錐體處

於(A)位置時。因其與平面相切之部頗廣。且其重心之垂線常在底內。故此時可名其所居之位置。謂之全穩定。若將錐體使改處於(B)位置時。則非特與平面相切之部頗狹。且其重心之位置極高。依垂線測之。必落於錐尖之外。故此時可名其所處之位置謂之不穩定。又若錐體使改處於(C)位置時。則無論若何推移。其與平面相切之部。悉屬相同。而其重心高低之位置。亦毫無變更。故此時可名其所處之位置。謂之半穩定。

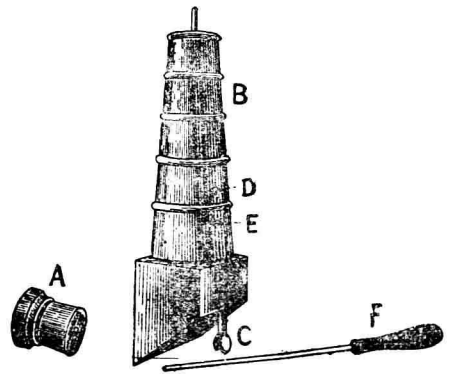
斜 塔

Leaning tower.

用途 斜塔，亦供說明物體穩定平衡之用。

構造 本器如第五一圖。用木質製成。分之可成二節。合之則為一體。即上節為塔頂。中心有孔。適可套入於下節頂端之小圓柱中。如圖中之(A)。下節之基底部作欹度。如(B)。別以小圓足一。平時插入於基底部之小孔中。得支持全塔。使之直立。如(C)。又於塔之下節。將近基底部處。鑿有上下小孔各一。令橫貫中心而過。如(D)與(E)。另備銅桿一條。其一端附有木柄。供穿過塔心之用。如(F)。

第五一圖

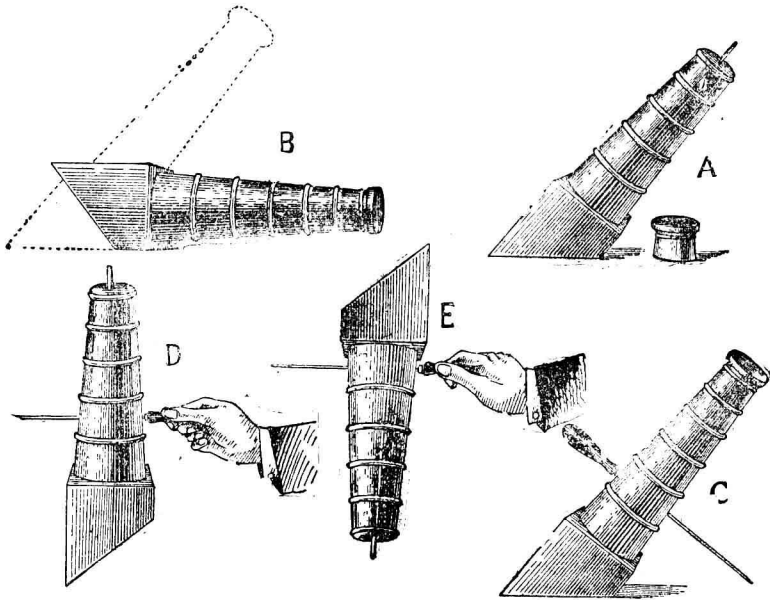


實驗法及原理說明

(第一實驗) 去頂與足。將塔體安置於平面之上。此時塔勢雖傾斜。

然仍能保其穩定之狀態。不致傾倒。如第五二圖之(A)。是因其重心在底面以內故也。

第五二圖



(第二實驗) 加塔頂於其上。仍令如前直立。則一經放手後。塔體立即傾倒。如全圖之(B)。是因其重心已出於底面以外故也。

(第三實驗) 取銅桿橫貫塔之下孔。令其木柄在上。則仍能保持其穩定之狀態而不倒。如全圖之(C)。是因其重心移下仍在底面以內故也。

(第四實驗) 再將塔頂取去。以銅桿橫貫於塔之上孔。則銅桿之木柄在上方時。塔體穩定。在下方時。塔體立即傾倒。此時若以一手執持銅桿之木柄。將塔體懸空提起。則塔尖必在上方。而塔底必在下方。如全圖之(D)。是因其重心在支點以下故也。

(第五實驗) 取銅桿橫貫於塔之下孔。仍如前法試之。其所得結果。

當與前相同。惟此時若以一手執持銅桿木柄。將塔體懸空提起。則塔尖必在下方。而塔底反居上方。如全圖之 (E)。是因其重心在支點以上故也。

綜觀上述各種實驗之結果。可知物體重心在底面以內者。必為穩定。
在底面以外者。必為不穩定。就吾人日常所見事實言之。其例甚多。斜塔特其一端耳。

奔 馬

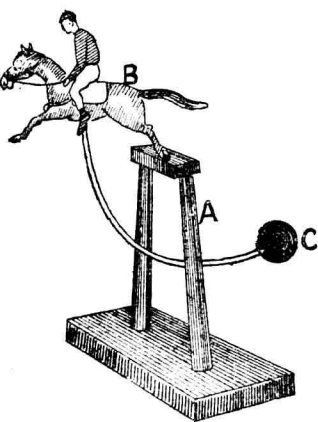
Horse in gallop.

用途 本器專為證明重心在支點下時。無論處任何危險境地。皆得維持其安定狀態之原則。

構造 如第五三圖。(A)為木質製成之架。(B)為金屬製成奔馳之馬。其馬之腹部。綴以弧形鐵絲一條。鐵絲之下端。又附一金屬小球一枚如(C)。

實驗法 將馬之後二足。立於木架上。而令其前二足懸垂於空中。此時其處境之危險。殆視古人所謂勒馬懸崖者猶有過之。然卒能安然不墮者。此其故何也。

原理說明 本器緊要之關鍵。全在於馬腹下以鐵絲連綴之小球體。按物體之穩定原則。凡重心在支點之下者。縱使變易其位置。
第外力之作用。一經停止。則其物體仍能回復其原有之位置。是名安定平均。如本圖奔馬之後二足。置於木架之處。是為支點。而馬腹下以鐵絲連



第五三圖

級之小球體。則為全馬之重心所在處。因此器之重心。正在支點之下。卒能保持其安定平均。決無失墜之虞也。

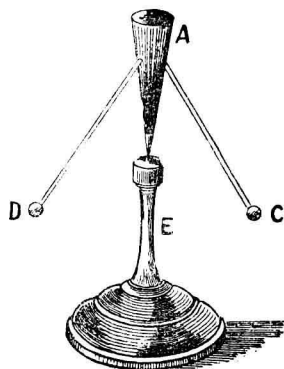
均稱體

Frick's apparatus for stable equilibrium.

用途 均稱體。亦供證明重心在支點下時。能使物體維持其安靜狀態之用。

構造 用木質製成一圓錐體，尖端鑲以銳形銅質。如第五四圖之（A）次以銅條二根。各於其下端。附以等重銅質小圓球。將此銅條上端。插入圓錐體左右之中部。如（C）（D）。別以木製圓臺一如（E）。供承載圓錐體之用。

第五四圖



實驗法 取圓錐體之尖端。使直立於圓臺之上。任意搖動或旋轉之。雖其勢岌岌欲墜。然一經停止。終能屹然不動。維持其安定之狀態。若將錐體中部二銅條取去。或將銅條保留。僅去其下端附屬之銅質小圓球。則其錐體必立致傾倒。

原理說明 本器之原理。與前述奔馬全無二致。即錐尖與圓臺相接觸處為支點。而錐體二旁銅條下端所附綴之小圓球。即其重心所在處也。常見江湖賣解者流。以長繩或銅絲。繫於二柱之間。置身其上。而以二手持一長竿。往來蹀躞而無隕越之虞者。即應用此原理而得之結果也。

垂線墜

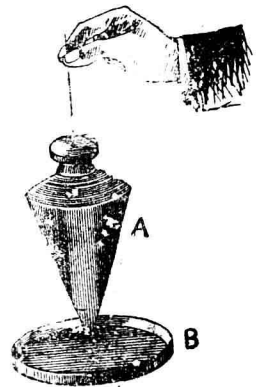
Plummet.

用途 垂線墜，供證明地球中心具有引力之事實。並用以測知某種樹立之物體。能保其正直與否。

構造 如第五五圖。(A)為金屬製成倒圓錐體。頂端繫以細線。(B)為瓷製淺盆。專供盛水銀之用。

實驗法 先以水銀盛於瓷製淺盆中。令至半滿為止。次以右手之拇指與第二指。拈取倒圓錐體頂上所繫之線。移而懸垂於淺盆之上。俟其靜止時。可見其細線所向之方位。必與淺盆中水銀之水平面成一直角。此方向名曰垂直線。又視水銀面上所反射之影與細線相正對時。可知此瓷盆所處之位置。必為能保持其水平狀態無疑。

第五五圖



原理說明 宇宙間各星體。對於其所屬物體。均有吸引之力。是名重力。吾人所居之地球。亦為具有此種吸引力者。凡重力之作用。能令無所維繫之物體。使之向地球中心而行動。換言之，即所謂落下者是也。故如本節實驗所得之結果。其懸繫重物之線。必與地平線成一直角。今凡土木家及工程家。如欲測驗樹立之物體。已否正直。往往即用垂線矯正之。必俟其樹立之物體。與垂線成一平行之方向。始為得之。斯固吾人所習見之事實也。

不倒偶

Antitumbling figure.

用途 不倒偶，亦為證明重心在下方時。任何設法傾倒。終能保持其安定狀態之理。

構造 本器以泥質製成人形。於其表面施以彩繪。上部較小。而下部略大。底部附以鉛塊等重物。惟不能從外面窺見之。狀如 第五六圖 第五六圖。

實驗法 本品原屬兒童玩具。其實驗方法。盡人皆知。無待贅述。即任何設法使之東西顛倒。一經放手。即能起立如原狀也。



原理說明 本器之原理。與前述二種。全屬相同。蓋其底部重物所在處。亦即為重心所在處也。且其重心自始即固着於底部。絲毫不變其位置。故任何顛倒。終能保持其原狀也。

上轉體

Body rolling upward, double cone,
with inclined rails, of wood.

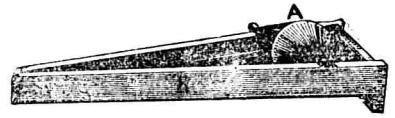
用途 上轉體，供證明物體重心。恆向最低點運動之理。

構造 全部以木質製成。用木板二塊。長各二尺許。一端互相密著。一端使之分離。別以短木板一塊。長約六七寸左右。鑿成缺刻各一。用以支持長木板之一端。其高度須視密著之端加增。俾略成一平行之斜面。狀

如第五七圖之(B)。更以木質製成雙圓錐體。如圖中之(A)。

第五七圖

實驗法 將雙圓錐體。置於斜面板之狹處。即能循斜面板而上行。試



以指撥之。雖得強使下行。然一經放手後。仍須回復其上行之習性。驟視之似與物體趨下之公例相背者。故有上轉體之名。

原理說明 據吾人日常所見之事例而言。無論何物。必由高處移行於低處。斷無由低處而移行於高處者。此其理實由於物體受地心引力故。已於前節中略述之。惟本器獨與此公例相反者何耶。是蓋由於雙圓錐體。在狹端時。乃以錐底與斜板相切者。因而錐體之位置頗高。其重心亦隨而較高。至其在闊端時。則以錐尖與斜板相切。因而錐體之位置漸低。其重心亦隨而較低。是則準諸物體重心恆向最低點運動之公例。初不相抵觸。惟以吾人目力不及覺察。遂不免有此誤解耳。

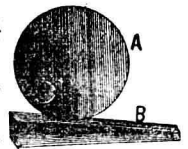
圓板上轉體

Body rolling upward, climbing disc of wood.

用途 圓板上轉體，亦為證明重心在低處時。物體得保持其安靜狀態之理。

第五八圖

構造 本器由圓板與斜面板二種組合而成。均製以木質。如第五八圖之(A)為圓板。直徑約七寸許。厚約七分許。於板之一隅。鑿一徑寸許之圓孔。而以大小相同之銅製小圓板一枚。納入圓孔中。填充其空隙。(B)為斜面板。長



約尺餘。一端高僅三四分。一端則高約一寸五分許。

實驗法 取圓板豎立於斜面板上。使其嵌有銅製小圓板之一隅。微向上方。旋即放手。則圓板即向斜面板之上方迴轉。直至嵌有銅質小圓板之一隅與斜面板相切時。始停止其迴轉。且自此圓板即豎立於斜面板上。保持其安定之狀態屹然而不動。

原理說明 本器原理亦與前述上轉體相同。因圓板中嵌有銅質之處。即重心所在處。其重心之位置。始終不變。故圓板在斜面板上。必俟嵌有銅質之處。與斜面板相切近時。始能安定。此其理並可參觀不倒偶條下所述而得之。

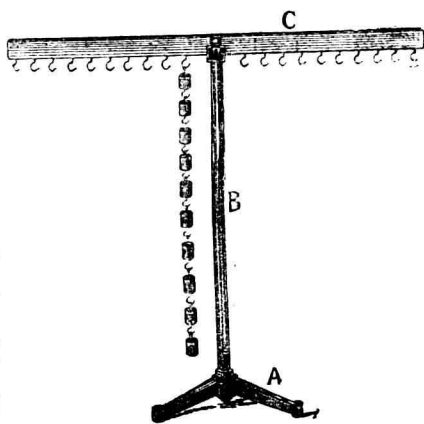
單槓桿

Simple Lever

用途 單槓桿，用以表示槓桿所以能助力之理。並說明支力重三點相互之關係。

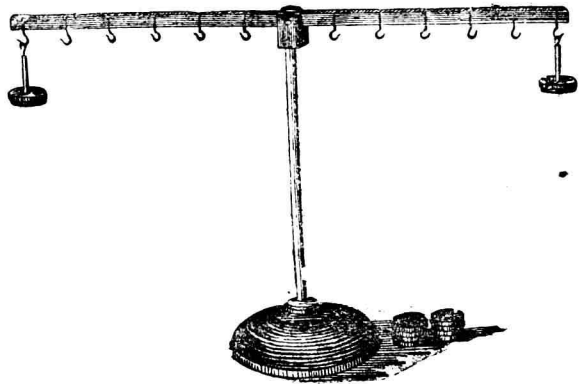
第五九圖

構造 本器分甲乙二種。甲種如第五九圖。(A)為鐵製三足臺。(B)為銅柱。直立於三足臺上。其上端附有U字形架。(C)為木製槓桿。於其中央部嵌入鋼製三角形刃一枚。其槓桿之兩臂。由中央部起。向左右平均各刻以自一至十之度分。並於每一度分下。各附以小鈎。另備黃銅製圓筒



形重錘二十枚。此重錘之上下。又各附有小鈎。乙種如第六〇圖。其構造同甲種而較簡。即槓桿兩臂。自中央部起向左右各刻有自一至六之度分。每一度分下。亦各附以小鈎。惟另備載

第六〇圖



重錘之器二枚。及鐵製重錘若干枚。

實驗法 甲乙二種槓桿。其構造雖有繁簡之別。然其實驗法。則大致相同。實驗甲種槓桿時。可先取(C)槓桿。將嵌入鋼刀之部。橫架於(B)柱上端U字形處。此時因槓桿左右之兩臂。其距離與質量。均屬相等。故能保其平衡。而無欹傾之虞。次以圓筒形重錘。懸於左右兩臂之下。倘重錘之數。或其懸點之距離相等。則仍能保其平衡狀態。反之如錘數同。而懸點不同。或懸點同。而錘數不同時。則槓桿必立致傾欹。惟於槓桿某端一度處。懸一錘。而於他端十度處懸十錘。或於九度處懸五錘。於六度處懸二錘。則皆能保其兩臂之平衡焉。至乙種槓桿之實驗法。亦同於甲種。惟甲種之重錘為圓筒形。上下有鈎。可以互相鈎聯。而乙種之重錘。則為扁圓形。故實驗時。須先以載重錘之器懸於槓桿小鈎上。然後酌量增損其重錘之數。並變易其懸點。務使兩臂相平衡而止。

原理說明 槓桿為助力器之一種。其他各種助力器之製作。泰半

皆以槓桿爲基礎。所謂助力器者。謂其能以少量之力。與多量之重相抵而打銷也。換言之，即謂用較小之力。而得較大之效果耳。今如有大石於此。平時不能以一人之力舉起之。若以攪棍一條。將其一端插入大石之下。更於近石處另以堅木一塊。填於棍下。用力在棍之又一端。向下壓之。則大石即被舉起。此攪棍即槓桿之一種也。彼石之所以能舉重若輕者。實全賴此助力器之作用耳。蓋就槓桿全部區分之。可別爲支，力，重，三點。所謂支點者。即指其能旋轉於一定點之部。而力點即施力之部。重點即受重物之部也。凡支點在力點與重點之間者。名曰兩臂槓桿。支點偏倚於一方者。名曰一臂槓桿。吾人日常所用之器具。如天平及桿秤。皆爲一種兩臂槓桿。其理已於天平條下略述。又如剪刀係由二個兩臂槓桿合併而成者。其支點即在兩刀之互相連合處。而刀鋒所在處爲重點。施力之處即力點也。至一臂槓桿最適切之例。爲藥舖所用之切藥刀及拔毛鑷子等。蓋切藥刀之支點。在刀身前方。與刀床相聯接處。其力點在刀柄。而重點即切藥之處也。拔毛鑷子。爲二個一臂槓桿聯合而成之器。其支點在後端聯合處。力點在中央部用力處。而重點即在前端與毛相接近之處也。按槓桿定律。凡力與重。與其各支點距成反比例。則槓必平衡。換言之，即力點距支點。較重點距支點愈遠。則愈省力。愈近則愈費力也。其理觀前述實驗法。得證明之。

複槓桿

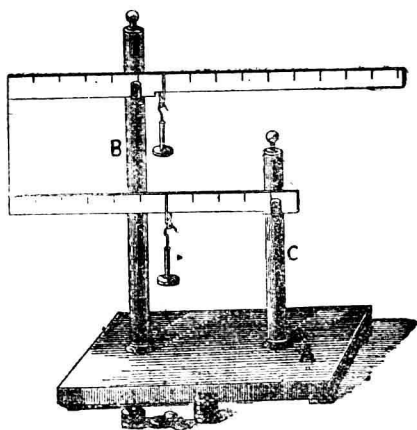
Compound Lever

用途 與前種單槓桿相同。惟因係二種槓桿組成。故其用法。較前

種稍爲繁複。

構造 本器係由兩臂槓桿與一臂槓桿組合而成。如第六一圖。(A)爲木臺。植立(B)(C)二銅柱於其上。(B)柱較長。而(C)柱則稍短。在(B)圓柱上。因螺旋之介紹。附以不等臂之兩臂槓桿一。又於(C)柱上。如前法附以一臂槓桿一。此上下二槓桿。其左端長短須相齊。而以一線聯繫之。兩臂槓桿之劃度法。自支點(卽以螺旋聯附於(B)柱之點)起。向左平分爲五度。而向右則平分爲十度。因其左右兩端分度。爲五與十之比。兩臂長短不同。故有不等臂槓桿之稱。至一臂槓桿之劃度法。亦自支點(卽以螺旋聯附於(C)柱之點)起。向左平分爲十度。

第六一圖



實驗法 先將本器裝置如第六一圖。然後懸重錘於上方槓桿右臂之一分度上。次於下方槓桿之同分度亦懸以重錘。如欲使上下二槓桿平衡。則其重錘之數。須爲一與三之比。卽上槓桿重錘之數爲一枚時。下槓桿之重錘必須三枚也。自後上槓桿每加一錘。則下槓桿必加二枚。卽上下二槓桿重錘之數。爲二與五或三與七之比。始能保持其平衡也。復次如欲以同數重錘。保持上下兩槓桿之平衡。則不得不改變其重錘所懸之地位。例如上下二槓桿所懸之重錘同爲一枚。則下方槓桿懸錘處之分度。必視上方槓桿之分度增加一倍。卽一與二，二與四，三與六，四與八之比也。

滑車

Tackle Frame

用途 滑車，亦為一種助力器械。本器特集合數種滑車為一組。得就各個證明其能助力之原理。

構造 滑車以平厚之金屬圓板或木質圓板製成之。中心橫貫一軸。俾得自由旋轉。別於滑車本體外。製一長方形之框。用以夾持中軸。名曰夾框。並於車體之周邊。鑿有凹溝。專為環繞繩索之用。

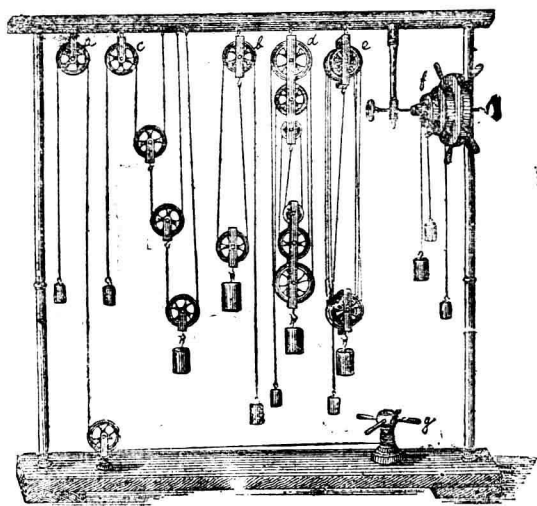
種類 滑車分二種。一曰定滑車。恆固定於一定之位置。其本體僅能旋轉而不能上下。一曰動滑車。其本體除旋轉之外。並能上下活動。

本器視其組合之繁複與否。得別為甲乙丙三種。甲種如第六二圖。由單滑車 (a) 與連滑車 (b)

第 六 二 圖

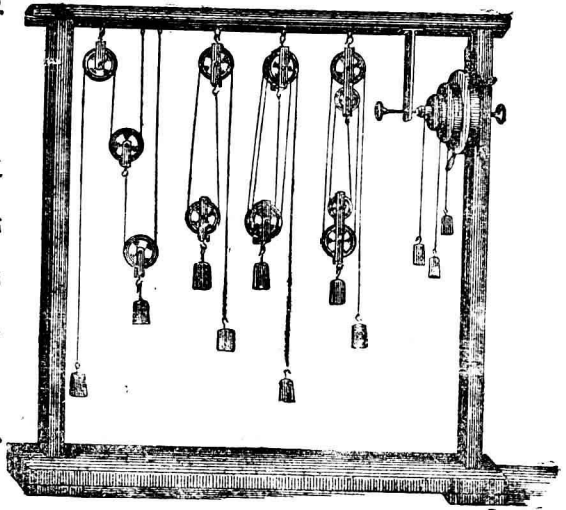
(c)(d)等及輪軸 (e) 轆轤 (g) 組合而成。乙種如第六三圖。略同甲種。而缺定滑車 (a) 及轆轤 (g)。丙種如第六四圖。僅由三種連滑車組成。

實驗法 定滑車之裝置。最為簡單。其法先取夾持滑車中軸之夾框。以金屬鈎懸於木架上。



然後取繩一條。繞於滑車周邊之凹溝中。其兩端各懸以金屬製錘。若其兩端之錘。重量相等。則其高下之度。亦必相等。故如欲將低下之重物。使之上升高處。可先將欲提昇之重物與繩之一端相連繫。然後在繩之又一端。用力引之向下。則物體即由低處上昇。惟所需之力。必與物體之重量。大畧相等。

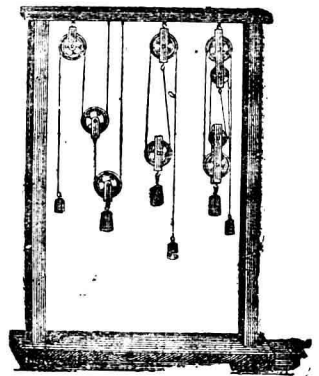
第六三圖



動滑車之用法。即將定滑車顛倒裝置之。其法亦以繩一條。繞於周邊之凹溝中。將其一端繫住於木架之懸鉤上。然後取重物掛於滑車夾框之下端。乃以一手執繩之又一端。用力向上引之。則重物即隨滑車而上昇。並能節省其所費之力。

第六四圖

連滑車種類不一。故其實驗法。亦因之而異。如第六二圖之(b)。為一個定滑車與一個動滑車組合而成者。即先將定滑車以夾框之鉤。懸諸木架上。次取繩一條。將其一端繫於定滑車下部之鉤。然後再將此繩向上。令環繞於定滑車之凹溝中。再使之向下。而於繩端繫一重錘。更於繩索之中段懸一動滑車。在其鉤上。



亦附以一重錘。此重錘之質量。雖倍於定滑車上所懸之重錘。而其高下之度。則兩相平衡。是可證明動滑車有助力之效能也。

如第六二圖之(c)。名曰昇動階式滑車。係一個定滑車與三個動滑車組合而成者。今爲便於說明計。可將此三個動滑車。就其位置之高低。標以第一，第二，第三，等之名稱。即位置最高第一動滑車之繩。一端須繫於木架上。先令環繞本滑車下部。然後再向上。令繞於其左方上部定滑車之溝中。乃於其下端繫一重錘。至第二動滑車。亦以其繩之一端。繫於木架上。經環繞本滑車下部後。乃以其他端繫於第一動滑車之鉤上。第三動滑車之裝置。一如前法。惟於其下部可懸以重物。依此裝置。則可以一倍之力。與八倍之重相平均。

如第六二圖之(d)。名曰縱連滑車。爲三個定滑車與三個動滑車組合而成者。動定二種滑車。各以夾框聯成一組。取繩一條。將一端繫於定滑車夾框鉤下。然後依次環繞於各滑車。最後於其線之下端。懸以重錘。同時在動滑車夾框下。亦懸以重物。依此裝置。則可以一倍之力。抵抗六倍之重。

如第六二圖之(e)。名曰橫連滑車。爲三個定滑車與三個動滑車。各自橫列於夾框中者。其法將繩之一端。繫於定滑車夾框下之鉤。然後向下。依此先繞於動滑車。旋復向上。繞於定滑車中。其環繞之法。有一定秩序。不能紊亂。最後乃於繩之他端。繫一重錘。同時並於動滑車夾框下。亦懸一重物。依此裝置。則可以一倍之力。抵抗六倍之重。

原理說明 滑車之構造。雖與槓桿異狀。然其理則一。蓋定滑車爲兩臂槓桿之變形。其支點即在中軸。一端懸重物處爲重點。他端用力處

爲力點。因重力二點。與中軸之支點相距爲平均。故僅能變其方向。而不能省力。今以 W 爲重。 P 爲力。則其式如下。

$$P = W$$

動滑車則爲一臂槓桿之變形。其重點在滑車之下方。而支點則在繩索之一端。即繫住於木架之處。力點即以手提繩之處。因其動作時。在支點處。能擔任一部之力。故所用之力。僅需物重之半數。即能舉起。例如有物重二百斤。若用此動滑車。則需力一百斤。即可起之。其式如下。

$$W = 2P \quad \text{故} \quad P = \frac{W}{2}$$

第六二圖之(b)爲定滑車與動滑車兼用者。節省之力。與專用單一動滑車者相等。因其所加之定滑車。初非爲省力之用。不過藉此以變更力之方向耳。

至於昇動階式滑車。(如第六二圖之(c))所以能省力之故。全因其動滑車增多而來。今假定施 P 力於定滑車時。在第一動滑車處。因繩索之分任。先發生 $2P$ 之力。至第二動滑車。又將其力增大二倍。即發生 $4P$ 之力。再遞沿至於第三動滑車。更將其力增大二倍。即發生 $8P$ 之力。故能以一倍之力。與八倍之重相平均。由是言之。可知施力之多寡。與所用動滑車之數有關。亦可謂與繩數有關。即用動滑車一個時。則所需之力。爲物重二分之一。用動滑車二個時。則所需之力。爲物重四分之一。用動滑車三個時。則所需之力。爲物重八分之一。故知用動滑車愈多。則省力亦愈多。今以 n 爲所用動滑車之數。則得公式如下。

$$W = P \times 2n \quad \text{或} \quad P = \frac{W}{2n}$$

縱連滑車(如第六二圖之(d))所以能省力之故。其理與前相同。蓋上

下六個滑車。係以一繩依次分作六折。繞轉於各滑車者。則其所任之重。全由六個滑車。平均分擔。(換言之亦可謂六條之繩所分擔)故能以一力與六倍之重相平均。今假定每一繩所受之力為P。則 $W = 6P$ 。此6字之數。即滑車之總數。亦即繞轉於各滑車上之繩數也。故以n代某種數字。則得公式如下。

$$W = nP$$

橫連滑車(如第六二圖之(e))之構造。雖異於縱連滑車。惟其省力之效則同。蓋其滑車之數為六。而以一繩依次繞轉於滑車上之數亦為六。用能以一力勝六倍之重耳。其理已如上述。

輪 軸

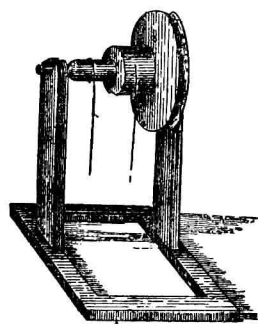
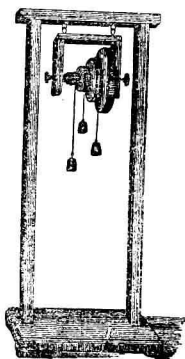
Wheel and Axle.

用途 輪軸，亦為助力器械之一種。本器為其最簡單之錐形。用以證明所以能助力之理。

第六五圖

第六六圖

構造 本器有甲乙二種。俱以木質製成。甲種如第六五圖。以方框懸於木架橫梁之下。框內所裝之器。即輪軸也。輪軸原係二種或三種圓徑不同體組合而成。大者為輪。小者為軸。在輪上及軸上。各繫一索。惟二索纏繞之方向。必須相反。乙種如第六六圖。構造視甲種較簡。輪之周邊鑿有凹溝。



其繫索之法。與甲種同。全體支於木架之上。

實驗法 先將重物繫於軸索之端。次於輪索之端。用力引之向下。則重物即漸次上昇。其用力之多寡。視輪與軸半徑之大小而判。即輪愈大。軸愈小。則愈能以少數之力提昇重物。

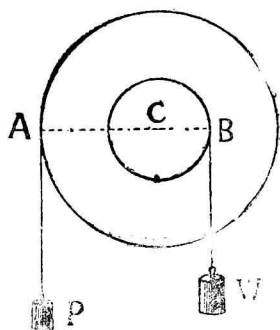
原理說明 輪軸實為兩臂槓桿之變形。欲明其理。須設圖以證之。如第六七圖。為輪軸之橫剖面。以(C)為其中樞。即支點所在處。(C)(A)為輪之半徑。即力點所在處。是為槓桿之一臂。(C)(B)為軸之半徑。即重點所在處。亦即槓桿之他臂。如是則即成兩臂槓桿中之一種不等臂槓桿矣。按槓桿定律。重與力之比。等於二桿臂長之反比。故輪軸效用之利益。亦得適用此定律。今以W代重。P代力則得公式如下。

$$\frac{W}{P} = \frac{CA \text{ (輪之半徑)}}{CB \text{ (軸之半徑)}}$$

即假定輪之半徑。若二倍於軸之半徑時。則可用一倍之力。提昇二臂之重物也。

輪軸之原器。雖如上述。然可畧變其形體。而用之於各種工程上。吾人所習見者。如遷移重物之捲轆轤。及船中起錨用之轆轤。皆輪軸之變形物也。惟其軸非橫臥。而為直立耳。或於軸之上端。橫插桿條若干以代輪。用時施力於各個桿條。即能以小力運大重。凡桿條愈長。則用力愈省。因桿條之長度。即等於輪之半徑也。

第六七圖



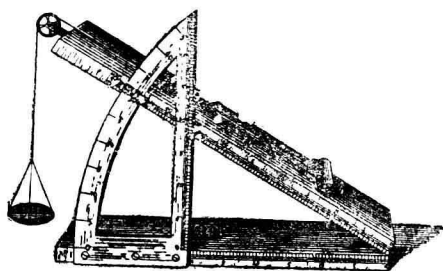
斜 面

Inclined plane.

用途 斜面，亦為助力器之一種。蓋用以搬運重物於高處。藉此以節省工力者也。

構造 本器視其製作之精粗。得別為甲，乙，丙，三種。甲種最稱精緻。如第六八圖。係用長方形木板二塊合成。其一長約二十四吋。其一長約二十吋。二木板之右端。以金屬蝶鉸聯繫之。長者在上。而短者在下。上下木板之邊緣。自右至左。各畫有公尺度分。別於下木板之左端。植立一木製弧形三角尺。

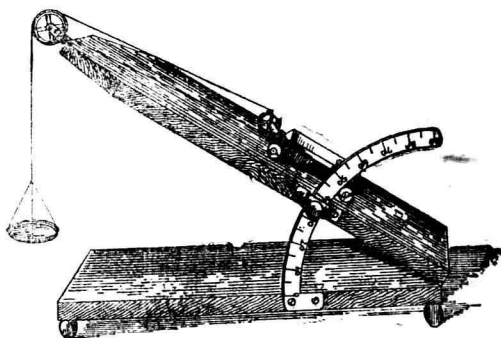
第 六 八 圖



其角度為四十五度。弦長三十五公分。上木板之邊緣。與此三角尺相緊切。得自由起落。而以螺旋固定之。更以黃銅製一輻軸。上繫以線。線之一端，又綴以銅皿。繞上木板之滑車而過。俾向地心下垂。

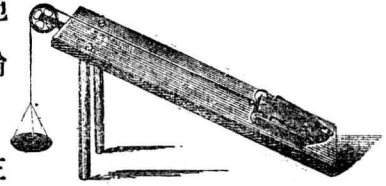
第 六 九 圖

乙種如第六九圖。其構造與甲種全屬相同。惟弧形三角尺易木製而為銅製。且前者角度為四十五度。而此則為九十度。又行動於斜面板上之器。非輻軸而為



四輪鐵葉製車座耳。丙種如第七〇圖。其構造更屬較簡。僅用木板一塊。一端與地平相接。一端支以二足。其車座則為三輪木製。

第七〇圖



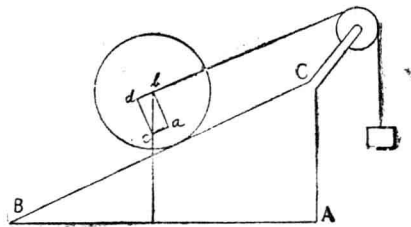
實驗法 本器雖分甲,乙,丙,三種。

惟其實驗法則同。就中甲乙二種。因附有弧尺。故實驗時尤為精確。其法先將銅製輓軸置於木板上。次置物碼若干於銅皿中。使之穩定。然後將上木板昇高至若干度。以螺旋固定之。則輓軸必向下。終至皿中之物碼。不能勝輓軸之重。而失其穩定。此時若再取物碼若干。加入銅皿中。則輓軸仍能穩定如常。反之若將上木板下降至若干度。則其結果適與前相反。即此時所用物碼。不第不須增加。並可減去若干。又實驗乙種器械時。可先分裝物碼若干於銅皿及鐵葉車中。然後將斜面上高或落下以歷驗之。則知斜面愈低。而銅皿中物碼愈可減少。質言之即愈能以小力運鉅重也。

原理說明 斜面本為與水平面成銳角之面。如第七一圖。(A)(B)

第七一圖

為其基底。(A)(C)為其高度。(B)(C)為其長度。今以重物置於斜面之上。則依力之並行方形定律。可區為(b)(a)及(b)(d)二分力。惟與斜面成直角壓於其面之(d)(a)分力。因斜面之抵抗力而消滅。至((b)(a)之分力。則沿斜面而有



使物體欲轉落之勢。又(b)(d)及(a)(c)。與(B)(C)為並行。(b)(a)及(d)(c)。與(B)(C)成直角。而(A)(B)(C)及(a)(b)(c)二個之三角體。實為

同形者。故 $ac : bc = AC : BC$ 。今以 W 代物之重。 P 代力。 H 代斜面之高。 L 代其長度。則得公式如下。

$$P : W = H : L$$

即與斜面並行之力。與重物互保其平衡之狀況時。其相互之比。恰等於斜面之高與其長度之比。故斜面愈抵。則省力亦愈多。吾人日常所見事實。應用此原理者不一而足。如搬運重物。由低處上昇至高處。常於其間設一木板。以便省力。登山時不取捷徑而取迂迴之路。皆其實例也。又與斜面基底並行之力。與重物相平衡時。則其比例。適等於斜面之高 (AC) 與其基底 (AB) 之比。

尖 劈

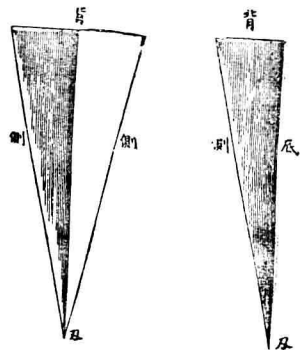
Wedge.

用途 尖劈，亦為助力器之一種。吾人日常所見者。如刀。斧。針。鑿，等皆屬之。又常用以高舉重物，及發生大壓力等。

第七二圖

第七三圖

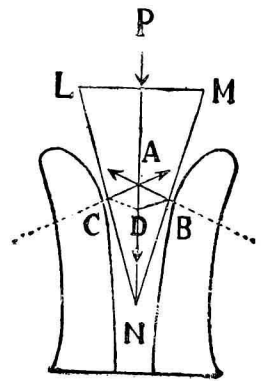
構造 本器構造最為簡單。全部以木質為之。其成三角形者。謂之單面劈。亦名直角劈。如第七二圖。二個三角形合成者。謂之雙面劈。亦名等角劈。如第七三圖。更就其各部分分析言之。則單面劈可分為刃（即其銳角之尖端而深入於物體中者）背（即刃之對方）側（即直角之面）底（即直角之對方）等四部。而雙面劈則分刃背側等三部。



實驗法 單面劈常用以高舉重物。用時將基底向上。側邊向下。以刃尖斜入於物體之間隙中。用力向背部擊之。則用力雖不多。而能使重物高舉。其力與重之比。恰等於背與底之比。雙面劈常用以劈開各物。用時以刃尖直入物體中。背部用力擊之。則物體即被劈分於二。其力與重之比。恰等於背與側之比。

原理說明 單面劈實即斜面之變形。蓋其背即等於斜面之高。其側邊即等於斜面之長。其底即等於斜面之底也。故其所以能省力之理。可適用斜面定律說明之。(參觀斜面原理說明)即背愈薄者。其省力亦愈多也。惟斜面不能自動。而單面劈則因背部之加入外力。得進入於物體。質言之實則即一種自動之斜面耳。試觀木工建屋時。常以木塊嵌入柱下。用力擊之。能使柱上之建築物上舉。即其證也。至雙面劈。則可視為相等之兩斜面。在其底部互相併合而成者。當其尖刃攻入木中時。其二側所受之重。即木質能抵抗之剛性。而施力之處。則在其背部。此時力之進行方向。可依第七四圖證明之。當(P)力加於(L) (M) 尖劈之背部時。其力即直達於(A)點。惟同時因尖劈之兩側邊。與木質之內部相接觸。則必發生一種與側邊成直角之抵抗力。如圖中之(A)(B)與(A)(C)。今以(A)(D)表(P)之力。則(A)(C) (D)三角形之(A)(C)及(A)(D)二邊。各與(L)(N) (II)三角形之(L)(N)(L)(M)二邊成爲直角。因此二種三角形。本屬相同。故

第七四圖



$$AC : AD = LN : LM$$

而(A)(C)與其背部所加(P)力之比。恰等於(L)(N)與(L)(M)之比。由此證明。可知尖劈之背愈薄。即其體愈長。則其劈開物體之力愈可節省也。

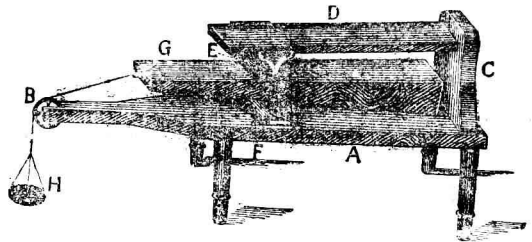
測 劈 器

Apparatus for experiment of wedge.

用途 測劈器，用以證明劈所以能助力之理。並可測驗力與重相互之關係。

構造 本器全部以金屬與木板製成。狀如第七五圖。(A)為四足木臺。一端作尖銳形。綴以金屬定滑車一枚。如(B)。他端植一木板。如(C)。木板之上端。聯以可上下起落之橫板一。如(D)。橫板之下與四足臺之上。各安設一金屬製輓軸。能旋轉滑動。如(E)與(F)。更於二輓軸之間嵌入一等角形劈。如(G)。其劈之刃部。連以繩索。於其下端懸一載物碼之皿。如(H)。

第七五圖



實驗法 先將重物置於(D)之橫板上。次將(G)劈安置於(E)(F)之兩輓軸間。則(G)劈因受重壓即向後退。次乃以其刃端連繫之繩索。繞於臺端(B)之定滑車上。再加適量物碼於(H)皿中。則因物碼之力。能使劈經(E)(F)間之輓軸而向前牽引。同時(D)橫板上所載之重物。即向上高舉。今假定此等角形之劈。其側邊之長為一·五公寸。而其背厚為〇·三

公寸。則以一公斤之力。可使與五公斤之重。互相平均。而劈遂靜止不動。

原理說明 如前節所述。凡劈之背愈薄。即其體愈長。則其劈開物體之力愈可節省。換言之，即力與重之比。等於劈之背與其側邊之比也。蓋橫板上載物之重量。與劈開木質時能低抗之剛性。本屬同一。而加於(H)皿中物碼之力。又與前節尖刃攻入木中時所施於背部之力。全無二致。故本器原理。即可假前節公式說明之。茲不贅述。

螺旋壓榨器

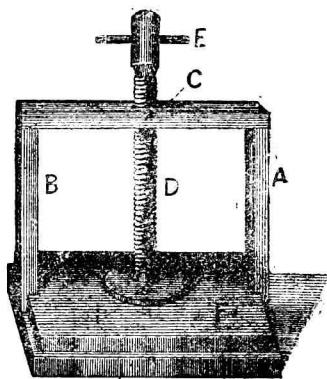
Screw press.

用途 螺旋壓榨器，供證明螺旋有助力之功用。

構造 本器分木製與鐵製二種。其構造大致相同。如第七六圖。(A)

(B)爲直立之架。其上部橫樑之正中。鑿成一孔。孔內刻有纏繞形之凹陷線。是名陰螺旋。如(C)。別以圓柱一條。其周圍刻以纏繞形之凸隆線。是名陽螺旋。如(D)。此二種螺旋。其凹凸線之角度。始終必須均等。用能互相切合無間。又於陽螺旋之上端。橫貫以槓桿一條。如(E)。其下端則與(F)之活板相連接。

第七六圖



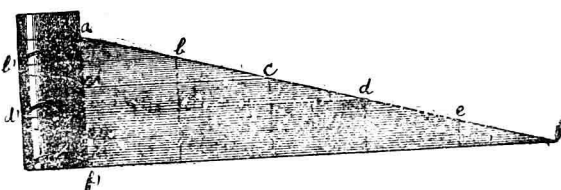
實驗法 先以二手持(E)之槓桿逆轉之。使陽螺旋上昇。則同時(F)之活板。亦隨而上昇。乃置欲壓榨之物於活板下。仍以二手持(E)槓桿。依螺旋進行之方向轉動之。則(F)活板。即隨螺旋而下降。斯時活板

下之物。漸被壓縮而減小其體積。或將其中所含之液狀物。因受壓榨而溢流於外。其壓榨之力。較諸直壓之力。可增加數倍。

原理說明 螺旋本為斜面之變形物。可視為斜面板捲繞於圓柱而成者。如第七七圖。以紙

第七七圖

剪成一直角三角形。作為斜面之橫剖面。如(a)(b)(b')。今以此紙捲繞於圓柱之周圍。則自(b)至(b')。



自(c)至(c')。自(d)至(d')。自(e)至(e')。均繞成螺線。而成一螺旋。故其二螺線之距。即等於斜面之高。螺線之長。即等於斜面之長。圓柱之周。即等於斜面之底。是可知欲說明螺旋助力之理。可依斜面之理解釋之。即施力於螺旋時。其力與重之比。等於螺距與圓柱周圍之比也。惟如本節實驗法所述。其使螺旋迴轉之力。初非直接作用於螺旋。乃係施力於螺旋上端(E)槓桿者。則依輪軸之理。其槓桿愈長。則增力愈大。即施於(E)槓桿之力。與螺旋所生之壓力。其比等於螺距與力圈(即力之旋轉一次所畫之圓圈)周圍之比也。

齒輪

Toothed wheels.

用途 齒輪有傳動，助力，增速，三種功用。本器即以供說明比原理者。

造構 本器有木製與鐵製二種。如第七八圖。為木製齒輪。(A)為

木架。架上設橫軸二。各貫以齒輪。二輪大小不同。大輪如(B)。小輪如(C)。而互以輪周之齒相嚙合。並於小輪之軸。附以搖柄如(D)。如第七九圖。爲鐵製齒輪。狀與第七八圖相同。惟搖柄設於大齒輪之軸。並於軸上各附以無齒之輪。在其輪周鑿有凹溝。以供捲繞繩索之用。

實驗法

手持第七八圖(D)搖柄迴轉之。則(B)齒輪因(C)齒輪之轉動而亦轉動。是爲齒輪之傳動作用。又若以繩索繫重物。而捲繞於第七八圖(B)齒輪之軸上。或使捲繞於

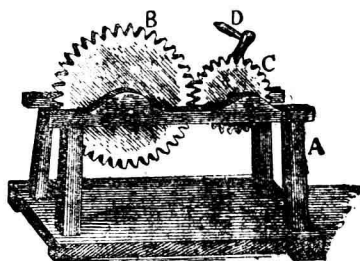
第七九圖(C)無齒輪之凹溝中。手持搖柄迴轉之。則能以小力勝大重。是爲齒輪之助力作用。又當實驗第七九圖鐵製齒輪時。則(B)之大齒輪每迴轉一次。(C)之小齒輪必迴轉二次。蓋(C)齒輪之速率。倍於(B)齒輪也。是爲齒輪之增速作用。

原理說明 齒輪本與輪軸爲同一之物。惟於其輪之周圍或軸之周圍設齒。俾得與他輪相嚙合。故在實用上。不能單獨發生功效。必與他種器械相連合而後可。蓋已非單式器械。而爲複式器械矣。

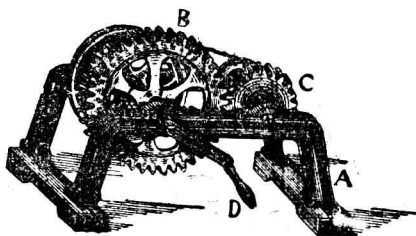
茲將其三種作用之原理。分述如下。

(一)傳動作用 齒輪傳動之理。在各種機器上。多應用之。如鐘錶即其一例也。凡機器內甲動乙者。則甲爲傳動。而乙爲受動。惟二器相連之

第七八圖



第七九圖



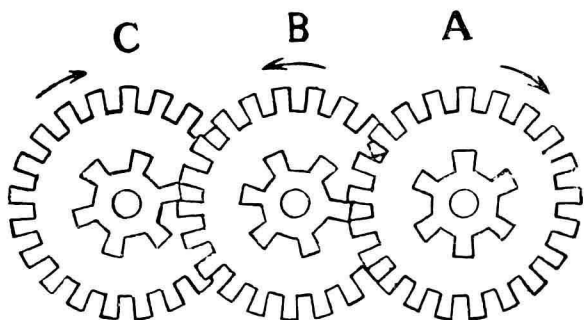
法。有以輪周之齒互相啮合者。有以甲之輪齒與乙之軸齒相啮合者。如是以數輪輾轉啮合。其動力即可輾轉傳達。並可因此改變其動力之方向。如變橫動為直動。或變直動為橫動。要視其二器相連之方法若何而定。

(二)助力作用 齒輪助力之理。可依輪軸之定律說明之。按輪軸定律。力與重之比。等於軸半徑與輪半徑之比。惟輪軸為單式器械。而齒輪則為二輪所組合之複式器械。故欲計算其助力之數。應將各輪半徑相乘。以各軸半徑相乘除之即得。其他三輪四輪之計算法。亦準此。又施於齒輪之力。係由搖柄(D)而傳於齒輪者。故計算之時。不可不注意搖柄之長短。凡搖柄之桿愈長。則其助力愈多。如第七八圖。(D)之搖柄與(C)之齒輪。在同一軸內。因(D)之半徑。大於(C)之半徑。故依輪軸之理。應視(D)為輪。而視(C)為軸。至其對於(B)(C)二輪間之關係。可視為以(C)之軸齒與(B)之輪齒相啮合者。故在(C)處發生之力。必較大於(D)。而在(B)軸發生之力。又必較大於(C)也。

(三)增速作用 齒輪增速之理。全基於輪周齒數之多寡。如第七九圖之鐵製齒輪。(C)輪大

第八〇圖

於(B)輪。其齒數亦多於(B)輪為一倍。故(C)輪迴轉一次。而(B)輪應為二次。今更改變其各輪啮合之方式。如第八〇圖。有(A)(B)(C)



三輪。其輪周各具三十六齒。軸周各具六齒。令其輪齒與軸齒輾轉相啮合。

今加力於(A)輪。使之轉動。則當(A)輪僅轉動六齒時。(即全輪齒六分之一)(B)輪已迴轉一次。迨(A)輪迴轉一次。(B)輪已迴轉六次。更以(B)輪之軸齒。與(C)輪之輪軸相啮合。則其迴轉數當亦為一與六之比。故(A)輪迴轉一次。(C)輪當迴轉三十六次。即(C)輪速率大於(A)輪三十六倍。明夫此則齒輪增速之數。固不難計算而得之也。

無盡螺旋

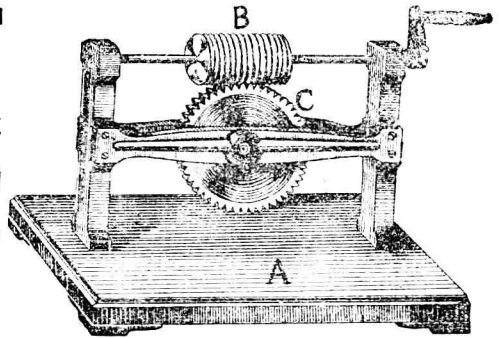
Worm and worm wheel, or Endless screw.

用途 無盡螺旋，供試驗變螺旋運動為圓運動之用。

構造 如第八一圖。(A)為木製之臺。左右植立木架。其上部橫貫

以有柄之陽螺旋。如(B)。下部別設一黃軸。軸中設有齒輪。如(C)。此二部須互相啮合。

第八一圖



實驗法 以手持螺旋之柄搖轉之。則齒輪因螺旋之運動而旋轉。螺旋之運動。永續不息。則齒輪之旋轉。亦永續不息。

原理說明 螺旋運動。

本為昇降運動，或進退運動。且當陰陽二螺旋相切合而運動時。至陽螺旋全進入於陰螺旋時。則其運動。即行停止。故螺旋之運動。絕對有一定之際限。今以齒輪代陰螺旋。齒輪之旋轉無盡。故螺旋之運動亦無盡。且因此可變螺旋之進退運動。而為齒輪之旋轉運動。今以繩索繫重物。捲繞於

齒輪之軸上。則當螺旋運動時。齒輪即起旋轉運動。重物遂緣附而上。其省力之多寡。可依軸輪之例計算之。工程上常用之起重機。即基此原理而作者也。

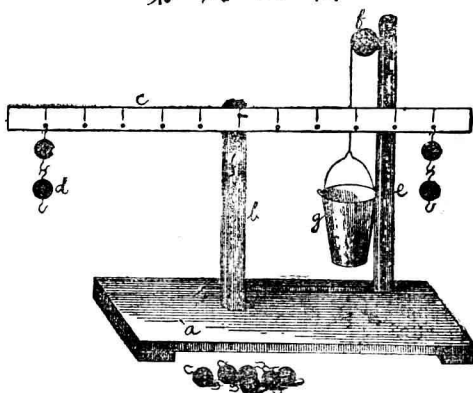
八種助力器

Simple machines, set of 8 kinds.

用途 本器係集合八種最簡單器械為一組。用以表示種種工作上得藉以節減勞力之原理者。其品名為槓桿，滑車，輪軸，斜面，尖劈，壓榨器，攪關，螺旋模，等。

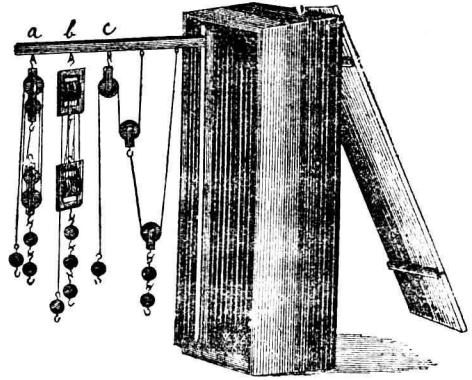
構造 本器視前述各種助力器。其構造均較為簡單。如第八二圖。為一單式兩臂槓桿。(a)為木製臺座。於其中央部植立一(b)木柱。(c)為銅桿。桿上劃有等分度之線。兩臂之數相同。(d)為有鈎物碼。供臨時實驗之用。另於木臺之一側。植立一(e)木柱。柱上裝置一定滑車(f)。於其周邊之凹溝中。繞以細線。

第八二圖



線之一端。懸吊桶(g)。以手執持線之他端。向下引之。則吊桶即自下而上昇。如第八三圖。為各種連滑車懸於橫桿之狀。(a)為縱連滑車。(b)為橫連滑車。(c)為昇動階式滑車。(按本器裝置時。即利用木箱為架。另備木柱一。固定於木箱側邊之內壁。而以橫桿插入於木柱之端。順次懸各式滑車

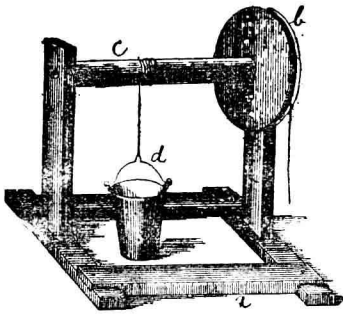
第八三圖



於桿上。)如第八四圖。爲輪軸。(a)爲木臺。左右各植立木柱一。(b)爲輪。(c)爲軸。全部嵌入於兩木柱上端之凹處。其輪邊之凹溝中及軸上。各繞以細線一條。並於軸上細線之下端。懸一吊

桶(d)。以手執輪邊所繞細線之下端。向下引之。則吊桶即自下而上。本圖

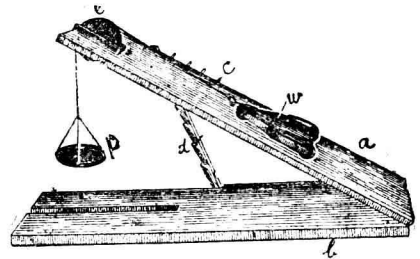
第八四圖



蓋即以表明自井中汲水之裝置也。如第八五圖，爲斜面。以鞣革一片。聯結(a)(b)上下二木板之後端。並於(a)板之側。附綴鐵釘數枚。如(c)。其(b)板之側。亦附綴階段形木柱一條。如(d)。臨用時將木柱直立。而以鐵釘

架於木柱各級之階段上。即可隨意形成高度不同之斜面。又(a)板之前端。附有滑車(e)。以線一條。繞於其凹溝中。一端繫有載重器(w)。他端則懸

以小皿(p)。於皿中加以物碼。則視斜面高度之昇降。可測知力之效能之增減焉。如第八六圖，爲尖劈。在木臺(A)之上。植立一粗木(b)。沿中心縱剖之。即將尖劈(c)。嵌入

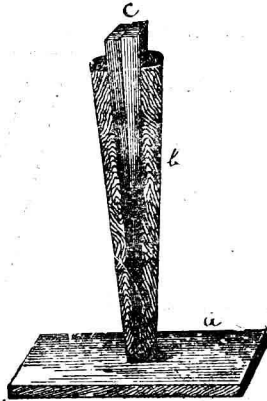


第八五圖

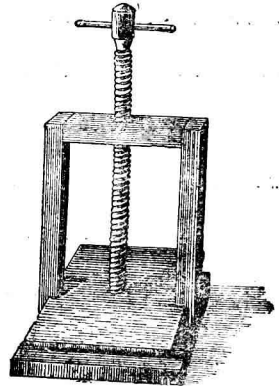
其中。如第八七圖。爲螺旋壓榨器。如第八八圖。爲攪閘。實即輪軸之變

形物也。圖中 (a) 爲軸。植立於 (b) 之木架上。軸端綴以橫桿四條。如 (c)。臨用時以繩索之一端繫於軸上。他端繫以重物。乃施力於軸端之橫桿。令作迴轉運動。則繩索即重重繞於軸上。引重物使之漸

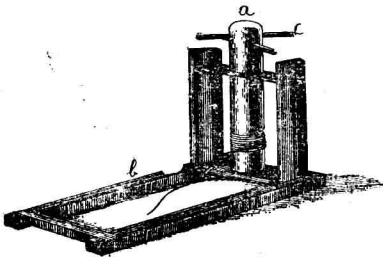
第八六圖



第八七圖



第八八圖



近。其助力之理。與輪軸全屬相同。如第八九圖。爲螺旋模。係用斜面形直立之紙片。捲繞於圓柱形木條而成者。蓋用以說明螺旋原理之



第八九圖

器也。

按上述八種助力器。其實驗法與原理說明。均已詳載於前。茲不複述。

比較擺

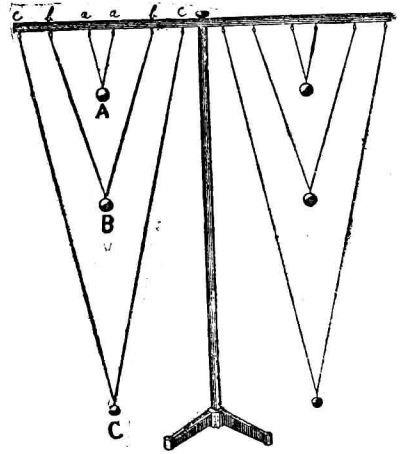
Pendulums.

用途 比較擺，供證明懸擺定律之用。

構造 本器因構造上之繁簡。可區爲甲乙二種。甲種如第九〇圖。

在鐵製之三足臺上。植立一鐵柱。更以長桿一。橫置於其上。自正中點至左右兩端。長短之度須一律。而各於其一部分。設小鉤六枚。如(a)(a)(b)(b)(c)(c)。今假定(a)(a)二鉤。與其中點之距為1。則(l)(b)二鉤。與其中點之距應為4。(c)(c)二鉤。與其中點之距應為9也。更於鉤上各繫細線。線端各垂一球。如(A)(B)(C)。惟(A)(C)二球。均以金屬製成。(A)球大而(C)球小。(B)則以木質製成。其大小與(A)球相等。又線之長短。亦須有一定之比例。今假定懸(A)球之線。其長度須為1寸。則懸(B)球之線。其長須為4寸。懸(C)球之線。其長度須為9寸。乙種如第九一圖。有(A)(B)(C)三球。(A)為木製。(B)(C)均為銅製。惟(B)球之體積與(A)球相等。而(C)球則較小。各以細線懸於四方形之木架上。其線之長度。均屬一律。

第九〇圖

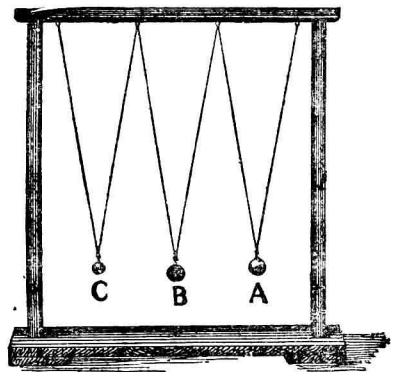


均屬一律。

實驗法 本器之實驗。可分為四段行之。

(第一段)取乙種比較擺。以二手同時引(A)(B)二球至同一角度而放之。則在同一時期內。二球往復之次數必為

第九一圖



同一。又若以(A)(C)二球或(B)(C)二球。依前法爲之。其所得結果。亦屬相同。

(第二段)取甲種比較擺。以二手同時引(A)(B)二球至同一角度而放之。則在同一時期內。(A)球之往復爲二次。而(B)球則爲一次。又以(A)(C)二球。如前法試之。則(A)球之往復爲三次。而(C)球僅得一次。更以同法施之於(B)(C)二球。則(B)球之往復爲三次。而(C)球則爲二次。

(第三段)將甲種比較擺上所懸之(A)(B)(C)三種球體。互易其位置。仍如第二段之法試之。則不因其質量輕重及體積大小之改變而發生異象。其所得結果。仍與第二段實驗法中所述相同。

(第四段)就甲乙二器中。任擇其一球。引向一方。約達五寸之距離而後放之。使之擺動。乃記其一往復間。所需之時間爲若干。次將原球如前法試之。惟增加其距離約爲十寸許。而測其一往復間所需之時間。當知與前相等。

學者既瞭然於上述各種擺動現象。更須記取下列諸名稱以便應用。即自懸點至球之距離。謂之擺長。一次擺動所經過之路。謂之擺幅。每一次擺動。其往復所需之時間。謂之擺動時間。

原理說明 按懸擺之定律有三。卽

(第一)懸擺之擺動時間。不因其物質與重量而異。

(第二)懸擺之擺動時間。與擺長之平方根成正比例。

(第三)同一懸擺。其擺幅不過大時。則其擺動時間。不因其擺幅之增減而異。

如第一段及第三段之實驗法。可證明懸擺之第一定律。如第二段之實

驗。可證明懸擺之第二定律。蓋 1 與 2 與 3 之比。適為擺長 1 與 4 與 9 之平方根。因

$$\sqrt{1} = 1. \quad \sqrt{4} = 2. \quad \sqrt{9} = 3.$$

如第四段實驗法。可證明懸擺之第三定律。是名擺動等時性。

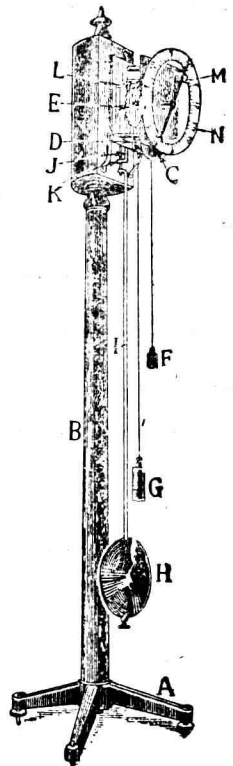
鐘擺模型

Model of clock pendulum.

用途 本器為一種重錘式計時器(俗名時辰鐘)模型。用以說明懸擺在計時器中。所以能調整其旋轉運動之原理。

構造 如第九二圖。(A)為鐵製三足臺。臺上立一木柱如(B)。柱之上端。較他部略大。即計時器樞機所在之部也。此器前後各有金屬板夾持之。中有輪軸二個。其一輪徑較大。如(C)。後端與木製之橫軸(D)相連。其一輪徑較小。如(E)。此二輪之緣邊。各具有定數之齒。而以(E)輪前端連屬之齒軸。為二輪互相嚙合之具。(F)(G)為二個重錘。(F)係木製。質量較輕。(G)係銅製。質量較重。(H)為懸擺。以長桿(I)懸於金屬板之後方。(J)為矩曲之桿。下端綴以長方形小框。如(K)。令懸擺之長桿。通過於其中。上端綴以弧形鈎叉。如(L)。各以左右鈎叉之一端。交番嚙合於(E)之輪齒上。(M)為指針。與(E)之齒

第九二圖



輪同軸。穿過前面金屬板。俾與計時度分相切。(N)為計時用度分。作圓周形。等分其全周為六十分。

實驗法 將(F)(G)二個重錘。各繫於繩索之一端。令捲繞於(D)之木製橫軸上。然後將(H)之懸擺。左右擺動。則(L)弧形鉤叉。即左右傾動。更番嚙合於(E)輪之齒上。使(E)輪發生旋轉運動。更由齒輪。傳動於(C)輪。於是(D)之橫軸。亦隨而轉動。(G)之重錘。遂漸次下降。惟懸擺之擺動。與重錘之下降。不疾不徐。均有定限。觀於(M)指針在(N)尺度上廻轉之度而可知之。

原理說明 重錘計時器。為荷蘭學者海根斯(Christian Huygens)所發明。因捲繞於橫軸上之重錘。由地心引力。本有下墜之勢。且能漸次加速。惟以(E)輪受(L)弧形鉤叉之節制。不能轉動。致(D)軸亦停止運動。重錘遂無從下墜。迨懸擺發生擺動時。則弧形鉤叉。亦隨而動作。其左右二鉤叉。更番離開(E)輪之齒。旋復更番嚙合。遂令(E)輪起旋轉運動。更傳其動於(C)輪。重錘乃得漸次下降。蓋懸擺每一擺動。齒輪即廻轉一齒。擺動之時間有定限。齒輪之廻轉亦有限。若擺動能續續不息。齒輪之廻轉。遂亦連續不息。重錘計時器。蓋即應用此原理而作者也。

愷陀氏可逆懸擺

Kater's reversible pendulum.

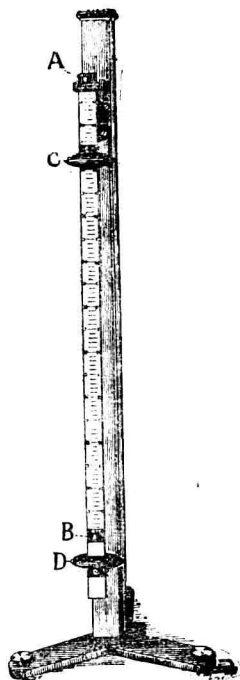
用途 可逆懸擺，為英人愷陀氏(Kater)所發明。係一種復擺裝置。可藉以證明擺動時間與擺長相關之理。並用以測定地球各處地心引力(即重力)加速度之數。

構造 如第九三圖。爲常見之愷陀氏可逆懸擺。有長方形木桿一條。

長一公尺有奇。寬約四公分。厚一公分。於桿上劃有墨線度分。計一百公分。兩端各附有三角形鋼刀一。其方向却相對。並可上下移動。如(A)與(B)。又有重錘二枚。以鉛質製成。重各一公斤。(尅)以螺旋緊附於木桿上。亦可上下移動。如(C)與(D)。

第九三圖

實驗法 以附於木桿一端三角形鋼刀(A)。支於木架上。作爲懸點。而以下端之(B)爲擺點。使左右擺動。而記其在某時間內擺動之次數爲若干。次乃倒轉木桿。以(B)鋼刀代(A)鋼刀。支於木架上。互易其懸點與擺點之地位。仍如前法擺動之。若其擺動時間。與前不相同一。可將(C)或(D)之重錘。隨意上下之。務令其擺動時間。全然相同而後止。實驗之結果。可知懸點與擺點距離之數。前後如相同一。則擺動時間。前後亦當相同。



原理說明 前於說明比較擺項下述懸擺之第

二定律曰。『懸擺之擺動時間與擺長之平方根成正比例』。本節所述。雖係一種複擺裝置。然亦得應用單擺之定律說明之。(按懸擺有單擺與複擺之別。單擺者。謂以一無重量之線與一有重量而無體積之球相連繫而懸於一定場所者。所謂數學的懸擺是也。至於複擺。則係一有重量之桿條。而其各小部分。皆有重量。可視爲由無數之數學懸擺組合而成者。所謂理學的懸擺是也。)蓋複擺之懸點與擺點。可互相更易。其兩點之相距。即爲

相當單擺之長。(按一單擺之擺動時間^o與一複擺之擺動時間相同。則此單擺即謂之複擺之相當單擺。)故擺長不變。則其擺動時間當亦不變。其理與單擺初無或異也。又吾人既已測定複擺之擺動時間與相當單擺之長。即可藉以測定其地之地心引力為若干。今以 t 示擺動時間。 l 示相當單擺之長。 g 示地心引力之強度。則得公式如下。

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \text{故} \quad g = \frac{\pi^2 l}{t^2}$$

因地心吸力之大小。視其緯度而異。即在赤道區域。引力較小。愈近兩極。引力亦愈大。故計其同一時間擺動次數之多寡。即可測定其地心引力強度之差異也。

碰擊球

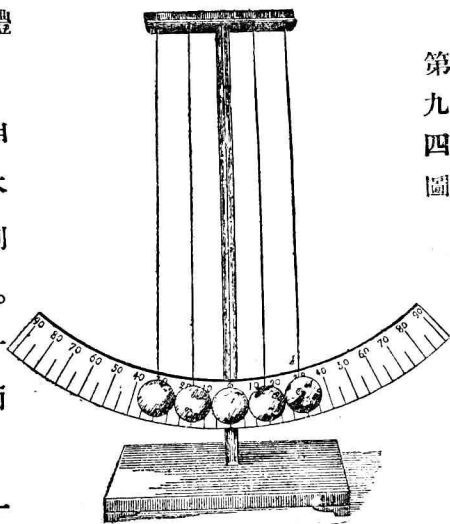
Pereussion apparatus.

用途 碰擊球，用以證明物體

有傳動性與反動性之理。

構造 如第九四圖。取輕重相等之大理石球五枚。各以細線懸於木架上。令各球互相切。成爲一列。別以弧形木尺一。固定於木架之前下方。其尺之中點爲 \circ 。左右各畫分爲九十度。其懸於架上之球。須與弧尺之面相切。

實驗法 任取左右方之第一



第九四圖

球。引至某度而放之。則被擊之第二球。與鄰近之第三第四等球。均寂靜不動。惟最終之第五球。忽離開其原有之位置。向前進行。其距離與速率。應與碰擊之第一球相同。又如同時將一方之第一第二球。引至某度。依前法施之。則其他方離開之球。為第四及第五球。而居中央之第三球。仍寂靜不動。又同時取左右二方之第一球。引至某度而放之。則二球於碰擊他球之後。仍復向左右離開。惟逐次減距其離之度。終至回復其靜止之原有狀態。

原理說明 大理石球。為具是凹凸性之物體。二球相碰擊時。則碰擊之球。雖歸於靜止。惟其動力必傳於第二球。更由第二球而傳於第三球。以次兩傳於第四球。至最終之第五球。因已無他球可供碰擊。動力無由遞傳。故即以所受於第四球之動力。向前進行。是名力之傳動現象。若同時將左右二球。同時碰擊他球。則其鄰近被擊之球雖寂靜不動。惟因凹凸體有反動作用。故能驅使碰擊之球。令其各向左右離開。是名力之反動現象。

不等重碰擊球

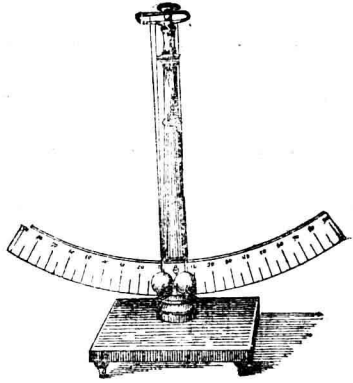
Unequilibrium percussion apparatus.

用途 不等重碰擊球，供證明二物體相碰擊時。其動力大小。與其重率相關之理。

構造 本器之構造。與普通碰擊球相同。惟球體僅為二枚。一為大理石製成。一為角質製成。狀如第九五圖。

實驗法 取大理石球。引至若干高度而放之。使碰擊角製球。則

第九五圖



角製球因受擊。即離開其原有位置。向上躍起。惟其躍起之高度。必視引開大理石球之高度增加。次更以角質球碰擊大理石球。則其現象雖與前相同。惟其躍起之高度。必視引開角質球之高度減少。又以此二種球體同時引至相等高度。旋即放下。則互相碰擊之後。二球體必同時向左右方躍起。惟角質球躍起之高度。必視大理石球增加。

原理說明 凡二種物相碰擊時。其發生之動力。與其重力有關。本器所裝置之二種球體。其體積與形狀。雖屬相同。惟其重率則顯有區別。即角質球之重率。較小於大理石球。故其碰擊之結果。一球體所施於他球體之動力。不能平衡。遂令躍起之高度有增減也。

驗彈性球反動定律器

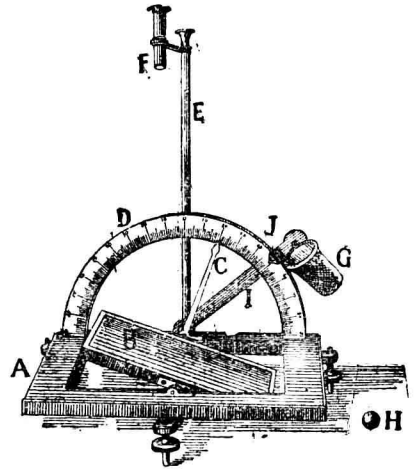
Nollet's apparatus for demonstrating the
law of reflection of elastic ball.

用途 本器係諾列脫氏所創製。供證明二種彈性體互相碰擊時。其發生之反動力。必以原有速率。回行於同角度反對方向之理。

構造 如第九六圖。(A)為長方形木架。架上斜臥一大理石平板(B)。其前後各支以銅製圓軸。與木架相連。因圓軸之轉動。可任意增減其傾斜之度。(C)為指針。與平板同軸。令與象限弧尺(D)實切。當平

面板改變其傾斜度時。指針亦隨而改變其位置。(E)爲植立於木架後方之鐵桿。(F)爲金屬圓筒。以金屬條聯綴於鐵桿之上端。其位置恰與平面板上下相對。(G)爲鐵絲布製成之囊。內盛象牙小圓球一枚。如(H)。(I)爲連綴鐵絲布囊之金屬條。亦能上下移動。其上端附有指器。如(J)。與象限弧尺相切。

第九六圖



實驗法 先將(C)之指針。向
左方或右方移動。令切於象限弧尺上之
三〇度處。則同時(B)之大理石平板。亦隨而傾斜。次將(I)金屬條。向
上移動。令其指器(J)。切於象限弧尺之六〇度處。以螺旋固定之。使二
者成三〇度之角。乃取(H)象牙球。從(F)圓筒之上孔投入。則球即於落
於板面。旋即躍起而入於(G)之鐵絲布囊中。歷試皆然。決無躍出囊外之虞。

原理說明 按彈性體碰擊之定律有六。(第一)凡彈性球對彈性壁正交相碰擊。則球以原有之速率。回行於相反之方向。(第五)凡彈性球若對彈性壁斜向碰擊。則當以原速率與原角度。以行往反對之方向。(第二,第三,第四,第六,定律因與本題無關不贅)蓋象牙球與大理石板。皆爲有彈性之物體。當象牙球自上落下。與大理石板相碰擊時。同時其兩體之碰擊點。雖暫時陷入。惟旋即回復其原狀。其間發生之反動力。實不減於前之碰擊力。故象牙球即以原速率與原角度。躍入於反射角之鐵絲布囊中。

試彈力器

Elasticity apparatus.

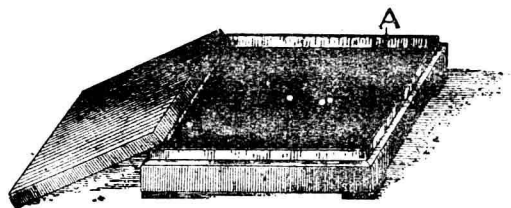
用途 試彈力器，供證明物體有彈性力之用。

構造 本器以大理石平板與象牙球二部組合而成。如第九七圖。

(A) 爲大理石板。須磨之極平滑。度以方形木盒。(B) 爲象牙小球。

第九七圖

○B



實驗法 先以煙煤在大理石平板上。敷成薄層令乾。然後取象牙小球輕擲於大理石板上。乃取象牙小球視之。

則見球面上留有小黑點。同時大理石板上。現一微小之白痕，次將球面黑點拭淨。令從高處墜落於板上。則球面之黑點與板上之白痕。均較前增大。若愈從高處墜落。則黑點與白痕亦愈大。

原理說明 有數種物體。因受外力之壓迫。能令其形狀及體積。同時改變。及外力既去。即能復其原形。是名彈性體。凡物體所以具此特性者。因物體中各分子之排列。初非密集相切者。其各個間隙中。常有一種以太。瀰漫於其間。而此以太之性質。具有一種互相推拒之力。故當物體受外力壓迫時。其內部之分子。因互相接近。不得不暫時改變其形狀及體積。惟瀰漫於分子間隙中之以太。同時雖暫被壓縮。而其推拒之力。則毫無減小。故外力一去。此推拒力立即發現。而使被壓迫之物體。頓復其

原形。即所謂彈力者是也。各種物體之彈力。以氣體爲最大。固體次之。液體幾等於無。而固體中之彈力。又以橡皮，銅，鐵，象牙，角質，鯨鬚，大理石，等爲最大。如本節實驗法所得現象。可依此理說明之。蓋當象牙球與大理石板面輕微接觸時。因受外力之壓迫極微。故其表面之凹陷亦無幾。因之二物相接觸之面亦甚小。故象牙球之黑點。與大理石板面之白痕。均甚纖小。其後落下愈高。則碰擊愈烈。物表面之凹陷亦愈甚。即其接觸面亦愈擴大。故象牙球之黑點與大理石板面上之白痕。自不得不隨而增大。第此二物雖同屬彈性體。惟不及橡皮等之顯著。非假此裝置。誠無法以證明之耳。

試撓力器

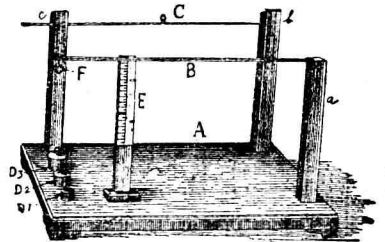
Apparatus for determination of
elasticity in bending.

用途 試撓力器，供證明物體有撓力之用。

構造 如第九八圖。(A)之木臺上。植立(a)(b)(c)木柱三根。(a)

柱上橫置銅桿一條。如(B)。一端固定於(a)柱。他端懸空。且於其部附有小鉤如(F)。以備懸掛重錘之用。別於(b)(c)兩柱之頂端。各鑿成深溝。以鐵絲一條如(C)。橫架其上。(D₁)(D₂)(D₃)爲重錘。(D₁)重爲一公兩。(D₂)爲二公兩。(D₃)爲三公兩。(E)爲直立於木臺上之尺度。於其表面之半。劃

第九八圖



有度分。並於其半。嵌入回光玻鏡。俾便於窺視。

實驗法 (D_1)重錘懸於(F)之鉤。則銅桿即向下屈曲至若干度。取去即復其原狀。次易以(D_2)或(D_3)重錘。則銅桿向下屈曲之度。必為(D_1)之二倍或三倍。次復以三個重錘。互以其鉤相連結。而懸於(F)上。則銅桿向下屈曲之度。必為(D_1)之五倍。惟同時將此三個重錘取去。則銅桿仍能回復其水平狀態。再如前法。分別將重錘懸於鐵絲之中間部試之。則其結果亦相同。惟鐵絲向下屈曲之度。視銅桿必較大。其度分可於直立尺度上窺見之。

原理說明 撓力亦係彈力之一種。如銅桿之一端。因重力而被屈。去其重力。即回復原狀。此其理亦可用分子中以太推拒之力說明之。蓋當銅桿向下屈曲時。在其屈曲處之上面。雖漸被引長。然其下面則反被壓縮。故非被屈至極限時。則外力一去。因其上下相反之功用。必仍能伸直如前也。物體撓力之大小。固視其品質而異。然在同一物體。亦有種種之前異。茲列舉其定律如下。

- (一) 屈撓之數。與其懸重之數成正比例。
- (二) 屈撓之數。與其物體長之立方成正比例。
- (三) 屈撓之數。與其物體之寬成反比例。
- (四) 屈撓之數。與其物體厚之立方成反比例。

試扭力器

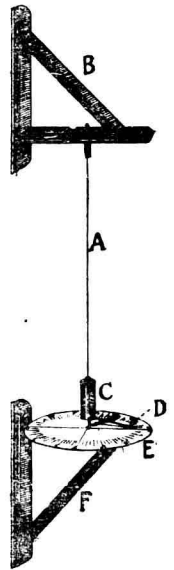
Apparatus for the determination
of torsional elasticity.

用途 試扭力器，供證明物體有扭力之用。

構造 如第九九圖。(A)為銅絲。長約一公尺。上端固定於(B)架。

下端懸一重錘(C)。(D)為指針。與(C)之重錘相連。(E)為角度表。製以鐵葉。周圍劃分度數。共為三百六十度。其下以(F)木架承之。

第九九圖



實驗法 先將(B)與(F)之架。固定於壁上。次將(C)重錘下端之短軸。插入於(E)角度表中央之小孔中。令(A)線成垂直形。然後施力於(C)重錘。令指針(D)向左迴轉至若干角度。旋即放去。則指針當隨重錘而向右迴轉。如是往復數次。至重錘停止時。視其指針所指之角度。當與未施力時相同。

原理說明 扭力亦係彈力之一種。其力之大小。亦視其物質而異。當施力於(C)之重錘時。銅絲因受外力而被扭轉。惟以其有拒扭之力。常欲回復原狀。故一經放手。立即以反對方向而反扭。其理與前述之彈力及撓力。全無二致。其所扭轉之角度。謂之扭角。扭角之大小。與其所施之外力有關。如欲扭轉某種物體。令至五度。假定所需之力為一。則扭至十度時。需用二倍之力。扭至十五度時。需用三倍之力。蓋扭角與扭力。適成一正比例也。惟各物之扭力。亦均有極限。過此極限時。即不能回復其原狀。又扭力與線長為反比。而與線徑之四乘方為正比。即線愈細長者。扭力愈弱。愈粗短者。扭力愈強也。

測摩阻力器

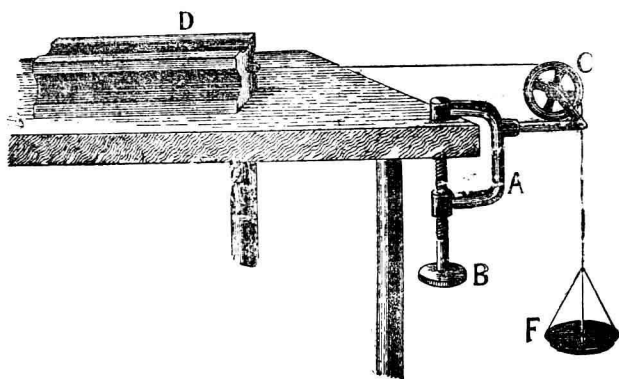
Tribometer for sliding friction.

用途 測摩阻力器，供測驗滑走摩阻力之用。

構造 如第一〇〇圖。(A) 爲矩曲形器。下附螺旋(B)。上有滑車(C)。(D) 爲方形木塊。一面極平滑。三面各作窪形。其切面之廣狹。各不相同。(F) 爲小皿。可載物碼。以細線與木塊相聯繫。

實驗法 將矩曲形器。嵌入桌緣。以螺旋固定之。乃取木塊置於桌上。先以平滑之面。令與桌面相切。次將細線繞滑車而過。加適度物碼於小皿。則木塊因物碼之重力。即被牽向桌緣滑走。復以木塊之他面。迭次依前法試之。則不問其切面之廣狹若何。可不必增加小皿中之物碼。而木塊仍能被牽滑走。

第一〇〇圖



復次另加重物於木塊之上試之。則小皿中之物碼。亦非另行增加不可。即小皿中所加物碼之數。必與木塊上所加重量之數相等。始能牽動木塊。使之向桌緣滑走也。次更以極平滑之玻璃板。舖於桌上。將木塊任何一面。使之相切。仍如前法試之。則小皿中物碼。必可視前減少。

原理說明 物體運動時。恆因外力之障礙而漸次減弱。摩阻力即

其一也。摩阻力有二種。一爲滑走摩阻力。一爲圓轉摩阻力。茲單就滑走摩阻力論之。原滑走摩阻力之發生。由於兩體之面相觸而起。蓋兩體之面。無論若何盡力研磨。究不能使之充分平滑。往往一面之凸部。適嵌入於他面之凹部。而成一交錯之形。今欲牽引一體。使之滑走。則非剷除此凸部或扛起其凸部不可。此時所消費剷除或扛起之力。即關於摩阻力之大小也。毛森氏(molen)常由實驗之結果。制定摩阻力定律如下。

- (一)摩阻力於兩物體間之壓力爲正比例。
- (二)摩阻力不關於切面之大小。
- (三)摩阻力關於相切物體之性質。與其面之形狀。

上述諸種實驗。足以證明此三種定律。即物體壓力若干。則牽引之力亦須若干。壓力增加至若干倍。牽引之力。亦須增加至若干倍。而與其切面之廣狹。則初無相關也。至於各體間摩阻力之大小。則視其物體之性質及其面之平滑與否而定。如上述實驗。以玻璃板爲最小。金屬次之。木質又次之。

羅哀氏玻璃滴

Rupert's draps.

用途 羅哀氏玻璃滴，爲用以證明各物體中分子之排列狀態。與其冷卻時之疾徐，有相關之理。並可知凡物體硬度愈高者。其破碎亦愈易。

第一〇一圖

構造 本器係用玻璃質製成。爲一個茄子形之物體。狀如第一〇一圖。一端膨大作圓形。他端



則纖細如針尖。而稍現彎曲。製作之法。係取玻璃質入坩鍋中。以高熱熔融之。令成液狀。乃取其一部分。投入冷水中。使急冷卻。則可得一種極硬而脆之玻璃。

實驗法 先以鐵鎚擊玻璃之腹部。則雖任何用力。終不能使之破碎。次乃改擊其針尖形之一端。則雖用力極輕微。然一經破損。其全體立即粉碎。並以極猛烈之勢。飛散於四方。

原理說明 凡物體受外力打擊時。皆具有一種抵抗性質。務欲保持其固有狀態。不令破壞。此種性質。謂之物體之硬性。各種物體。其硬性雖有一定。然亦得用人工改造之。例如同一鋼鐵。於入火鍛鍊之後。視其冷卻之疾徐。可隨意使成堅脆之刀。或強韌之發條。揆厥原因。實不外使其內部集合之分子。改變其排列之狀態而已。羅哀氏玻璃。即基於此原理而作者。蓋當玻璃熔液投入冷水中時。其表面分子。因猝受冷水之影響。立即先行堅縮。而其內部分子。則收縮較緩。是則玻璃表面與內部。其分子之排列狀態。既完全不同。故內部分子。時時有欲引縮其表面分子之趨勢。徒以表面緊張之力不弱於內部。計不得逞。始得保持其平衡耳。今一旦於其表面緊張力較弱之處。(即尖針之一端)施以破壞。則內外頓失其平衡。無怪其全體立即粉碎也。由是言之。是玻璃粉碎之原因。與其謂為由外力打擊之所致。毋寧視為因內部分子引縮其表面分子而致破壞之為得也。又硬性與剛性。此二語乍聆之似無所區別。然細考之。則顯有異同。蓋所謂剛性者。必具有堅強不屈之性。所謂金剛不壞者是也。至於硬性。則不第不得與語堅強不屈。且往往較他物易於破碎。所謂脆性者是也。吾人觀於羅哀氏之實驗而可知矣。

雨汞器

Mercury shower apparatus.

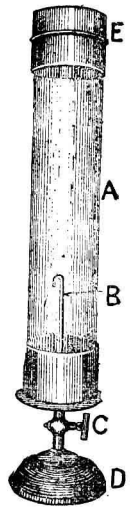
用途 雨汞器，供證明物體有孔性之用。

構造 如第一〇二圖。(A) 爲玻璃圓筒。下端以金屬爲底。底之正中。鑿一小孔。貫以中空之金屬細管，如 (B)。其下有司啟閉之活塞。如 (C)。平時植立於 (D) 之鐵製臺上。頂端亦鑄以金屬。另 第一〇二圖備圓形之孟。如 (E)。其直徑與玻璃圓筒相同。亦以金屬製成。惟孟底則爲皮膜所製。此圓形之孟。以螺線與頂端之金屬相切合。作爲玻璃圓筒之蓋。其上下端須十分密合。不可洩氣。

實驗法 將玻璃圓筒全部。自 (D) 之鐵製臺上取下。移置於抽氣機上。啟其活塞。並於 (E) 孟中盛水銀至半滿。於是手持抽氣機之柄。不絕昇降。則圓筒中空氣。卽由 (B) 之細管逃出。卽見圓筒中有水銀細滴。勢如驟雨。紛紛落下。

原理說明 各種物體。無論疏如棉絮。密若金銀。

其各分子間。莫不具有間隙。第非吾人目力所能窺見耳。物體分子間具有此間隙之性。在物理學上謂之孔性。蓋玻筒上端之皮膜。本爲有孔性之物。徒以玻筒內外。平時空氣之壓力。互相平均。故不生何種現象。一旦將筒內空氣。驅之使盡。則筒外壓力。較大於筒內。此時首當其衝者。厥維孟中之水銀。自不得不穿過皮膜之微孔。成細滴而下降於筒內也。



黏力玻板

Adhesion plates of glass.

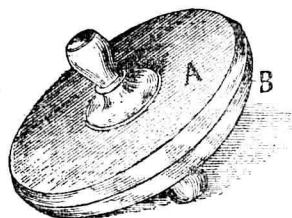
用途 黏力玻板，供試驗二個固體間。具有黏力之用。

構造 如第一〇三圖。(A)與(B)均屬玻璃製成之板。其上各有柄。便於手持。兩板相切之面。務須極平滑。

實驗法 取兩玻板使密相切合。旋以
 二手各持其柄，用力引開之。則其間似具有一
 種膠黏。不易分離者。若易以毛玻片。則
 其結果全異。

原理說明 凡二種物體互相切近時。即發現一種互相攝引之力。此力與萬有引力不同。乃由於物體之各小分子至距離極近時。而始發現者。是名黏力。亦名附著力。如本節所實驗。因光玻片相切合時。不特其各小分子距離極近。且其接觸之部亦較多。此時兩體間即發生黏力。故雖任何用力。亦不易使之分離。至於毛玻片則異是，故於相切時。欲使之發生黏力。殊覺為難。吾人平時以鉛筆書字於紙面。以粉筆繪畫於黑板。能一時附著而不致脫落者。要亦無非一種黏力作用耳。

第一〇三圖



固體吸氣器

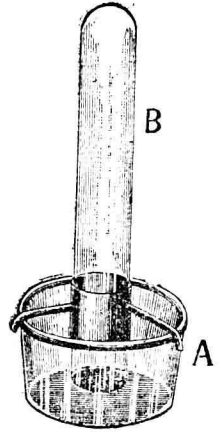
Apparatus to show absorpton of gas by solid.

用途 固體吸氣器，供試驗固體能吸收氣體之用。

構造 如第一〇四圖。(A)爲玻製水銀槽。(B) 第一〇四圖

爲有底玻圓筒。長約六寸許。徑約一寸有半。以銅絲製三足架挾持之。令倒立於水銀槽中。

實驗法 先傾水銀於玻槽中。約至八分之高。次入阿謨尼亞氣於玻筒中。同時並納入熾熱木炭一塊於其中。急令倒立於水銀槽內。不使筒外空氣竄入。約經若干時後。木炭漸冷。則筒中阿謨尼亞氣漸被木炭所吸收。槽內水銀。即上昇於筒中。



原理說明 按二種物體。其表面各小分子互相攝引之力。不第固體與固體間有之。即固體與氣體間亦有之。凡固體之表面及內部。能將氣體留住。並使之濃稠。此種現象。名曰氣體之吸收。至其吸收量之多寡。則視固體及氣體之性質而各異。大抵固體之表面較廣者。則吸收氣體之量自屬較大。如木炭爲疏鬆之物。空隙極多。即其表面較廣。故能吸收阿謨尼亞氣至九十倍以上。至於木炭吸收其他氣體之重。則視阿謨尼亞較少。例如鹽酸爲八十倍。亞硫酸爲六十五倍。硫化氫爲五十五倍。炭酸爲三十五倍。此外無論何種氣體。亦均能吸收若干量云。又木炭於吸收阿謨尼亞氣之後。其物質初未改變。於此又可證明阿謨尼亞被木炭所吸收之故。實係與其空隙中所存之空氣。互相交換所致。蓋木炭空隙間。平時本有多量空氣附著於其表面。一經受熱。遂膨脹而飛散。此時若移置於他種氣體中。(例如阿謨尼亞)則至冷卻以後。此氣體即竄入空隙中。附著於周壁之表面。反之若將此木炭再熱之以火。則被吸之阿謨尼亞氣。固仍能向四方飛散也。

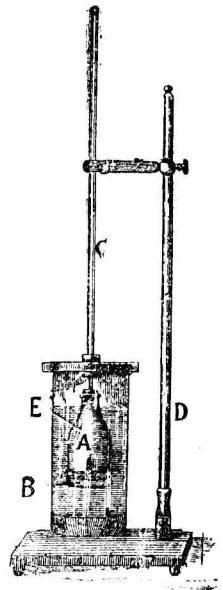
液體滲透器

Endosmometer.

用途 液體滲透器，供試驗二種不同之液體。能在薄膜間。有互相交流之作用。一名液體通膜器。

構造 如第一〇五圖。(A) 爲徑約四五寸許之玻璃鐘。底部張以膀胱(B)。上口有穿孔木塞。插入長約三尺許之玻璃管。如(C)。以彈簧夾固定於(D)之木架上。另於玻璃鐘外。備一玻璃水槽。如(E)。第一〇五圖其容積大於玻璃鐘二倍。

實驗法 揭去玻璃鐘木塞。入以砂糖或食鹽溶液。仍將木塞塞緊。另注清水於玻璃水槽。將玻璃鐘浸入其中。其玻璃鐘內溶液之高。須與鐘外之水等高。又玻璃鐘底部之薄膜。不可與水槽之底相接觸。裝置既竟。經過若干時間後。忽見玻璃鐘內之水。漸次增加。上昇於玻璃管。玻璃槽中之水。則漸次減少。由此現象推測之。可知玻璃鐘內增加之水。顯係由鐘外之水。因通過薄膜而進入於其中者。且同時試嘗玻璃槽中之水。忽呈砂糖之甘味。或食鹽之鹹味。由是可知玻璃鐘外之水。固能通過薄膜而入於鐘內。而同時玻璃鐘內之某種溶液。亦能通過薄膜而出於鐘外。所異者惟其通過之遲速有不同耳。然試以鐘內之溶液。與鐘外之清水。互易其位置。如前法實驗之。則其結果適得其反。



原理說明 凡二種不同性之液體。能通過具細孔之境壁而彼此互

相交流。是名液體之滲透力。惟滲透之遲速，視其物體之性質而異。即薄液滲透於濃液中。極為迅速，而濃液滲透於薄液中則為緩慢也。如本節實驗之事。因砂糖或食鹽溶液。與清水相較。其濃度顯有區別。故其滲透之遲速。自不能一律也。又凡結晶性之物體。其滲透力較諸不結晶性之物體為強。故化學家常應用此原理。製成一種通膜分析器。用以分離各種物質。

氣體滲透器

Apparatus to demonstrate aiffusion of gases.

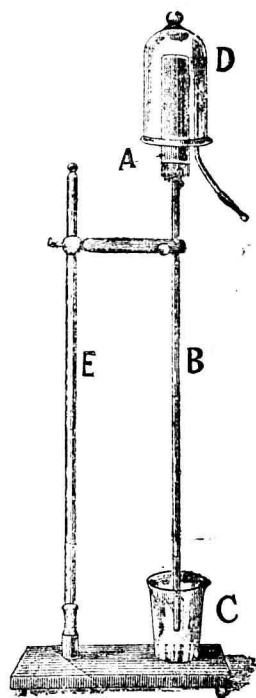
用途 氣體滲透器，供試驗二種不同性之氣體。在疏鬆間隙物中。有互相通過之作用。一名氣體擴散器。

第一〇六圖

構造 如第一〇六圖。(A)為泥漏筒。筒口裝有木塞。中穿一孔。插入長玻璃管如(B)。其下端入於(C)之玻璃杯中。(D)為玻璃鐘。(E)為木架。以彈簧夾固定長玻璃管。不使動搖。

實驗法 盛水於(C)玻璃杯至半滿。將(B)之玻璃管下端插入水中。另以(D)大玻璃鐘。滿盛氫氣。覆於(A)泥漏筒之外。則立見玻璃杯中發出無數氣泡。次將玻璃鐘取去。其氣泡立即停止。並可見杯中之水。由玻璃管上昇於泥漏筒中。

原理說明 凡二種不同性氣體。能通過具細孔之境壁。彼此互相交流。是名氣體之滲透力。



其滲透之遲速。亦視氣體之性質而異。即質量較輕之氣體。其分子之運動異常迅速。故通過境壁之力亦極速。反之質量較重之氣體則異是。如本節之實驗。泥漏筒中。其初本係滿盛空氣。因其質量較重。分子之運動不能十分迅速。故通過境壁之力極緩。迨其後覆以容氫氣之玻璃鐘。則因氫氣之質量極輕。以迅速之勢。竄入泥漏筒中。其筒中原有之空氣。因一時不及由細孔逃出。且同時因筒內壓力增加。遂不得不由玻璃管中逃去。此玻璃杯中所以有氣泡之發生也。最後將玻璃鐘取去。則筒中氫氣。復以迅速之勢。向外散出。同時其由細孔竄入筒中之空氣。因其速率不逮氫氣。此時筒內壓力。突然減小。故杯中之水。即由長玻璃管上昇於筒中也。物理學家加拉享氏。對此實驗。曾發見一定律曰。『凡氣體於一定時間。通過境壁之量。與其密度之平方根為反比例。』

無礙軸

Bohnenberger's gyroscope.

用途 無礙軸。供證明旋轉體受恆動性支配時。

第一〇七圖

能保持其一定方向之理。係波念白格氏(Bohnenberger)所創製。故亦名波念白格測旋轉體動力器。

構造 如第一〇七圖。(A)(B)(C)為外中內三層圓環。(D)為轉輪。外環之底部。與銅柱相聯。植立於鐵製臺座。固定不動。並於其頂端與底部。各以螺釘與中環相接聯。其中環左右二部。亦各附有螺釘一個。與內環相聯接。又內環亦同中環。二端各以螺釘與轉輪之



軸相聯結。如是輾轉相連。各以螺釘爲中軸。除外環(A)固定不動外。其餘中環(B)，內環(C)及轉輪(D)。均能循中軸作旋轉運動。別於內環之一處。懸垂一小球體如(E)。

實驗法 先在轉輪之軸，繞以細線。次拽開繞軸之細線。使轉輪疾轉。同時其內中二環。亦隨之旋轉。惟無論環與轉輪。轉向何方。而小球體則能保持其自己之方位。永無改變。此時試以手微壓旋轉部。令改變其軸之方向。則覺其顯生一種抵抗力。

原理說明 凡不受他力定其方位而能變動於各方之軸。謂之無礙軸。凡旋轉體之無礙軸。以隨重率及速率所增之力。而保守其自己之方向。此其故乃由於旋轉體之各小分。因受恆動性之支配。務欲保守其自己之旋轉面。故能永久不變耳。設於此時施以他力。令其旋轉面與軸之方向改變。則其循原方向旋轉之面與軸。必對此他力。發生一種抵抗力。至其由全體發生之抵抗力。必隨重率及速率而增加。此理於旋辦獨樂時。亦可證明之。

離心力軌道 (附球一枚)

Centrifugal rail, with 1 ball.

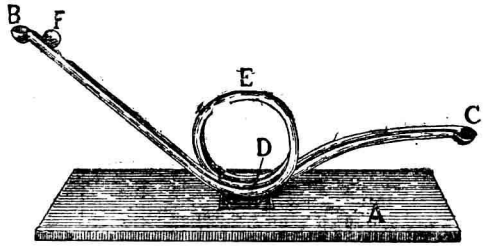
用途 離心力軌道。供證明各種物體。在圓形循心運動時。因其速率之大。得依恆性定律。不致自高處墜落之理。

構造 如第一〇八圖。(A)爲木臺。於其上設一(B)(C)銅質溝槽。作爲軌道。其二端位置較高。中部頗低。且繞成一圓圈。如(D)與(E)。(F)爲一圓球。可視爲在軌道上行走之火車。圖中所示。係表明其在高處不致墜落之狀。

實驗法 取(F)小球。令

第一〇八圖

在(B)處落下。則球體以極大之速率。沿軌道向下疾走。及至(D)處。仍以迅速之勢上昇至(E)。更由(E)處沿軌道落下。再上昇至(C)處。此球體在中間經繞行圓圈形線路。在(D)處雖成一倒懸之勢。然決無墜落之虞。



原理說明 凡物體爲圓形循心運動時。其運動體常欲進行於其切線之方向而逸去。是爲向外之力。謂之離心力。與向內之力所謂向心力者。適相反對。此種離心力。在物體運動極速時。任何勢力。不能使之消滅。離心軌道。卽基此原理而作者也。蓋物體爲地心所吸引。苟無他力牽引之。恆欲從高處向下墜落。故當球體從(B)處落至(D)處時。在理本不能上行。惟因其運動之速率極大。遂得依恆性定律。沿(D)(F)圓圈而上昇。迨既至(E)處。理應墜落。惟仍因其運動極速。雖有地心引力。不敵其離心力。故仍能自(E)處上昇至(C)處也。此種離心軌道。常用之於架空鐵道。在歐美各國常見之。吾人試以提桶盛水。繫以繩索。手執繩端。令提桶作圓形循心運動。則雖至桶口向地心時。苟運動不停止。其桶內之水。決不致點滴落下。其理正與離心軌道相同。

試離心力轉臺

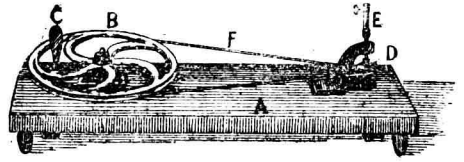
Centrifugal machine.

用途 離心力轉臺，專供試驗離心力時。將各種器械。置於其上。

俾得速轉之用。

構造 如第一〇九圖。(A) 爲長方形木臺。左方有大鐵輪 (B)。以木臺下螺旋固定其短軸。俾平臥於上其。(C) 爲附於大鐵輪之搖柄。右方有小鐵輪 (D)。以鐵架固定於木臺上。其軸較長於 (B) 輪。而空其中。如 (E)。旁附以螺旋一枚。(F) 爲聯絡大小二輪之皮帶。

第一〇九圖



實驗法 先將 (B) 輪短軸下之螺旋略鬆。令 (B) 輪得向左右移動。次以 (F) 皮帶。繞於大小二輪周邊之凹溝中。俟皮帶緊張適度時。仍將 (B) 輪短軸下螺旋旋緊。俾不能移動。乃手持 (C) 之搖柄。令 (B) 輪作旋轉運動。則同時 (D) 輪因皮帶之傳力。亦隨而作旋轉運動。且 (D) 輪迴轉之速率。大於 (B) 輪數倍。是由於 (D) 輪之半徑。小於 (B) 輪之半徑故也。於是將各種試驗離心力之器械。順次插入於 (D) 輪長軸之空管中。以管旁之螺旋固定之。如前迴轉 (B) 輪。則其所插入之各種器械。亦隨而旋轉。其實驗時所表示各種現象。俟下逐項詳述之。

離心環

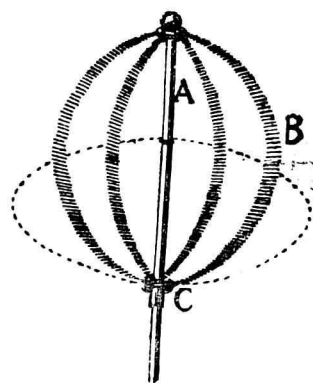
Centrifugal hoops, or Elastic brass rings.

用途 離心環，供證明圓形體當循心速轉時。因離心力作用。能由渾圓形而變爲扁平橢圓形之理。

構造 如第一一〇圖。(A) 爲鐵柱製成之軸。頂端有圓球。下端插

入於鐵製臺座。(B) 爲狹長之彈性薄銅片。共計五條。相合而附於鐵柱之軸。構成球形。其上端可昇降活動。下端則固定於(C) 處。

第一〇圖



實驗法 將本器由鐵製臺座取下。插入於試離心力轉臺(D) 輪長軸之空管中。以管旁螺旋固定之。乃迴轉(B) 輪。則離心環亦隨(D) 輪而速轉。當其未轉之前。各銅片因自身之彈力。其上端均與鐵柱頂端之圓球相接觸。將全器構成一渾圓之球形。迨一經迴轉後。其各銅片即由頂端下降。遂致渾圓之球形。一變而爲扁平之橢圓形。蓋此時銅片上下兩端之距離已縮短。中部則膨大而凸出也。迴轉愈速。其中部突出之度亦愈大。狀如圖中之虛線。

原理說明 當物體爲圓形循心運動時。必發生離心力與向心力。前於解釋離心軌道時。已約畧說明。本節實驗。卽此二力發生之一種表現也。蓋當離心環迴轉時。銅片向內被引之力。爲向心力。其向外離開之力。爲離心力。必二力相合。乃始成圓形之循心運動。假令此各個銅片。不附於鐵柱。則當迴轉之時。僅有離心力而無向心力。各附片早已不翼而飛矣。又離心力之大小。與其速率之平方爲正比例。環之上下二端。因距離較近。其其一次迴轉間。所行之路頗短。故速率小而離心力亦小。環之中部。因距軸較遠。其一次迴轉間。所行之路頗遠。故速率大而離心力亦大。凡離心力較大之部分。每欲索引離心力較小之部分。故在速轉時。彈性薄銅片之上端。遂不得不沿(A) 軸屈撓而下降。於是上下二部之距離縮短。中部凸

出。變渾圓形而為扁平橢圓形。根據此理解。可測知吾人所居之地球。其赤道之徑。必大於二極間之徑。因地球自轉時。赤道部之離心力。大於二極間故耳。

離心重環

Centrifugal double ring.

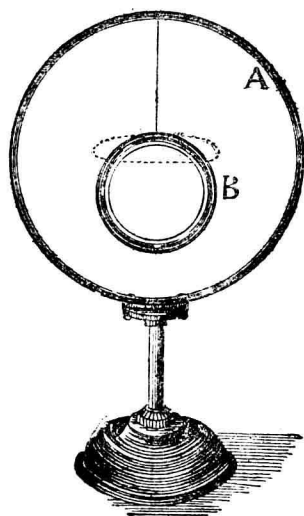
用途 離心重環，供顯明離心力方向之用。

構造 如第一一一圖。(A)為銅製大環。下連鐵柱。可插入於鐵製臺座。(B)為銅製小環。以細線懸於大環頂上。

實驗法 將本器由鐵製臺座取下。插入於試離心力轉臺(D)輪長軸之空管中。以管旁螺旋固定之。乃廻轉(B)輪。則離心重環。亦隨(D)輪而速轉。其初(B)環本係向下垂直。迨一經廻轉。即漸次升高。轉愈速。上昇亦愈高。終至與(A)之大環成一直角。狀如圖中虛線所示。

原理說明 物體之有重量。由於地心有引力所致。故以線懸物於高處。其所懸物體。居恆必作向下垂直之勢。惟一至運動時。則失其常態。如本節實驗之事。懸於大環之小環因隨大環之旋轉。而一致廻轉。此時即發生一種離心力。其力之大超過地心引力。急欲離大環而飛去。徒以為細線所牽引。不得不自垂直線上昇。廻

第一一一圖



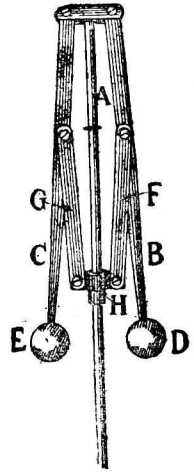
轉愈速。則環勢愈高。終至與大環成直角。而為水平狀態。蓋此時(B)環向周圍發生之離心力。已為均等矣。

離 心 擺

Centrifugal pendulum, or watt's governor.

用途 離心擺，亦供證明離心力方向之用。為英人瓦特(watta)所發明。用以節制汽機運轉之遲速。故一名瓦特節汽器。

構造 如第一一二圖。(A)為鐵製直立之軸。其左右斜垂(B)(C)二長桿。桿之上端。與(A)軸頂端相連。下端各綴一重球。*第一一二圖如(D)(E)。又以(F)(C)短桿二條。依關節裝置。以上端支於(B)(C)二長桿之中部。其下端則相連合。而以一鞘管(H)。貫於(A)之中軸。



實驗法 將此器由鐵製臺座取下，插入於試離心力轉臺(D)輪長軸之空管中。以螺旋固定之。乃速轉(B)輪。則離心擺亦隨(D)輪而速轉。其初(D)(F)二重球。本屬下垂。(B)(C)二長桿。與(A)軸相接近。迨一經廻轉。則(D)(E)二重球即上舉。(B)(C)二長桿。乃作張臂之狀。同時其連於(F)(C)二短桿下端之(H)鞘管。亦沿(A)之中軸而上昇。廻轉愈速。(D)(E)二重球。上舉愈高。(H)鞘管上昇亦愈高。若廻轉停止。則重球復落下如前。

原理說明 物體當循心運動時。必發生一種向外之離心力。前已一再言之。無俟贅述。茲就本器關於汽機運轉之遲速解釋之。蓋當汽機作

業時。因其所受外部之抵力有大小。故汽機之運轉。遂不能無遲速之異。司此遲速之調節者。厥爲飛輪。惟當外部抵力減少之際。倘通入汽筒之蒸汽。毫無改變。則汽機之運轉。必當逐漸增速。故欲節制蒸汽通入汽櫃之量。使不逾限度。則非於汽管與汽櫃間別設一可以啓閉之活塞不可。瓦特所創製之節汽器。卽應此需要而作者。其法於離心擺(H)鞘管之下。連以長鐵絲。俾與汽管及汽筒間之活塞相接。更於離心擺中軸頂端。設以平臥齒輪。令與飛輪橫軸之齒輪相啮。則當飛輪運轉時。離心擺亦隨而運轉。輪轉愈速。擺亦隨而速轉。同時(H)鞘管上昇亦愈高。於是連於(H)鞘管之鐵絲。被牽上昇。活塞位置改變。遂使蒸汽通入汽筒之孔。逐漸狹小。若運轉愈速。則其通汽之孔亦愈狹。因之蒸汽進入於汽筒之量亦減少。用能調節汽機之運轉保其常度。不致有過速過緩之弊。若欲詳悉節汽器與汽機相關之事。可參照熱學部之汽機項下。

離心球

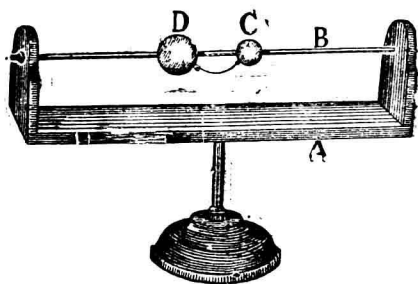
Centrifugal balls.

用途 離心球，供證明物體爲圓形循心運動時。其所發生離心力之大小。與其質量及距離中軸遠近有相關之理。

構造 如第一一三圖。有木架(A)。於其上橫置一鐵製圓桿。如(B)。其二端各於木架之左右。以螺旋固定之。(C)(D)爲黃銅製球。二者大小不同。若二與一之比。將此大小二球。共貫於(B)之橫桿上。而以絲線連接之。別於木架下方之正中點設一中軸。平時插入於鐵製臺座上。

實驗法 將此器由鐵製臺座取下。插入於試離心力轉臺(D)輪長軸

第一一三圖



之空管中。以螺旋固定之。乃速令
迴轉。則可見大小二球間所發生之
現象。種種不同。(一)將大小二球。
安置於橫桿之正中。令二球與中軸
之距離適為相等。使之速轉。則小
球必為大球所牽引。(二)改變二球
在橫桿上之位置。令大球與中軸之

距離。為小球與中中軸距離二分之一。使之速轉。則二球當保其原有位置。
各不相牽引。(三)更移動大球。使距中軸愈近。則小球之位置。自當距中
軸愈遠。仍如前法速轉之。則大球當為小球所牽引。適與第一試驗相反。

原理說明 按離心力定律。離心力之大小。與其質量速率及其迴轉軸之距離。均有相關。如第一試驗。二球之距軸半徑同。速率亦相同。惟其質量不同。質量大者。離心力大。質量小者。離心力小。故此時小球自不得不為大球所牽引。又如第二試驗。兩球之質量雖不同。惟其與中軸距離之比。適倒比於二球質量之大小。其發生之離心力相等。亦即牽引相等。故能保其原有位置而不變。至如第三試驗。小球與中軸之距離較大。速率(速率之計算法。係以一迴轉間所需之若干時間。除其圓周之大。)亦隨而較大。即其發生之離心力亦較大。故大球反為小球所牽引也。

液體離心球

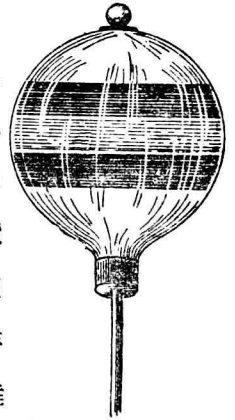
Glass globe for liquids of different densities.

用途 液體離心球，供證明離心力與物體重率有相關之理。

構造 如第一一四圖。係一玻璃製成圓形之泡。徑約三寸許。上端有口。附以木塞。下端有柄。嵌入於金屬之軸。平時連軸插入於鐵製臺座。

第一一四圖

實驗法 將此器自鐵製臺座取下。揭開其上端木塞。注入紅色洋墨水及水銀各若干。約計全器之半，仍將木塞緊閉。插入於試離心力迴轉臺(D) 輪長軸之空管中。以螺旋固定之。使之迴轉。其初速率較小。可窺見各種液體。漸次沿器之側壁而上騰。終至器底不留何種液體。繼乃增加速率。使之速轉。則洋墨水與水銀。悉集於器中之腹部。上下均成空處。惟水銀之位置。恰居正中。自成一白色之帶。洋墨水則居於水銀帶之上下。各成一紅色之帶。極為美觀。狀如圖中所示。



原理說明 離心力之大小。與物體之重率有關。即物體當迴轉時。其重率大者。離心力亦大。重率小者。其離心力亦小也。如本節實驗。玻璃球中所容之物體。雖僅為水銀與洋墨水。實則除此二者之外。尚有一種目不能見之空氣。就此三者之重率而論。水銀最大。洋墨水次之。空氣又次之。故在平時。空氣居於上部。洋墨水在中部。而水銀則沈降於器底。惟在速轉時。即不得不改變其位置。因此時重率最大之水銀。其發生之離心力亦最大。故其位置遂改居於圓徑最大之中部。(即距中軸最遠處)洋墨水次之。空氣又次之。若易以他種物體試驗之。其結果當不能越此定律也。

離心分離器

Bertram's separating apparatus for

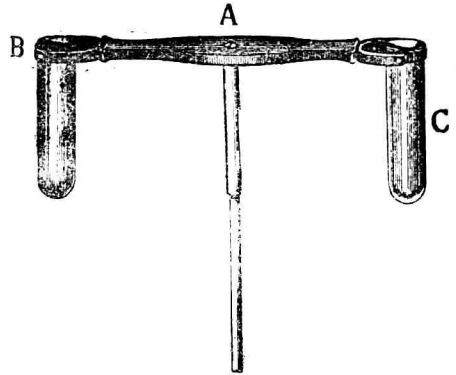
Clearing dirty liquids.

用途 離心分離器，為排脫拉姆氏所創製。蓋基於離心力與物體重率相關之定律。用以分離液體中之夾雜物者。

構造 如第一一五圖。(A) 為銅製之架。支以鐵製之軸。軸之左右二端各綴以活動之銅環。如 (B)。

第一一五圖

別以玻璃圓筒二個。分置於左右銅環中。如 (C)。其筒口邊緣須較銅環稍大。務令筒身穿過圓環時。其筒口邊緣。適為圓環所阻不致落下。平時插入於鐵製臺座。



實驗法 將此器自鐵製臺座取下。插入於離心力轉臺 (B) 輪長軸之空管中。以螺旋固定之。然

後取混有夾雜物之液體例如含有糖蜜之砂糖溶液。傾入於玻璃圓筒中。以木塞緊閉筒口。使之廻轉。逐漸增加其速率。久之則糖蜜與糖液分離。糖蜜析出。沈澱於筒底。糖液則浮游於上部。

原理說明 按此器亦可用以證明離心力之大小與物體重率有相關之理。例如糖液中含有糖蜜。是為液體中混有固形物者。此二物其重率。雖不一致。惟最初因固形物之糖蜜。受糖液之摩擦力作用。故能保持其在液中之位置。其後則因圓形循心動速度漸次增大。即離心力較大之時。於

是液中重率較大之固形物。僅恃液體之摩擦力。無法支持。乃不得不由液中分離集於一處。凡製糖工場中。欲由粗製糖變為精製糖必備一種分蜜機。以除去其糖蜜所謂分蜜機。即應用離心分離器之理。而加以複雜之裝置者也。

第三編

液體重學及其性質

液體壓力傳達器

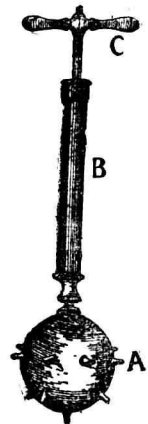
Apparatus for demonstrating Pascal's principle
or Transmission of pressure by liquids

用途 液體壓力傳達器，供試驗液體壓力之傳達，在各部分悉屬均等之理。蓋用以證明派司開爾氏原則者。

構造 如第一一六圖(A)爲銅球。面穿多孔。(B)爲銅管。以螺旋與銅球密相接合。管中置一有柄活塞如(C)

實驗法 先將有柄活塞。拔出管外。乃注水於球內令滿。仍將活塞置於管中。用力向下推壓。則水即由球孔面各孔射出。其射出線路之距離。各孔悉爲均等。

原理說明 據派司開爾氏證明。凡加壓力於密閉之液體。其壓力必均等傳達於全部。即各部所受之力。不論器壁與液體之內部。悉與原壓力強弱相等也。是爲派司開爾之原則。其故因凡屬液體。均具有動搖性。故於密閉之液體。加壓力於其一部分。則其他各小部分必急欲避開。惟因被密閉於器內。雖欲避開而無從。遂不得不將此壓力。



傳達於各面之分子。至其各部所受壓力之大小。則與其面積為比例。例如在一定面積上所受之壓力為一。則在二倍或三倍大之面積上。其所受之壓力。亦必為二倍或三倍也。

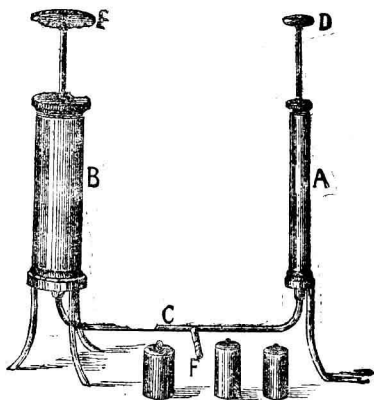
較水壓面積器

Apparatus for demonstrating Pascal's principle,
for explanation of hydraulic press.

用途 較水壓面積器，亦供證明派司開爾氏原則之用。蓋就兩種大小不同之面積。以比較液體壓力之強弱也。

構造 如第一一七圖。(A)(B)為大小不同之二圓筒以(C)管連通之。(A)(B)二圓筒中。各裝以有柄活塞。如(D)與(E)。務令與筒之內壁密相切合。並可以自由昇降。(F)為水出入於圓筒之小管。

第一一七圖



實驗法 先塗油脂於活塞與圓筒內壁之接觸面。使之滑澤。次以橡皮管之一端。套於(F)小管之口。其他端則沒入容水器中。乃昇降(A)筒活塞。則水即經(C)管而吸入於(A)(B)二圓筒中。俟其充滿時。即以具彈力簧挾。挾住橡皮管。使水不再流出。於是加輕量銅碼於(D)活塞平面上。而加重量銅碼於(E)活塞平面上。可使(D)(E)兩活塞保

持其平衡。其所加銅碼之量。視(A)(B)兩圓筒面積之大小爲正比例。今假定圓筒之面積爲十平方公分。而(B)圓筒爲百平方公分。則於(A)圓筒活塞上僅加一公斤之重。即可舉起(B)圓筒活塞上十公斤之重。使兩活塞爲同一之高。

原理說明 按液體壓力。不惟能傳達於水平方向。即其上面亦能一律傳達。而當傳達時。對於大小不同各種面積所受之壓力。即與其面積爲比例。如本節實驗(A)(B)兩圓筒之面積。假定爲十平方公分與百平方公分之比。則以一公斤之力加於(D)活塞上。可令(B)圓筒每一平方公分均受有一公斤之力。是加一公斤之力於(D)活塞上。可使(E)活塞所受之上壓總力等於一百公斤。根據此原理。若將大小兩圓筒面積之比例再行增大。則可以微小之力。任舉若何重大之物。

勃蘭瑪水壓機模型

Model of Bramah's hydraulic press

用途 勃蘭瑪水壓機模型，亦供證明液體壓力均等傳達之原則。並說明基此原則，應用於壓縮物體之方法。俗名壓水櫃。

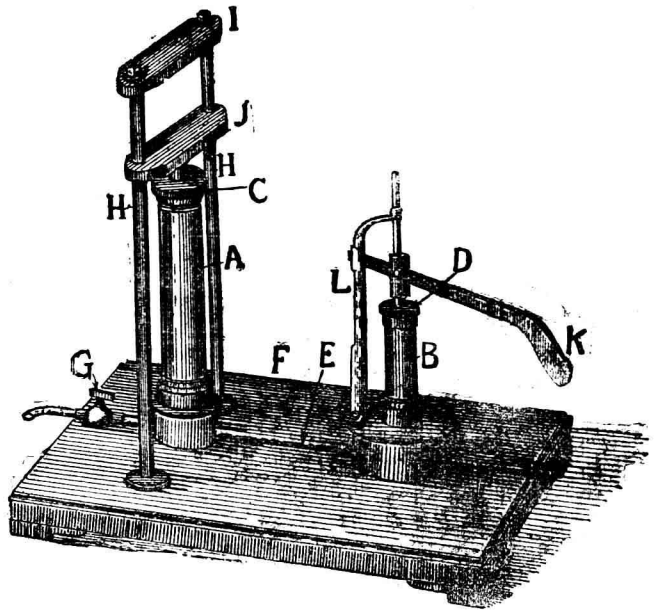
構造 如第一一八圖。(A)(B)爲圓徑不同之二圓筒。直立於(F)木臺上。(A)大而(B)小。其內各有可昇降活塞一。如(C)與(D)。(E)爲交通管。橫臥於(A)(B)二圓筒之下。與(A)(B)相交通。其兩端開口。一端連以橡皮管。並設有活塞(G)以司啓閉。(H)(H)爲二鐵柱。植立於(F)木臺上。(I)爲木板。以螺旋固定於(H)鐵之頂端。(J)亦爲木板。連於(C)活塞之頂端。(K)爲槓桿。將一臂支於(L)柱上。其中央部則與(D)活塞之柄相

第一一八圖

聯繫。又(A)(B)二圓筒之下。各設有活瓣。隨活塞之昇降。得自動啓閉。(圖中未見)

實驗法

先將橡皮管之一端。聯接於交通管(E),其他端則沒入於盛水器中。同時將(G)之活塞關閉。次將



欲壓榨之物體置於(I)(J)兩木板之中間。然後以一手把持(K)槓桿之一臂上下之。則,(D)活塞隨之而昇降。當(D)活塞上昇時。(B)圓筒底部之活瓣向上開。水即由(E)管入於筒內。逮其下降時。水復被壓出。再由(E)管入於筒內(A)圓管中。此時(C)之活塞。即推(J)木板使上舉。如是槓桿之臂。一上一下。可使(J)木板漸次與(I)木板相接近。將中間所置之物體。壓之使縮小。用此器在(B)圓筒中所費之力雖不多。而在(A)圓筒中所生之壓力則極大。其力之大小。與二圓筒直徑之大小。爲正比例。迨實驗既畢。將(G)活塞開放。使水由此流出。(A)圓筒中之活塞(D)。即下降如前。

原理說明 水壓機係根據派司開爾液體壓力均等傳達之原則而施諸實用者。爲勃蘭瑪氏所創製(一七九七年)。專供壓榨各物之用。故一名勃蘭瑪氏壓榨機。依第一一八圖之構造。若(C)(D)兩活塞直徑之比例愈大。則愈能以小力生大壓力。今假定D) 活塞之直徑爲一。(C) 活塞之直徑爲一〇。則其面積當爲一與一〇〇之比。因其上所受壓力。亦爲一與一〇〇之比。至於(K) 槓桿之長短。與其施力之多寡。亦有關係。故若增加其力點與支點之距離。則其省力當愈多也。

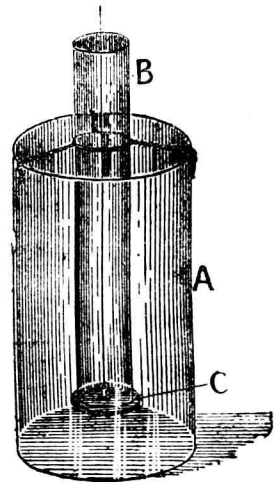
液體上壓力試驗器

Apparatus for showing upward pressure of liquid

用途 體液上壓力試驗器，供試驗各種液體有上壓力之用。並證明上壓力之強弱。與其液柱之重有關。

構造 如第一一九圖。(A) 爲玻璃。(B) 爲玻璃筒。其下端口緣須磨之極平。別以銅絲爲環。套入於玻璃筒上部之外側。使之固定。環外有足。駢列爲三角形。支於玻璃瓶邊緣。可使玻璃筒懸立於玻璃瓶之中央。(C) 爲黃銅圓板。於其中心設一小鉤。鉤上繫以細線。

第一一九圖



實驗法 先注水於(A)玻璃瓶中。次令(C)圓板與(B)玻璃筒下端口緣相切。將圓板上所繫細線。穿過玻璃筒。以一手在玻璃筒上口牽引之。不使下墜。乃將玻璃筒入於容水玻璃瓶中。以三角形之足。

支於玻璃邊緣。即將圓板上所繫細線釋放。則圓板仍能與玻璃筒下口相切合。不致沈下。繼乃徐徐注水於玻璃筒中。令與筒外之水等高。則圓板即與筒口脫離而下沈於瓶底。

原理說明 液體對於沈入其中之物體。在其下面。具有一種向上推力。是謂之上壓力。亦名浮力。蓋液體之在器內。本可分之爲若干層。各層俱與水平面相齊。而其最下一層之體面。必受上數層之下壓力。無待贅言。惟液體若僅有下壓力。而無反對抵制之上壓力。則液體內部。即不免時起運動。決不能保其靜止狀態。是則液體所以能維持其平衡者。非由其下方具有一種均等壓力。向上層抵制不可。至其上壓力之強弱。亦即等於其液柱之重。而此液柱。其底即爲受壓力之液層。其高爲自液面至底層之相距。如本節實驗。圓板係黃銅製成。本爲較水重之物。依理入水即沈。乃取以切於玻璃筒下端之口。入水而不沈者。則因其下面受有水之上壓力。即將圓板抵住故也。迨後注水於玻璃筒中。至與筒外之水等高時。圓板遂即落下。則因圓板上受水之下壓力。與其下面所受之上壓力。適爲相等。乃相抵而相銷故也。上壓力之例。見於吾人日常事實者。不一而足。如以木板強使沒入水中。則覺有一種抵力阻之。使不得沒入。又水底扛舉大石。覺較在空氣中省力。是皆液體有上壓力之證也。

液體側壓力試驗器

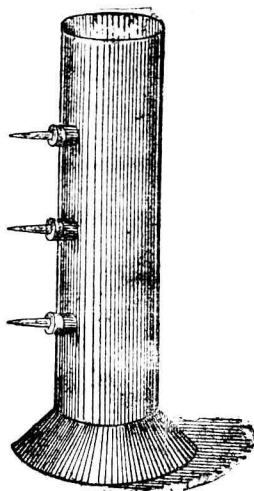
Apparatus for showing lateral pressure of liquid

用途 液體側壓力試驗器，供試驗各種液體有側壓力之用。並證明側壓力之強弱，與其液柱之重有關。

構造 本器為鐵葉製成之圓筒。分甲乙二種。

甲種如第一二〇圖。高約二尺許。於圓筒之一側。鑿成小孔五個。另以鐵葉製短管五個。銲連於各孔之上。更以木塞緊塞短管之口。其各木塞中。又插

第一二一圖



入一尖端之小玻管。如(a), (b), (c), (d), (e), 乙種如第一二一圖。視甲種稍小。其側孔亦僅有三個。

實驗法 注水於圓

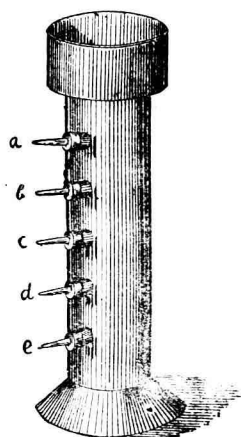
筒中令滿。則見水即分從側

壁玻管之尖端射出。其射出之線路。以愈近底部而愈遠。即(c)管射出之水線最遠。(d)(e)(b)次之。(a)管最近。

原理說明 液體因其自身之重力。對於器

之四壁。能施以壓力。是謂之側壓力。蓋液體之性質。凡某一部分所受之壓力。即能均等傳達於全器。故盛水之器。不獨其底部受壓力。即其側面。亦同受壓也。至其側壓力之強弱。等於液柱之重。此液柱即謂其底等於受壓之處。其高等於自液面至受壓處重心之相距。故其部分愈深。壓力亦愈大。今假定盛水之器。其高為十公尺時。則在一公尺之處。其側壁之一平方公分。所受壓力為一百公分。二公尺之處。即為二百公分。十公尺之處。即為一千公分也。凡壓力愈強。則其水線之射出愈遠。故本器實驗時。若先以尺量各孔離水面之距離。次再量各孔水線射出之距離。即可知孔之高

第一二〇圖



低。與水線射出之遠近成比例。又液體射出之速度，與其液柱高之平方根為正比例。例如由液面下十六公分之孔口所射出液體。其速度較諸由液下面四公分之孔口所射出液體必為二倍。因十六之平方根為四。而四之平方根為二故也。是名脫里賽利氏原則。

液體底壓力試驗器

Apparatus for showing pressure on bottom of liquid

用途 液體底壓力試驗器，供證明液體底壓力之大小。與其底部面積廣狹，及其液柱高低有相關之理。

構造 如第一二二圖。(A)(B)(C)為三種不同之玻筒。(A)筒上廣下狹。形似漏斗。

第一二二圖

(B)筒作圓柱形。

上下廣狹相同。

(C)筒上狹下廣。

此三種玻筒。其

形各異。惟其下

端口徑。則為相

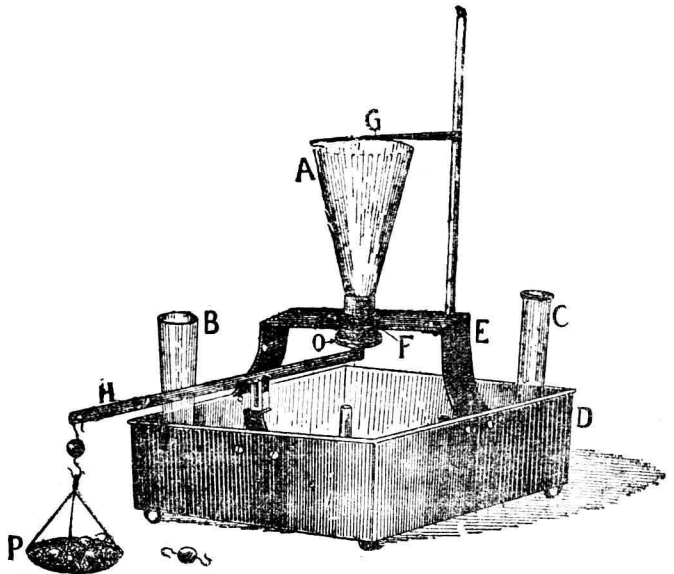
等。並於各筒之

下口。均鑲以黃

銅圓環。環底構

成陽螺旋。(D)為

鐵葉製水槽。上



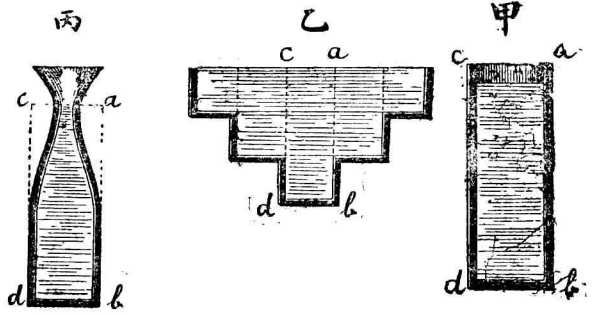
設橋形之架如(E)架之中央有圓孔。嵌入黃銅陰螺旋。如(F)。並於架之一側植立一柱。柱端附以指針如(G)。(H)為天平槓桿。於水槽之一側。設短柱為支點。以三角形銳刃支於其上。槓桿之一端。設有黃銅圓板。如(O)。其他端則懸有稱皿。如(P)。可載物碼。

實驗法 先取(A)玻管。以其下端陽螺旋。旋於(F)之陰螺旋中。次將(H)天平槓桿支於槽側之短柱上。務使(O)圓板適貼切於(F)圓孔之下口。乃徐徐注水於(A)玻筒中。則(O)圓板因受水之壓力而下降。水即由玻筒下口流出。次加物碼若干於(P)皿。(O)圓板即上昇。仍與(F)圓孔之下口相切。乃繼續注水於(A)玻筒中。至其下口之水不再流出為止。於是將(G)指針隨意上下。令其尖端適在水面之高處。作為一種標準。乃將(A)玻筒取去。順次易以(B)玻筒及(C)玻筒。其筒中水面之高仍與(A)玻筒一律。則(O)圓板必仍能與(F)孔之下口相貼切。玻筒中之水。決不致由下口流出。由此實驗。可知不問容器形狀及水量之多寡若何。若其底部面積及水柱之高相等。則其底部之壓力亦必相等。

原理說明 液體對於容器底部。施以壓力。是謂底壓力又名下壓力。底壓力之大小。不關於液量之多寡。而與其容器底部之廣狹。及其液柱之高低為正比例。今假定有一上狹下廣之容器。則其下壓之力。當視其液體之全重量較大。反之如其容器為上廣下狹者。當視其液體之全重量較小。乍觀之似與常理相矛盾者。故謂之靜水學異象。欲了解此中理由。可設圖以明之。如第一二三圖之甲。為(B)種玻筒之解剖形象。上下廣狹相同。則其底部所受壓力之大小。必等於某種液體之密度。乘其底部面積之廣。與其液柱之高。固不待煩言而解。若如圖中之乙。係(A)種玻筒之解

剖形象。爲一種上廣下
 狹之器。細察之其液體
 所壓之處。可分爲無數
 階段。今以(b)(d)爲其
 底。則其底部所受壓力。
 僅爲(a)(b)(c)(d)液柱
 之重。至於其餘液體之
 壓力。當悉爲器側各階

第一二三圖



段所受。決不能直達於(b)(d)之底也。反之如圖中之丙。係(C)玻筒之解
 剖形象。爲一種上狹下廣之器。因其底部(b)(d)面積之廣。與(A)(B)兩
 玻筒相等。而其(a)(b)(c)(d)液柱之高。又屬一律。故其所受壓力之大
 小。當然與(A)(B)兩玻筒無所區別也。

連通管

Communicating tubes

用途

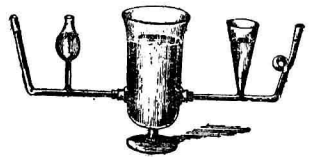
連通管，供試驗靜水面恆欲保持其水平面之理。

構造

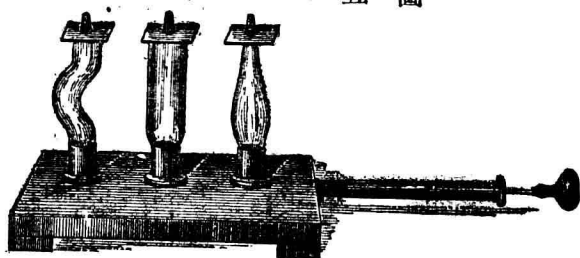
本器因其製作上之精粗。得別爲

第一二四圖

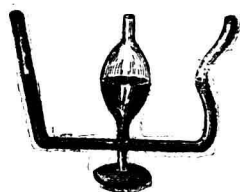
甲乙丙三種。甲種如第一二四圖。全體係玻質
 製成。平列五管。各管之形狀及大小。均屬不
 同。其底部互相連通。乙種如第一二五圖。以
 形狀及大小不同之三種玻管。植立於木製臺座
 上。其下亦有橫管互相連通。並於臺座之一側。橫置一銅管。於管中設有



第一二五圖



第一二六圖



唧筒。丙種如第一二六圖。亦係玻製。惟玻管僅有三個。視甲種稍簡。

實驗法 注紅色之水於任一玻管中。則其水即由底管流通於其他各玻管中。且不問各玻管形體大小若何。惟其水面之高。均屬相等。如第一二五圖之乙種連通管。除供此實驗外。並可兼供液體壓力均等傳達之實驗。其法注水於玻管中令滿。於各管之口。各置一毛玻片。片上各載以重量不同之銅碼。乃將連於臺座側邊銅管之唧筒。用力推進。則玻管上口所載之玻片。即同時被舉起。

原理說明 凡靜止液體。其各點所受地心引力。悉為均等。故其表面任何部分。必與重力之方向成直角。即所謂水平面者是也。連通管即用以證明此原則者。惟在同一器中。注入之液體。或為同種。或為異種。則其間平均狀態。即不無差異。即在連通管中注入同種液體時。其表面必在同一水平面上。已於本實驗證明之。反之。如為異種液體。則其表面之高。必與其各液體之比重成反比例。例先入水銀於連通管中。次再注以水。則水銀即被壓而流入於他管。其兩管液面之高。必為一與十三之比。因水與水銀之比重。為一與十三之比也。根據連通管之理。應用於事實上。其例甚多。如掘井得水。鑽地得泉。都會中所設置之自來水。建築家所用之

水準器及泡準器皆是也。

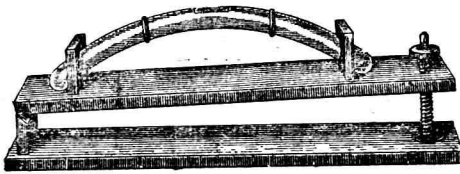
泡準器

Spirit level

用途 泡準器，係應用液體表面各部等高之原則。藉以供測定各物體是否水平之用。

構造 本器視其製作之精粗。可區爲甲乙兩種。甲種如第一二七圖。

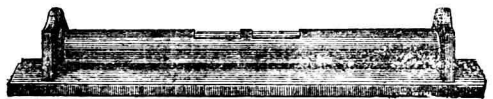
第一二七圖



取彎形玻管。內盛酒精至將滿。使留有少量空氣。將其兩端封閉。納入銅管中。以防破損。其銅管之正中。留一小空隙令玻管之一部露出於外。並將銅管支於黃螺架上。由

水平螺旋之進退。可使銅管位置。隨意昇降。乙種如第一二八圖。其玻管爲紡錘形。納入於圓形銅框之內。

第一二八圖



使用法 取泡準器安置於欲測驗物體之上面。視其氣泡位置之所在。即可斷定物體之水平與否。即氣泡如適在玻管之正中點。則其物體必爲水平，若偏於左方時。即爲左方稍高之證。偏於右方時。即爲右方稍高之證。此時若欲保其水平狀態。必須在物體較低之方。取紙片或他物墊平之。再以泡準器測之。務令氣泡適居於玻管之正中爲止。

原理說明 依前節連通管原則。凡液體在管中。其表面必與水平

面一致。故管中水平面之位置改變時。其表面亦隨而改變。例如盛水於玻璃管至半滿。令玻璃管橫臥。則水平面位置。必在管壁之一半部分。即表面亦隨之移於管壁之一部分。又如將玻璃管置於傾斜位置。液體表面。亦隨水平面而移於傾斜位置。故視液面傾斜角度之大小。即可判定物體平面傾斜之度。惟玻璃管中空氣容量過多時。則其液體表面之變動極少。不易測知。故必須在玻璃管中容液體至將滿。僅留少許空氣。使氣泡位置之改變。極為明顯。則一觀其位置之所在。即可斷定物體上面水平與否。蓋泡準器中氣泡所在之處。即為玻璃管中最高之處。故當安置泡準器於某物體之上時。若發現氣泡偏於左方。即可證明某物體左方之位置必較右方為高。反之若氣泡偏於右方。亦即為證明右方較高左方之事。如欲使氣泡適當於玻璃管正中處。非將左右兩方之傾斜度完全消滅不可。

示阿屈靡特原則器

Apparatus for explaining Archimede's principle

用途 示阿屈靡特原則器，供證明各種液體具有浮力之用。並示物體在液體中。失去之重量。即等於其所擠開同體積液體之重量。又名液體浮力定律測驗器。

構造 本器以黃銅製成。如第一二九圖。(A)為圓筒。其下有鉤。(B)為圓柱。其大小與圓徑。適與(A)筒內壁之內徑相同。故入於(A)筒中。可互相密合。無毫髮之間隙。

實驗法 先將(A)筒之鉤。與(B)柱之鉤相聯。懸於物理天平之一臂。同時於他臂中之皿中置物碼。使兩臂相平衡。次以玻璃杯盛水。令(B)

柱沈入其中。則天平兩臂即失其平衡。一似(B)柱頓減其重量者。復次加水於(A)筒中令滿。天平則之兩臂。復得平衡如前。

原理說明 在水中權物。較諸在空氣中權物。其重量必減輕。是因水有上壓力。(即浮力)能將物體扛舉之故。其理已於液體上壓力試驗器條說明之。惟物體入水中時。其所失之重為幾何。則非有特設之器無法證明之。希臘算學家阿屈靡特。嘗於浴身時。偶覺其身量減輕。遂悟得凡物體在液體中。必失其重。而此所失之重。必等於其所擠開同體積液體之重。是為阿屈靡特之原則。(西歷紀元前二百五十年)。本器即為證明此原則者。蓋(A)筒中所加之水。其體積即等於(B)柱所擠開水之體積。故(B)柱入水後。所失之重。即等於同體積之水重也。例如(B)柱之長。假定為三·五公分。其直徑為一·九公分。即其全體積適為一〇立方公分。則當其沈入水中時。被其擠開水之體積。亦當為一〇立方公分。依萬國權度通制。一〇立方公分之水。其重為一〇公分(尅)則知(B)柱入水後。其所失之重當為一〇公分。故非於(A)筒中。補足一〇立方公分之水。不能恢復其平衡之狀態也。如第一編物理天平項下所載測定各種固體比重之法。即應用此原則而施之於事實者。



浮沈傀儡 附玻璃圓筒及膠膜

Cartesian divers, with glass cylinder and
india-rubber menbrance

用途 浮沈傀儡，供證明物體在水中或浮或沈。與其比重有相關之理。

構造 如第一三〇圖。(A)爲玻璃圓筒。(B)爲膠製薄膜。(C)爲浮沈傀儡。以金屬或玻璃或瓷質製成人形。而空其中。更於其下第一三〇圖端鑿一小孔。俾空氣得由此出入。

實驗法 注水於玻璃圓筒至將滿。取傀儡投入其中。即浮游於水面而不沈。次將膠製薄膜。覆於筒口。周圍以細線繫之。不使洩氣。乃以掌心加壓於膠膜之上。則傀儡即沈入水底。鬆去壓力。傀儡重又上浮。如是將掌心在膠膜上一壓一鬆。傀儡在水中。即忽沈忽浮。狀極可觀。

原理說明 物體在水中浮沈。關於其比重之大小。 比重小者上浮。比重大者下沈。此定例也。若欲令比重大於水之物體得任意浮沈。則非將重體容積張大之。使成空洞。隨時在空洞中使水出入不可。因空氣之比重。視水之比重。相去不可以道里計也。浮沈傀儡。係由金屬或玻璃瓷質等製成。其比重大於水。理應入水即沈。其所以能浮游水面之故。則應其體爲空洞。充滿空氣。可防水之流入。及加壓力於膠膜。則其壓力遂由水達於傀儡下端之小孔。此時體內空氣。因被擠而壓縮。水乃入其內。於是比重增大。即下沈於玻璃筒之底。若去其膠膜上面之壓力。則其初被壓縮之空氣。因本身之膨脹力。而回復其原有狀態。推出孔洞內之水。於是比重減小。重復浮出水面。故視其壓力之有無。得以任意使之浮沈。此外如魚類能浮沈於水中。全由於體內浮囊(鰾)之作用。最近發明之潛水艇。當其欲沈下時。須引水入積水池中。使全艇與所載之



全重。幾與其所排去之水相等。艇即沒入水中。如欲浮出水面時。可將壓榨空氣。鼓入積水池內。將池中之水。排出艇外。艇即浮出水面。其理與浮沈傀儡無以異也。

液體比重比較標本

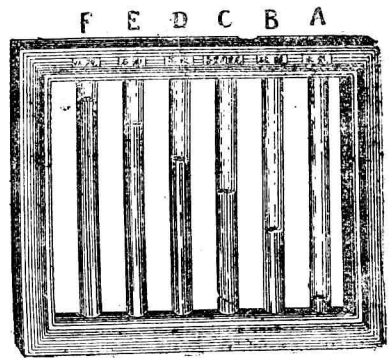
Specimens of liquid of different densities

用途 液體比重比較標本，供比較各種液體比重差異之用。

構造及使用法 如第一三一圖。(A)(B)(C)(D)(E)(F)。均

為兩端密封之玻管。於(A)管中入以水銀。(B)管中入以硫酸。(C)管中入以各里司里尼。(即甘油)(D)管中入以蒸溜水。(E)管中入以石油。(F)管中入以以脫。依次駢列於方形木框中。使之固定。其各管中容量多寡不一。以脫最多。其次為石油。其次為蒸溜水。其次為各里司里尼。其次為硫酸。水銀最少。

第一三一圖



用時將木框豎立。則一觀各種液柱高低之差。即可比較而得比重之大小。

原理說明 如前所述各液體在連通管中。其表面之高。與其比重為反比例。換言之即比重愈大之液體。其液面必愈低也。考此六種液體之比重。水銀為一三·六。普通硫酸為一·四五。各里司里尼為一·二五。水為一·〇〇。石油為〇·八三六。以脫為〇·七一三。(按各液體之比重數。除水之比重以攝氏四度為標準外。其餘皆為零度時之比重。今以此六

種液體依其比重之大小。區爲表面高低不等之液柱。順次駢列之。故一觀其高低之差。即可求得其比重之數。

液體比重管

Apparatus for comparing specific weight of liquids

用途 液體比重管，供試驗各種液體比重大小之用。

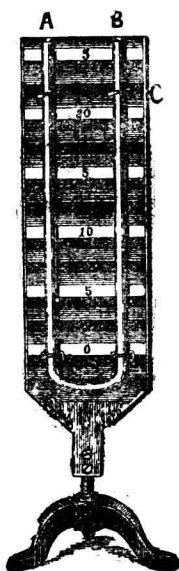
構造 如第一三二圖。(A)(B)爲U形曲玻管。兩端開口。長短相等(C)爲長方形木板。板面畫有彩色度分。植立於三足臺座。(A)(B)曲玻管。即附於(C)木板之上。

實驗法 (第一) 先將水銀注入玻管之彎曲部。然後再以清水自(A)管注入。約俟高之十三寸時。其(B)管水銀之高。適爲一寸。即水銀面與水面之高。適爲一與十三之比也。

(第二) 仍將水銀如前注入玻管之彎曲部。次在(A)(B)兩管。分注以水與硫酸。則水面高十寸時。硫酸面之高。必須五寸有四。水銀在(A)(B)之面。始得相平。即水面與硫酸面之高。爲一與一·四五之比也。

(第三) 依前法用以脫代硫酸。則以脫之面高十寸時。水面之高必爲七寸有四。水銀面始平。即以脫面與水面之高。爲一與〇·七四之比也。此外各種液體。均得以此法試驗之。

原理說明 按連通管原則。凡以異種液體分注於各管中其表面之高。與其各液體之比重。爲反比例。根據此原則。故視兩種液面高度之差。



即可測定其比重之大小。例如水之比重爲一。而水銀之比重爲一三·六。故必須以十三寸有六水柱之重。始足與高一寸水銀柱之重相抵。又普通硫酸之比重爲一·四五。以脫之比重爲〇·七四。均得視其液面高低之差異。依反比例法測得其比重之確數。至(A) (B) 兩管。分注硫酸與水時。及分注以脫與水時。必須先注以水銀。作爲中間物。則因硫酸及以脫。均極易與水相溶合。有水銀以爲之界。不特可阻其溶合。且於實驗上容易證明之。

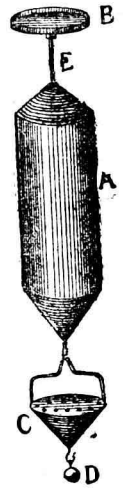
固體比重浮秤

Nicholson's hydrometer of brass

用途 固體比重浮秤，供測定各種固體比重之用。爲尼固爾孫氏所創製。名尼固爾孫浮秤。

構造 如第一三三圖。(A)爲黃銅製空圓柱。上下俱閉。兩端尖銳作橄欖形。(B)爲圓盤。以細桿與(A)圓柱之頂端相連。(C)第一三三圖爲篩形之筐。下綴小球如(D)。筐上有曲桿。與(A)圓柱下端之鈎相連。並於圓柱頂端細桿之中央部。劃有標準線一條。如(B)。另備玻璃長圓筒一隻。供實驗時盛水之用。

實驗法 先注清水於玻璃筒。將本器全部沈入水中。則因圓柱下懸有篩形筐與小球。重心在下。故能不扶自直。此時(A)圓柱。當仍浮出水面若干。乃將欲測定比重之物體置於(B)圓盤上。則圓柱當稍沈於水中。次更加物碼若干於其上。令圓盤下細桿之標準線(E)。適至水面爲度。然後取去盤中所載物體。續加物碼若干。仍令細桿之標準線(E)。



沈至水面爲止。則檢此續加物碼之重量爲若干。即可知物體之重量爲若干。於是再將此物體。移之於 (C) 之篩形筐中。使沈入水中。別置物碼於圓盤中。其物碼之重。須與最初物體在圓盤時相同。則細桿之標準點 (E)。必不能降至水面。因物體入水後。其重量已視前減輕若干也。若欲令細桿之標準點 (E)。仍降至與水面相平。則非再加物碼若干於圓盤上不可。此最後所加物碼之重量。即物體在水中所失之重量也。今以 P 代物體原有之重量。以 P' 代物體在水中所失之重量。以 S 代比重之數。則欲求得某物體之比重數。當如下式。

$$S = \frac{P}{P'} \quad \text{即比重數} = \frac{\text{物體原有重數}}{\text{水中所失重數}}$$

例如欲測定鋅之比重爲若干。假定在第一次權得之重數爲一·八五公分。在水中所失之重數爲二·四公分。則其計算之法。係以二·四除一八·五。得七·七〇八。即鋅之比重數也。

原理說明 本節實驗法。可依阿屈廉特原則說明之。即權物於空氣中。較諸權物於水中時。其重量必減輕。其在水中失去之重量。即等於物體入水中時所擠開同容積水之重量也。故以物體在水中時所失之重數。除物體在空氣中權得之重數。即可求得其比重數也。

固體比重比較標本

Specimens of solid body of different specific gravity.

用途 固體比重比較標本，供比較各種固體比重差異之用。

構造及使用法 取常見之金屬六種。(鉛，銅，黃銅，錫，鋅，鋁) 截成六面正方形。每種體積各爲一立方寸。質量皆相等。在攝氏零度

時。逐次分權於天平上。則其重量各殊。今以萬國權度通制。改算營造尺庫平制。將其所得體積之數。除各種金屬在天平上權得之重數。即得各種金屬之比重之數。其他各種固體。無論金屬與非金屬。除細粒碎屑外。均得依此法求得其比重。

原理說明 各種固體比重所以不一之故。一則由於其性質之各異。二則由於其中分子之排列法。有疏鬆與密切之差異。通常計算固體之比重。以攝氏四度時之蒸溜水為標準單位。因水在此溫度時。其密度最大。每一 C. C. (即一立方公分) 之水。其重為一公分也。故所謂某種固體之比重為若干者。乃指與水同容積之物體而言。例如鉛之比重為一一·三五。銅之比重為八·八五。黃銅之比重。為七·三五。至八·六五。錫之比重為七·二九。鋅之比重為七·二。鋁之比重為二·五六。蓋皆就其一立方公分之重量而言。即每一立方公分之鉛。權其重量。必為十一公分又三公釐五公毫也。又各種固體比重之數。係指不受何種器械作用者而言。因各種金屬。一經受器械作用。如受錘打或製成細絲後。其比重皆不免有多少之變異也。

液體表面張力試驗器

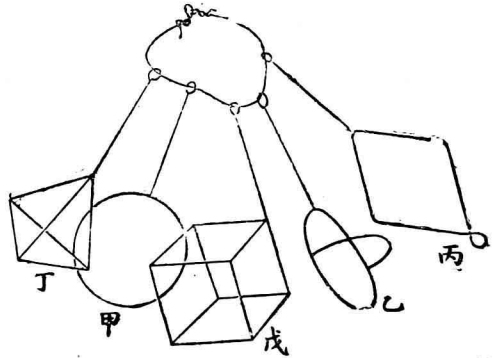
Apparatus for the experiment of
surface tension of liquid

用途 液體表面張力試驗器，因肥皂液薄膜有收縮之力。用以證明各種液體具有表面張力之理。

構造 本器以銅絲屈曲之。使成各種形體。如第一三四圖。甲為圓

形之環。乙爲半圓形球體。丙爲菱形之框。丁爲三角形體。戊爲六面正方形體。各於其下聯以銅絲之柄。俾便於執持。

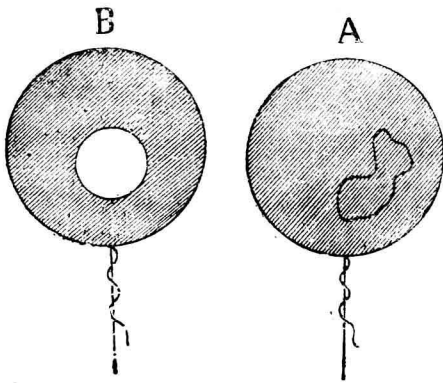
第一三四圖



實驗法 先取蒸溜水一公升。熱之使沸騰。乃入乾燥馬爾塞肥皂粉注(1)十五公分於其中。使之溶解。以漏斗濾過。令

成透明之液。每一百立方公分中。加以三十公分之砂糖。再熱之使沸騰。製成一種肥皂液。於是先以第一三四圖甲圓形之環。浸入其中。旋即取出。則環之內面。即張有一層透明薄膜。次更以細絲線一條。長約寸許。兩端

第一三五圖



相結。先浸於肥皂液中。取出靜載於銅環膜上。則此時絲環成一不規則形之曲線。狀如第一三五圖之(A)。乃別以銅絲一條。在火中灼熱之。取而觸於絲環內部之膜。則其部薄膜。遂致破裂。同時不規則形之曲線。乃忽成正圓形。狀如同圖之(B)。次更以第一三四圖之乙, 丙, 丁, 戊, 各種異形之器。依同實法

驗之。其各面均得成一種彈性液膜。

原理說明 凡液體與氣體或固體相界之間。常顯出一種自欲收縮

之力。其表面恰似以伸張之橡皮膜包被之者。是名液體之表面張力。試驗表面張力之法。不一而足。例如注水於杯合滿。其表面之水。雖比杯口稍高。至成凸形時。然其水仍能不溢出於杯外。又如以水銀滴於玻璃之平面上。則顆顆均呈球形。是皆表面張力使之然也。本節實驗法。其原理亦不外是。至於絲環所以由不規則形曲線。變為正方形之理。則因其始絲環安置於液膜之間。其內外表面張力。互相平均。故不改變。迨其後絲環內部之液膜。既經破裂。則絲環僅受外部液膜張力均等之牽引。其內部液膜之牽引力。經已消滅。故不規則形之曲線。遂不得不擴張而成圓形也。

注 (1) 馬爾塞為法國南方著名商港。其地所產肥皂。最為精良。馬爾塞肥皂即因此得名。其製作原料。係採用苛性鈉及橄欖油。是為此肥皂之特色。

毛細管現象試驗管

內徑不同玻管五種附水槽

5 Different capillary tubes, with metal trough

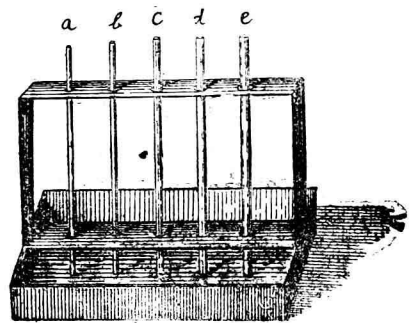
用途 毛細管現象試驗管，以證明各種液體與容器器壁相接觸時。

視其液體表面張力與附着力之不同。

第一三六圖

及容器內徑之大小。其表面能分別現出高低凹凸之理。

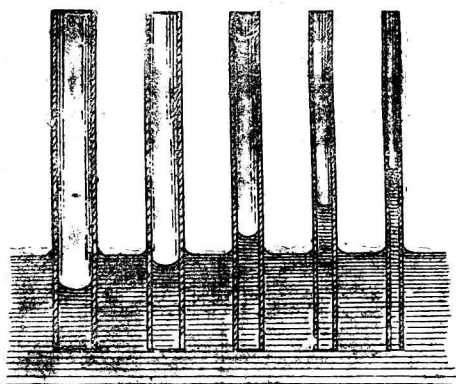
構造 如第一三六圖。(A) 為有架之鐵葉製水槽。在其上下橫樑部。均鑿有小孔五個。於每一小孔中。各插入玻管一條，其玻管之內徑。各個不同。順次駢列於架上。其下端須直



達水槽之底。如圖中之(a)(b)(c)(d)(e)。

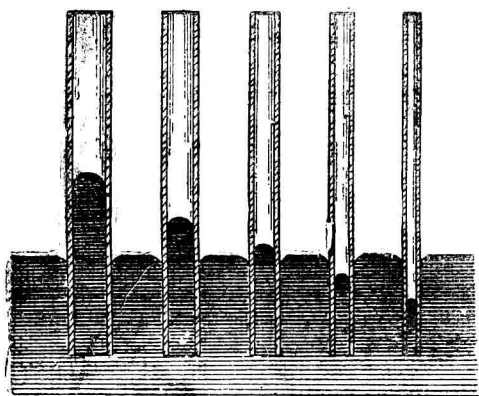
實驗法 先以有色之水。注入水槽中。則水即漸次上昇於各玻管內。其液面當較管外為高。又各玻管水柱之高低。與其內徑之大小成反比例。即內徑愈大者。水柱愈低。內徑愈小者。水柱愈高也。同時細察各玻管內壁之液面。皆呈微凹之形。如第一三七圖所示。次易以水銀。如前法試之。則管內之水銀面。當較管外為低。又其各玻管內水銀柱之高低。與

第一三七圖



其內徑之大小成正比例。即內徑愈大者。水銀柱愈高。內徑愈小者。水銀

第一三八圖



柱愈低也。同時細察各玻管內壁之水銀。皆呈微凸之狀。與前適相反。如第一三八圖所示。

原理說明 凡物質分子間。具有互相牽引，或互相反推之力。是名分子力。其屬於同質分子互相牽引之力。謂之凝聚力。屬於異質分子互相牽引之力。謂之黏力。亦名附着力。如本節實

驗。取內徑不同之玻管。分插於水及水銀中。而呈上述諸種現象。是名毛

細管現象。按毛細管現象之原則。凡毛細管中之液體。或昇或降。其高度由其液體與管之性質而異。同一液體。在同一管中。其高度與管之半徑及液之密度成反比例。詳言之。即某液體分子與毛細管分子互相牽引之力（即黏力）。較其液體分子自相牽引之力（即凝聚力）大者。（如水）則其與毛細管相接觸處之液體分子。必沿管壁而逐漸上昇。故管中液面。較管外之液面為高。且呈凹面形也。又管中液面。既較管外為高。則此較高液體之重。必成爲一種下壓之力。故管中液體上昇之力。適等於此下壓力之時爲止。然管愈小。則其中液體之重。自亦愈輕。故管愈小。液體之上昇亦愈高。反之如某種液體分子。與毛細管分子互相牽引之力較其液體自相牽引之力爲小者。（如水銀）則其結果一一與前相反。

毛細管現象。應用於各種事實上。功用極大。如植物細根能吸收養料。燈油及蠟。能上昇於燈帶及燭芯。皆不得不歸功於毛細管之引力也。

毛細管現象試驗板 附水槽

Capillary plates, with metal trough.

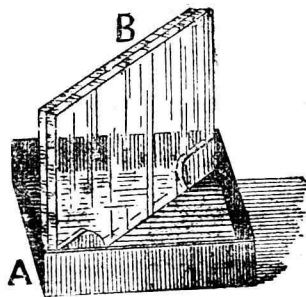
用途 毛細管現象試驗板，亦供試驗毛

第一三九圖

細管現象之用。

構造 如第一三九圖。（A）爲鐵葉製水槽。（B）爲方形玻璃板。兩片相合。植立於水槽中。

實驗法 取兩片玻璃板相合。於其間入以尖薄之劈。使其一方稍稍離開。以細絲縛



之。植立於水槽中。注水略滿。則水即入於兩板之間。在兩板相接觸之處。上昇最高。漸次離開。其下降亦愈甚。次以水銀易水。仍如前法令玻璃板立於其中。則水銀面之高度。在兩板離開處較高。愈近兩板相接觸處。其水銀面愈低。其結果與前適相反。

原理說明 本節實驗法。乃捨細長之玻璃管易以方形之玻璃板者。其理與上節全無二致。茲不贅述。

螺旋吸水器

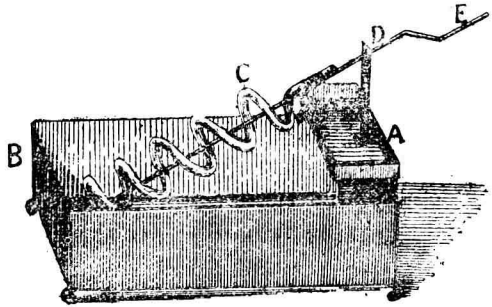
Archimedian screw, for lifting water

用途 螺旋吸水器，供表明液體在螺旋管內。具有自下方向上行之勢。一名阿屈靡特螺旋龍。

構造 如第一四〇圖。(A)(B)為兩個水槽。製以鐵葉。其位置(A)在上而(B)在下。不相通連。

第一四〇圖

(C)為玻璃製螺旋管。一端置於(A)槽之上。他端則沒入(B)水槽中。螺旋管之中心。有一長軸橫貫之，與管體相聯繫。如(D)。其上端附有搖柄。如(E)。



實驗法 注水於(B)

槽中。手持搖柄廻轉之。則(C)螺旋管即隨(D)長軸而廻轉。同時(B)槽中之水。即隨螺旋線上昇。移置於(A)槽中。

原理說明 水性就下。欲逆之使上行。非有特殊裝置之器不可。

本器為古時埃及國起水工程上所習用。係希臘數學家阿屈靡特所創製。蓋螺旋管之下端。沒入(B)槽水中時。水即流入管中。迨螺旋管隨軸廻轉。水乃沿螺線而上行。直至上端之口。始瀉出於(A)槽中。其法與吾國農家所用桔槔略同。惟桔槔之製。係厚水使上行。費力殊多。此則僅廻轉搖柄。殊不費若何之力耳。

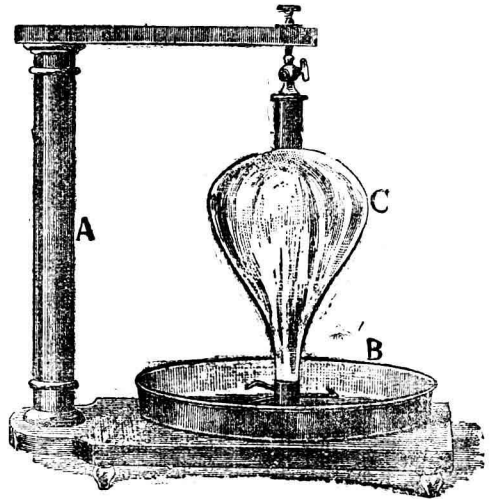
反動力水車

Barker's mill

用途 反動力水車，供證明流射水有反動力之理。一名排卡氏水車。

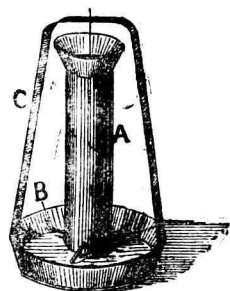
構造 本器有二種。甲種 第一四一圖

係玻璃製成者。如第一四一圖。
(A)為木架。(B)為鐵葉製水槽。
(C)為卵形玻璃球。其上口鑲有黃銅製之杯。杯底鑿有小孔數個。其中央之孔較小。適與木架部下垂之軸相連接。下端亦鑲以黃銅製有底之筒。筒側附有水平曲管三個。底作尖銳形。插入(B)水槽之底。乙種係鐵葉製成者。如第一四二圖。(A)為盛水圓筒。(B)為射水管。全部植立於(C)架中。



實驗法 注水於甲種器玻璃球上口之杯中。則水即從曲管射出。同時玻璃球即反水流之方向而旋轉。如圖中箭向所示。乙種器之實驗法亦同。

第一四二圖



原理說明 本器之實驗。可用液體側壓之理說明之。蓋盛水於器。水壓於器之側面。同時器之側面。亦以均等之壓力反壓之。故各方能保其平均。今於器之一側。鑿有小孔。則器中之壓力。失其平均。

水即由小孔流射而出。同時孔口因受反對方向之推壓力。其器遂與水流射反對之方向而廻轉。即所謂反動力也。此器為排卡氏所創製。若將其器擴大。陸續注以多量之水。則可為機器之發動機。與他種水車無異。

水輪模型

Model of water wheel

用途 水輪模型，供說明利用流水之運動能力。變化之使成一種原動力之方法。

構造 全部以鐵葉製成。因其水流衝激部分之不同。得分為三類。

曰上擊水輪。曰

第一四三圖

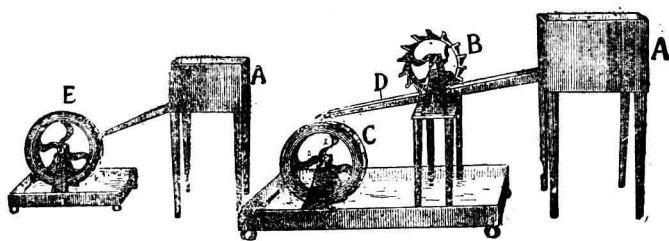
中擊水輪。曰下

擊水輪。如第一

四三圖。(A)為

貯水槽。(B)為

下擊水輪。其輪



周附有頁板。(C)爲上擊水輪，其輪周均作斗形。(D)爲流水經過之長溝。(E)爲中擊水輪。其輪周與上擊水輪同。

實驗法 先將各器安置如第一四三圖。注水於(A)槽中。水即從槽口流出。經(D)溝而衝擊(B)輪下部之頁板。(B)輪即起旋轉。同時(C)輪周邊之斗。受(D)溝下注之水。因其重力之下壓。亦遂起而旋轉。水流無盡。輪之旋轉亦無盡。如以(A)槽之口。移向(E)輪之中腰。令水續續流注於其輪周之斗中。則其旋轉之狀。當與上擊水輪無異。

原理說明 水爲液體之一種。其內部各小部分。均極易搖動。且因受地心引力之故。常有自高處流向下之趨勢。故水之爲物。可視爲具有位置之能力者。又因流動之水。衝擊他物體。能發生運動。則因此又可想見其兼具有一種運動之能力焉。故工業家多利用之。設爲種種裝置。令水流之力。變爲一種原動力。以應用於作業上。此即水輪創作之由來也。惟水之來源不一。有自高處落下者。有平流者。因之水輪裝置方法。亦不得不隨而改變。即水流自高處落下者。例如山澗中之小川。其水量不多。則宜設置上擊水輪。其動力之大小。與其水重乘流落之距離有關。若係平流之水。則宜設置下擊水輪。其動力之大小。與水量之多寡，及水流之緩急有關。惟其全輪受衝擊最強之部。係在中部垂直之頁板。若水量過多。則水輪沈沒於水中。動力反因而減少。甚或完全停頓。故必須特設水門以節制之。令水僅由下端流出。方無此虞。

離心力吸水唧筒模型

Model of centrifugal Pump

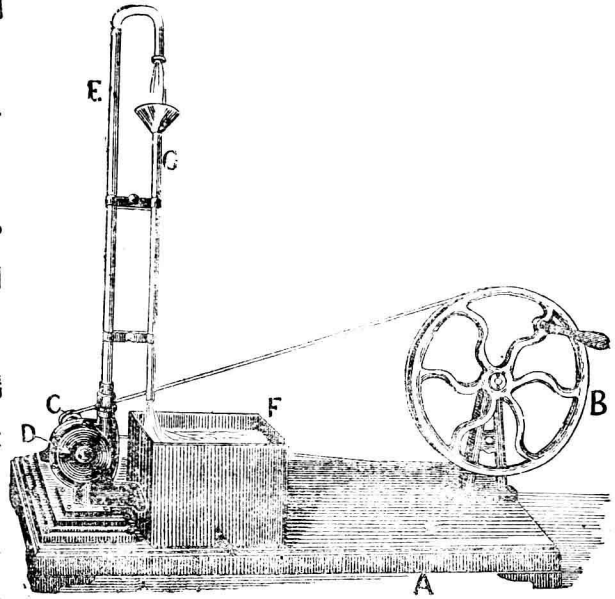
用途 離心力吸水唧筒模型，供說明利用離心力激水使之上騰。製成一種吸水唧筒之理。

構造 如第一四四圖。(A) 爲木臺。於左右兩方置直立大小轉輪各一。如(B) 與(C)。兩

第一四四圖

輪間以革帶聯絡之。別於小轉輪(C) 之後方。設一水輪。其輪周作斗形。與小轉輪同軸。外部被以圓形之盒。如(D)。

(水輪因在盒內。故圖中不見。) 盒之右上方。植一金屬長管。下端與(D) 盒相通。上端作彎曲形。如(E)。 (F) 爲水槽。左側下方有一孔。與(D) 盒交通。至



後方之孔。則專爲洩水之用。(G) 爲長柄漏斗。以金屬彈簧夾。連綴於(E) 之長管。

實驗法 先以水盛於(F) 槽中至將滿。次以一手持(B) 輪搖柄。令速迴轉。則(C) 輪亦隨而速轉。此時(F) 槽中之水。即從左側下方小孔流入(D) 盒。上升至(E) 管。由上端彎曲處流出。經(G) 漏斗而復落於水槽中。(B) 輪迴轉愈速。則水之上昇亦愈多。實驗既畢。乃取去(F) 槽後

方小塞。令水由此放出。

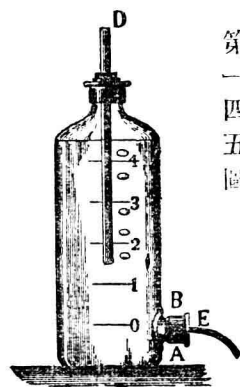
原理說明 本器之裝置。全係應用離心力之理而作者。蓋當(B)大輪廻轉時。(C)小輪亦隨而廻轉。同時(D)盒內水輪。因與(C)小輪同軸。故亦不得不隨而廻轉。且(B)(C)兩輪。因其半徑大小懸殊。故(C)輪廻轉之速率。視(B)輪大至數倍。按離心力原則。凡為循心圓運動之物體。如無他力向中心牽引之。則其物體。恆欲進行於切線之方向。離中軸而逸去。廻轉愈速。其離心力亦愈大。本器之實驗。(F)槽中之水。經左側小孔入於(D)盒中。因水輪之廻轉。水即由輪周之斗。欲循其切線之方向逸去。徒以受(E)管之約束。乃不得不激之使飛騰。此即水由下而上之原因也。在工程上常應用此理。製為一種吸水唧筒。與其他唧筒略有差異。又可供農田灌溉之用。

液體流射速度實驗器

Mariotte's bottle

用途 液體流射速度實驗器，供試驗液體在容器側壁或底部小孔流出時之速度。與其水柱之高有相關之理。為瑪留脫氏所創製。故一名瑪留脫氏瓶。

構造 如第一四五圖。取容五千立方公分之高玻璃瓶一個。其上下部之直徑須均等。瓶外自下而上。刻有○. 1. 2. 3. 4. 符號。每一符號之距為一公分。於其下部側壁，與○度位置相等處。開一小孔。孔



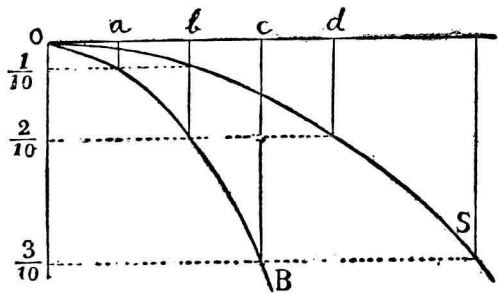
第一四五圖

中嵌入軟木塞。塞中插入短管(E)。其外包以(A)(B)銅製鞘管。又瓶之上口。亦包以銅製鞘管。並於口中嵌入軟木塞。塞中插入長玻管一條。

實驗法 注水於瓶中至將滿。令長玻管下端。達於瓶內水面之下。水即從下口(E)管流出。此時瓶外之空氣。即由長玻管上端而入。從下端發出氣泡。昇至瓶內水面之上。今若將玻管隨意昇降。令其下端。分別在1,2,3,4等處試之。則從(E)管流出之水。因玻管下端所在之位置不同。即水柱之高有差異。水之流射速度。亦不能無差異。例如玻管下端在1時。使水平射出。則在十分之三秒時。

第一四六圖

可達於第一四六圖之(B)處。若玻管下端在4時。則於同時內。已可達於同圖之(S)處。是以玻管下端在1時其十分之一秒時。所得速度。僅能經過oa或ab之距離。而在4時。所得速度。已可經過ob或bd之距離。故後者之速度。恰為前者之二倍也。



原理說明 凡液體在容器中。若將其上口開放而於底部側壁鑿有小孔者。則此種液體。當然須由此小孔流射而出。至其流射時之速度。與其液柱之高有關。脫里賽利氏嘗就此事。創一定律如下。

凡液體流射之速度。視其液面至流射孔之高低而不一定。猶之自由直墜之物體。視其距離之高低。其墜落時之速度亦不一定。故若液體流射口至液面之深。與自由直墜之物體所至之距離均等者。則其流射之速度。亦必均等。

根據此定律。故欲計算液體流射之速率。即可以自流射口至液面之高。依落下之公式計算之。換言之。即物體由高處落下之速度。與同高之液體射出之速度。毫無差異也。

第四編

氣體重學及其性質

真空測定氣壓管 脫里賽利氏實驗用直形

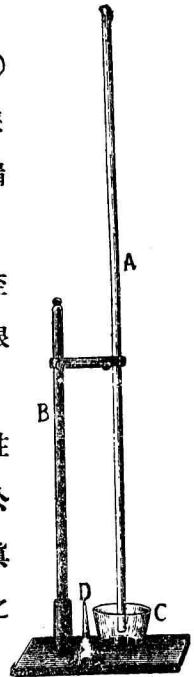
Glass tube for Torricellian experiment, straight

用途 真空測定氣壓管供測定地面上空氣壓力強弱 第一四七圖

之用。一名脫里賽利真空管。

構造 如第一四七圖。爲本器全組成之形。(A)爲直形玻璃管。長一公尺。一端封閉。一端開口。以木製鉗臺(B)挾持之。使直立於(C)之水銀槽中。(D)爲玻製小漏斗。供灌入水銀於玻璃管中之用。

實驗法 取純淨水銀用漏斗徐徐灌入長玻璃管中至滿。然後以手指閉住管口。將玻璃管倒轉。令直立於容水銀之槽中。次將手指由管口移去。則管中水銀。立即下降。達至一定之點而止。若在海面行此實驗時。其管中水銀柱之高。(即自管外液面量至管內液面之高)約當在七六〇公釐處。其水銀面上之部分。並無何種物體存在。蓋已成真空矣。乃將玻璃管以(B)鉗架挾持之。隨時視管中水銀柱之昇降。即可測知管外空氣壓力之大小。



原理說明 空氣雖爲飄忽而不可捉摸之物體。然因受地心引力故。

亦不能不有相當之重量。(按每一公升空氣。其重爲一公分又十分之三弱。參照測器重瓶項下。)此重量施於地面各物。卽壓力所由生也。是名氣壓。據多數學者測定地面上空氣之高。當在一百餘里以外。其壓於他物之力。視其氣層之深淺而異。氣層深處。壓力較大。猶之深海之底。水之壓力。視淺海必較大。其理固無二致也。空氣之有壓力。在昔意大利物理學家伽利略氏。亦已早確知其理。惟無確實方法以證明之。直至其門弟子脫里賽利氏始依此裝置。得實驗空氣之壓力。隨地隨時。而有不同。卽常時在海面地方。(緯度 45° 溫度 0°C)空氣壓力之強。爲等於玻管內水銀柱高七六〇公釐之壓力。換言之。卽管內水銀柱之壓力。適與管外空氣之壓力相平衡。其管外水銀。因受空氣之壓力。遂致管內水銀止於一定之點。不能下降也。此實驗因係脫里賽利氏所發明。故名之曰脫里賽利氏實驗。在氣象學中。常以水銀柱高七六〇公釐時空氣之壓力。爲氣壓單位。而名之爲一氣壓。由水銀柱之昇降。而定氣壓之大小焉。

水銀氣壓表

Mercury barometers

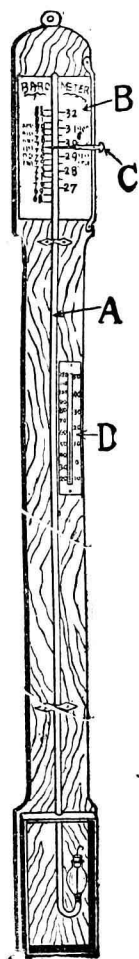
用途 水銀氣壓表。係應用脫里賽利氏之實驗。供測驗氣壓大小之用。由此得豫知天氣之晴雨。並得用以測定地勢之高低。俗名風雨表。

構造 水銀氣壓表。種類甚多。因之其構造亦不能無差異。如第一四八圖。爲室中所用球狀氣壓表。(A)爲玻管。長八二〇公釐。直徑約五公釐。上端封閉。下部屈曲向上。末端開口。膨大作球孟狀。將此玻管之全部。固着於木板上。其下部須另以木箱保護之。俾免球孟破碎。(B)爲玻

製尺度板。並立於玻管之左右。左方所畫之尺度係英制。右方則公尺制也。(C)為定針。切於玻管之面。可上下移動。別以攝氏溫度表一。附於木板上。如圖中之(D)。

實驗法 先以硝酸注入玻管中。洗滌之使潔淨。次更滌以蒸溜水。俟其乾燥後。乃取極純淨之水銀。(水銀中常含鉛鐵及硫磺等夾雜物。非去之使盡。則在玻管中恆有粘滯之弊。遂使水銀柱昇降之數。不能十分精確。欲除去此等夾雜物。可先將水銀入於稀薄之硫酸或醋酸液中。則其夾雜物即被溶解而析出。然後再滌以清水。令乾燥後。始可應用。)徐徐灌入玻管中至滿。更以微火熱玻管。逐去其中之空氣。使固着於木板上。懸之室中。則視其管中水銀柱之昇降。即可豫測氣候之變化。例如水銀柱上昇。是為將晴之徵。水銀柱下降。是為將雨之徵。水銀柱昇降不定。是為晴雨不定之徵。水銀柱倏爾下降。是為將有暴風雨之徵。水銀柱久昇不下。是為亢旱之徵。又攜此器置於高山或海面間。則視地勢之高低。水銀柱亦能隨之昇降。即地勢愈高。水銀柱愈下降。大約登山時。每登高至一〇·五公尺時。水銀柱即當下降一公釐也。惟當視察水銀柱昇降時。不可不兼注意於溫度。因攝氏溫度。每上昇一度。水銀須延長其原長五千五百五十分之一。凡水銀氣壓表。所以附以攝氏溫度表者。即為此也。

原理說明 按本器之製作法。實由脫里賽利氏之實驗裝置改變而成。因空氣壓力之強度。在攝氏零度時。通常雖與玻管中水銀柱高七六〇



第一四八圖

公釐相等。然因氣候之改變。及地勢之高低。不無變異。至其所以變異之理。茲為分說如下。

(一)氣壓因氣候而變異之理 空氣本為流動性之物。靜止時雖極安定。然能因動盪而成風。動盪愈劇。遂成暴風。其所以動盪之故。乃由於同在一水平面上。甲乙兩地氣溫劇變所致。例如甲地氣溫升高。空氣之體積。隨而膨脹。此時密度減小。重量減輕。即向地面昇騰。其壓力亦遂減其強度。同時乙地因氣溫並未劇變。故其密度及重量。均視甲地較大。遂不得不流向甲地以補足其下層之空虛。此即空氣動盪之由來也。故凡在起風之前。水銀柱必視平時降低。職此故耳。又空氣中含多量水蒸氣時。其壓力亦必減小。因濕潤之空氣。較輕於乾燥之空氣故也。而降雨之原因。乃由於空氣中多含水蒸氣所致。故在晴天時。水銀柱倏爾下降。是為將雨之兆。反之在雨天時。水銀柱倏爾上升。是為將晴之兆。凡氣象學家及農家航海家。恆以是測氣候之變異焉。

(二)氣壓因地勢變異之理 氣體與液體不同。在液體之下層。雖受上層之壓力。其密度仍未改變。故其體積。決不致縮小。至如氣體。則為極易壓縮之物。凡在高處之空氣。其密度必較於低處。而壓力之大小。乃與密度成比例者。故地勢愈高。氣壓亦愈小。例如在海面之氣壓。等於水銀柱高七六〇公釐。若在喜馬拉雅山之最高峯。(離海面約三萬尺)則其氣壓當等於水銀柱高二五三公釐。故登高山時。若欲測知其地距離海面為若干尺。則視水銀柱之度。即可得其約略之數。至其推算方法。所以確定為每登高一〇·五公尺。水銀柱之降下約為一公釐者。則因水與水銀。重率之相差。為一與一三·六之比。故一公釐之水銀柱。與一三·六之水柱必相

等。更就空氣與水之重率而論。則空氣較輕約七百七十倍。故欲使一公釐之水銀柱。與氣柱相等。則可用七七〇乘一三·六。其所得之數爲一〇四七二公釐。約計之一〇五公尺也。

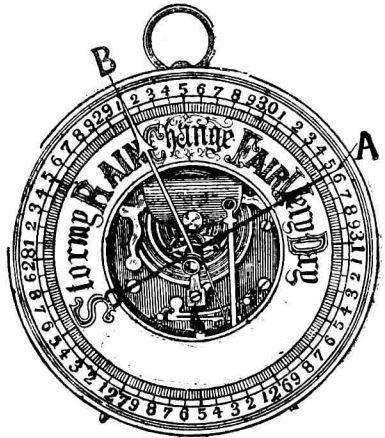
空盒氣壓表

Aneroid barometer

用途 空盒氣壓表，亦供測驗氣壓大小之用。與水銀氣壓表同。因其不用水銀等液體。故一名無液氣壓表。俗名空盒風雨表。

構造 本器全部以金屬製成。如第一四九圖。爲其外廓。狀如普通時計。前面有劃分度數之圓形面。等分爲百度。自七〇〇起至八〇〇止。其用英制者。則自二六起至三一止。並於度數之下。更分別注明暴風雨 (Stormy) 雨 (Rain) 轉氣天 (Change) 晴 (Fair) 大旱 (Very dry) 等字樣。如圖中之(A)爲指針。與內部之機關相連。能隨氣壓之強弱。向左右旋轉。以針尖指出圓形上面所劃之度數。(B)爲定針。與指針雖係同軸。惟不能自動旋轉。以上爲空盒

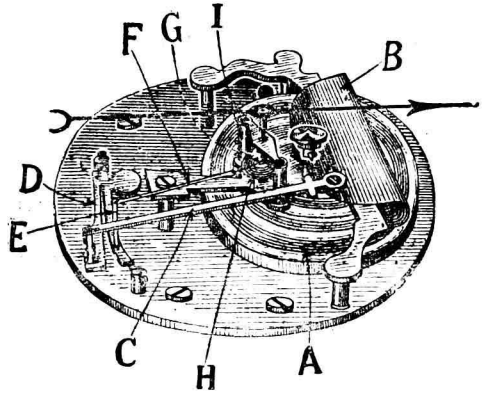
第一四九圖



氣壓表外部之構造。至其內部。則略如第一五〇圖所示。(A)爲金屬製空盒。其質極薄。表面作凹凸形環紋。內係真空。(B)爲具有彈性之彎形金屬板。其下以短柱與空盒表面相切。更於其他側附以一桿如(C)。(C)桿又

第一五〇圖

與活動之(D) 樑相連。此(D) 樑之一端。分歧作叉形。別於其叉端植立一柱如(E)。柱端繫一鋼絲如(F)並將(F)鋼絲之一端。令與指針下之(G)軸相連。(H)為鋼製發條。一端繫於(G)軸。他端則嵌入於(I)架之左柱。此架須與彈性變形金屬板。不相接觸。



實驗法 使用本器時。不需另行裝置。且攜帶極便。故無論在室中，或登山航海時。皆得用之。至於欲觀察一日中或兩地氣壓之差數。宜先將定針(B)撥動之。令與指針(A)處於同一位置。例如在午前六時指針正指七六〇公釐處。是即表明此時氣壓適等於水銀柱七六〇公釐之高。至午後六時。其指針忽向左移動。正指於七五〇公釐處。而定針依然不動。則可知本日一日間上午氣壓相差之數。為減少十度也。又欲測定海面與山頂氣壓相差之數。亦可用此法表明之。至用空盒氣壓表預卜晴雨之法。亦與水銀氣壓表相同。大約指針在七六〇公釐左右移轉不定。是為氣候將轉變晴雨不定之兆。若指針向移右移轉至七七〇公釐處。是為放晴之象。若更右移止於七八〇至七九〇公釐處。是為久旱之象。反之指針向左移轉止於七五〇公釐處。是為有雨之象。若更左移至七四〇公釐處。是為大風雨之象。惟本器分度之法。雖以水銀氣壓表為標準。但亦有不能十分正確之時。此時宜進退盒背螺旋以較正之。即螺旋壓進時。指針即偏右。螺旋鬆退時。

指針即偏左。此又使用空盒氣壓表者。所不可不知也。

原理說明 地面上氣壓隨時隨地，變異之原由。既於前節說明之。至本器所以能顯明氣壓強弱之理。則全由於空盒表面凹凸力所致。蓋(A)盒係極薄之金屬片製成。內係真空。一受外界氣壓力之影響。其表面凹凸力。立即顯出。例如盒外氣壓增強。盒面即因受強壓向內凹下。盒外氣壓減弱。盒面即因本身之彈力。向上凸起。加以盒面之上。裝有槓桿及發條等種種機件。故盒面之凹凸雖極微。而指針顯示之變異。則極為明瞭。即(A)盒之面向上凸起時。先將動力傳達於彈性彎形金屬板(B)。更由(B)傳達於(C)桿。於是(C)桿引(D)樑及(E)柱上舉。此時連於(E)柱上之鋼絲(F)稍弛緩。(H)發條即放鬆。牽動(G)軸使向左迴轉。指針即隨而傾向左方。反之，盒面向內凹下時。其動力先由(B)而傳於(C)。更由(C)使(D)與(E)下降。此時(F)鋼絲增加牽力。遂使發條(H)捲緊。(G)軸即向左迴轉。指針乃傾向右方。故視指針之左傾或右傾。即可測知氣壓之強弱。

測高用空盒氣壓表

Aneroid barometers, for measuring altitude

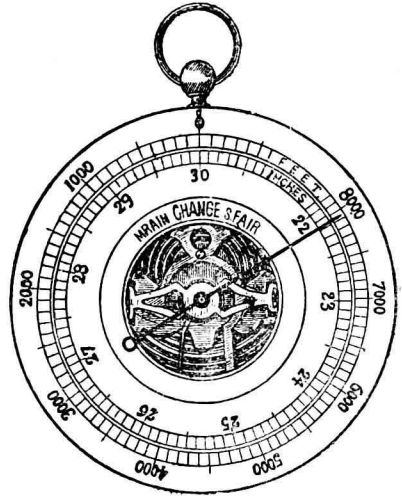
用途 測高用空盒氣壓表，專供登山或乘飛機時測定離地面高度若干之用。

構造 本器大小形狀不一。如第一五一圖。為懷中時計式之測高用空盒氣壓表。圓徑僅一寸又四分寸之一。極便攜帶。其內部之構造與普通空盒氣壓表無甚差異。惟其表面。則除測氣壓圓形面分度表以外。並於其外周更附有指明離地面高低之分度表一種。其分度之法。或以公尺為單位。

或以英尺爲單位。

第一五一圖

實驗法 本器用法。與普通空盒氣壓表同。惟於登山或乘飛機之前。必先以螺旋鑿校正其盒背之螺旋。令指針適指於七六〇處。蓋所以指明此時地面之高爲零度也。然後攜以升高。則自後每次高度增加一〇·五公尺時。則氣壓表當下降一公釐。故離地愈高。指針向左旋之度數亦愈大。且因其表面附有指明離地面高低之分度表。故一觀指針所指之處。即示吾人以離地面若干高度之數。更不必再由氣壓表之昇降計算而得之也。



自記空盒氣壓表

Self recording aneroid barometer

用途 自記空盒氣壓表，亦供測驗氣壓大小之用。因其能將每日氣壓大小之數。自記於紙上。故名。

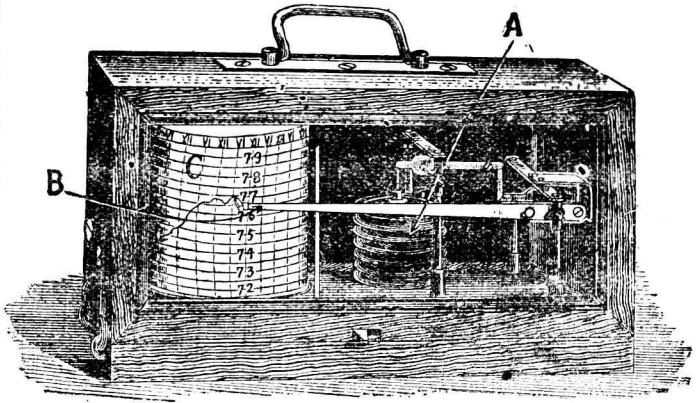
構造 如第一五二圖。(A)爲金屬真空盒。其式與通常空盒氣壓表無異。惟係由數箇重疊而成。故其感度極爲銳敏。更以極精微之槓桿裝置。令指針(B)。切於左方(C)圓筒之上。此圓筒內裝有時計。依發條之彈力。能自動旋轉。筒上貼有硬紙。紙上書有氣壓度數及日期。每紙可供一星期之用。全器置於木製臺座上。外覆以長方形玻罩。

實驗法

先將(C)圓筒內時計之發條絞緊。然後濡墨水於(B)指

第一五二圖

針之尖端。令與圓筒外紙面相切。則圓筒即以一定之速度。自動向西方旋轉。(每一星期旋轉一周)於是指針尖端之墨水。



即依其逐日氣壓度數之高低。分別濡染於紙上。氣象學家即藉此以觀一年間氣壓變更之度數焉。

原理說明

本器製作之原理。與通常空盒氣壓表。全無二致。惟其指針之裝置。前者因空盒表面之凹凸。使向左右旋轉。此則變左右旋轉而為昇降運動。即外界氣壓增大時。空盒之表面向內凹陷。即由槓桿傳動力於指針。使尖端上昇。反之氣壓減小時。空盒之表面。因自身之彈力。向外凸起。指針之尖端。遂移向下方。且(C)圓筒之旋轉。其遲速與普通時計無異。故觀紙上所記之數。則一日夜間及一星期間氣壓增減之狀況。均得一覽瞭然。

海 峯 球

Heron's bottle

用造 海崙球，供證明在器中密閉之空氣，因其張力。能壓水使上昇之理。爲海崙氏所創製。故名。

構造 如第一五三圖。(A)爲長頸玻璃瓶。瓶口密閉以軟木塞。塞中穿一小孔。以(B)之長玻璃管通過其中。此玻璃管上端須細。下端直達瓶底。相離甚微。

實驗法 先注水於(A)瓶內至半滿。次以木塞密閉瓶口。插入(B)玻璃管。乃以口銜玻璃管之上端。用力吹入空氣。旋即將口離開玻璃管。則瓶中之水。忽自玻璃管上端之小孔噴射而出。如碎珠零玉。飛濺四周。初噴射時。勢力極強。漸次減殺。終至息絕。



第一五三圖

原理說明 氣體之分子。雖與液體相同。極易動搖。然其凝聚力殆全付缺如。又若加以外界壓力。雖得使之濃縮。迨壓力一去。則各分子又復擴張離散。絕無際限。是名氣體之張力。(彈力之一種)海崙球即應用此理而作者。蓋當空氣未吹入瓶中之先。瓶中水面上。所有空氣。固與瓶外空氣。密度相等。迨既吹入空氣。則其氣即通過玻璃管而聚集於水面。此時各分子因被壓而濃縮。增加其張力。及人口離開玻璃管。壓力既去。體積仍復擴張。於是乃不得不施壓於水面。令瓶中之水。自管口噴射而出。蓋此時瓶中空氣。已將水驅逐出外。起而代之矣。

海崙噴水器

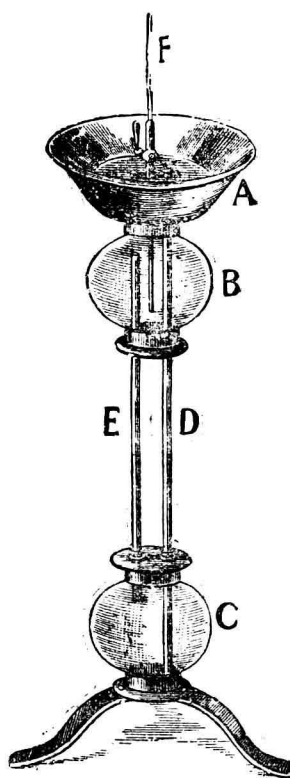
Heron's fountain

用途 海崙噴水器，與前節海崙球同一原理。惟構造較爲繁複。其

噴水時間亦較久。

構造 如第一五四圖。(A) 爲金屬盤。(B) (C) 爲上下兩玻璃球。以 (D) (E) 兩長管連結之。惟 (D) 管上連 (A) 盤。下達 (C) 球之底。且其上端之口備有一塞。可隨時啟閉。(E) 管則較短。僅供連絡 (B) (C) 兩玻璃球之用。其上下兩端之位置。須均在液面以上。別以金屬細管 (F) 穿過 (A) 盤中央小孔。下達於 (B) 球之底。此細管上端之口須極小。並於其中央部附有活塞。以司啟閉。

第一五四圖



實驗法 先將穿過 (A) 盤中央小孔之 (F) 管取去。同時並在 (D) 管上端之口。閉以金屬之塞。乃注水於 (A) 盤。令水由中央小孔流入於 (B) 球中。俟將半滿時。再將 (F) 管裝入 (A) 盤底部中央小孔中。並取去 (D) 管上端之塞。再傾水於 (A) 盤。則 (F) 管上端細孔。即有水珠噴射而出。直至 (B) 球中水竭。或 (C) 球中水滿時。始行息絕。

原理說明 本器亦係應用空氣張力壓水上昇之理而作者。蓋水自 (D) 管下降於 (C) 球時。(C) 球內之空氣。即由 (E) 管而入 (B) 球。因其張力。壓球內之水。使從 (F) 管之口陸續噴出。非俟 (B) 球中之水。或 (C) 球中之空氣已盡時。決不致停止。就理論上言之。當 (A) 盤之水。由 (D) 管入於 (C) 球時。(C) 球中之空氣。因其體積

減小。張力遂增。此張力乃等於空氣之壓力。與以(A)(C)兩水面垂直距離為高之水柱重量之和。迨(C)球中空氣由(E)管入於(B)球時。(B)球中之水。亦遂受此張力。即以此張力。轉施於(F)管。壓球中之水。使由上端噴出。其在(F)管中所生張力。即等於前所加於(D)管之所生之張力。故在(F)管噴水之高。當等於自(A)至(B)之水面。與自(A)至(G)之水面之差。惟在實際上。其噴水之高。常不及此數。則因受管內之摩阻力。及管外空氣之抵抗力故也。

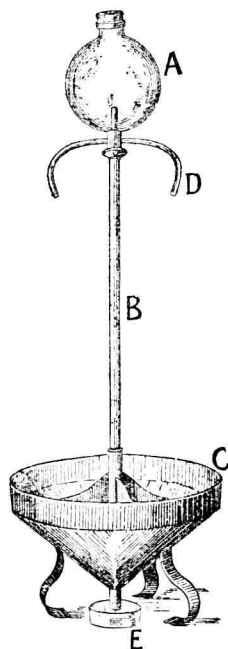
斷續泉

Intermittent fountain

用途 斷續泉，供顯明水流之斷續，與空氣壓力消長有相關之理。一名間歇泉

構造 如第一五五圖。(A)為卵形玻璃球。上口有塞。下端套以金屬鞘管。更於鞘管中插入一長管。如(B)。其上端與(A)球之頂相接近。下端直達(C)承水盤。與其底部中央小孔相接近。(D)為弧形小管。斜插於(A)球鞘管之左右兩側。與(A)球相通。(E)為小皿。水自(C)承水盤底孔流出時。即以此小皿承之。

實驗法 注水於(A)球中。約達三分之二時。即閉其上口之塞。則見有水自(D)小管流出。落於(C)盤中。移時(C)盤中水漸滿。至(B)



第一五五圖

管下端被浸入於水時。(D)管之水。即止而不流。迨後(C)盤之水。漸次下注於(E)皿中。(B)管之下端。仍復露出小面。於是(D)管之水。又復廢續流出。如是一斷一續忽止忽流。與山間噴出之泉。如出一轍。

原理說明 本器係利用空氣壓力之消長而作者。蓋盛水於(A)球。則球中之水。自必由(D)(D)兩連通管同時分注於(C)盤。復從(C)盤底部小孔下注(E)皿。惟因盤中積水之量。大於出水之量。故不逾時而即滿。滿則(B)管之下端。沒入水中。外界空氣。即不能由此竄入。上昇至(A)球。此時(A)球中空氣。漸次稀薄。遂致水面所受之下壓力及球內水之固有重量。適與(D)管口端之上壓力相等。故球內之水。不復由(D)管流出。迨經過若干時後。盤中之水。續向底部小孔流出。此時(C)盤中之水。因不復由(D)管補給。故不逾時而即涸。涸則(B)管之下端。復露出水面。空氣再由此上昇至(A)球。於是(A)球中空氣漸次濃厚。其水面所受空氣之下壓力。大於(D)管口端之上壓力。故(A)球中之水。復繼續向(D)管流出。如是(C)盤中所積之水。旋涸旋滿。遂使(D)管流出之水。時斷時續。故有斷續泉之名。

虹 吸

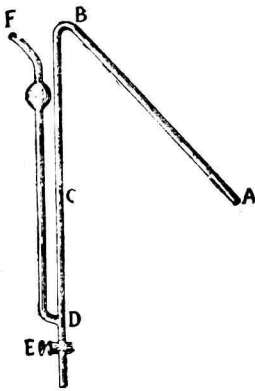
Siphon

用途 虹吸係利用液面所受空氣壓力強弱之差異。可使甲器液體。不假傾倒與搯注。而自能移轉於乙器中。故一名轉液器。又名吸液器。

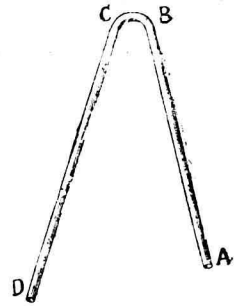
構造 虹吸以金屬或玻質製成之。為一彎形之管。兩端長短不同。如第一五六圖。為常用虹吸。(A)(B)之管較短。(C)(D)之管較長。如第

一五七圖。爲特用虹吸。製以玻質。其管之兩端。雖與常用虹吸相同。惟於長管之下端具一活塞。如(E)。更於活塞之直上處。別設一向上吸管。如(F)。此管與長管相連通。

第一五七圖



第一五六圖



實驗法

先將容某種液體之器。位置升高。以(A)(B)短管浸入其中。次以口就(C)(D)長管之端。吸去其管中之空氣。俟液體將流出時。即將口離開。別以一器自下端承之。則高處之液體。即從短管經過頂端落下。自長管之下端。絡續流出。而轉移於低器中。至短管之口。與液面相連時始行停止。若不用口吸。可將液體先盛於管中令滿。以兩手之指。閉住長

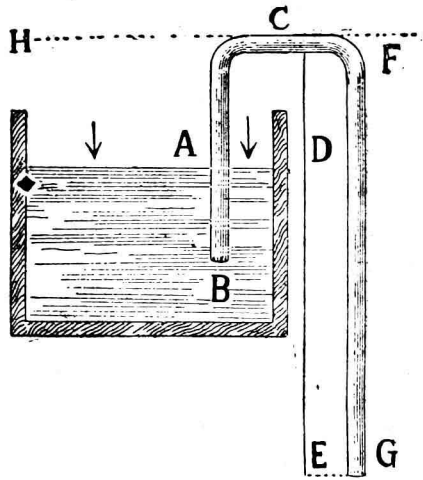
短管之口。然後仍如前法。將短管插入上器液中。離開手指。繼乃將閉住長管之手指。亦使之離開。則液體即自此流出。是爲常用虹吸之使用法。至於特用虹吸。專供吸取不能入口之有毒液體。其法先將短管之口(A)。浸入液中。閉其活塞(E)。然後以口就(F)端吸之。則液體當入於(C)管中。俟其將達(D)處時。即停止吸氣。開放(E)活塞。則其液即從長管之下口流出。與常用虹吸無異。

原理說明 按空氣壓力。施於液面之重量。在平時約爲等於十公尺水柱之重。且此壓力。不獨施之容器之液面。即在管中之液。同時亦受此影響。因液體壓力。原係各方均等傳達故也。惟兩管若長短不同。則其

壓力。即不免有強弱之差。凡在壓力較長之管，必致液體被壓。向壓力較弱之管端流出。如一五八圖。氣壓力施於上器之水面(A)。則器中之水。即依液體壓力均等傳達之律。被押入

第一五八圖

而上昇。入於虹吸管中。此管之水。若與器中水面(A)等高時。則其所受壓力。必與水面(A)所受之壓力相等。上昇愈高。則壓力與水柱重力相抵而愈減。故在虹吸管中最高點(C)處之水。其所受重壓力。當為比於水柱之高十公尺。減少(C)(D)水柱之重。同時在虹吸之外端(G)。亦當受有等於水柱高約十公尺之重。此壓力亦由充滿於(C)(G)管中之水。平均傳達



於(C)。惟因(C)(G)管中之水重。對於氣壓之作用。係屬相反。故(C)處所受壓力。當為等於水柱之高十公尺。減去(C)(E)水柱之重。是則在虹吸管中之(C)處。同時受相反之兩種壓力。故視其兩方壓力強弱之差。即可斷定其液體應向何方流出。即在(F)(C)方向。受十公尺減去(C)(E)之壓力。而在(H)(C)方向。則受十公尺減去(C)(D)之壓力。以(C)(E)與(C)(D)相較。其差等(D)(E)水柱之重。是即第二壓力。較強於第一壓力。故水不得不向(B)(C)(G)之方向流出也。由是可知使用虹吸時。其長管之口。必在水面之下。水能始流出。若其位置愈低。水之流出亦愈速。反之若長管之口。高於水面時。則水必逆流而復歸於原器中。可無疑也。此

器用途頗廣。凡容器之不易傾倒者。及欲吸取上層澄清之液。不令擾動其下層沈澱物質時。多用此器。

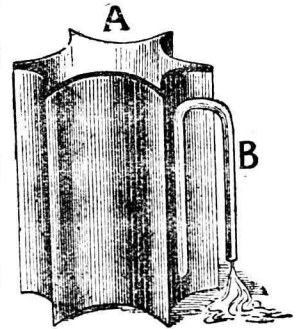
虹吸杯

Tantalus' cup.

用途 虹吸杯，又名魔杯。亦供證明空氣壓力施於液面。得令液體自曲管下端流出之理。

構造 全部以金屬製成。如第一五九圖。(A) 爲鐵葉製之杯。於其近底部之側。穿一小孔。別以黃銅製成之曲管。將其一端合與杯底之小孔相通連。其他端則接近於杯側之外。位置須與杯底相平。外觀無異一彎形之杯柄。如圖中之 (B)

第一五九圖



實驗法 注水於杯中。至曲管之最高點處。水仍不至流出。若續加以水。令高於管頂。則水即由杯外曲管之端。續續流出。俟杯水全盡後。始行停止。

原理說明 本器係一種玩具。魔術家常用之以欺人。其理與前節虹吸全屬相同。惟其構造略異。故不解者。乃視爲一種奇異之現象耳。

魔漏斗

Magic funnel

用途 魔漏斗，供證明空氣有二種壓力。視其二種壓力之消長。得

令器中液體或流或止。

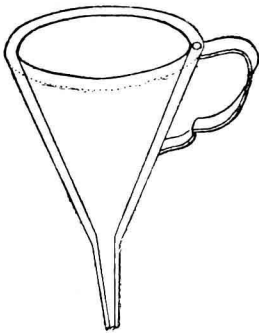
構造 本器如第一六〇圖。外觀雖為一通常有柄之漏斗。然其內部則以金屬板隔為內外二層。在漏斗上部口緣。須將內外層互相銲連。與外氣不相通。惟於柄之近傍。鑿一小孔。略如豆大。與其隔層間相通連。其剖面形如第一六一圖所示。

第一六〇圖



實驗法 以右手執持漏斗之柄。將其

第一六一圖



柄傍小孔開放。別以左手之指。閉住漏斗下口。乃從上口傾入

有色之水於漏斗中。至將滿時。即以右手之拇指。閉住柄傍小孔。將左手之指離開漏斗下口。則漏斗中色水。即全由下口流出。惟在隔層間之色水。仍能止而不流。次復以左手之指。閉漏斗下口。傾入清水於其中。此時若僅將下口開放。則所流

出者。僅為清水。若同時將右手之拇指離開柄傍小孔。則隔層中所留存之色水。亦同時由下口流出。與清水相混合。變為有色之水。若再將柄傍小孔閉住。則復變為清水。故欲漏斗下口流出何種之水。得由右手拇指。隨時啓閉柄傍小孔。而任意操縱之。

原理說明 本器之製作。與滴管之理相同。蓋當第一次傾注色水時。因柄傍之小孔開放。色水即由漏斗下口。將隔層間空氣驅逐出外。而佔居於其中。其後以拇指閉住小孔。則隔層間之水。因僅受漏斗下口空氣

之上壓力而無下壓力以使之平均。故不得不留存於隔層間。至第二次傾注清水後。若將柄傍小孔開放。則空氣即由此孔竄入於隔層間。於是上下氣壓力互相平均。隔層間第一次所留存之色水。乃不得不因自身之重力向下流出。與第二次清水混合。變為有色之水。魔術家常以此炫惑羣衆。迨一經解釋。殊不值一笑耳。

魔 瓶

Magic bottle

用途 魔瓶，亦供證明空氣壓力，與液體動作有相關之理。

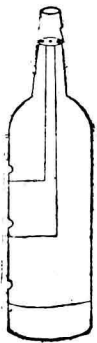
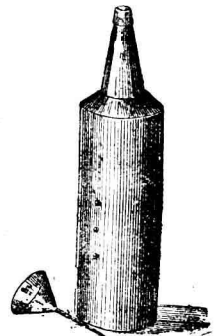
構造 本器為鐵葉製成之瓶。髹以黑漆。外觀極以一通常盛麥酒玻璃

瓶。狀如第一六二圖。其內部則分隔為三腔。(多者分為五腔) 各不相通。其底部均在瓶之側邊。另於瓶之頸部。設薄板一層。務使固着瓶側。不可漏水。並在板面鑿成三個小孔。大如綠豆。各孔分別與瓶內各腔相通連。瓶

第一六二圖

第一六三圖

側亦鑿有小孔三個。其位置須恰在各腔之底部。狀如第一六三圖。另備尖口小漏斗一。供灌入各種有色液體於瓶中之用。



實驗法 先將尖口漏斗。依次插

入瓶頸底層小孔中。分別灌入有色液體。例如紅，綠，黃。此時須依次將通於某腔瓶側之小孔開放。灌畢乃以右手執持瓶體。將食指，中指，無名指。同時閉住瓶側各小孔。於是倒轉瓶體。則瓶中之液。可決無流出之虞。若欲某種之液流

出。可開放瓶側某一小孔。將其他二小孔仍行閉住。則紅黃綠三色之液。均得隨心所欲。反之如二小孔同時開放。則其各色液當同時流出。混合而成間色。例如紅黃二液相合。即成橙黃色。黃綠二液相合則成花青色是也。

原理說明 本器亦為魔術家所常用者。其原理與上節魔漏斗全無二致。惟其內部構造。較為繁複。故實驗時。亦更饒趣味。蓋瓶側各小孔。為空氣出入之所。小孔開放。空氣即由此而入。施壓於瓶中液體。迫令自瓶頸小孔流出。小孔閉住。則雖倒持瓶體。其瓶中液體。為瓶頸外空氣之上壓力所阻止。故不能流出。其理已詳前節。茲不贅述。

抽氣機

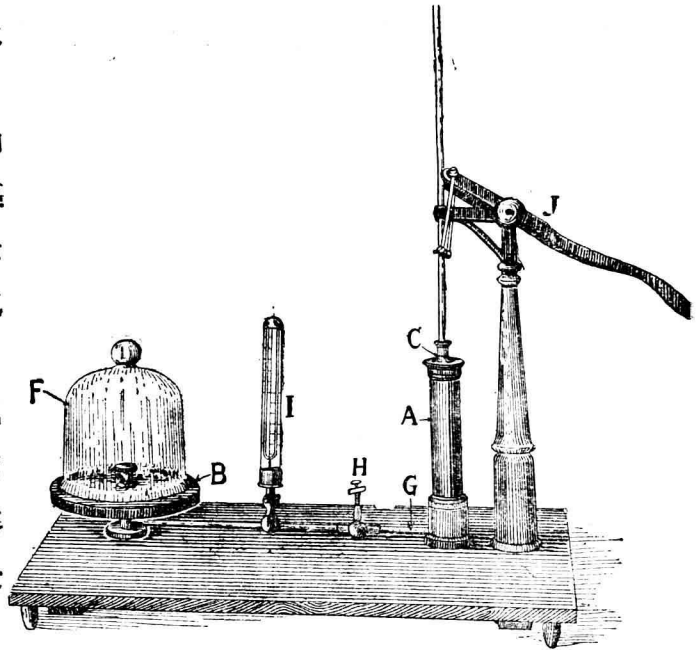
Air pump

用途 抽氣機。供抽去各種容器內空氣。使變成真空之用。一名空氣唧筒。

構造 本器因其製作上之繁簡不同。得區之為數種。其最簡者。如第一六四圖。為通常應用之抽氣機。(A)為圓筒。製以金屬或玻璃。(B)為金屬製圓盤。須磨之極平。於其上覆以(F)玻璃鐘罩。(C)為圓筒內所具之昇降活塞。以金屬與韃革間疊成之。務令與筒壁密相切合。(G)為連通(A)圓筒與(B)圓盤間之橫管。於其管之中央部設有一可啓閉之活塞。如(H)。更於近圓盤之一方。植立一水銀氣壓表。如(I)。又在圓筒之側。植立一鐵柱。於其上端架設一兩臂槓。如(J)。一端與(C)活塞之柄相連。一端為施力之點。以上為抽氣機之外形。至其內部構造。則如第一六五圖。即於活塞(C)之內有數多小孔。並設有向上開之舌瓣。如(D)。更於圓筒

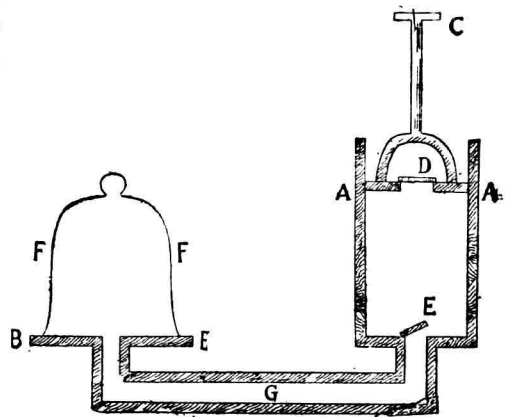
(A) 之底部。亦設有一向上開之舌瓣。如 (E)。是為抽去容器內空氣最重要之樞機。如第一六六圖。為雙筒抽氣機。其他構造。悉與通常之抽氣機相同。惟以兩組之圓筒及活塞分列左右。並於活塞之柄具齒。

第一六四圖



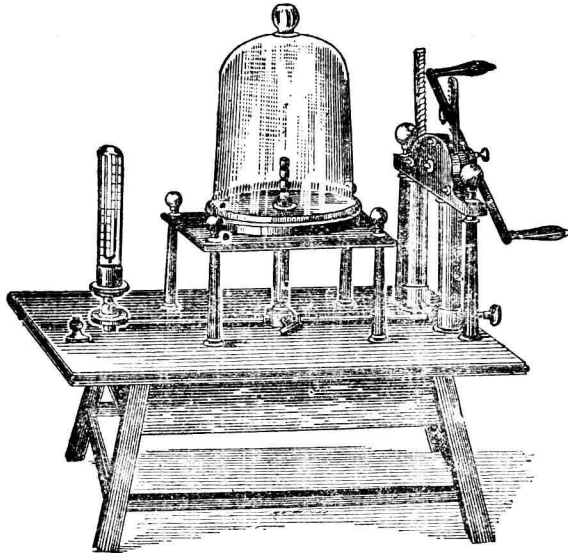
令與中間之齒輪適相嚙合。同時將槓桿之兩臂。更番提押。則左右兩活塞之柄。即隨齒輪之轉動。更迭昇降。又如第一六七圖為具有大飛輪之抽氣機。圓筒內活塞之昇降。以大飛輪之旋轉為其原動力。此二種抽氣機。其構造視前通常應用之抽氣機。較為繁複。故其排除容器內空氣之力亦

第一六五圖



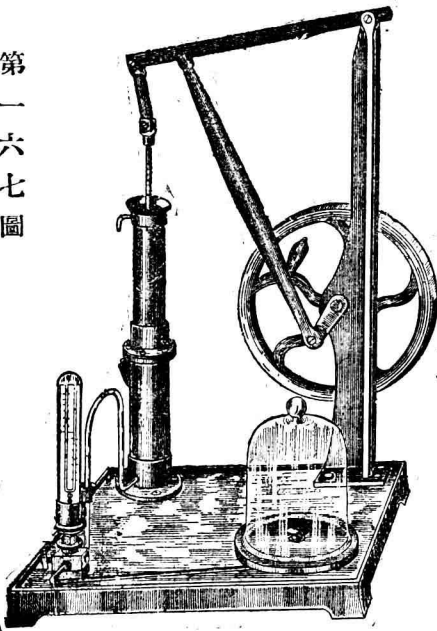
較大。

實驗法 抽氣機種類既多。故其用法稍有不同。茲就第一六四圖之抽氣機。略述其用法以概其餘。先將圓盤中央部之螺旋塞取去。在其小孔注入植物油少許。然後取布片拭淨圓



第一六四圖

第一六七圖



盤表面粘附之塵埃。以牛脂或羊脂塗附於玻璃罩口緣。覆於圓盤之上。令互相密切。毋使外界空氣竄入。即將其(G)橫管上特設之活塞(H)開放。乃以一手掀住鐘罩。一手執槓桿之柄。不絕提押。則圓筒中活塞。即隨而更迭升降。約經數次提押之後。其覆於圓盤上之鐘罩。一似為圓盤所膠粘。任用大力。不能提舉之。使二物互相分離。若拔去(G)橫管上之活塞。令空氣由此入於鐘罩內。則一舉手。鐘罩與圓盤立即分離。可不費絲毫之力。

迨實驗既畢。仍將螺旋塞旋入於圓盤中央之孔。以防塵芥入於其中。此外尚有各種實驗法。分述於後。茲不贅。

原理說明 本器最要之機杼。實全在於活塞上及圓筒底部(D)(E)之二舌瓣。蓋當槓桿之柄押下時。(C)活塞即上昇。此時(A)圓筒中遂成真空。(F)鐘罩內之空氣。遂由(G)橫管入於圓筒底部。因其自身張力。推動(E)舌瓣令向上開。更由此入於圓筒中。迨槓桿之柄提舉時。(C)活塞即下降。此時圓筒中空氣。乃以自身張力。壓(E)舌瓣使向下關閉。不能再由(G)橫管回至(F)鐘罩內。且圓筒中空氣。因被壓而縮小其體積。張力乃愈增。於是不得不推開活塞上之(D)舌瓣。由此逃出於筒外。如是(C)活塞之一昇一降。(D)(E)兩舌瓣。即迭相開閉。若升降不停。則鐘罩之空氣。有出無入。終至漸次稀薄。致不能與外氣相抵抗而止。故用此器將鐘罩內空氣抽去後。任何用力。終不能將鐘罩提舉使與圓盤分離者。實由於鐘罩外受有極大氣壓。其內部則別無同等之力。以與之相抵抗故耳。凡各種容器。經抽氣機抽去空氣後。通常即謂之真空。然實際則仍有若干量空氣存留其中。決不能排除淨盡。因(E)舌瓣向上推開。全恃鐘罩內空氣之張力。迨後空氣質量漸次稀薄。張力亦減弱。終至不能推開(E)舌瓣。故欲使鐘罩內空氣盡量由圓筒中抽出。實為不可能之事。惟改用雙筒或具有大飛輪之抽氣機。則用力可節減。而其成績亦較佳。至水銀氣壓表之功用。為測驗鐘罩內空氣已否抽盡之用。蓋在平時。因空氣施壓於水銀面。故閉管之之水銀面。必視開管較高。迨後空氣漸次抽去。則在閉管之口端。水銀漸次下降。向開口之管端上昇。若至兩管之水銀互相平衡時。是即為鐘罩內空氣業已抽盡之證。

抽氣筒

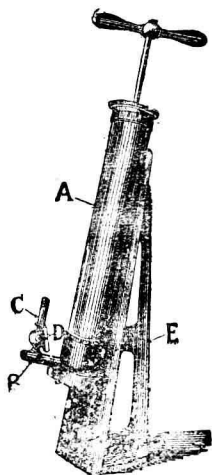
Air pump, simple form

用途 抽氣筒，亦供抽去容器內空氣之用。與抽氣機同。惟其製作較為簡單。

構造 如第一六八圖 (A) 為金屬製圓筒。內具昇降活塞。及向上開之舌瓣。其構造抽氣機無異。底部有橫管 (B)。又於橫管上設一直管 (C)。其中有司啓閉之活塞。如 (D)。(E) 為立形鐵製臺座。令 (A) 圓筒固定於其上。

實驗法 取橡皮管一條。一端連於 (C) 直管之口。他端則與某種容器相接。乃開放 (D) 活塞。手執圓筒內活塞之柄。不絕提押之。則容器內空氣經橡皮管而入於圓筒中。更由圓筒中排除於筒外。

原理說明 在理化學中。凡遇欲抽去小器內空氣時。恆以此種抽氣筒為之。其手續視用抽氣機較為簡單。至其所以能抽去器內空氣之理。已詳述於前節抽氣機項下。茲不贅。



第一六八圖

驗氣壓半球

Magdeburg's hemispheres

用途 驗氣壓半球，供證明空氣有極大壓力之用。一名麥堡半球。

構造 本器以銅或製成。如第一六九圖。(A) (B) 為兩個半球體。

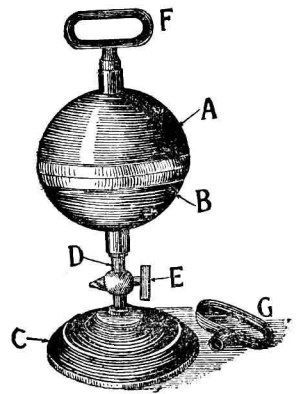
其口緣須磨之極平滑。則兩半球相合時。方不致洩氣。平時將(B)半球以螺旋旋入於臺座(C)之上。更以(A)半球與之相合。(D)為金屬管。附於(B)半球之下。與其底部之孔相通連。並於其近下端之處。附有活塞(E)。以司啓閉(F)(G)為兩半球之柄。便於執持。

實驗法 先將此器從(C)臺座取下。移置於抽氣機圓盤之孔中。預以油脂塗於兩半球口緣。使之密切。次將(E)活塞開放。抽去兩半球

中空氣。仍將(E)活塞關閉。即從抽氣機上取下。以(G)柄連附於(D)管之下端。於是使二人對立。各以一手執持(A)(B)兩半球之柄。雖用力牽引。終不能使之分離。若將活塞(E)開放。令空氣入於球內。則兩半球立即分離。毫不費力。

原理說明 如前真空測定氣壓管實驗之結果。得測知地面上空氣力壓之重。等於水銀柱高七六〇公釐之重。而水銀之重率為一三。六。故依此計算。可知每一平方公分之面上。所受空氣壓力。當為一公斤。若改用英制計算。則每一平方吋面上所受之壓力。當為十五磅也。例如人體全身面積。假定為十五平方公尺。則所受空氣之壓力。當得一萬五千公斤之總重量。然吾人受此偌大壓力。初不感絲毫重力。則以內外壓力。互相平均。乃相對而打消耳。本器即為證明此原理而設者。蓋(A)(B)兩半球內外都所受空氣之壓力。在平時本屬互相平均。故欲使兩半球分離。毫不費力。迨經抽氣機抽去球內空氣之後。則球內空氣向外之張力。完全消滅。僅有球

第一六九圖



外空氣向內壓緊之力。遂致 (A) (B) 兩半球。不能分離。此壓力之大小。與球面之廣狹為比例。德人葛利克氏。首先發明此器。其半球之徑為二十二吋。將空氣抽盡後。各於兩端之柄。用四馬牽引。終不能使之分離。葛氏當發明此器時。適任麥堡市長。器以地名。故謂之麥堡半球云。

驗氣壓裂膠膜器

Glass cylinder, with 2 India rubber membrane

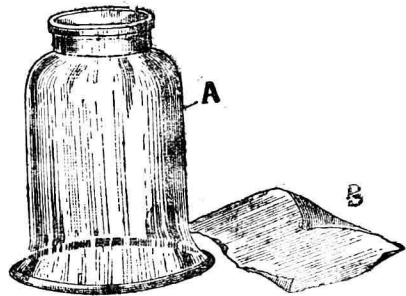
用途 驗氣壓裂膠膜器，亦供證明空氣有壓力之用。簡稱膠膜陷裂器。

構造 如第一七〇圖。(A)為無底玻璃鐘。上開一口。(B)為膠質製成之膜。須選取無破綻者。方可應用。

實驗法 先將膠膜覆於玻璃鐘上口。以絲線在口緣緊繫之。置於抽氣機圓盤上。將鐘內空氣抽出。則張於鐘口之膠膜。始則向內凹陷。終至聳然發聲。遂致破裂。

原理說明 本節之原理。與上節驗氣壓半球。全屬相同。蓋由玻璃鐘內外空氣壓力失其平均所致。因鐘內空氣漸被抽出。其密度減小。張力亦隨而減小。於是抵抗外氣之力漸弱。初則猶恃膠膜固有之彈性力。稍得伸展。故被壓向內凹陷。終至鐘內空氣，因抽氣機繼續昇降。容量愈少。張力愈減。愈不勝外氣之壓迫。遂致超過膠膜彈性之極限。不得不自行破

第一六〇圖



裂矣。

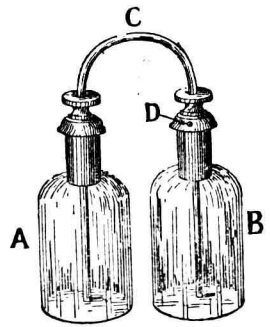
連通瓶

Communicating bottle

用途 連通瓶，又名轉水瓶。供試驗兩玻璃瓶中所容液體，因液面氣壓強度之增減。可使兩玻璃瓶中液體，任意互相移轉之事。

構造 如第一七一圖。(A) (B) 為兩玻璃瓶。由瓶口至頸部。各被以黃銅鞘管。兩瓶之間。以彎形銅管 (C) 連通之。各直達至瓶底。在 (B) 瓶之鞘管。鑿有一小孔。備瓶內空氣出入之用。如圖中之 (D)。

第一七一圖



實驗法 先將連於 (A) 瓶彎形管取去。(瓶與彎形管係用螺旋連接之故分離極易。) 注着色水於其中。約至半滿。仍取彎形管如前連接之。乃置於抽氣機圓盤上。外罩以玻璃鐘。於是將抽氣機之唧筒昇降。抽去玻璃鐘內空氣。則 (A) 瓶之水。即經 (C) 管流入於 (B) 瓶。而 (A) 瓶遂空。繼將空氣放入玻璃鐘之內。則 (B) 瓶之水。仍由 (C) 管還流於 (A) 瓶中。

原理說明 氣體之漲縮。因外界壓力增減而異。外界壓力減小。則氣體之體積。即因膨脹而增大。否則反是。故將 (A) (B) 兩瓶置於抽氣機玻璃鐘內。將玻璃鐘內空氣抽去時。則同時 (B) 瓶內之空氣。亦由 (D) 小孔逸出。遂成真空。於是 (A) 瓶水面之空氣。漸次膨脹。乃壓水經 (C) 管流入 (B) 瓶。其後再放入空氣。則玻璃鐘內空氣。復由 (D) 小孔進入 (B) 瓶。

此時 (A) 瓶空氣。當復濃縮如前矣。

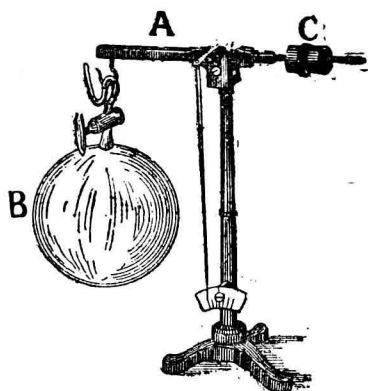
空氣浮力秤

Baroscope

用途 空氣浮力秤，供證明空氣有浮力之用。

構造 如第一七二圖。(A) 爲小形天平。於其一端懸一大而輕之玻製或銅製空球。如 (B)。他端則附一小而重之銅錘。如 (C)。此銅錘之內部。具有螺旋管。可旋於槓桿之螺旋桿上。得進退自由。

第一七二圖



實驗法 先將空球 (B) 及銅錘 (C)。各置於槓桿之一端。次將 (C) 銅錘進退之。使槓桿兩端。互相平衡。乃將全器置於抽氣機圓盤上。罩以玻璃鐘。抽去鐘內空氣。則空球即漸向下傾。而槓桿失其平衡。若放入空氣於玻璃鐘內。則空球 (B) 仍向上昇。槓桿復平衡如初。

原理說明 氣體之力。不第能自上方壓於物面。並能由下方托物使上浮。是爲氣體之浮力。亦名上壓力。與液體之上壓力無異。故可依阿屈摩特之原則說明之。即置物體於氣體中。其所減之重量。與物體排除同體積氣體之重量相等也。蓋空球在槓桿之一端。本較他端爲重。其所以能與他端之重錘相平衡者。實由於球之面積較大。故所受之空氣浮力亦較大。今若將玻璃鐘內空氣抽去。則浮力即隨而消失。於是較重之空球。乃不得不向下

傾墜。由是言之。可知物體在空氣中之重。決非物體之真重。其所差之重量。當與所排除空氣之重量相等。故凡面積較大之物體。其在空氣中所失之重量。必視面積較小之物體為多。

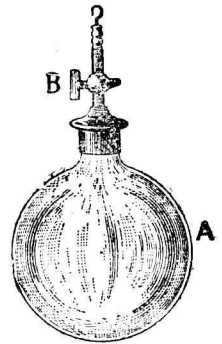
測氣重瓶

Apparatus to show wight of air

用途 測氣重瓶，供試驗空氣有重量之用。

構造 如第一七三圖。(A)為圓形玻璃瓶。頸部被以金屬鞘管。與具有螺旋之金屬管相連綴。管端有鉤。可懸於天平之槓桿。更於管之中間。設有活塞(B)。以司啓閉。平時植立於鐵製臺座上。

第一七三圖



實驗法 先將(A)瓶自臺座取下。懸於天平槓桿之一端。他端則加適量物碼。使槓桿兩臂平衡。而記其玻璃瓶之重數。次乃倒立於抽氣機圓盤之孔中，將(B)活塞開放。抽去瓶中空氣。閉其活塞。復懸於天平權之。則(A)瓶之重數。必視前減輕若干。若再將空氣放入瓶中。則與未抽去空氣之前。又復相同。槓桿兩臂。仍保其平衡之狀態如初。

原理說明 空氣為目所不能見之物。乍觀之，似初無重量可言。然因其受地心引力之牽引。故不能無若干重量。即在攝氏零度及標準氣壓時。每一公升之空氣，其重為一，二九三公分。惟非有精密器測驗之。誠無從得其確數耳。如本節實驗。第一次權得之重數為玻璃瓶與瓶內空氣之共

重。假定爲一千公分。其後將瓶內空氣抽去再權之。得九百九十六公分。計視第一次減去四公分也。此減去之四公分。卽瓶內所容空氣之重量也。

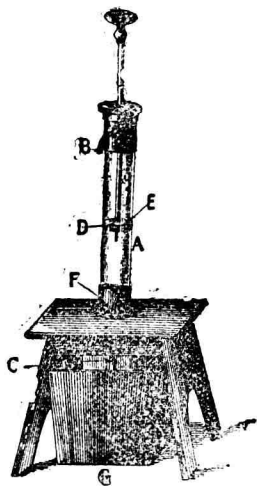
吸水唧筒模型

Model of suction pump

用途 吸水唧筒模型，供說明利用空氣壓力。得令低處之水。導之使上昇於高處之理。

構造 如第一七四圖。(A)爲玻璃圓筒。其上下兩端均被以銅製鞘管。上端有蓋。以螺旋與鞘管相連。並於鞘管之側。附以彎形流水管。如(B)。下端則另以銅製圓板。用螺絲旋定。令玻璃筒固定於木製臺座之上。更以鞘管底部。與吸水管(C)相連接。(D)爲玻璃筒內活塞。須與筒壁密相切合。得上下升降。活塞之內。有小孔二。其上有舌瓣(E)。得由下向上開放。又吸水管之上端。亦有舌瓣(F)。其啓閉方向。與(E)舌瓣同。(G)爲盛水之槽。置於木製臺座之下。

第一七四圖



實驗法 滿水於(G)槽。將吸水管(C)沒入其中。乃升降(A)圓筒內之活塞(D)。則槽內之水。卽由(C)管而入於(A)圓筒中。終由圓筒上部(B)流水管流出於外。苟活塞之升降之不停。則槽內之水。可吸之使盡。

原理說明 本器之構造。實與抽氣機相似。係利用液面空氣壓力。令低處液體上昇於高處之器也。蓋當(D)活塞提上時。其活塞下玻璃筒中空

氣。即變為稀薄。於是(G)槽中水面空氣。乃壓水使上昇於(C)管。推開(F)舌瓣而入於玻璃筒中。迨(D)活塞下降時。因活塞下之水。受有壓力。即將(F)舌瓣向下關閉。同時並將(E)舌瓣向上推開。令水由活塞中小孔。上昇於玻璃筒上部。此時若再將(D)活塞提上。則玻璃筒上部之水。即被活塞提上。由筒側流水管(B)流出。惟水面空氣壓力之重。等於水銀柱高七六〇公釐之重。亦即等於水柱高一〇公尺之重。故吸水唧筒之長。決不能超過一〇公尺以上。否則即不能吸水使上昇。且筒中活塞。若與筒壁未能充分密切。則筒中空氣。決不能完全抽去。故實際上。應用之吸水唧筒。其長度不過七公尺至八公尺之間。

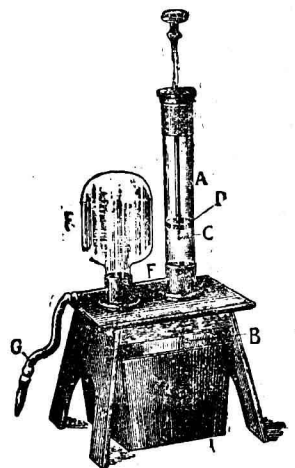
壓水唧筒模型

Model of force pump

用途 壓水唧筒模型，亦供起水之用。蓋取吸水唧筒與壓水氣櫃而兼用之者。故可激水使射至數十公尺之高。並可使水之噴射。聯續不絕。

構造 如第一七五圖。(A)為玻璃圓筒。其製作與吸水唧筒相同。下端與吸水管(B)相連。(C)為吸水管上端之舌瓣。可向上開放。(D)為活塞。與筒壁相密切。惟其上不具舌瓣。(E)為壓水氣櫃。製以玻璃質。其圓筒與氣櫃間。以金屬管(F)連通之。並於管之一端。綴以(G)之橡皮管。(H)為向上開之舌瓣。其位置在(F)管之中

第一七五圖



段。(I) 爲水槽。置於木臺之下。

實驗法 滿水於(I)槽。將吸水管(C)之下端。沒入其中。昇降活塞。則槽內之水。先由(C)管入於(A)圓筒。次復經(F)連通管入於(E)櫃。最後更由(E)櫃將水壓迫。令自橡皮管(G)聯續噴射而出。

原理說明 本器與前節吸水唧筒不同之點有二。

(其一)爲活塞上不具小孔與舌瓣。蓋吸水唧筒水之流出。必須俟圓筒下部之水。通過活塞小孔。推開活塞上舌瓣。令昇至圓筒上部後。再將活塞提舉。始得將筒中之水。令由側管流出。惟當圓筒上部積水時。若欲將活塞提舉。則所費之力殊多。至於壓水唧筒。因其活塞上不具小孔與舌瓣。故水不能通過於其上。筒中之水所以能流出者。實全在於活塞下降時之壓力。故所費之力。可視吸水唧筒減少若干。

(其二)爲吸水管與流水管之間。備有壓水氣壓櫃。蓋單用吸水唧筒。則水之流出。須在活塞提舉時。若活塞下降。水即停止流出。又單用壓水唧筒。則水之流出。須在活塞下降時。活塞提舉。水即停止流出。二者雖屬相反。然要之不能使水聯續流出。其弊則相同。今於吸水管與出水管之間。另備一壓水氣櫃。則當活塞下降時。水由圓筒經(F)管而入氣櫃中。即將櫃中空氣壓之使縮小。此被壓縮之空氣。復發生一種反動。壓水使向(G)管射出。因(F)連通管之兩端。大小不同。其射出之水量。不及壓入水量之多。故當活塞提舉時。氣櫃中之水。仍在射出。及活塞再行下降。水復由圓筒壓入氣櫃以補足之。如是無論活塞或昇或降。均得藉氣櫃內空氣壓力之助。令(G)管射出之水。聯續不絕。又吸水唧筒。全恃筒外空氣壓水使上昇。其壓力有極限。故最高時僅達十公尺以內。若壓水唧筒。其壓力之

強弱。初無限量。故可激水使射至數十公尺之高。

水龍模型

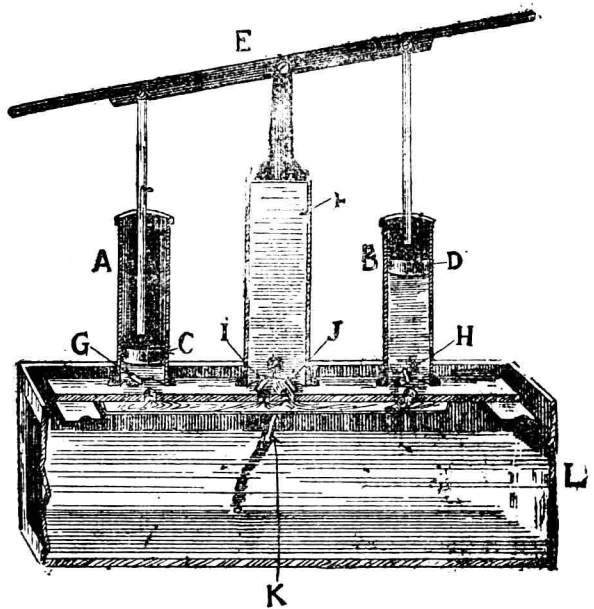
Model of fire pump

用途 水龍模型，示滅火水龍之構造。蓋即由二組之壓水唧筒并合而成者。

構造 如第一七六圖。為水龍模型之剖面形。(A)(B)均為金屬圓筒。分列左右。其內各具昇

第一七六圖

降活塞。如(C)(D)。活塞之上。各以長柄聯綴於(E)之槓桿。(F)為金屬製氣櫃。居於兩圓筒之中間。(G)(H)為圓筒底部之舌瓣。均向上開。(I)(J)為氣櫃底部之舌瓣。亦向上開。(K)為出水管。並於其對方另備一入水管。位置須視(K)管畧低。(中未圖見)(L)為容水之木箱。



實驗法 傾水於(L)木箱中。以橡皮管之一端。連於出水管(K)。他端則附以噴水器。別以橡皮管一條。一端連於入水管之口。他端則令沒入

木箱內水中。乃以兩手執持(A)槓桿之兩端。使更迭上下。則(A)(B)圓筒內(C)(D)兩活塞。亦隨而更迭昇降。水即由(K)管。經橡皮管聯續噴射而出。絕無間斷。

原理說明 本器之製作。實與前節壓水唧筒。無甚差異。惟易單筒爲雙筒。故其噴射之水。更能聯續不絕。最宜於滅火之用。即(E)槓桿向右方上舉時。(A)圓筒內之活塞(C)。即隨而上升。於是筒內空氣稀薄。(L)箱中之水。遂由入水管衝至筒下。將底部之(G)舌瓣。向上推開而入於筒內。其氣櫃之舌瓣(I)乃被閉塞。同時左方圓筒內之情形。則適與此相反。即(B)圓筒之活塞(D)。因槓桿之押下亦隨而下降。筒內空氣濃縮。壓(H)舌瓣。向下閉塞。氣櫃底部之舌瓣(J)。乃被向上推開。水即由此入於(F)氣櫃。因櫃中固有空氣之張力。即壓水使由(K)管噴出。如是(C)(D)兩活塞。互爲昇降。則(G)(H)(I)(J)四舌瓣。交互啓閉。故由(K)管射出之水。得源源不絕。

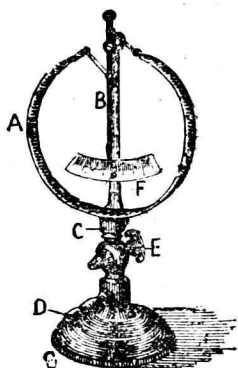
鮑盾氏壓力表說明器

Demonstration apparatus of Bourden's pressure gauge

用途 鮑盾氏壓力表，屬於金屬壓力表類。供測驗蒸汽張力之用。本品爲其簡單說明器。因係用環形金屬空管製成。故又名空環壓力表。

構造 如第一七七圖。(A)爲中空之扁形環管。以極薄銅片製成。兩端密閉。且不相連接。各附以短桿。與(B)指針相連。其底部之正中有小孔與(C)直管通連。直管之下側。又設一橫管(D)。爲氣體所由出入之路。(E)爲司啟閉之活塞。其位置在直管之中部。(F)爲弧形尺度。令指

針之尖端。適與此相切。(G) 爲臺座。於(C) 直管之
下端。附以螺旋。令直立於其上。



實驗法 取橡皮管一條。一端與(D) 橫管相
接。他端則連於抽氣機上。將(E) 之活塞開放。抽去
環管中空氣。則環管之兩端。即漸接近。指針移向弧
形尺度之右方。反之。用積氣機將空氣壓入於環中。
則其兩端離開。指針乃移向弧形尺度之左方。若以他
種氣體或蒸汽等。°代替空氣。其現象當亦相同。惟張
力之強弱。不無差異。

原理說明 無論何種氣體。若壓入於密閉器中。使之濃縮。則其反
動張力即增強。反之。若將密閉器中之氣。抽去其一部份。則質量稀薄。
其張力亦隨而減弱。本器之作用。蓋以環管曲度之增減。顯示環管內氣體
張力之強弱者。因環管係薄銅片製成。富有彈力。當管內氣體濃縮時。則因
張力之增加。環管即減其曲度。使兩端分離。指針即移指弧形尺度之左方。
若管內氣體稀薄時。則張力減弱。環管乃增其曲度。而使兩端接近。指針
即移指於弧形尺度之右方。其曲度之增減。雖係極微。惟指針與環管兩端
相接處。則因槓桿之裝置。能顯出極微之數。故視指針向左右移動之數。
即可測知張力之增減爲若干。

氣體容積壓力互測器

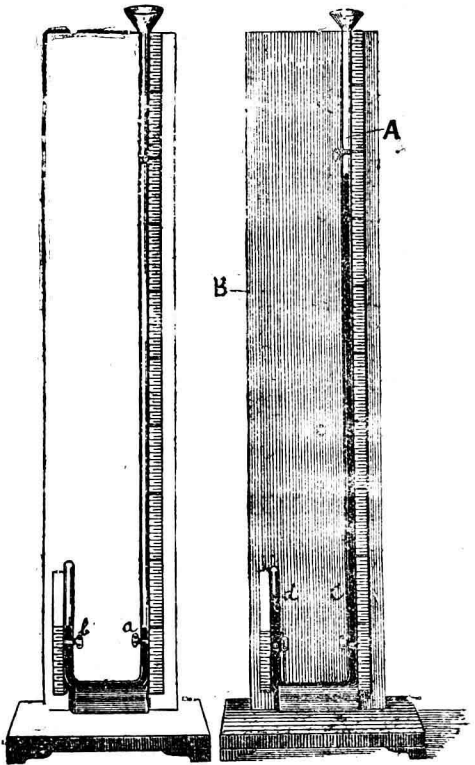
Apparatus to demonstrate, Boyle's law

用途 本器供證明氣體容積之增減。與壓力及溫度等互有相關之理。

一名波以耳定律實驗器。

構造 取長約一公尺之玻管。一端封閉。一端開口作漏斗形。屈曲之令作兩端長短不同之U字形。如第一七八圖之(A)。將此玻管固定於(B)之木板上。板之左右各附有分度尺。一端較長。與玻管之長端相切。一端較短。與玻管之短端相切。

第一七八圖



實驗法 取提淨水銀。由玻管長端之口徐徐注入。令至長短二管之水銀面，適在同一水平線而止。如圖中之(a)(b)。此時須將二管水銀面之高度。在分度尺之某度分。默誌於心中。次再以水銀繼續由長管之口徐徐注入。俟高至(c)處時。則短管之水銀面。即上升至(d)處。其長短二管水銀面之相差。當有一定比例。若將玻管之長端增長若干倍。再如前注入水銀。則此後長短二管水銀面高度相差之數。當必依此比例而增加。

原理說明 氣體之性質。加壓則容積縮小。去壓則容積增大。壓力愈大。則容積之縮小亦愈甚。其容積增減之量。常與所加壓力之數有一定關

係。英人波以耳氏。常就其實驗所得之結果。創爲一種定律如下。

在同一溫度時。氣體容積之增減。與其所受之壓力適成反比例。

是爲波以耳氏之定律。本節實驗。即所以證明此定律。蓋當第一次注入水銀。長短兩管水銀面適在同一水平線時。可知其短管內空氣之壓力。必適與長管所受外界空氣之壓力相等。故能保其平衡。今假定此壓力爲一氣壓。至第二次續注水銀於長管中時。其長短兩管水銀面相差之距。爲(c)(d)。此(c)(d)之距。又可視爲等於空氣一氣壓之壓力。故在(e)(d)閉管內空氣之壓力。必等於二倍空氣之壓力。即於平時一氣壓之外。再加一氣壓。而爲二氣壓也。同時細檢短管內空氣之容積。則視前縮小。適爲前次二分之一。若依前法續次由長管注入水銀。使壓力增加三倍或四倍時。則短管內空氣容積。亦必縮小爲三分之一或四分之一。由此可知氣體容積之增減。視壓力大小爲轉移。即壓力增至某倍。容積必縮小至某分之一。反之如壓力減去某倍。則容積必增大至某分之一。惟行此實驗時。不可不兼注意於溫度之昇降。蓋溫度升高。氣體容積即隨而膨脹。反是則縮小。二者適成正比例也。

積氣噴水器

Air compressor

用途 積氣噴水器，供壓入空氣之用。與抽氣機適相反。並以示器中空氣壓入愈多。其質量愈濃縮。則其壓於水面之張力。亦愈能增大之理。

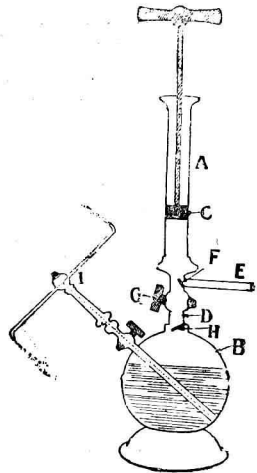
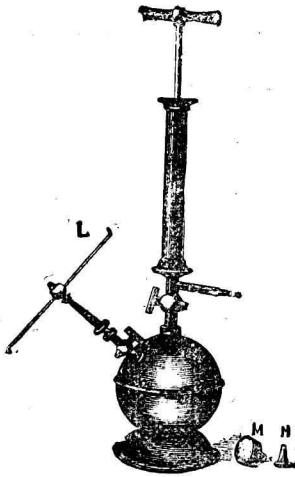
構造 全部由銅質製成。如第一七九圖。爲其外形。第一八〇圖。則其剖面之形也。(A)爲長圓筒。內有活塞(C)與筒壁相密切。可上下昇

降。(B) 爲圓形大氣櫃。

第一七九圖

第一七〇圖

(D) 爲連接 (A) 筒與 (B) 櫃之管。其上部橫綴一 (E) 短管。管內具向內開之舌瓣 (F)。又於其中部設一司啓閉之活塞 (G)。下部設一向內開之舌瓣 (H)。(I) 爲出水之管。由 (B) 櫃肩部。插入櫃內。令管之下端。達於櫃底。上端則附以噴水嘴。其噴水嘴



有三種。(一)爲風車形者。由左右分出矩曲形細管各一。其噴水孔。適處於相反位置。如(L) (二)爲蓮蓬形者。表面細孔甚多如(M)。(三)爲水龍形者。表面僅有一孔。如(N)。

實驗法 先將(D)管由(B)櫃取下。從小孔中灌水入櫃。約至半滿時。仍取(D)管裝置如前。次將(C)活塞不絕昇降。並取三種噴水嘴。以次裝置於(I)管之上端。則櫃中之水。即經(I)管由噴水嘴噴射而出。其噴射之狀。視噴水嘴而異。即用(L)時。可使左右矩曲形之兩細管旋轉如風車。用(M)時。則其噴射之水。向四周平均飛濺。狀如張繖。用(N)時。則水僅能向上直射。與水龍之噴水無異。

原理說明 在密閉器中。若將空氣由器外絡續壓入。則器內空氣愈積愈多。密度愈大。終至因其反動之張力。壓迫器內之水。使由他處噴

出。此理已於海崙球節詳述之。本器之構造。實亦應用此原理而作者。蓋(D)管下部之舌瓣(H)。係向下開者。與抽氣機之舌瓣向上開者適相反。故當(C)活塞向上提舉時。空氣即由(E)短管而入。推開(F)舌瓣進入(A)筒中。迨(C)活塞下降。則(F)舌瓣。即被壓而閉住。此時(H)舌瓣。乃被壓而向下開。空氣即由斯入於(B)櫃。故(C)活塞如更迭昇降不已。則(B)櫃內空氣。有入無出。愈積愈多。水面因受極大氣壓。遂不得不將櫃中之水。迫之使由(I)管噴射而出矣。

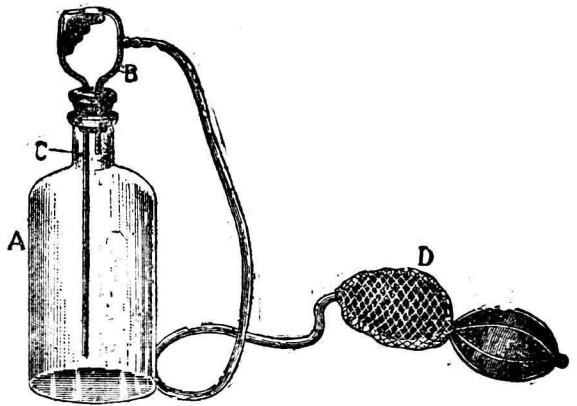
噴霧瓶

Squirting bottle

用途 噴霧瓶，亦供證明在密閉器中積氣愈多。則其張力亦愈能增大之理。與積氣噴水器相同。

構造 如第一八一圖。(A)為玻璃瓶。(B)(C)為兩種彎形金屬管。其上端噴口。均須極細。令互相接近。裝置成直角形。此兩種彎管。均穿過橡皮塞中。更以橡皮塞密塞於(A)瓶之口。(C)管之下端須直達瓶底。(B)管則較短。其下端僅達瓶頸而止。(D)為附有橡皮管之橡皮泡。連於(B)管之中

第一八一圖



部。供壓入空氣之用。

實驗法 注某種液體於(A)瓶中。以橡皮塞緊塞瓶口。乃以一手捏橡皮泡。磨績送入空氣。則瓶中液體。即沿(C)管而昇騰。由上端細口射出。析成霧狀細點。噴濺四周。

原理說明 本器製作原理。與前節相同。蓋亦由於器中氣體之濃縮。乃壓水使上騰也。惟其壓氣入內之法。則以橡皮泡代圓筒活塞及舌瓣等。故其構造較為簡單。至於(C)管上端所以能噴成細霧之理。則因橡皮泡捏緊時。外界之空氣。一部分由(B)管之下端壓入瓶中。其一部分則由上端細口衝出。因其衝出時。勢力極迅速。故隨將(C)管上端射出之液。衝散而成細滴也。

吹霧器

Squirt.

用途 吹霧器，供說明器中氣流之速度增加時。則壓力即減弱。器外液體。乃得逆騰而上昇之理。通常用以噴射各種液體。

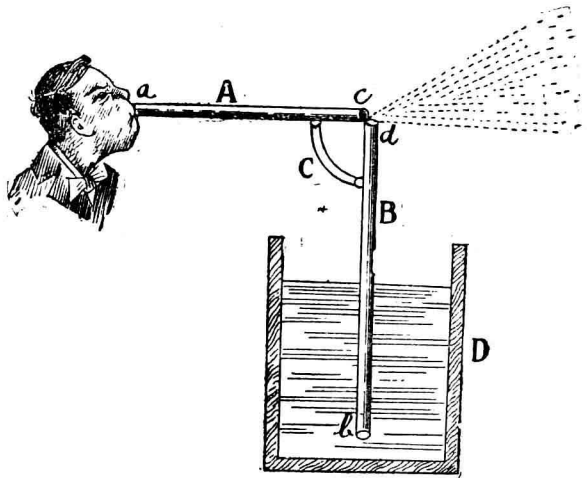
構造 如第一八二圖。(A)為橫管。(B)為直管。均用黃銅製成。連以(C)之活動機括。其各管之兩端。粗細不同。即(a)(b)之端較粗。(c)(d)之端。須較細也。

實驗法 將(A)(B)兩管裝置成直角形。令(c)(d)兩相接近。乃取(B)管之(b)端。侵入於(D)之容水器中。以口就(A)管之(a)端用強力吹息入內。則(D)器中之水。即由(b)端上昇至(d)。析成細霧。噴射而出。

原理說明 凡氣體當流動極迅速時。則其擴散之度當亦較速。於

是其部之壓力。必視平時減小若干。此時外界氣壓，因視流動處之氣壓較大。乃不得不乘隙竄入於其中。本器即基於此原理而作者。蓋當空氣由(a)端用力吹入時。其(A)管中氣流之速度。本已較大於平時。迨由(c)之狹端衝出於

第一八二圖



外。則因其面積較小於(a)端。其流動之速度。更為增加，且同時並能引起(B)管內空氣之激動。復以極迅速之勢力。向(d)端流出。此時(B)管內氣壓減弱。其在管外之空氣。遂施壓於(D)器之水面。押水經(b)端而昇騰於(B)管內。由(d)之狹口溢出。復因(c)端空氣之力。將水滴析成細霧。向四方噴射。故實驗此器。吹入空氣時。必須用力。使氣流之速度增加。乃能吸(D)器內之水使上騰。否則若如尋常時之吹氣。則不能顯此現象也。

驗氣壓板

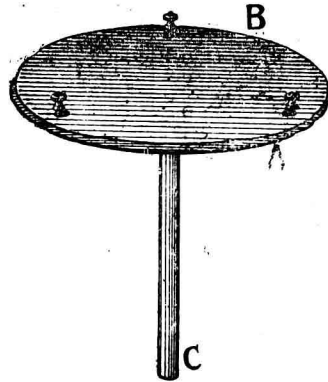
Clement's apparatus for showing aspirating
action of current of air

用途 驗氣壓板，供證明氣體急速流出時。因其內部氣體由濃縮而

變為稀薄。故其張力亦不得不從而減弱之理。

構造 如第一八三圖。(A)為銅製圓板。其正中有圓孔。後方有之銅管(C)。與圓孔相銲連。(B)為鐵葉製極薄圓板。與(A)圓板相對。兩板之間。連以小螺旋。平時相距約二三公釐。

第一八三圖



實驗法 以口啣(C)管之一端。用強力吹氣入內。則(B)圓板即被吸引。而附著於(A)圓板。若更繼續用力吹之。則兩板即緊相貼切。不復離開。

原理說明 氣體濃縮。則張力增強。稀薄則張力減弱。此其理已於空環氣壓表中備述之。如本節實驗。當由(C)管急速吹入空氣時。在理應令(B)圓板與(A)圓板離開。決無吸引而接近之事。乃其結果適與之相反者何哉。蓋(A)(B)兩板間本有空氣存在。今更由(C)管用強力吹入空氣。則兩板間之空氣。即以極迅速之勢力。向四周擴散。於是密度減小。其張力反不及外界壓力之大。故(B)圓板乃因受外氣之壓力。不得不移近(A)圓板之方向緊相切合也。

螺旋推進器雛形

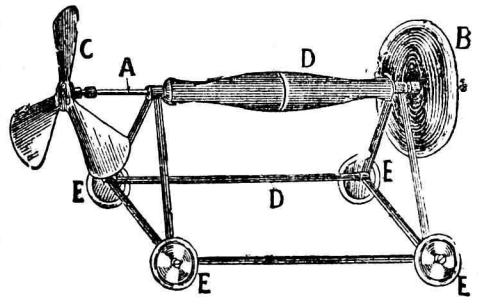
Model of propellar

用途 螺旋推進器，專用之於汽船及飛機之進行。本器乃簡單雛形。蓋用以說明推進器之原理者也。

構造 本器全部以金屬製成。如第一八四圖。(A) 爲槓桿。一端附有飛輪。如(B)。他端附有輪頁。

第一八四圖

如(C)。(D) 爲三角形架。架上橫臥一長圓筒。(A) 之槓桿。即通過於其中。(E) 爲滑走輪。前後左右各一。



實驗法 先在桌上鋪設厚玻片一塊。將本器安放其上(若無厚玻片在平滑之地面上試之亦可)次以長棉索卷繞於近(B) 處之槓桿。以一手執持金屬圓筒中央部。以一手牽引棉索。旋即放去。則(A) 槓桿即發生迴轉運動。同時飛輪(B) 及輪頁(C)。亦隨而迅速迴轉。於是滑走輪(E) 因輪頁迴轉之力。遂不得不推向前方進行。

原理說明 螺旋推進器。係利用流體之反動抵抗力，將浮游於其上能自由運動之物體，推動之使向前進行者。其用之於水上爲船舶。用之於空氣中者爲飛機。船舶所用之推進器。通常由輪頁而成。實爲一種變形螺旋。其位置在船尾水線以下水平軸上。(俗謂之暗輪)此軸通入船內。用汽力或其他動力轉動之。水平軸轉動。推進器亦隨之而轉動。當推進器轉動時。輪頁即撥水使之後退。故船身得向前進行。同時被撥後退之水。立即再向前流動。因其反動之抵抗力。壓迫船身，令不得不向前進行。輪頁轉動愈速。則船身之推進亦愈速。至於飛機所用之推進器。其構造及位置，與船舶所用者畧同。其唯一任務。在攪動其周圍之空氣。俾發生氣流。同時並引起一種反動之抵抗力。使機身前進及向上飛昇。其作用與船舶之推

進器毫無二致。惟空氣與水，其密度之大小相去懸殊。故其推進力之強弱。不無差異耳。又本器中所以設置圓形飛輪之故。則全恃其重力作用。俾輪頁得為永久迴轉。且增加其迴轉之力而已。

飛機模型 單葉式

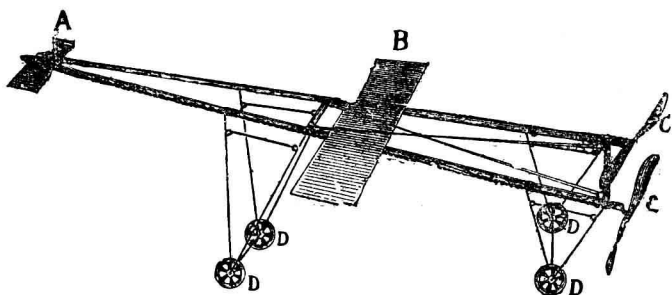
Model of Aeroplane

用途 飛機係完全不藉空氣浮力，僅由機械動作。利用空氣之抵抗力，以浮游於空中。且得自在飛行之機械。本器為其簡單模型。用以說明飛機所以飛行於空中之理。

構造 本器全部用細木桿製成。狀如第一八五圖。前端作銳形。後端稍鈍。(A) 為升降翼。位於機身前部。(B) 為主翼。位於機身後半部。均用薄紗張於長方

第一八五圖

形之框上。專司浮揚於空中之用。故有浮揚面之名。(C) 為螺旋形推進器。位於機身最後之部。



左右各一。(D) 為滑走輪。在機身之前後。各有二枚。能滑走於地面上。

實驗法 先取橡皮條兩束。(每束由六條組合而成)各將其一端繫於機體前端鈎上。他端則與螺旋推進器附屬之小鈎相連綴。次乃以兩手把持左右之螺旋推進器。徐徐迴轉之。約有二百八十次至四百次。其迴轉

之方向與次數。左右均須相同。乃將本器安置於斜面板上。急放兩手。則左右之輪頁。因橡皮條之彈性作用。即欲回復其原狀。遂發生一縣迅速迴轉運動。使滑走輪向前進行。同時並將機體舉起。令上昇於空中。迨橡皮條既回復原狀。輪頁之迴轉停止。機身亦遂落地。

原理說明 按氣體重學定律。凡能上浮於空氣中之物體。其比重必須較小於空氣。如氣球與飛艇。皆以比重小於空氣之氫氣。充實氣囊中。故能浮游於空中。若夫飛機。其全體重量。遠過於空氣。奚翅倍蓰。何以竟能昇騰於空中而不墜耶。此其故實不得不歸功於空氣之抵抗。蓋飛機之原動力為輕油發動機。(俗名馱司林引擎)當發動機動作時。以非常速率。使螺旋推進器迅速迴轉。緣此遂惹起空氣之抵抗於翼面。更藉此空氣之抵抗。遂使機體得上昇於空中。茲依分力之原則說明之。即當空氣流動之處。若與其流動方向成某種角度。支以一不運動之平面。固足以引起空氣抵抗力。反之若在靜止空氣中與其自身方向成某種角度。支以一能運動之平面。則亦能引起空氣抵抗力。故當飛機向前進行。空氣必以斜向之勢力。與其飛揚面相衝突。發生一種極強之抵抗力。而就此抵抗力中。更可分解之為垂直分力與水平分力二種。其垂直分力之抵抗。若較大於飛機全體之重量時。則機體即被舉而上昇。故此力可名之為昇騰力。至於水平分力。係一種妨礙進行方向之力。故可名之曰抗進力。今欲使飛機迅速向前進。非令推進器之力。遠過於此抗進力不可。而當飛機迅速前進時。同時並能引起空氣之抵抗。施強力於主翼之部。使機體昇騰於空中。蓋即由垂直分力一變而為昇騰力矣。故昇騰力之大小。隨飛行之速率而增減。苟中止機體之進行。則空氣之抵抗力。立時消失。機亦同時下墜於地面。

至於飛機下方所以必具有數個滑走輪者。蓋在飛行之前。必先使機體在地面上速走。俟得有相當之速度後。始得上舉於空中也。