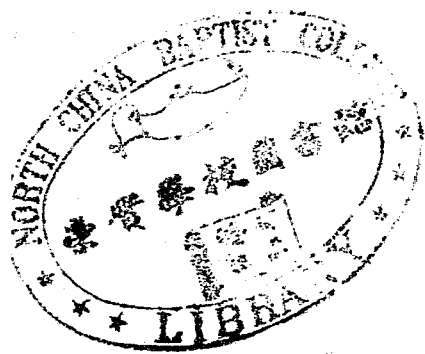




中学 格致教科 3;



Carter Sci. Lib. Sub. - V



3 1771 5933 6

MG  
G634.7  
27

# 格致教科書

## 第一章 總論

### 第一節 原質

地球上之各物。無論爲人目所能見。或不能見。既成一體。能佔地位者。皆爲一種或數種極細之質點。合聚而成。其極細之質點。卽爲原質。

巍巍大山。皆爲此極細微目不辨之質點合聚而成者。非質。非莽。巨陸。嘗或變也。蓋原質永無增減。無一質能造之使有。亦無一質能滅之使無。其分合變化。皆依自然之理。有改變而無生滅。試以淨青石一塊。先衡其輕重。加以烈火。見有白煙衝出。去火而復衡之。頓覺減輕。不將謂青石之質。被燒而化滅乎。如以法收取其所洩之白煙。與燒剩之石灰。併而稱之。則可得其原物之重。可見原質無消滅之理。失於此而得於彼。無論用化學試驗與格致試驗。其收效無不同者。

格致教科書 第一章 總論



原質合聚而成物。常變動無定。或冷或熱。或動或靜。或聚或散。或積或消。或變顏色。或易形性。千變萬化。層出不窮。是書爲推察其所以然之故。而明言其理者也。

### 習問

- 一 合成萬物之細微質點何名
- 二 原質時有增減否
- 三 試言原質永無增減之據
- 四 物體常有何變動

### 第一節 物質之公性

萬物皆具數性。謂之公性。卽有立積。不並容。含微隙。可剖分。不泯滅等性。是也。

天下之物。或大或小。或長或短。必有一形體。此形體卽爲立積。

物體既有立積。無論在何處。必佔一地位。此地位不能於同時并容他體。如案上有書一冊。倘非移之。莫能更以他冊置於此冊所佔之處。所以任何二體。不能同時同居一處。此卽所謂不並容也。

物體既爲原質合聚成者。其各質點之排列。非能恰密。其間均有微隙。如饅頭木料海絨之有孔也。此種孔隙之最細者。雖極精之顯微鏡。尙難察見。如黃金之密。亦有微孔。試以金製空球。滿以水。密封其口。加大力壓之。則水能透出如汗。此卽含微隙之明徵也。

凡體皆可剖爲更小之分。如沙一粒。可分爲二。爲三。爲四。以至無窮。蓋物體既爲極細微之質點合聚而成。則是能化分至極細微。復其原質之大小。既能合。必能分。自然之理也。

物體雖可分爲極細。然不能化滅至無。如煤一塊。爐中燒之。所餘灰燼。小於煤數倍。似大半已泯滅矣。細查之。燒時所發煙霧。散於空氣內。適等灰燼之所少。若以法收取之。仍可得其原質。權於天平。不稍改重。物體經火。不過變其形性。未嘗滅也。

### 習問

- 一 何謂公性。
- 二 公性之要者有幾種。
- 三 何謂有立積不並容。

四 含微隙之理如何

五 可剖分之理如何

六 試言不混滅之證據

### 第二節 察看與試驗之法

講究格致之理。最當注意於察看試驗二法。先察看其所當然之理。而試驗其所以然之故。譬有二木於此。孰大孰小。果能一觀便知。如木有瑕疵而欲求瑕疵之所從來。及瑕疵之深淺隱顯。必細加察看而後可原其理。至欲求二木之孰輕孰重。則非察看所能知者。於是用試驗之法。或以天平衡之。或於水面試其浮沈之度。如以二木體積相等。入水則各浮於面。知此二木皆輕於水也。乃加重之。使重於水。則自沈矣。如一木加什一之重而沈。一木加什二之重而沈。則二木之輕重判然晰矣。故講格致之理。最要為察看試驗二法。

#### 習問

- 一 講究格致之理最要何事
- 二 察看與試驗二法如何分別

- 三 察看之效驗
- 四 試驗之效驗如何

#### 第四節 原因與結果

凡事有原因。必有結果。有結果。必有原因。有相因而無偏廢。亦自然之理也。然二者須細加察驗。庶能分別。極易誤會。蓋時有二事肇於一時。未必果一爲原因。一爲結果也。譬如見雷電交作之際。電發光於先。雷振聲於後。人易誤會爲雷乃電之結果。其實非也。雷與電皆爲空中二電磨擦而生。光與聲同時並發。惟光之傳播較速於聲。是以電光見於先。雷聲聞於後。是二者同爲發電之結果。二者之自爲因果也。細加考求。始知其理。故習格致之學。察看與試驗二法。不可不深致意焉。

#### 習問

- 一 何謂原因結果
- 二 原因與結果何以不易分別
- 三 人何以易誤雷爲電之結果
- 四 究竟如何

### 第五節 格物試驗與化學試驗

如以二木浮水。試驗其重輕。木在水中。輕重判然。迨於水中取起。其體毫無變動。是可名爲格物試驗。如火焚青石。石之原質鈣養炭養二互相分離。炭養化煙而散。僅存鈣養爲石灰。則盡變其形性矣。如欲復使復其原形。則不能也。此名爲化學試驗。

又試以二杯。一杯盛鹽少許。和水於內。鹽化於水而不見。其水成鹽水。乃傾水於鍋內。以火蒸之。或使暴於日光。水化汽而散去。鹽留鍋底。仍復原形。不稍減滅。此格物試驗也。一杯盛硫酸水。浸鐵一塊於內。少頃。鐵亦化於水而不見。水忽變綠色。亦傾於鍋內。蒸之。然水化盡後。鐵不能仍復原形。杯底惟留一美麗如水晶寶石之物。與鐵之形性。迥乎不同。此乃硫酸水與水化合而成之新質。盡失其二物之本性。此化學試驗也。

總之。格物試驗與化學試驗。同一試驗。而收效各殊。格物試驗不變物質之本性。化學試驗形性俱變。能分合其原質。化成新質。此格物化學之異趣也。

#### 習問

一 鹽化於水其形性有變更否。



- 二 鐵與硫強酸化合何形狀
- 三 格物試驗與化學試驗異同何在

## 提綱

### 第一節

- 一 萬物俱爲一種或數種原質合聚而成
- 二 原質永無增減
- 三 物體常變動無定是書爲推察其所以然之故而明言其理者也

### 第二節

- 一 物質公性之要者即有立積不並容含微隙可剖分不泯滅是也
- 二 有立積者謂某體佔地位若干即其長寬厚也
- 三 含微隙謂體中含不相切之隙也
- 四 可剖分謂凡體可分至極細幾爲無窮
- 五 不泯滅言人不能滅物質使無也
- 六 不並容謂無論何二物體不能同時佔一地位也

### 第三節

- 一 研究格致之理最要在察看試驗二法

- 二 察看者察看其外面之情形也。
- 三 試驗者試驗其蘊微之理也。

#### 第四節

- 一 凡一事必有原因亦必有結果也。
- 二 原因爲事之始結果爲事之終。

#### 第五節

- 一 格物試驗其形性毫不更變化學試驗其形性盡變化合其原質而另成一新質。

### 第二章 論三種物質

#### 第一節 實質流質氣質

木石之類。實質也。油水之類。流質也。極細極微周流宇內者。氣質也。實質乃一種或數種原質凝合甚堅。自具形性。必藉他物之勢力加之。乃得分散。流質隨器成形。無一定之式。氣質人目所不能見。似無質體者。其實與實質流質無異。試以杯中盛水。以稍小之玻璃杯。倒覆於水面。如第一圖。強壓之。使深入於水中。而水不能浸滿杯中。但至甲處而定。蓋杯中存氣質於



第一圖

內質體不能並容。所以然耳。如將杯稍斜。有氣泡由杯口透出。升至水面。水得漸入。泡盡而杯中盡爲水矣。此見氣質讓水而外出。而後水得入以佔其地位。使氣無質。何以能有與他體不並用力。不過其質甚細微而目力難見耳。

大凡物體多具此三種性質。或實。或流。或氣。迭相變化。水卽可爲明證。水本流質。遇冷凝冰。成實質。遇熱化汽。成氣質。歷試他物。無不然者。如以錫一塊置於鐵勺之內。加火於下。如第二圖。初錫爲實質。被火之熱。乃化爲流質。又加以極熱。則漸化爲氣而不見。是以定質遇熱則化爲流質。流質再熱則化爲氣。反之。氣質遇冷則合爲流質。再冷則凝爲定質。迭更化合。循環不窮。

### 習問

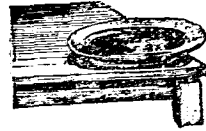
- 一 何謂實質。流質。氣質。
- 二 實質。流質。氣質之類爲何物。
- 三 何以知氣亦有質。



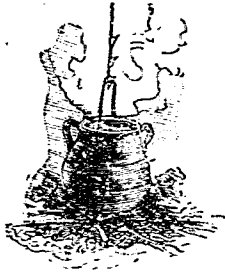
圖 二 第

四 三種物質如何變化  
五 水與錫之變化其理同否

### 第二節 水化氣之試驗



實質遇熱則漲而疏，乃成流質。流質遇更熱，則化氣而散。此第一定之理也。化氣之法有二。一、化氣於無形。人莫知其為化。三氣而散。如置滴水於盆中。久之自乾而不見。雖在冬季之時。苟非至冰度之冷水。亦能漸漸化去。不過較遲耳。然則果遇熱而化氣乎。曰：誠然也。蓋雖在寒冬之際。似若無從遇熱。然苟非遇極冷之氣而凝冰。必感受光之微熱。緩緩化氣而散。雖似無熱。其實仍感熱也。因其化氣升空。極微而



第 緩。故人不能覺也。一受大熱而化汽。如以水置鍋  
四 中。置於火上蒸之。初無動靜。及稍感熱。即有汽泡  
圖 浮騰水面。及水沸時。有汽如雲。升至空中。歷多時  
而水泯矣。此二法同為水遇熱而化氣。一受微熱。  
所化極微極緩。一受大熱。化氣極多而驟。所以人

難察於彼而易覩於此。

### 習問

- 一 質質何以能化流質
- 二 流質化氣與質質化流其理同否
- 三 流質化氣之法有何二種
- 四 自乾之法如何
- 五 加熱而化之法如何

### 第三節 氣化水之試驗

氣質遇冷。即凝爲水。其凝水之故。乃氣所含之微水點。點點相遇。愈聚愈多。而成水。如灑水點於荷葉之上。初爲細微顆粒。散於荷葉之面。輕輕將葉翻動。使其各點相遇。漸凝爲一大點。此爲細點成水之例。水沸之時。上升之水點最濃。乃可凝合成水。試於滾水之鍋。俟其汽雲布之際。上承一冷玻璃盆。如下圖。汽遇冷即凝合。見盆面點滴如露。歷時稍久。即



第五圖

有清水下落。此即水化之汽。仍凝水也。

汽化成水。其水極清。如流質挾有雜質。其沸出之氣質。幾乎毫不含之。如鍋內盛鹽蒸出之汽水。全無鹹味。鹽仍留於鍋底。是以雖極濁之水。其蒸出之氣水。無不純清者。

雨露之成。皆依蒸水之理。空氣中所含之水氣。忽遇冷氣。乃凝合成稍大之水點。因重於空氣而下降。下降之時。又與存留於氣中之水點相遇。成爲更大。其水亦極清潔。無雜質於中也。

### 習問

- 一 氣如何凝水。
- 二 水爲細水點所成。何以見之。
- 三 汽水中仍存原水中之雜質否。
- 四 雨露何由而成。
- 五 何以能降下。
- 六 其降下之時。尙有何變動。

## 第四節 氣流實三質被壓之理

凡物被壓。能使其原形減小。此何故也。此不過使其質點之排列擠軋愈緊耳。譬如置西瓜於大桶之中。初堆積甚高。見其排列之間。空隙甚大。上加壓力。使西瓜盡碎。則尙不滿半桶。而不見頃之大空隙矣。又試壓海絨一塊。亦能壓之甚小。因其中有空隙甚多也。所以物能壓小。不過使其質點排列愈密耳。

氣之質點。疏於流質。流質又疏於實質。故氣質被壓。能較他二質愈小。如以玻璃杯倒覆於滿水之玻璃瓶中。杯初至水面時。水在杯口。不能升高。因杯內空氣不能向外洩出。故抵住水。不使入內。復加力壓下。至瓶底。則水升高至甲處。如第六圖。蓋杯中所存之氣。與水之抵力相推。其質疏於流質。被壓甚緊。故縮小。而水得稍升高也。以杯提起至水面。則水仍被推出至杯口。仍復原處。此氣質之被壓小也。流質與實質更密於氣。故不能壓小如此。雖用極大機器之壓力。亦不顯其效。實質愈甚於流質。蓋所以能壓小者。不過擠密其質點之排列耳。今其



圖 六 第

質既甚密。復使之密而愈密。則質之愈疏者能壓愈小。愈密者愈不能小。其理無可疑矣。

然實質既不壓小。何以能以拳大之海絨握於手中。似尙不及一桃核之大。又加力壓木塊。能使小於原體。殆至一倍。然則此二物非爲實質乎。曰。此蓋海絨與木之微孔甚多。微孔中盡存空氣。一經壓力。則其中空氣立被逐出。質點軋緊。所以小也。如空氣既被逐出之後。不能復小矣。

### 習問

- 一 物何以能壓小
- 二 三種物質中何種能壓之最小
- 三 流質與實質何以不能壓之至氣質之小
- 四 何種最不能壓小
- 五 氣質壓小之試驗如何
- 六 海絨與木能壓小是否壓小其質點

### 提綱

## 第一節



一 萬物大抵爲實流氣三質。

二 實質爲一種或數種原質凝合甚堅自具形體如木石之類流質隨器成形無一定之式如油

水之類氣質細微難見流蕩空中卽天氣是也。

三 萬物遇熱或遇冷俱能使此三種物質迭更變化如水本流質遇熱化爲氣遇冷凝成冰爲實

質如錫本實質加熱融爲流質再熱散爲氣質。

四 實質遇熱融爲流質又熱化爲質氣反之氣質如冷成流質又冷凝成實質。

### 第一節

一 流質化氣之法有二一遇微熱自化人不能見如雨溼屋頂久而自乾二加大熱而化氣。

### 第二節

一 氣合成水因各微水點遇冷而結如荷葉上細珠結合然。

二 汽水極清如流質含有雜質沸出之汽發毫不含之。

### 第四節

一 物體被壓而減小因其質點之排列淆亂愈緊也是以物質愈疏者能壓之愈小。

二 壓小物體雖用極大之機不過壓小無多如加小冷使變其形質如氣變流則縮小之數更大

於強壓者。

三 氣質疏於實流二質故壓小較易實質壓小最難。

## 第三章 熱學

### 第一節 論熱

熱爲何物哉。從無人能言之也。蓋熱之爲熱。無質無聲。無積無重。其實無此一物。然則何從而有熱。曰。動而成耳。熱非物也。卽動也。凡雜質之合點。恆動不止。增其顫動之速率。體卽發熱。譬如刀磨於石。久之覺甚熱。蓋被磨之處。質點顫動。又振動其稍遠之質點。以至振動全體。而全體生熱。又各合點之空隙充滿以脫。能傳其熱。卽助其合點之顫動。如風吹於樹枝之隙。令枝搖動。或又枝搖而能動風。以脫傳熱亦猶是。以脫令合點顫動。或合點顫而以脫隨之而動。設置鐵鉗一端於火。此端之各質點。遇燄顫動極速。而各合點似互相撞擊。其擊勢與顫動傳至手內之彼端。手觸其顫動卽傳至腦筋。覺其熱如息息之狀。此卽見質點之顫動也。如手不捫之。而第置近處。亦覺其熱。因其合點之顫動。令附近之以脫隨之而顫動。故亦覺熱。然較前減多矣。因前則直傳至手。後乃藉以脫而傳者也。

人謂地球之有熱。皆本之於日。與光同理。其實非也。光雖盡本諸日。而熱則

未必然。日亦不過使地球生熱之一種。而究熱之源。大概有三種。日星與力與化耳。日星之合點。恆顛動極速。令以脫成浪。傳於空中而至地。地得其動力。變爲體內合點之顛動。此乃力之生熱也。化力致熱。卽燒火之理。火雖有形。實非另有火之一質。因空氣內之養氣。與煤炭輕氣有愛力。合即互相化合而化之。卽顯爲熱。此化力生熱也。總之。凡成熱之源。皆不外乎此三種也。

### 習問

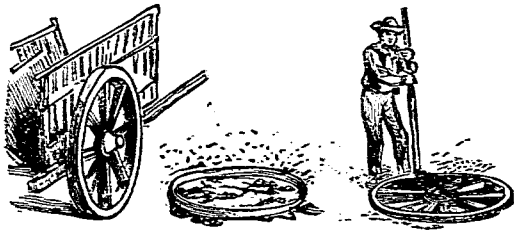
- 一 熱有質體否
- 二 成熱之理如何
- 三 何以能傳熱
- 四 以脫與熱有何相關
- 五 何以知熱爲物點之顛動
- 六 成熱究竟源於何物
- 七 何謂光熱
- 八 力如何成熱
- 九 火爲何物

十 化力生熱之理如何

### 第一節 物體受熱而增漲

凡物體加熱。其合點即動盪如擺條。立積加大。故諸合點互推而全體增漲矣。是以有公例曰。熱漲冷縮。冷者低減熱之謂也。加熱而體積增數。與原體之比例數。曰增漲係數。此係數於氣質最大。流質次之。定質為最小。惟質各有己之係數。有數質之漲力甚巨。如十尺長之鐵條。加熱八十度。即加長每十七寸之一寸。如鐵條之剖面為一平方寸。則漲力為二十五噸。每噸合華一千六百八十斤。冷時縮小。亦與熱漲之力相同。

熱漲冷縮之理。於尋常日用。大有裨益。如車輪之鐵箍。製時稍緊。將箍加熱則漲大。乃套於木輪外邊。及冷則鐵箍收縮。緊束輪邊。輻輳甚堅。以此法上木桶



■

七

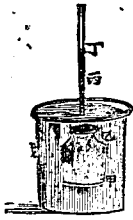
第

之鐵箍亦能抗束甚緊。

### 習問

- 一 物體加熱何故增漲
- 二 何謂冷
- 三 物體遇冷有何效驗
- 四 何謂增漲係數
- 五 增漲係數與收縮係數相同否
- 六 鐵條加熱其增漲之數若何
- 七 一噸之數合華若干
- 八 熱漲冷縮之理於尋常製造內有何裨益

### 第三節 氣質流質之增漲



第如第八圖。以甲乙瓶。用楠木爲塞子。有兩端通徹之玻璃管丙。透過塞子。下段入瓶中。瓶中貯紅色水。滿至管丙處。以瓶浸於戊熱水盃中。則見管中紅色水由丙升高至丁處。少頃忽見水驟然落下。更低於丙處。復又升

高直越丁處而至管頂。此見流質遇熱而漲之理也。其所以有此忽高忽低之變動者。蓋初時瓶至水中。瓶中之流質感熱而漲。易於實質。故即升高。後玻璃亦感熱而漲。使貯水之房更大。則水必將補瓶中之空處。故落下也。及水感熱愈甚。其水之漲力過於玻璃。故升愈高。

如第九圖試驗。顯氣質之漲理。以空玻璃管甲浸於水中。初其管中之水。與盃中水面丙齊平。自甲至丙之空處有天氣存其內。試於外面以火燒之。管中之氣感熱而漲。能驅管中之水。自丙落至丁處。蓋水受氣質漲大之抵力而讓位也。

習問

- 一 瓶中貯紅色水以通徹之玻璃管穿過瓶塞浸於熱水中以試流質熱漲之理其效驗如何
- 二 管中之水何以初升高而忽落下復又升高
- 三 瓶中何以貯紅色水
- 四 如第九圖試驗管中之水何故由丙處降至丁處



第九圖

#### 第四節 流質反漲之理

實質遇熱則熔爲流質。又加熱化爲氣質。定化流。體積加大。及化氣而尤大。反之。遇冷則由氣質爲流質。更冷則凝爲定質。而其體積逐層變小。此定例也。

凡各物體。無不循以上之理。而變動。惟流質中則有異於是者。如水遇熱果能漲大。然遇冷凝冰。成爲定質。反較本體尤大。在隆冬之際。貯水之缸。有時碎裂。蓋水凝冰而漲大。缸之輒力不足以抵之。故碎耳。冰之漲力甚大。雖鐵器亦能冰碎。有人以堅鐵製筒。貯水近滿。筒口以極堅之塞。塞之甚緊。加大力令水凝冰。筒卽爆碎。隆冬之際。降雪於石。凡遇石質之疏者。水卽隱入其微孔之內。及凝冰而漲。石卽破碎。故時見石塊從大石上墜下。

然則流質豈果背熱漲冷縮之理哉。曰。不然也。水之熱漲冷縮與他質相同。如以溫水一杯。於水面相齊之處作一記號。加冷必降下若干。至將結冰時。乃漸漲大。是以水之熱度。在法倫表三十九度以下。則反漲。至三十二度。漲緩。結冰則又驟漲。約漲大其原積十分之一。是以流質雖能凝冰而漲。然其

熱漲冷縮之性。固亦有也。

### 習問

- 一 實質加熱。變爲流質。又化爲氣質。其體積之大小如何。
- 二 氣質遇冷。如何。又加冷。則如何。
- 三 又其體積之大小如何。
- 四 何謂流質反漲。
- 五 流質凝冰。其體積之大小如何。
- 六 在隆冬之際。時或有貯水缸。忽冰裂。及見石塊。從大石墜下。何故。
- 七 流質反漲之力。如何。
- 八 流質有熱漲冷縮之性否。
- 九 何以見其亦有熱漲冷縮之性。
- 十 流質之反漲。是否在其結冰之時。

### 第五節 論冷熱

冷熱之理。略論於前。物非能加熱。或加冷也。冷熱並非二物。不過由物質顫動之遲速。而有別耳。熱者爲其物質顫動愈速。冷者減少其速率。是以加熱



卽速其顫動。加冷卽緩其顫動耳。  
如置二金類塊於前。一全冷。一稍溫。以指捫之。卽可辨其孰冷孰熱。蓋所以能覺其冷熱之理。因物體有熱者。其體質之顫動感於指。亦令其指之質點顫動。傳於腦筋。故覺熱也。指捫於冷物。其熱立被冷物傳去。冷物之質靜。能減物質顫動之速率。故覺冷也。如有二水具。皆於火鑪取下者。一取下五分鐘。一取下一刻鐘。乃以指浸於二水中。以探其冷熱。則一刻以前取下者。必更冷於五分以前取下者。如一爲兩點以前取下。一爲三點以前取下。則不能辨其冷熱矣。又以二杯。一杯盛滾水。一杯盛冷水。同置桌上。歷多時。而指亦不能辨其孰爲滾水。孰爲冷水矣。蓋熱體遇冷體。必被減小其顫動之速率。至彼二體質之顫速相等而止。所以凡物置於空氣中。其冷熱必致與空氣之氣候相同。如二水具。於火鑪所取下者。在五分及一刻之時。未必卽與空氣之顫速相勻。及至兩三點之時。則近相勻。故指亦不能辨矣。歷多時。則與空氣之氣候不相差矣。故雖一杯滾水。一杯冷水。當時亦不能辨其寒暖也。

### 習問

- 一 物體如何加熱加冷
- 二 或冷或熱究因何故
- 三 指按物體何以能覺其冷熱
- 四 二水具同於火鐘取下一待五分鐘一待一刻鐘其冷熱如何
- 五 取下後一待兩點鐘一待三點鐘能仍以指辨其冷熱否
- 六 一杯滾水一杯冷水同置桌上感七八天之久仍可辨其冷熱否
- 七 何以歷時久即不能辨其冷熱

### 第六節 寒暑表

此體能傳熱至彼體。因此之熱度高於彼。測熱度恆按其伸漲之力。以手捫物。雖亦能略辨其冷熱。然不足恃也。

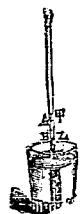
寒暑表。爲測熱度最精之具。因物體之熱漲冷縮而製。如以鐵絲一條。執於手中。手之熱傳至其體。則知其較原體微長。又以之浸於滾水。其所傳之熱



第十 愈大。而必愈長。又置於烈火上。則更長矣。於是細察其每次增長之多少。因其增長之多少。即可知其所遇之

冷熱爲如何矣。然實質漲縮微幾，且亦甚緩，故不多用以試驗。大抵多用流質，蓋流質之漲縮大，而易於定質流質之中。尤以水銀爲最適用，故作表多以此爲之。

寒暑表之製法，以一端有泡之玻璃管，長約英一尺半。八寸九分合管孔大小上下相勻，細如髮絲，故謂之髮絲孔。孔既細，納水銀於內，自不易矣。故必先令泡得熱，逐出空氣，乃倒納彼端於水銀內，泡冷，其中之空氣縮小，至半管，水銀卽上升，補其空處。至半滿後，加熱，令水銀變汽，逐出餘氣，再倒納於



圖一十第



圖二十第



圖三十第

水銀杯中，及冷，水銀卽滿管。後令水銀少熱，鎔封管之上端。至冷，水銀縮下，而上有空處矣。

寒暑表既就，乃略講其功用。水銀既冷，卽復其原處。定於甲，如浸於冷水，卽降至乙。一如圖第十復試執於手中，水銀感手之溫暖，卽升至丙。二如圖第十又以管含於口中，水銀又升至丁處。三如圖第十此水銀之降至乙，又由甲升至丙，更升至丁，卽顯氣中水中

手中口中各處冷熱之不同也。於是以表鑲於架上。刻就分度。十如第即能驗各物之熱度。甚爲詳細。

### 習問

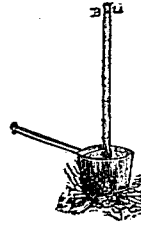
- 一 寒暑表如何用法。
- 二 以金質之物亦能驗寒暑否。
- 三 寒暑表之製因藉何理。
- 四 寒暑表多以何物製成。
- 五 表之形式若何。
- 六 納水銀於表其法如何。
- 七 試略言寒暑表之功用。
- 八 表如何能測細微之熱度。

### 第七節 寒暑表之分度

寒暑表分度之法。必先定上下二點。即冰點與沸點。然後於二點之間。均分度數。置表於方融之冰內。觀水銀冷而降下。定於管下端某處甲。四如第十刻0度。即爲冰點。又置表於沸水中。觀水銀升高。定於管之上端某處乙。十如第十五



圖四十第



圖五十第

刻100度。即為沸點。其間均分為一百度。於是表遇沸時之熱。水銀升至100度。遇凝冰之冷。即降至0度。如氣候不至沸時之熱。凝冰之冷。則觀其相去二點若干。而視其旁之分度。即知冷熱為何如矣。此百度表之制也。

法倫表。創此表者名法倫不以0度為冰點。100為

沸點。其冰點刻為三十二度。沸點刻二百十二度。二點之間。均分為一百八十度。再準此分度而分冰點以下之各度。至0度而止。更作分度於0度之下。為負度。此表用者甚多。又有陸麻表為法人陸麻爾所創。由冰度至沸度。共分八十度。故亦名八旬表。然其適用不及法倫表與百度表之便焉。

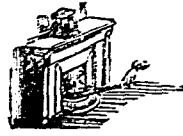
### 習問

- 一 寒暑表分度之法先定何點
- 二 定冰點與熱點之法如何
- 三 百度表之制如何

- 四 法倫表之制如何
- 五 法倫表冰度以下尙有別度否
- 六 法倫表0度以下爲何度
- 七 陸麻表何以又名八旬表

### 第八節 論傳熱

凡體收熱。由此質點傳至彼質點。必至各質點全熱而止。如將鐵桿置於爐內。如第十圖第六圖。則鐵遇火之質點動蕩甚速。此蕩動之質點。傳其動於他質點。如此。各質點彼此傳動。以至全體均勻。此之謂傳熱。其實傳熱不過爲質點之動蕩。使其全體或及其相近之體。各質點顛動之遲速相勻而已。



如捫手於較冷之體。體收手內之熱。卽覺冷。捫較熱之體。其熱傳於手。卽覺暖。惟附近之物。熱度恆同。如覺絨暖而布寒。其傳之力不同耳。非熱度有殊也。捫鐵與皮。則覺鐵冷而皮溫。因鐵傳熱之力大。收手內之熱速。皮傳熱之力小。收手內之熱緩。故覺有寒暖之分也。手浸於久置案上之水中。覺水似較冷於空氣。非水果冷於空氣也。試以寒暑表測之。若表在屋中。水銀定於

百度表之五十九度。浸表於水。亦在此度。不稍升降。是以物在一屋之中。雖捫之覺其冷熱。有異。其實其氣候無不同者。冰置於暖屋之中。傳受屋內空氣之熱。融化成水。不久。即與空氣之氣候相等。此其明證也。

銅鐵器之面。果未必冷於石面。石面未必冷於桌面。桌面未必冷於地氈。然則人手捫之。何以覺其暖冷迥殊。蓋人身自發之熱。觸於地氈。地氈不能傳熱。手所發之熱。留而不傳。故覺溫暖。如捫於石面及銅鐵器。其傳熱之力甚大。手之熱立被傳去。故覺冷也。是以吾體與他體相近。其覺冷者。因傳熱於彼。覺熱者。即傳其熱於吾。至其冷熱相勻而止。

### 習問

- 一 何謂傳熱
- 二 手捫於鐵與絨氈面冷熱相去殊甚。是否其熱度有異
- 三 物同在一屋之中。其氣候何如
- 四 何以知其氣候無不相同
- 五 指捫於銅鐵器面。石面。桌面及地氈面。何以覺冷熱各異
- 六 試以數體相稱於一處。其各體之冷熱如何

### 第九節 傳熱有難易

凡體無不傳熱，惟傳熱之性，各有不同，試以紙牌一塊，平煨於燈火，上置小

錫塊，七知第十圖少頃，錫即鎔化而生熱，紙牌不覺其熱，蓋錫之傳

熱甚易，而紙牌之傳熱甚難，大抵傳熱之速，以金類質爲最，而

玻璃、羊毛、棉花、竹木等次之，惟流質與氣質傳熱最難，如將冷

水一桶，輕倒以沸油，令水面受熱，其熱甚難傳下，必得許久熱

始傳至水底，冰雪傳熱亦難，常有羊埋雪內，數日掘出，尙生活

無恙，冷地人在冬月，以雪造屋，築堅砌緊，以冷水凝密縫隙，卽和暖可居，嚴

寒之地，雪可遮護地面，而不令冷氣下侵，花木之根，待春回雪融，植物仍能

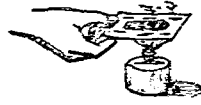
發生，此皆因雪不傳熱之故也，空氣亦難傳熱，所以賴以保護人身之熱，在

寒冬之際，製衣以禦寒，雖藉以禦外氣之侵入，然亦必依空氣之力，能致身

體和暖，人之衣服多爲棉、麻、絲、絨諸阻熱之料所製，其質之微孔甚夥，有許

多空氣存於其內，又衣之夾層中，空氣最多，蓋空氣之受熱雖極遲，而散熱

亦不易，既熱後，卽存留於其中，人身發出之熱，皆盡存而不散，故能令人身



第七十圖



和暖。此皆空氣傳熱不易之功也。

### 習問

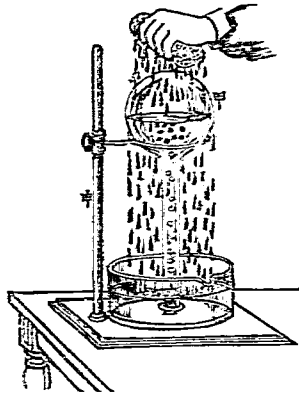
- 一 物體有不傳熱者否？
- 二 試言物體傳熱難易之試驗。
- 三 物體傳熱何種爲最易？
- 四 玻璃羊毛棉花等之傳熱之性如何？
- 五 何種物質傳熱最難？
- 六 冷雪不易傳熱何益於動植各物？
- 七 試言製衣可以禦寒之故。
- 八 保護人身之熱何以多賴空氣之力？

### 第十節 流質受熱之定數

寒暑表置滾水中。則在百度表爲一百度。在法倫表爲二百十二度。然使水既滾復加更大之熱。則其熱將至何度乎。曰。仍在此度。不增不減。公例有言曰。流質加熱。度數漸增。至沸點而止。復加熱。度數不增。而沸爲氣質。是以水既滾。其熱度卽此而定。雖加以化學家所用六百度之大熱。浸表於水中測

之水銀仍定於沸點。毫不加上。惟見水面上騰之汽愈急而濃。故水熱至沸點。不能復增也。

然此未可一概論也。以上所言者。乃以煮水鍋無蓋者爲例。如前第水在天氣中之沸點。受天氣若干重之壓力。故至此度而沸。如加以更重天氣之壓力。則其沸點必不止此度。使鍋加以密蓋。則水化之汽。不能外出。即滿覆水



第 八 面。壓力漸增。必熱度加大。水始能沸。此時

水之沸點。必過於法倫表二百十二度。設

十 其壓力之重兩倍空氣。則水之沸點約在

二百四十九度。是以流質之沸。關乎空氣

八 之壓力。大則難沸。小則易沸。沸難則其沸

度愈高。沸易則沸度愈小。試將盛熱水之

圖 玻璃瓶。密塞其口。而倒置之。如前第再將

冷水傾於瓶底。則瓶內之汽幾分凝水。而減其壓力。水又發沸。此爲壓力小而易沸之驗也。故煮水於山巔。其沸點較平地爲低。蓋空氣離地愈高。則其

壓力愈小。故水沸點亦漸小。然亦有定數。每升五百九十六英尺。沸點在法倫表低一度。

水面壓力加大。所以能增高其沸點者。蓋流質化氣質。皆因其合點相推。故散爲微細水點而上騰。卽爲沸。凡水遇若干度即百十二度表之百發法倫表之二之熱。無不沸者。雖其熱力加大。而水已化汽而散矣。不及受更大之熱。今加壓力於水面。卽勝合點相推之力。則令散汽甚緩。故沸難而能多受所加之熱也。

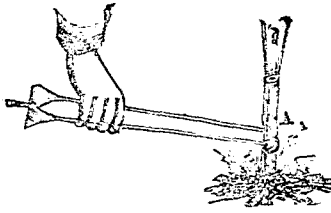
### 習問

- 一 沸水加熱其度數復能加增否
- 二 沸水既不能復增熱度則加以極熱將遇何狀
- 三 煮水鍋加熱至沸有蓋無蓋有何分別
- 四 有蓋煮水鍋何以不易至沸
- 五 難沸之水何以熱度反增
- 六 高山之沸度何以低於平地
- 七 水面壓力加大何以能令沸度增高

八 水至沸度之後何以不能復受火熱

### 第十一節 水汽躍力

水在鍋中去蓋蒸之。使受空氣之壓力。其沸度即在百度表之一百度。法倫表之二百十二度。如加更大之壓力。置蓋於上。閉其汽。不使外洩。便成壓力。沸度即增大。其汽外洩之力。亦即增大。其力謂之躍力。試貯水於密切之器內。以火蒸之。內汽增多。不能外洩。愈積愈多。則其漲力亦愈增大。旋即器亦



第十圖

爲之爆裂。又試以銅鐵類之器。一端有底。存水半滿。加以木塞。蒸於火上。水滾極難。不多時。汽積甚多。能彈去其塞。且有聲。九如第十圖此皆躍力之試驗也。所以爆裂者。因其器料之結力。不能勝汽之漲力。故被抵而碎。器加密塞。果不能如器料之堅。故器不碎而推塞於外也。總之。器料愈密。增熱愈多。則其壓力愈大。而其躍力亦愈大也。因此躍力。可爲作工之機器。謂之汽機。貯水於密切

釜鍋之內，加熱使汽生躍力，乃導其汽，使於某處發出，其力甚大，足以起動  
鞴，旋轉輪盤，可省無數人力，其益顧不大哉。

### 習問

- 一 水汽外洩，何法增其躍力？
- 二 煮水鍋四周加密，何以能爆裂？
- 三 煮水之器愈密，其汽之躍力如何？
- 四 煮水時水所受壓力，與汽之躍力有相關否？
- 五 躍力有何功用？

### 第十一節 空中存留水氣

水化汽散於空氣之內，周流各處，人身及動植各物，俱賴其浸潤，其助各物  
之生長，豈云小補之哉。

汽既散布於空氣中，何以人目不能見之，蓋水點爲極透光之物，其點滴細  
微，故難見之也，可以法試之。在潮溼之天，以久藏於冰箱之玻璃瓶置案上，  
不多時，見瓶外點滴如珠。十四第二 此見散布空中之水氣，遇冷即凝冰也。瓶  
置氣中已久，空氣之熱，與瓶之冷，互相遞傳，俟其氣候相等，則瓶外周之水



第十二圖 點全不見矣。蓋空氣之熱能存水氣若干，水所沸之汽，空中之汽既遇冷成水，使復受化汽時之熱，自能復水爲汽矣。

然空中所存之水氣，何所自來。豈皆因人間煮飯蒸水所發之汽乎。然環流宇內之空氣，鮮有不含水氣之處。些些蒸氣，亦何足道之。曰：空中水氣之成，果不藉乎此烈日曝於洋海江河之面，能收其水散爲汽，不必盡爲蒸水所成。前已略言其理。在第二章第二節故流質遇熱，漸化爲氣。熱至沸度，盡化爲氣，是以空氣愈熱，存汽亦愈多也。

空中既有水汽，故有雨雲霧。地面暖，空氣升高則冷而稀，所含水氣即結爲雲。驟遇冷，結爲水點。下降爲雨。附近地面空氣內所含之水氣，入夜各因背光而漸冷。水汽遇之，凝成點滴，即爲露。極冷則結成細冰點，即爲霜。近地水點極多而濃，冷度不足以結冰，故成霧。茲數者，皆賴以滋物養生，有益於世，實非淺鮮也。

習問

- 一 象含水汽有何益於萬物。
- 二 汽散空中何以人目不能見之。
- 三 用何法試驗可顯空中含水氣。
- 四 瓶外周所凝水點何以久之而不見。
- 五 空中所含水汽概自何來。
- 六 空氣內常含水汽其含之多寡與氣之冷熱有相關否。
- 七 空中水汽結成何物可以養生物。

### 第十三節 隱熱之理

凡體由實質加熱變流質。流質加熱變氣質。其變化之間。所受之熱。毫不顯於外者。謂之隱熱。隱熱之意。乃體之質點。因欲變化而急需熱氣。故所遇熱氣。即收為消化之用。故不能顯於外。試將玻璃杯盛冰塊。置寒暑表於內。設在百度表之0度。加滾水少許於內。其度數不稍加增。即多加沸水。度數仍無變動。待冰化盡後。熱度始漸加增。再試以雪與食鹽調和。即化為流質。以寒暑表驗。知較本物更冷。因雪融化時。能隱其熱。而生大冷。所隱熱度。略等於使雪融化所需之熱度。蓋因竭力收取其熱。以供其融化之需。故外面之

熱缺少焉。此皆隱熱之試驗。

實質化流質。流質化氣質。皆需熱氣。故能收熱而發冷。反之。氣質結爲流質。流質結爲實質。皆需冷。則其能減冷生熱無疑矣。試置苦硝少許於玻璃瓶內。漸加熱。令爲流質。靜置俟冷。冷時仍爲流質。稍一驚動。立即凝結。故置寒暑表於其中。即驚其微體。令成顆粒。少頃已凝結甚堅。然寒暑表反升。即以手捫之。亦覺微溫。此見流質凝結而生熱。總之。凡質體化散。即能收熱而發冷。結合必減冷而生熱也。

### 習問

- 一 何謂隱熱。
- 二 物質以何法變動能顯隱熱。
- 三 何故有隱熱。
- 四 略言隱熱之試驗。
- 五 氣質變流質。流質變實質。亦有隱熱否。
- 六 質體遇何變動。即能收熱而發冷。或減冷而生熱。

## 第十四節 物體容熱



容熱者。物質所能容受之熱也。凡體容熱之數。各不相同。如將此物質與他物質輕重相等。各增熱一度。所需必異。其受熱愈難者。即容熱愈多。受熱愈易者。容熱愈易。即容熱愈少。欲比較各體容熱之數。須以若干度爲主。常用之數。乃以水一鎊。增熱至百度表之一度爲準則。水一鎊受一度之熱。等於一鎊水銀受三十度之熱。鐵一鎊受九度之熱。銅一鎊受十度之熱。銀一鎊受十八度之熱。鉛一鎊受二十五度之熱。此皆各物容熱相差之數也。謂之熱量。

試各物容熱之理。可以前所試諸物取其數種。同加若干度之熱。察其自冷之遲速。以觀其容熱之多寡。則鉛冷最速。銅次之。鐵又次之。水最遲。即見水爲各物容熱之最大者矣。易受熱者易冷。此亦一定之理也。

### 習問

- 一 何謂容熱
- 二 各物之容熱有大小否
- 三 試驗容熱法。概以何物爲準則數
- 四 何謂熱量

- 五 以銅鐵鉛管受相等之熱度待其自冷孰爲最速孰爲最緩
- 六 水何故自冷最緩

## 提綱

### 第一節

- 一 熱即動凡雜之合點恆動不止增其顛動之速率卽成熱
- 二 凡合點之隙充滿以脫卽能助質點之顛動增其熱力并能使熱久留
- 三 日爲熱之大原然地球之熱不盡本於日熱之源有三日星與力與化也日星之合點恆顛動極速令空中之以脫傳至地面地得其動卽有光熱一用力磨擦或椎擊合點顛動卽生熱故擊石能得火一養氣與煤炭輕氣化合卽成火焰

### 第一節

- 一 物體加熱諸合點互推而全體增漲冷則相結而減小故曰熱漲冷縮
- 二 物體加熱卽增漲增漲之數與原體積之比例數卽爲增漲係數

### 第二節

- 一 凡體無不熱漲冷縮惟流質中如水最爲易顯然遇極冷凝冰而體積反漲大
- 二 冰漲之力甚大雖堅器亦能漲裂隆冬之際常見石塊從大石墜下蓋水浸於石之微隙成冰故漲碎

## 第四節

- 一 加熱卽令物體之顫動增速加冷卽減其速
- 二 冷與熱乃感觸於人身而然也人體覺其冷謂之冷覺其熱謂之熱

## 第五節

- 一 寒暑表爲詳測熱度之具多以水銀之伸漲測之非能測熱之數惟量熱度之高低耳
- 二 寒暑表乃以水銀醃或水爲之用水銀者最多

## 第六節

- 一 寒暑表分度之法先定冰點與沸點乃於兩點之間均分度數謂之分度凡高於沸點者謂之沸度下於冰點者爲冰度又爲負度
- 二 百度表在兩點之間均分一百度冷點爲0度沸點爲100度
- 三 法倫表在兩點之間均分一百八十度冰點在三十二度沸點在二百十二度自冰點下至0度尙有三十二度全表共二百十二度
- 四 陸麻表均分爲八十度冰點爲0度沸點爲八十度故又名八旬表

## 第七節

- 一 物體受熱由此體傳其相近之體謂之傳熱
- 二 物體傳熱於其相近之體至其熱度相等而止

- 三 如以指插於同在一室之銅鐵器面與絨氈面則覺銅鐵冷而絨氈溫因銅鐵易傳熱而絨不易傳熱也。

## 第八節

- 一 物體傳熱以金類質爲最易竹木玻璃羊毛絲絨等次之流質與氣質最難
- 二 雪亦不傳熱所以寒冬降雪能保護植物之根不使冷氣侵入可免凍死
- 三 空氣不傳熱故能保護人身之熱故製衣能禦寒而生暖因空氣存於衣料之微孔中又存於衣之夾層中此爲生暖之最要者其空氣傳人身之熱雖甚遲然既熱則不易散去熱氣愈聚愈多故覺暖

## 第九節

- 一 流質受空氣之壓力如熱至沸點不再受蒸漸化爲汽
- 二 水面壓力愈大其沸點愈高是以煮水鍋加蓋閉汽於內施成水面之壓力故能使其熱度尤高於沸點
- 三 水面壓力愈輕其致沸愈易故置溫水於玻璃瓶外面加冷使汽縮小稍聚爲水即減輕其壓力能令溫水沸氣如第十圖
- 四 山頂空氣之壓力小於平地故其沸點亦低於平地每高五百九十六英尺沸點在法倫表低一度

## 第十節

- 一 凡汽被壓其漲力增大過隙即向外躍出力亦甚大其力謂之躍力
- 二 壓力大汽之躍力亦愈大凡遇密切之煮水鍋如不堪堅固即能爆裂
- 三 躍力甚大故能製成機器謂之汽器皆以躍力起動轉軸旋轉輪盤能省無數人力

## 第十一節

- 一 空氣內多含水氣動植各物俱賴其浸潤
- 二 水器爲透光之物故人目不能見之
- 三 空中所含水氣皆由日曝於洋海江河之面使水熱而化汽故足以佈滿全球也
- 四 空氣愈暖存水氣愈多
- 五 地面暖空氣升高則冷而所含水氣即結爲雲驟遇冷凝爲水點下降爲雨近地之空氣所含水氣在入夜因各物皆背光而冷其水氣遇之即結成細點爲露如水氣過濃冷不足凝水即成霧

## 第十二節

- 一 凡體加熱由實質變流質變氣質所受之熱毫不顯於外謂之隱熱
- 二 隱熱之理皆因物體急收熱氣以供其變化之用故外面毫不顯熱也及至足用其化合之熱所餘者乃得顯

### 第十三節

一 凡體容受熱力各有不同如二體重積相同使增熱一度所顯之熱各有不同此爲容熱不同之故。

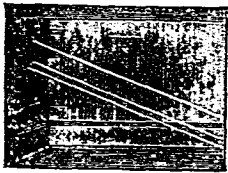
二 測容熱數之多寡大概以水一磅增熱一度爲準則數。

三 一磅水受百度表一度之熱等於一磅水銀受三十度之熱鉛受二十五度之熱銀受十八度之熱銅受十度之熱鐵受九度之熱即此可見水之容熱最多將三十倍於水銀二十五倍於鉛十八倍於銀十倍於銅九倍於鐵。

## 第四章 光學

### 第一節 光線

日爲發熱之大原。前章已明言之。然當知亦即發光之大原。熱藉以脫傳至地面。光亦賴以脫而傳也。夫光與熱。本相輔而行者。有光必有熱。發熱即生光。此一定之理也。試於暗房開小孔。令日光透入。每孔有直線一條。如爲無數飛塵之粒聚積成者。如第一圖此謂之光線。如以手當其光線前行之路。光照於手。即覺其熱。此即爲光熱相輔之明。



第二十一圖

證矣。

每體發光必由六面射出。俱爲無數光線。聚之成大光。分之成光線。光之前行恆爲正直線。雖因有透過透明體而成折光之理。然恆折成直線。而不作彎形。總之。光線射至極處。受光體與射光體。理應正直。但有折光之故。不能恆直。然無彎曲之理。雖遇回光百返。於此理亦不爽。故云。光行直線可也。

### 習問

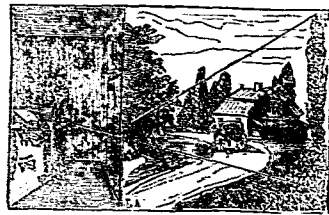
- 一 熱與光之大原同爲何物。
- 二 光之傳播亦賴何物。
- 三 何謂光線。
- 四 用何法試驗可見光與熱相輔而行者。
- 五 發光體射光之方向若何。
- 六 光線前行之路。或成彎曲之線否。
- 七 受光體與射光體相對之方向若何。

### 第二節 暗房倒像

光線既恆正直。乃可推擴使物映成倒像之法。試設暗房一所。開一小孔。內

以白紙牌丙爲屏，正對小孔，則見紙牌之面，顯出倒形之圖畫影。孔外之房、屋、樹木等物，畢陳於此。十一十二今欲論其倒像之故，姑以甲乙直樹爲例。樹身甲乙兩處之光線，直射於孔口，復各依其直線引長。甲線射於屏甲，乙線射於屏乙，而成倒像。蓋樹身之大，其全體之光線，不能平行入孔而成正像，惟光線六面射出，凡與發光體相直對之處，無絲毫之不及。光線與孔口平對之處，其光線即平行而映正像。如孔甚小，其成正影之處，惟如孔之大小之地位耳。以外之光線，俱斜入於孔，於孔口成正交，引長而定於阻光之屏，而全體成倒影。非獨上下倒置，而左右亦全相反也。如孔過大，則光線平行而成正影者愈多，則其斜入之光線，易致混雜，而像不甚清矣。故孔愈小，令光線僅能透入，則顯像愈清。大則混亂而不清矣。

又設一易試之法，以錫筒一箇，去蓋，以油紙糊其上，彼端開一小孔，移筒近燭火，使孔對光，人在一面觀之，見油紙面顯像甚清，形皆倒置，何物近之即



圖二十二第



顯其形。亦堪娛目也。

### 習問

- 一 物映成倒像。因何條公理。
- 二 使物映成倒像。何以必用暗房開小孔。
- 三 光線透入小孔。何以能成倒像。
- 四 倒像果上下倒置。而其左右亦相反否。
- 五 孔若過大。雖小於發光之體。光線透入。能成倒像否。
- 六 何以仍有像。而惟顯像不清者。

### 第三節 光行速率

光行之速。幾難言喻。人以爲一發卽至。然亦有速率。大約每秒時。光行十八萬六千英里。卽四百零二萬八千平常物之速率。無一可與比擬者。如日距地約有二億八千五百萬里。日光至地。祇需七分半鐘時。最快之火車。一點鐘行四十英里。設使其行至太陽。則亦需二百六十五年之久。再快者莫如礮彈。每一點鐘約行三千餘里。設使礮彈直行不停。亦需九年八月方能至日。照此比較。可見光行之速。幾不可思議矣。故地面之光。祇可作爲一發卽至。

不能測其速率。蓋非獨人目之力不能見微小之光於十八萬六千英里之外。且地面之平坦更無如此之遠者。

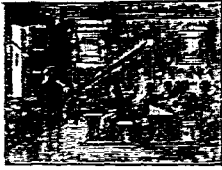
### 習問

- 一 光行速率每一秒時約若干里
- 二 光由日至地約歷若干時
- 三 地面之光可得其速率否

### 第四節 回光

光浪前行。任遇何面。概分爲二種效驗。一透入透光體內。一遇阻光體而回返。卽爲回光。凡磨光之體。有定法。不磨光之體。回光無定法。蓋其光亂漫四

散也。



第十 散也。  
 二 光之回返。恆有定向。卽凡光線射於鏡面。其回光方向。恆  
 射與光方向相對。試於暗房開一小孔。令光線射入於內。  
 十知 三圖二 乃平執鏡。陳於光線。則光斜射於鏡面。令正對小  
 孔之牆。成回光影於甲處。使執鏡正平。可於鏡面射光線

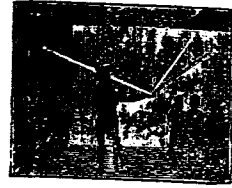


圖 四 十 二 第

與回光線相分歧之處作一直垂線則見射光線與垂線所成之角與回光線與垂線所成之角大小絲毫不差。如以鏡側動則回光亦隨鏡而動。如第四圖總之任如何回射必使射光角與返光角相等。射與回之方向無不相同。如發光線正射鏡面則回光亦即回射於原體。發光線斜若干。回光線亦斜若干。此定理也。

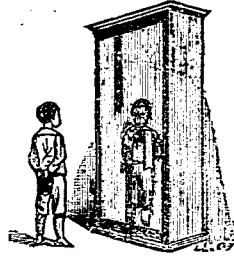


圖 五 十 二 第

人於鏡內能睹己形。果咸知爲鏡能回發所受之光線。返於人目而見之。然其中更有妙理存焉。人皆習矣而不察。即物距鏡愈遠。像入鏡愈深之理。如人正立鏡前。則見鏡中亦有人正立如我者。如第五圖望之如立鏡後。蓋其鏡中之像與鏡面相距之遠與人身鏡面相距之遠適相等。人距鏡面一尺。像距鏡面亦一尺。人距鏡面數十百尺。像亦距鏡數十百尺。其相距遠近之數無不同者。凡平面回光鏡其像之大小與原物相同。惟左右則相反。如人於左手持物。

鏡中之像若右手持者蓋人右旁之光線直入鏡之右左旁之光線射鏡之左此所以左右相反也。

凡光面皆能回光。光愈甚者其像愈清。體愈亮者。顯像愈明。水面甚光。臨水面觀之亦見像返回。玻璃面最光。如以玻璃杯盛水由杯底觀之。如第六圖則



第二十六圖

見光白如銀。惟玻璃與水俱透光之故不能回返。乃浸海絨於內。阻光透出。即見返像與鏡無異。但海絨體不亮。故像不能顯明。乃以水銀等光亮之物。攤於其面。自能清明而得明鏡之用矣。

### 習問

- 一 光遇物體有如何效驗
- 二 不磨光之體何以不能返光
- 三 何謂射光角與返光角
- 四 如射光線直對鏡面則其回光線若何
- 五 射光線斜於垂線一度則回光線如何
- 六 鏡中照像有何妙理可見

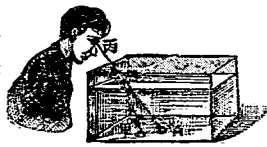
七 平面回光鏡所顯之像其大小較原物若何  
 八 以水銀等擺鏡面何以能顯像極清

### 第五節 折光

光線由一質斜入。疏密不同。彼透光線或由密質入疏質。或從疏質入密質。即被折改向。謂之折光。試以竹竿直插杯中視之。較水外更短。斜窺之則見如中斷之狀。如第十因入水之一段。其光線由水透入空氣。氣與水二質疏密不同。故為折光而高起也。又以錢一枚。置空碗內。甲處。如第七內。則錢似托高。而能見矣。蓋亦折光使然也。甲錢在空碗之時。光線直發至人眼丙。因碗邊遮阻。不能見之。及注水於內。甲線射至水面乙。向外而折。適至人目丙。乃得見乙。丙光線引直線至碗底丁。故見錢如在丁也。如第八



圖七十二第



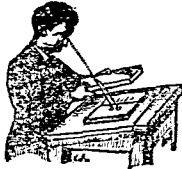
圖八十二第

折光方向有二定理。一。光線透入較密之質。折向垂線。一。光線透入較稀之

質。折背垂線。垂線者。於射光線與折光線分離處。設一正直垂之虛線。名爲垂線。十如前第七圖甲二如竹竿插杯水內。上面視之。則見竿在水內之半段向杯檣而折。即其光線。由水透入較稀之氣質。背垂線而折也。設人目自杯底視水面之半段。則見其向杯心而折。即光線由氣入較密之水質而折向垂線也。



圖九十二第



圖十三第

玻璃爲透光體之質最密者。光線透過。折曲尤甚。如人由室內望玻璃窗外之物。亦有折光。然因物之光線透玻璃時折向垂線。出而入氣。又折背垂線。其折數等。故視物之總方位不變。而不見折光也。如以厚玻璃置書面。十如第九圖二斜視之。見書之行格。若折曲狀。又以玻璃移高。使離書面仍斜視之。十如第三圖亦見微折。其次圖之試理。與由玻璃窗視外物相同。然由窗不見外物之折狀。而見書格之曲者。蓋窗玻璃甚薄。折線微幾。故難見其折狀。故玻璃愈厚。折線愈長。

習問

- 一 折光何由而成。
- 二 視水底之物何以視若浮起。
- 三 折光方向有何二定理。
- 四 見杯水內竹竿之折狀合何折光理。
- 五 由杯底見水面半段竹竿之折狀合何折光理。
- 六 人由玻璃窗內視外物有折光否。
- 七 何以不見其折光。
- 八 玻璃之厚薄與折光理有何相關。

### 第六節 雙凸鏡 一名放大鏡

光線透過兩面平勻之玻璃。其成像甚清晰而齊整。與原物不稍改變。如遇



第十圖

第一 第三 凹凸之面。其光線透過。另有變動。能變其原體之大小。或因體  
 第三 與鏡相距之遠近。而顯像清濁。第十圖為雙凸鏡。其鏡邊薄而  
 中漸厚。然自中點漸斜至邊。必須極為勻稱。兩面均凸。故名之  
 曰雙凸鏡。光線透過此鏡。而至物體。鏡之距物有一定之遠近。  
 方能見體放大。且極清晰。第二十圖置書案上。執鏡照之。初見字



第 跡不甚清楚。以鏡移動。距物若干遠近。顯像極清。較原物  
三 更大。故此處名爲聚光點。使鏡不在此點。與物相距或遠  
十 或近。俱能令物體放愈大。但更模糊。蓋光線各散不能聚  
二 耳。故雖大而不清也。凡凸鏡之力愈大。其透過之光視若  
圖 愈近。

雙凸鏡非獨能令物體放大。并能使於鏡後成極清楚之倒影。試以鏡面向窗或燭光。一手執白紙牌往復移動。以配準點。然後見窗或燭之倒影映於紙牌。如前第二十三圖所試暗房相同。然鏡面所受光線較多於小孔。故成像愈清。

### 習問

- 一 光線透過凹凸之玻璃。可見如何之變動。
- 二 雙凸鏡之形如何。
- 三 雙凸鏡何以又名放大鏡。
- 四 何謂聚光點。
- 五 使鏡距物體過於聚光點或不及之人於彼面見物體之大小如何。



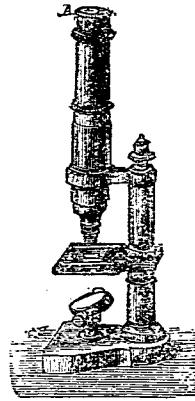
- 六 物體漸離聚光點何以能漸模糊
- 七 試雙凸鏡顯倒像其法如何

### 第七節 顯微鏡與遠鏡

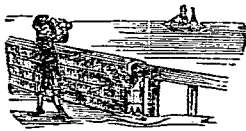
凸鏡既能放大物體。即可名為顯微鏡。用數凸鏡。以法合成繁顯微鏡。十如第三圖能顯其放大之力。至千百倍之大。百倍者。即一寸之物。放大其體至百寸之大。千倍者。至千寸之大。

是以藉顯微鏡之力。可以考驗極細微之動植物。人目所萬不能見者。如霉花之小樹。清水中之微蟲。血中之小生物。悉能見。形狀行動。無異於常見之各物也。

凸鏡既可配以察微。更可配以視遠。即為遠鏡。十如第四圖視物於千里之遙。巨細畢陳。宛然如在目前之物。考求霄漢星辰之形狀。遠觀大洋彼岸之陸地。窺敵軍之虛實。望輪船之走路。為防患於未然之計。非藉遠鏡之力。有肉體之人能乎哉。



圖三十三第



圖四十三第

### 習問

- 一 何謂顯微鏡
- 二 顯微鏡之大力如何
- 三 顯微鏡有千倍百倍之力是何意義
- 四 何種物體人目不見者顯微鏡能顯之
- 五 遠鏡之功用如何

### 第八節 眼鏡

凸鏡者。玻璃面中心凸出。至邊漸薄。光線透過。能令物體放大。凹鏡適與之相反。邊高中凹。如第十五圖三為雙凹鏡。能令物體收小。而顯體更清。故因製眼鏡配準目光之遠近。令有眼病之人。不覺患苦。

獲益於人。良非淺鮮。

人眼常病。或患近視。或患遠視。皆因其精珠前面稍凸。稍平之故。近視眼者。其精珠稍凸。故視遠物迷離。遠視眼者。其精珠稍平。視近物模糊不清。乃各配以相稱之鏡。稍凸者畀以凹鏡。稍平者畀以凸鏡。如第十六圖甲乙丙



圖六十三第 圖五十三第



第三十七圖

三人同在一處觀書。甲眼無疾，執書觀瞻，離眼不遠，不近，約八九寸，字跡甚清。乙患遠視，置書於十四五寸之外，方能辨別字跡。丙患近視，書距眼二三寸，且俱尙覺不清。稍觀數時，已力疲眼痛，使各備眼鏡。乙帶凸鏡，丙帶凹鏡。如第七圖三於是三人置書於相等之遠近。乙丙之患遠視近視者，無異於無病之甲矣。

### 習問

- 一 凹鏡之式如何
- 二 凹凸二鏡相反之處何在
- 三 患近視遠視之人其精珠如何變動
- 四 用何法可療近視遠視之病
- 五 近視眼與遠視眼其各配之眼鏡如何

### 第九節 光心

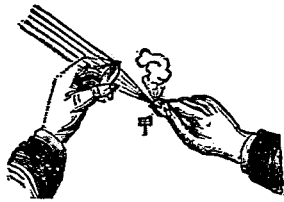
何謂光心。光心者乃光線透過凸鏡，向內心折全鏡面所受之光。盡折適於一處。其各折線相遇成一小點。極亮極熱之光。謂之光心。試執一雙凸鏡，陳



第三十圖 於日光之下。鏡下置薄紙一張。如第八圖。初鏡與紙相距半尺之遠。見紙面顯亮光一圈。乃以鏡移近紙。其光圈漸小而愈明。成一極明之小點甲。即為光心。如再近其光圈復漸大而漸晦。如光心亦為光線透過凸鏡顯正像之定點。而顯倒像之起點。如



第三十圖 凸鏡能使成倒像於凸鏡後。其物蓋在過於聚光點之處也。



第四十圖 聚成光點亦即熱線聚成熱點。是無可疑者。故光點愈明。亦即愈熱。試以手陳於將近光心之處。如第九圖。三。皮膚觸光圈。不甚覺熱。及至光點。則覺甚熱如火。以火絨置於光點。立即燒起。如第十圖。四。即此可為明證。故光點愈明。熱力愈大。

凸鏡能聚光心。非獨玻璃爲然。凡透光之物。無不然者。若以凸鏡形之玻璃器。滿存以水。或以凸鏡形之冰塊。其聚光心亦能燒物。昔有人游歷北冰洋。無火可取。乃鑿冰爲凸形而取火焉。

### 習問

- 一 何謂光心
- 二 如透過之光線不在聚光點之處。或過或不及其光之亮晦如何
- 三 光線透過凸鏡。顯放大之正像。其發光之物在光心之何處
- 四 凸鏡如顯倒像於鏡後。其原物在聚光心之何處
- 五 聚光點有熱力否
- 六 試言其熱力之大
- 七 聚光點何故能有熱力
- 八 凡雙凸鏡之透光體。是否皆能聚光心

### 論色

## 第十節 光帶

格致教科書 第四章 光學

常視日光及火光等。概屬白色。人因以為光本無色。不知白色中即包藏無限種顏色。凡天下能尋得之異色。盡隱此白色之中。試以玻璃塞陳日光之



第四十圖

下。日光透過。顯紅藍色。并顯綠黃等色之微影於紙上。如第一圖四然各色最顯於三角玻璃。及雨霽之虹。細細數之。厥有七色。為紫靑藍綠黃櫻紅等光帶。此皆由日之白色分而出也。其各色之界限。難以分晰。此色於何處止。彼色由何處起。莫能定之。因其光帶之廣狹。時刻微變。不限於一界也。

於此可知各色皆為白色中所分出者。日光誠為諸色之原也。

### 習問

- 一 日光是否無色。
- 二 白光中包藏各色。試名其最要之七色。
- 三 何物可為諸色之原。

### 第十一節 光色分合

白光分成各色。學者已明知矣。然各色聚成白色。似難乎明晰。可取一紙牌。剪成平圓形。自中點起。均分七角。每角各繪以七色中之一色。圓心之中。以



第十四圖

針貫之。如第十二圖手執針之兩端。令轉極速。則七色不見。而現白色。此可為諸色合成白色之明證。日光之白。亦似此也。白色為七色之原。而七色中之紫、櫻、綠。又非本色。為紅、黃、藍三色化合成者。試仍以紙牌如前法試驗。繪紅、藍二色。則見紫色。繪紅、黃二色。則現櫻色。繪黃、藍二色。則為綠色。可見紫、櫻、綠三色。非為本色。乃紅、黃、藍之化合色也。即為間色。按此理推求。使各色互合不已。化成無窮之間色。是以光色雖多。總不外乎此七色之所化。

### 習問

- 一 用何法可試七色聚成白色。
- 二 七色盡為光之本色乎。
- 三 以紙牌一半繪紅一半繪藍。速轉之。合成何色。
- 四 紅、黃二色。則成何色。
- 五 黃、藍二色。則成何色。
- 六 各種顏色。大抵為何種本色。化合而成。

## 第十二節 物受光色

格致教科書 第四章 光學

凡物有色。皆爲白光感受而成。蓋白光感觸於物體。其所分諸色。物體收入其數色。而發出其餘色。或受而全行發出。或盡隱而不發。其所發者。卽爲該物之色。受而盡發者。仍見白色。七色全收入而不發者。卽見黑色。光線透過不能收留。卽爲無色。收入數色。放出餘色。卽成間色。萬物有色。皆由是理。如淨水無色。葡萄酒紅色。墨水黑色。此各因其收受日光之不同也。水爲透光之體。日光感之。不能收留。故無色。葡萄酒受光。隱其餘六色。而放紅色。故現紅。墨水之質。受光而盡隱之。故現黑色。物體恆有現新奇之色者。皆因發出之數色配合而成也。

### 習問

- 一 物體之色得於何物。
- 二 物體受光。悉行發出。則現何色。
- 三 受光盡隱而不發。則現何色。
- 四 淨水何以無色。
- 五 櫻桃何以有紅色。
- 六 棉花何以現白色。



- 七 墨水何以黑色  
八 如鮮花能現嬌豔之閒色何故

## 提綱

### 第一節

- 一 光自日與他發光體而來亦藉以脫之顫動而傳與熱同理
- 二 光由每體發出必由六面外射恆爲正直線
- 三 大光爲無數光線聚成故能分成細線

### 第二節

- 一 光之速率每一秒時約行十八萬六千英里卽四十八萬四千九百零二華里

### 第三節

- 一 光任遇何面分爲二分一分透入體內一分回返其回光之例卽凡發光體斜於返光體若干其回光之斜度亦與之相等

### 第四節

- 一 折光之理因光線斜透於透光體內其質點之稀密不同故即被折改向
- 二 光線由稀質透入密質乃向垂線而折由密質透入稀質則背垂線而折

### 第五節

- 一 雙凸鏡中凸邊削兩面相同
- 二 雙凸鏡能放大物體故又名放大鏡

### 第六節

- 一 顯微鏡有二種一筒鏡乃以一或二凸鏡相合能放大物體一以數鏡以法配合有極大之放大力量謂之繁鏡
- 二 顯微鏡之力大者至百倍千倍百倍者一寸之物能顯百寸之大千倍者至千寸之大
- 三 遠鏡亦爲數凹凸鏡配合而成能測極遠之物

### 第七節

- 一 凹鏡中薄而邊厚與凸鏡適相反能減小物形體
- 二 眼鏡有二種一卽凹鏡一卽凸鏡皆爲病眼人必需之器病近視者因其精珠前面稍凸當配以凹鏡病遠視者精珠稍平配以凸鏡卽與無病同

### 第八節

- 一 光線透過凸鏡向內心折聚於鏡後成一小點謂之光心
- 二 光線透過凸鏡在光心與鏡之間其物體放大過於光心則顯倒像

三 凸鏡聚日光之光心其熱能燒物

## 第九節

一 日光過三角玻璃光線折而分成七色紫青藍綠黃橙紅是也各色分言之謂之光帶  
二 光線透過三角玻璃之折光恆向較厚之半塊所分光帶紫色最大紅色最小

## 第十節

一 白色爲七色合聚而成如紅藍合之則成紫色紅黃合之則成棧色黃藍合之則成綠色同一理也

## 第十一節

一 凡物體有色皆因各感光而返照於外者也如一體收入其餘各色而獨返藍即見此體之色爲藍若將各色盡收入而不返出者視之則爲黑色盡返出者視之爲白色非物之本性也故處暗中物皆無色矣

## 第五章 聲學

### 第一節 成聲之理

人有皮膚乃有冷熱有目乃有光有耳乃有聲此數者皆由人而生之也  
獨物不能發聲必由二體之相撞或輕或重皆有聲發出蓋聲者爲物質跳



第四十三圖

動而成也。試以棒擊玻璃盃口。朗然有聲。輕以指尖按之。則覺盃面跳動。重按之。其聲即絕。又試以棉花小球繫於線上。移近盃旁。忽切忽離。往復不已。及至聲絕而止。如盃內盛水。盃被擊。則水面顯出浪紋。此皆物體跳動成聲之明證也。萬物發聲。莫不例此。

### 習問

- 一 物體何以有聲
- 二 指重按放聲之玻璃盃。何以其聲即止。

### 第二節 聲浪

物體被擊處之質點。跳動不已。而成聲浪。聲浪之形。與水面被物驚動所成之浪相同。蓋被擊之處。物質跳動傳動其稍遠者。使與己之動法相同。而成聲浪。試以張弓之弦。以指彈之。即見其跳動之浪。又金類薄片上。撒以沙粒。擊金片成聲。沙屑即顯浪紋。此即發聲成浪之例也。

聲之得聞於耳。非一發而直入耳者。皆賴空氣以傳之。空氣受物體所成之

浪已亦成浪而層層遞傳。達於人耳。方聞其聲。試觀獵人放槍。火煙從槍管放出。聳動外氣。由近及遠。以成聲浪。聲浪前行。被物阻之。可止其傳。如見室外有人以二木輕擊。初僅得聞其聲。以玻璃窗緊閉。則仍見其擊。而不聞其聲矣。蓋聲浪被阻故也。如令其重擊。則仍可得聞。因其聲浪尤急。玻璃被感。亦跳動成浪。而室中之空氣。因亦成浪。故得聞也。

### 習問

- 一 聲如何而傳
- 二 人耳得聞聲皆賴何物
- 三 空氣如何傳聲入耳
- 四 見玻璃窗外有人以二木輕擊而不聞其聲何故
- 五 密室中何以能聞室外之聲

### 第三節 聲行速率

聲浪前行。不甚速。非如光之一發卽至。如遠見匠人作工。手執鐵鎚。鎚物。鎚下而聲不卽聞。迨第二次擊下。而初次之聲始聞。如第十四圖其實聲之發出。卽

在鎚遇物時，鎚已下而不即聞聲者，因光行之速遠勝於聲，故鎚一下即見而聲不即聞也。

聲之速率，每秒約行一千一百尺，其稍有變動，因空氣冷熱不一，冷則稍遲，

熱則稍速，然相差微幾也。

如見獵人於遠處放槍，先見

火光而後聞槍聲，因此理可

推求獵人與我相距之遠近。

見光聞聲相差之時刻，即為

聲行至耳之時刻，乃我與獵

人相距之遠近也。如第五圖四又

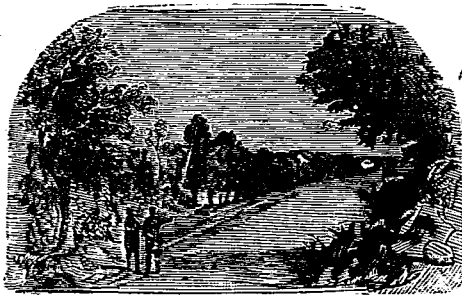
如天空雷電，先見電光而後

聞雷聲，依此法推算，亦可知

雷電發處與我相距之遠近。



第四十四圖



第四十五圖

習問

- 一 聲亦一發即至否
- 二 於遠處見以鎚擊物何以不即聞其聲
- 三 聲每秒約行若干遠
- 四 聲行之速率時有變動否
- 五 見人於遠處放鎗何以能測其距我之遠近

#### 第四節 流質實質之傳聲

以上所論聲浪與傳聲諸理。皆以空氣言之。其實流質二質亦與之同理。試以耳切於電桿。風吹電線。即聞其聲。又以耳附於水面。石落水中。聞聲甚速。是以傳聲之理。三者皆同。惟其遲速有異。而氣質最遲。如以一耳切於長木條之此端。別使人擊其彼端。則耳中能聞二聲。如第十六圖自木傳者先至。自空氣傳者後至。再以一耳淹入水內。聞聲亦然。水傳者較速。故木質之傳聲。速率十倍於氣。金類尤速。有大至十五六倍者。水則四倍於空氣。

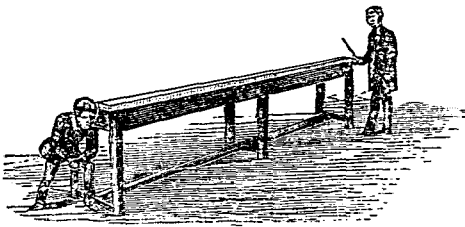


圖 六 十 四 第

### 習問

- 一 流質與實質皆有聲浪而能傳聲否。
- 二 流質氣三質傳聲之速率孰爲最小。
- 三 以一耳切長木條此端擊其彼端何以聞有二聲。
- 四 木傳聲速率大於氣幾倍。
- 五 水大於氣幾倍。
- 六 金類速率最大者大於空氣幾倍。

### 第五節 回聲

聲浪前行遇阻而回返謂之回聲。回聲之理與返光鏡轉回之光相同。如人在荒野樹林之前或遠立高牆之下大聲呼喊若聞有人在彼處應吾者此非有二發聲之處卽此處所發之聲遇阻面返回而成也。聲出於口聳動周圍空氣成聲浪達於耳而聞初聲聲浪又前行遇物面之阻與其阻力相撞其前行之力未已卽返回而使空氣成二層聲浪人耳得聞二聲矣此爲單回聲也。回聲又有雙回聲。三次回聲。四次回聲更有數十次回聲者皆因其發聲浪受阻而成回聲。回聲浪受阻又生回聲其受阻次之多寡卽爲回聲



次之多寡。法國米倫相近之西馬奈他礮臺中。一聲發出。能成三十二回聲。亦美聞也。

### 習問

- 一 於叢林高牆之近處高聲呼喊。彼處如有人應聲同喊者何故。
- 二 回聲何以能成。
- 三 回聲有二次三次以至數十次者何故。

### 第六節 音之高低

音之高低。皆因發聲之體。連續顫動數之多寡而別。動數愈多。音卽愈高。人耳能聽者。最低之音。每秒三十二動。再少則不能聽矣。最高之音。每秒七萬動。禽獸之耳。多較人尤聰者。能聞之音。或高或低。多能過於是數。

音之高低與大小。其義各別。音之大者未必高。如風聲雖大。其音則低。雷聲雖大。其音亦低。昆蟲之鳴音。雖高而仍小。故近處聽之。其聲甚朗。然不能達於遠處。男人之音最低。每秒不能更小於一百六十四動。小兒與女子之音。雖輕而卻愈高。然每秒亦無過於二千零八十八動。小兒之音。雖亦有能高

於是者。然不多見也。故音之高低。全係乎每秒動數之多寡。與大小無涉。

### 習問

- 一 音何以有高低。
- 二 試言音最高最低之調。
- 三 風聲雷聲之大亦以其動數之多增否。
- 四 調之高低與音之大小有別否。
- 五 女子與小兒之聲較男人更尖何故。

### 第七節 樂音

多音齊發而和諧堪聽者。謂之樂音。以之節奏各音者。謂之樂器。

樂音之所以能和協者。惟在顫動。顫動無法。則爲雜音。顫動有序。卽成樂音。樂音爲配準之音律。常以八音爲一調。每調共分十二律。一音比一音高爲一律。亦有爲二律者。此視其音之大小以配之也。

八音之所以能配成律呂。以聲浪傳行愈遠愈低之故。一音愈近。發聲之處必高於以下之一音。二倍其顫動之速。亦二倍於下。如六凡工尺上乙四合是爲八音。其凡六二音。與以下之音。相距之遠不齊。故音之高不能二倍於

下音之例。工尺以下。相距齊遠。故工音高於尺音二倍。尺音高於上音二倍。以下例此。

### 習問

- 一 何謂樂音。
- 二 何謂樂器。
- 三 聲何以能成樂音。
- 四 樂器有幾音。
- 五 何以能成律呂。
- 六 音之愈近發聲處者高於以下之一音幾倍。

### 第八節 弦音樂器

弦之成音。因其全弦往復跳動之故。弦之兩端。切於器。或以弓牽。或以指彈。或以物擊。俱能使弦跳動。其周圍之空氣被撼。而動成聲浪。均勻連續。往復和諧。即便成音。

弦成音之高。與弦之長。成反比例。弦愈長。成音反低。弦愈短。成音反高。如於弦之中間。作一定點。約分弦爲兩半。弦半段所發之音。高於全弦所發之音。

一倍。全弦之音雖大，其高反不及之。

弦音高低，非獨與弦之長短有關，其於弦徑之粗細，弦質之疏密，掛弦之寬緊，亦相係也。弦徑愈細，動數愈多，弦質愈密，動數亦愈多。掛弦愈緊，動數亦必愈多。反之，其動數必愈少焉。故能因其高低，配合成樂，而人堪聽。

弦之周徑小，顛時撼動空氣無多，所成聲浪甚小。故其音亦甚小。不適於樂器之用。樂器之弦，必使切弦牀之立柱，其牀以易於凹凸質之物爲之，則使弦所成之聲浪，使牀亦感而動，復使空氣成更大之浪。於是弦音放大，而適於樂器之用矣。

### 習問

- 一 弦如何成音。
- 二 弦愈長成音亦愈高否。
- 三 試言弦音之高低，與弦相關之理四條。
- 四 樂器之弦何以須切於弦牀。

### 第九節 管音簧音樂器

管音簧音，皆由風而成。故名吹器。如簫笛風琴之類。如第十七圖管音之樂，於管

之中段或一端開孔。孔邊甚薄。感風之動。即成凹凸而成聲。管內之空氣。被傳跳動。由他孔放出而成音。放音之孔。名爲音律孔。

音律孔愈近發音之處。其音愈高。又與管之長短有關。短則高。長則低。譬如一風琴。其長爲他風琴之半。其所放之音。必高於他風琴一倍。其理與弦無異。

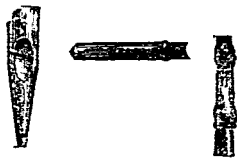


第十四圖

簧音樂器。其簧或有連於器者。如嚇哪之類。風過時。即跳動成聲。傳動管中空氣。由音律孔放出而成音。或有以唇代簧之用者。唇跳動成聲。亦傳動管中空氣。由管底放出而成大音。此二種簧音之妙用也。

### 習問

- 一 吹器有幾種。
- 二 管音之樂。如何成音。
- 三 何謂音律孔。
- 四 音律孔成音高低。與管有何相關之理。



第十四圖

五 簧音樂器有幾種

### 第十節 聲浪和諧

準音又者。即以直簧彎曲平行而定其中點。十如第九圖其

音製準。可以定音之高下。故曰準音又也。

試執準音又於手。以物擊之。其成聲甚小。如以又置於

臺面。或架空之板面。十如第五圖其聲必更大於前。蓋初時空氣但

傳又之顫動。及置於板面。板面亦感而自顫。又之聲浪與板之

聲浪。適相和諧。故能成聲愈大。琴瑟之類。必以弦張於板。或凹

凸力更大之物上。皆取其附音相和而成大音也。

### 習問

- 一 以準音又執於手及置於檯面成聲同否
- 二 準音又在臺面其成聲何以較手中更高

### 提綱

### 第一節



圖九十四第



圖十五第

一 成聲之故皆因物質跳動聳動周圍空氣成浪傳於人耳而得聞也

## 第二節

一 物體被擊擊處之質點卽往復跳動空氣遞傳不已而成聲浪

二 聲浪前行被阻卽止

## 第三節

一 聲之速率每秒約行一千一百尺

## 第四節

一 物質傳聲之速率實質最大流質次之定質最小

## 第五節

一 成浪前行遇阻物聲卽返回謂之回聲

## 第六節

一 音之有高低因物質每秒跳動有多少動數愈多則愈高愈少則愈低

二 音之高低與大小不同高低因物質每秒動數之多少大小因物體受擊之輕重

## 第七節

一 多音齊發而和諧堪聽者謂之樂音以之節奏各音者謂之樂器

## 第八節

一 弦之成音因其全弦往復跳動之故也。  
二 弦音之高低與弦有相關之理共四條：一收弦愈短成音愈高，二弦徑愈細成音愈高，三弦質愈密成音愈高，四挂弦愈緊成音愈高。

## 第九節

一 管音簧音皆由風而成音故名吹器。

## 第十節

一 各種樂器必裝於箱或定於板類之物因取其附音相和而成大音也。

## 第六章 電學

電之爲物隱伏於萬物之中。爲極稀無重之氣質。故名電氣。靜時不顯。感觸即發。取用無窮。今爲世界極要之一物也。

### 第一節 摩電

凡體摩擦。即能生電。但體有能發電者。亦有不能發電者。如琥珀之類。爲發電之物。一經摩擦。即能吸引輕物。試以碎紙片置案上。如第一圖五初以琥珀近之。不見有異。復以琥珀於衣袖擦熱。



圖一十五第



如第十二圖再近碎紙。立被吸起。如第十三圖此電氣之引力也。

發電之物。非獨琥珀。如以玻璃火漆松香硫磺等物。如法試之。均能吸引輕物。此等謂之發電料。

摩電之力。非獨能吸引輕物。并能發出光聲。試以松香片板。架於玻璃立柱。以絲絨擦之。令熱生電。如第十四圖。以指近摩擦之處。即有微光閃見。息息有聲。如第十五圖。此猶天空有雷電之意也。

### 習問

- 一 何以能使物體發電。
- 二 電發時何以能見。
- 三 何物為發電料。
- 四 試言發電時能見光聲之試驗。

## 第二節 引力推力

格致教科書 第六章 電學



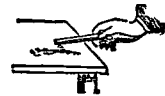
圖四十五第



圖二十五第

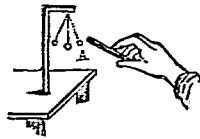


圖五十五第



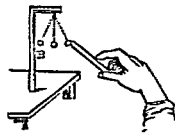
圖三十五第

電發時有吸引之力。前節已詳言。然電非僅有引力。亦有推力。試以玻璃箸一端。用絲布擦熱。又以燈草製成小球。用絲線懸於架。以箸摩熱之一端。移近燈草球。球即趨附其面。及將切近。又立即推遠。如第五圖此電氣之推力也。如以摩熱之琥珀。及他發電之物。如法試之。其效無不同者。此可見有相引之力者。亦有相推之力。



第五十六圖

球所以能忽切忽離者。因電有正負二性之故也。初時球爲玻璃之電所吸。及相切之後。即感受玻璃之電球所受之電。與玻璃之電同性。若相遇必相推也。如以擦熱之松香塊移近。其推出之球。即能相引。如第七圖蓋松香之電與玻璃之電。其性不同。凡異性之電相遇。必相引也。



第五十七圖

電有正負二性。玻璃之電爲正電。松香之電爲負電。二電相遇。同性則相推。異性則相引。此電學之要理也。  
二物摩擦。各發電氣。所發之電。其性不同。此物爲正電。彼即爲負電。試觀燈

草球感玻璃之電。與玻璃相推之後。以擦玻璃之絲布近之。卽能相引。此因異性二電相遇之故也。

### 習問

- 一 電發時顯何二種能力
- 二 電何以有推引之力
- 三 何謂正電負電
- 四 二物摩擦各發電氣其性同否

### 第二節 傳電阻電

物經摩擦。俱能發電。但因有傳電阻電之故。故物之電氣有顯有不顯。如前所試者。燈草球必以絲線繫之。故能感受他物之電。顯推引之力。如球更以極細之鐵絲繫之。則不能有前之驗。因球受電。立被鐵線傳去。故絲爲阻電料。鐵爲傳電料。

凡能發電之物。皆爲阻電料。如玻璃琥珀等物。其經摩擦之處。電卽留於此處而不傳。故能顯其力。金類之物。傳電最易。一經摩擦。電卽傳往他處。故不能顯也。

### 習問

- 一 何謂傳電阻電。
- 二 以鐵絲繫燈草球何以不能試驗。
- 三 物能發電何故。
- 四 何物爲傳電料。
- 五 何物爲阻電料。

### 第四節 傳電料之發電

傳電料不能發電。前已詳言。然亦有法使之發電。無異於阻電料。蓋傳電料因傳往他處之故。其電不能聚於一處。如阻其傳電之路。則亦能發電。如人身爲傳電料。故一觸於發電之處。電卽由人身傳入地內。使人立於阻電之物。或玻璃之凳。以貓皮摩擦其身。電不傳於他處。全身俱能發電。他人以指觸其身之一處。在黑暗之時。可見指與人身之間。有光發見。無異指觸受電之松香。人身之發電。與阻電料無異。

鐵雖爲極易傳電之物。摩擦之時。電立由人身傳入地內。如於手執處。用絲布裹緊。如第八圖五則電留於鐵。使近輕物。亦能吸起。此見阻電料之所以發電。

因電能聚於一處之故。傳電料阻其傳電之路。亦能發電也。

琥珀爲阻電之物。如一處置於衣袖摩擦。其摩擦之處。能吸引輕物。如第九圖五他處雖極近摩擦之處。亦不能發電。傳電之物。一處發電。徧體傳及。如阻其傳行之路。則隨處可以發電。不若阻電料之但在摩擦處也。

蠶絲。玻璃。松香。蜜蠟等。爲阻電料。絨貨。乾皮。木柴等。雖能傳電。然傳動甚遲。金類及水。皆易傳電。動植物之體。及潮溼之房。皆爲傳電之物也。

### 習問

- 一 用何法使傳電料發電
- 二 人身能使發電否
- 三 鐵能使發電否
- 四 阻電料與傳電料發電有何異處
- 五 何物爲阻電料

格致教科書 第六章 電學



圖 八 十 五 第

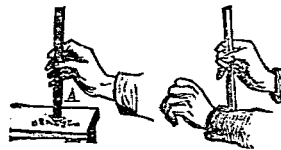


圖 九 十 五 第

六 何物爲傳電料

### 第五節 取電之法

取電之法。多由摩擦。此爲取電之正理。或一物與他發電之物相觸。亦能得電。故取電之法。有三種。一由摩擦。一由他物之電傳及。一感他電引動而生電。

物體摩擦卽發電。其所發之電。分正負二種。正電卽玻璃之電。負電卽松香之電。以他物近發電之物。立傳其電。二物之電。其性相同。試以火漆摩擦。則發負電。移近絲繫之燈草球。卽能吸引。一切著卽推開。蓋球亦受火漆之負電。二物之電若同性。相遇則相推也。

### 習問

- 一 取電之法如何
- 二 他物傳及之電如何

### 第六節 電之能力

以阻電料之球甲。擦正電於球面。移近乙架上之橫桿。如第十圖 六 桿亦爲阻電

料置於架上。近球之丙端擦以負電。丁端擦以正電。球之正電與桿之負電相遇。桿能爲球所牽動。直至二物相遇而止。可見二電相遇。非獨相引。且能牽近。務使二電合一爲止。

反之。以正電與正電相遇。其力能互相推遠。試於丁端以傳電料之二線。繫燈草球。二球同傳負電。故相推遠。

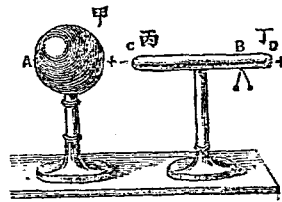
由此可見二電相遇。必顯能力。雖其發電體不相切近。其電亦能化合。職是之故。而成感電。

### 習問

- 一 正電與負電相遇有何能力
- 二 正電與正電相遇有何能力
- 三 何以能有感電

### 第七節 感電

一物移近發電之物。不使相觸而能生電。謂之感電。試以雞子二枚。橫置於



第十六圖

玻璃杯初使二雞子一端相觸接以擦熱之玻璃箸移近一雞子之彼端又使二雞子稍離遠乃去玻璃箸試二雞子所發之電性其近箸之一雞子所發之電為負電他雞子所發之電為正電如第一圖六復以二雞子移近使相觸接仍以箸近一雞子之彼端乃以指按於雞子則其所發之電立被傳去使二雞子相離仍如下圖然後去玻璃箸試二雞子之電性則近箸者仍留負電遠箸之雞子已不留其電如二雞子離遠之時玻璃箸已取去則二雞子皆存負電此見電之感引雖不觸於發電之物亦能生電也

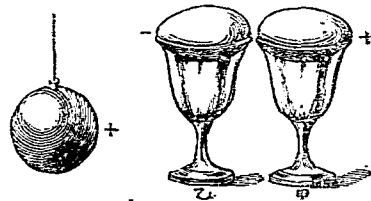


圖 一 十 六 第

### 習問

- 一 何謂感電
- 二 試言二雞子試驗感電之理

### 第八節 電向尖心

凡傳電之物發電時。如不使傳於他處。則體內之電。究流至何處而定。此亦



電學中之一要問題也。凡正圓形之物。如第六十圖甲發電時。電流於全體。蛋式之物。或兩端尖銳。如第六十圖乙則電存兩端。如圓形之體。有漸尖出之長莖。如第六十圖丙發電時。電即趨至尖處。故無論何形之傳電料。發電時電必趨向極尖之處而定。

凡阻電料之電。無向尖心之理。發於何處。即存於何處。不能傳於稍遠之處也。

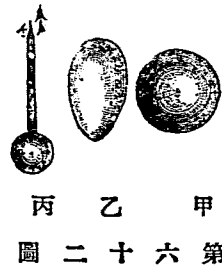
電有向尖心之力。故高樓之頂。大樹之末。常觸電而為雷擊。人亦因之能製防電之物。俟下節明言之。

### 習問

- 一 正圓形之物發電時電存於何處
- 二 蛋形之物電存於何處
- 三 物有尖處發電時電存於何處
- 四 阻電料之電何以無向尖心之理

## 第九節 雷電

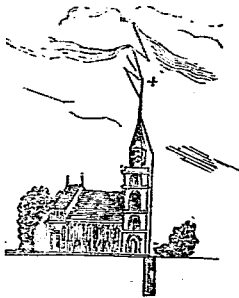
格致教科書 第六章 電學



正負二電相遇。能互相吸引。化合。前已言其理。相遇時。二電之間。有閃光發見。如存電之體。有尖銳之處。則電化合時。不見有何變。亦不發光。二電化合之後。卽行消滅。故一電獨存。乃顯電性。二電相遇。卽化合消滅。

天空有雷電之故。乃雲中所存負電。與地面高處尖頂之正電。感而相吸。其力甚猛。故有光聲。至於雷殛之故。因雲中存電過多。或地面之尖處。不足以盡收地面之電。以與雲中之電相合。於是二電忽相感遇。乃成雷電。其相遇之間。如有樹梢屋頂。適當其處。卽被轟擊。

然雲中常有電氣存留。而雷電不常見者。厥有數故。一。雲與地面相離甚遠。二。雲中存電不多。三。雨落地面。使地面傳電料之尖處著溼。則傳電更易。雲中之電。如被傳入地內。卽消滅不見。如第三圖六



圖四十六第



圖三十六第

防電之法。以鋼絲一條。下通地面井內。上高出最高之屋頂。十四第圖六則電經過。即由鋼絲傳入地內。使雲中與地面異性之電。則相合甚易融和貫通。來往無滯。無猛殛之患。而房屋永不受雷擊之災矣。

### 習問

- 一 雲中之負電與地面之電相合時可見何物
- 二 地面高處何以常被雷擊
- 三 雲中與地面之電相合時不見有電光何故
- 四 防電之法如何

## 第十節 雲中之電

凡空中之成電。爲雲中之負電。與地面之正電相遇而發者。在二電相合間之物。多被擊毀。但空中之電。不獨如此而成。雲中亦有異性之電。二電相遇。亦發光聲。十五第圖六故在炎夏之時。電光與雷聲屢常聞見。此雷毀物不多。蓋雲中有異性之電。感引成光。并發大聲。其擊觸祇在雲中。不及地面也。



圖 五 十 六 第

雷所以成聲之故。因空中二電相合時。周圍空氣忽衝來補其空。則氣與氣觸擊。撞而成聲。雷聲多延長。而忽大忽小不勻者。因電於發聲之處。傳至人耳。其電行之路。空氣有疏密。聲浪忽大忽小。故聞聲有異也。雷之聲浪。傳於地面。或遇山或高屋。阻成回聲。故聞雷有延長之聲也。

人每先見電光而後聞雷聲。蓋光與聲前行之速度有異耳。光行甚速。每秒能行十八萬六千英里。而聲每秒行一千一百英尺。因光聲有先後之故。能測發電之處。距我之遠近。其法記其光與聲相差之秒數。即可推雷聲共行幾尺。即爲電距我之遠近也。

### 習問

- 一 空中發電有何二法。
- 二 雲中負電與地面正電相引而發之電有何危險。
- 三 雲中異性二電相遇所發之電如何。
- 四 雷聲常聞大小不勻。何故。
- 五 雷聲常多聞延長者何故。
- 六 何以能測電與我之相距。

## 第十一節 電機

前所論之發電。但以法試驗發電之理。所發之電氣甚少。無所為用。人欲多取電。必用電機。機之式甚多。今略擇其簡而常用者論之。如第六圖為玻璃片電機。電機有大圓玻璃片甲。連於搖柄玻璃之兩面。上下各有二墊。丙丁兩概以皮或絲布所為。墊內鋪錫。夾緊玻璃片。連玻璃片之搖柄。一端連一接電筒底。乃圓柱體。以銅為之。託以玻璃柱。而令絕電。筒連有金類之梳。其尖切於玻璃片。乃使筒與玻璃相通之用。

搖柄令玻璃旋轉。為二墊所磨。二類電氣即分。墊上存負電。玻璃片存正電。接電筒與玻璃上之電。因梳之相感。而筒之負電。即為玻璃之正電吸引。由梳傳於玻璃片而化。正電即驅至筒彼端小銅球戊。而接電筒盡得正電矣。

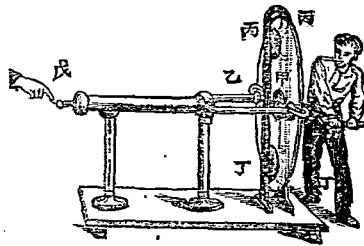


圖 六 十 六 第

試以指尖或他傳電之物近小銅球戊。即見有光發見。此可證全機之電。盡

存於接電筒內。如試以尖鋒之鍼。近觸小銅球。則不見有光發出。蓋電遇尖處。流通甚易。故接電筒必製成圓形。取其易聚。而得電亦易也。

### 習問

- 一 用何法可多取電
- 二 試言電機之要件
- 三 試言電機發電之法
- 四 電機所發正電多聚至何處

### 第十一節 電流

以鋅片浸淡硫強水內。則不見有何化功。惟若以紫銅一片。或白金片。同浸其內。上端以銅絲連之。則使鋅銅之電。互相傳遞。即見水內發氣泡。至面甚多。如第七圖考氣泡多由銅片發出。鋅片不見有變動。少頃。鋅片漸漸減輕。而



第六十七圖

銅片之重。反絲毫無減。銅片小泡。浮至水面愈多。而鋅片減輕更甚。細驗所發之小泡。純為輕氣。蓋鋅銅同浸於硫強水內。即發異性電氣。銅為正電。鋅為負電。使銅絲之二端相遇。則電流通。銅片之電。行過銅絲。傳至

鋅片。由鋅片過水內。傳至銅片。如此循環。以成電流。乃可見銅與鋅之變化。二物能令杯內之水化分。水之養氣。與鋅化合。成鋅養。二與硫強水化合。而散。如鋅片爲淨鋅。能連引養氣。與之化合。而生電氣。其水化分之輕氣。行至銅片。浮至水面而散。故常見小泡。如由銅片發出。而鋅漸減其重也。

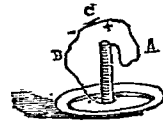
### 習問

- 一 以鋅片浸於硫強水內。有變化否。
- 二 鋅與銅同浸硫強水上端。以銅絲連之。有何變化。
- 三 何謂電流。
- 四 何以見水內小泡。如由銅片發出。
- 五 鋅漸減。減輕何故。

## 第十三節 電池

如前法。以二片異類之金相合。使與硫強水化合。以發電。謂之電池。單電池發電甚少。故設連電池之法。乃以二或多電池相連。則發電較多。而電力亦大。連電池之制。其式甚多。今擇其易明之一式。以解之。

電堆如第六十八圖以數電池相疊。故名堆。卽爲連電池之一式。以銅與鋅製成圓



第六十八圖  
第六片式如銀圓。使二類對對銕連。層層疊累。每銕銅二片之間。夾以浸飽淡硫強水之羊毛布。板疊成堆。於其堆上端之銕片。下端之銅片。各連一銅絲。如圖之甲乙。若二銅絲相遇堆中二物異性之電。即循環流動而顯電力。如欲斷其流。則使

二銅絲相離其電。即泯滅不顯矣。

### 習問

- 一 何謂電池。
- 二 何謂連電池。
- 三 連電池發電之力較單電池大小如何。
- 四 何謂電堆。
- 五 電堆之法如何。
- 六 電池連於銕銅二片之二銅絲。不使連接其電流則如何。

### 第十四節 電流之效

電流成電。試於各物。其效極爲奇妙。試舉數法。以顯電之能力。第一法。以前所論之電堆。使其連於銕銅片之二銅絲。相結成電流。含於口內。以舌抵之。



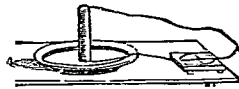
第十圖六 舌覺異常麻木。此即知電氣流行之故。如更以大力連電池。則決不能含於口。蓋執於手中。已覺麻痛。況舌之耐力更不如手。何以能堪。此電氣感於人身之力也。

第二法。移電堆於暗房之內。以其連銅碎片之二銅絲。使其兩端或時連結。或時分離。其一結一離之際。即見小光發出。此二銅絲之正負電相遇故也。第十圖七

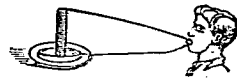
第三法。以有電流之二銅絲。置於指南鍼之上。指南鍼即感動電氣。而欲與銅絲成正交。

如第甲七十 若電流近磁鍼時。磁鍼之方向。不與之成正交。則磁鍼必隨電流之方向而轉。

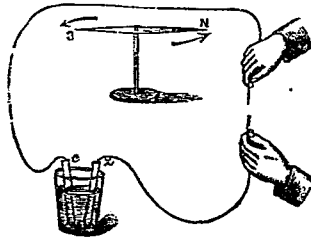
如第乙七十 此電感磁鍼之力也。可以探電之有無。及電流之方向。



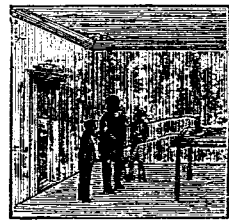
甲圖一十七第



圖九十六第



乙圖一十七第



圖十七第

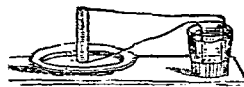
第四法。以杯盛鹽水。將二銅絲浸水內。二銅絲之端。不必相結。水亦能使二電互相傳遞。則水內發出小泡。如第七圖此乃電氣化分  
流質之力。

以上所試。於第一法爲生理學試驗。第二法與第三法。爲格致試驗。第四法。爲化學試驗。

以電力更大之連電池。如前法試驗。其力之大。將不可測度。人身遇之。立能致死。

### 習問

- 一 有電流之銅絲含於口內有何效驗
- 二 有電流之二銅絲忽結忽離有何效驗
- 三 指南鍼感電流有何效驗
- 四 電流之二銅絲浸鹽水內有何效驗
- 五 何法乃電於生理學之試驗
- 六 何法爲電於格致之試驗
- 七 電於化學之試驗如何



第七十二圖

## 第十五節 電之功用

電氣發時。觸於炭類。能發極亮之光。萬物光輝。概爲所奪。雖不能勝於日與恆星之亮。然於凡物之光。可稱無匹。電氣燈之制。卽以此故。輝照街心。路人咸便。

電有化分物質之力。故能鍍金類於他質。謂之電氣鍍金法。電氣之爲用。最大最廣者。莫如電線。由此處傳信至彼處。萬里一瞬。一秒時能周行地球數次。其速率幾不亞於光。

德律風與顯微聲筒之制。其理尤妙。德律風使人於數十里之外。互相面語。不啻同居一室。更能以之聽戲曲。與親在戲館中無稍異也。顯微聲筒。能顯微聲爲大聲。他人密語。歷歷可聞。蠅蟻行於紙面。若跑馬之大聲然。此皆爲電氣之力。亦云妙矣。其益多矣。斯豈造化之妙。抑人類之智慧所致然哉。

### 習問

- 一 電氣燈因何法製成。
- 二 試言電線之益。
- 三 德律風與顯微聲筒有何益處。

## 提綱

### 正電負電

- 一 玻璃松香等物摩擦其面即顯吸引輕物之能力謂之電氣
- 二 電由玻璃面發者爲正電
- 三 電由松香面發者爲負電
- 四 正電與正電相遇或負電與負電相遇即相推電力愈大相推愈遠
- 五 正電與負電相遇即相引
- 六 凡二電氣相遇同性相推異性相引

### 電光

- 一 如以指或他傳電之物近發電之體即見有微光閃見并有爆聲此微光即爲空中電光之驗  
爆聲即爲雷聲之驗

### 傳電阻電

- 一 以鐵摩擦亦能生電但電一發即傳至全體者爲傳電料
- 二 蠟與玻璃等電發於何處即存於何處不稍傳往他處此爲阻電料
- 三 阻電料因電不傳往他處故能發電傳電料因電能傳往全體故不能發電
- 四 傳電料在摩擦時絕其傳電之路亦能發電與阻電料無異

五 發電之法有三一由摩擦而生謂之摩電一由他物之電傳及者謂之傳電一感他物而發者謂之感電

### 電向尖心

一 凡體發電時電即趨至體之尖處因電有向尖之勢故尖銳處傳電更易  
二 防雷鐵乃細長之鐵條兩端尖銳高出屋頂下通地內能引雲中之電遁入地內故能免雷殛之患

### 空氣雷電

一 雲中之負電與地面之正電相感互相吸引相遇時即發光聲此爲雷電  
二 如雲中存電不多或雲離地甚遠或雨溼地面之尖處則電氣甚平靜不成雷電  
三 雲中之電亦有異性相遇時亦成雷電  
四 成雷電之法有二一雲中之負電與地面之正電相遇其所成雷電常有物被殛毀之患一雲中異性之電相遇其所成之雷電不爲害

### 電機與電池

一 取多電之法有二一由電機一由電池  
二 電機發電因感電之理  
三 電池以二異性金類及硫酸水化合而成

- 四 以銻銅各一片浸硫強水內上端以銅絲連結二片此為單電池
- 五 連結銻銅片之銅絲能使銻銅異性之電流通此為電流
- 六 有二或多電池相連合為一池謂之連電池其發電之力甚大
- 七 電流試於物體能顯大力分為三種一為試於生命之物如含電流之銅絲於口即覺麻木二試於格致之理如流電感引磁鐵及正負二電相遇而發電光三試於化學之理如電流之銅絲浸於鹽水內能化分鹽質

## 第七章 磁學

### 第一節 吸鐵石

吸鐵石者。礦物也。其性即鐵內含奇質。能吸引鋼鐵。若正負電之相遇。其力甚大。此為磁氣。又名吸鐵氣。

常用之吸鐵器。非真為磁石。乃人力所造。令鋼性變為磁性。亦可以吸鋼鐵。謂之吸鐵器。其形有二。一為條形者。曰磁條。一為平彎形者。曰馬掌鐵。如第三圖試執磁鐵一塊於手。外面視之。不過為片鐵而已。如以之置近鋼鍼。約離半寸。如第四圖鍼於桌上忽然躍起。緊

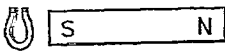


圖 三 十 七 第

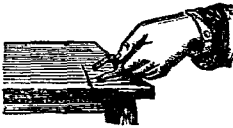


圖 四 十 七 第

貼於磁面。以手輕動之。若用漿膠住。然此乃磁氣引鐵之力也。

### 習問

- 一 吸鐵石係何物。
- 二 常見之磁鐵是否真吸鐵石。
- 三 人造之磁鐵其形有幾。
- 四 以磁鐵近鋼鐵。顯何能力。

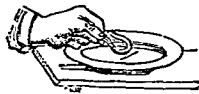
### 第一節 磁氣吸鐵

磁氣一物。但引鋼鐵。除此之外。不稍顯其能力。所以名爲吸鐵器。試聚銅鐵鉛煤砂木等之碎屑。混置於盆中。如第七圖十五以馬掌形磁鐵之兩端。近碎屑之上。約離半寸。往復移動。盆中鐵屑。卽有躍躍欲動之勢。移動多時。鐵屑盡躍起。貼於磁鐵。而他屑仍留盆中。毫無變動。

磁鐵不論何形。其磁氣必存於兩端。其中段與常鐵無異。試以馬掌鐵之彎處。置近鐵鍼。無吸鐵力可見。其鍼不能躍動。如第七圖十六磁鐵所以多作馬掌形者。卽



第七十五圖



第七十六圖

以此故使其兩端聚於一處則其全鐵之磁力顯於一處而吸鐵之力更大矣。

### 習問

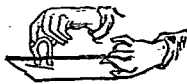
- 一 磁鐵僅吸何物
- 二 磁氣除銅鐵之外能顯於他物否
- 三 磁鐵之磁氣存於何處
- 四 磁鐵何故多作馬掌形者

### 第二節 磁氣無阻

磁氣吸鐵或遠或近因其磁力之大小耳。磁力愈大吸鐵愈遠其力無物可以阻之。試以鐵鍼置於玻璃之面以磁鐵移動於下。第如 七七 玻璃面之鍼隨磁鐵而動。即用更厚之物亦然。無不能吸動者。故曰吸鐵之力無物可以阻之。

### 習問

- 一 玻璃面置鐵鍼以磁鐵移動之於下玻璃面之鍼亦能隨之而動乎
- 二 磁鐵在玻璃下面移動玻璃上面之鍼亦動何故



第七十七圖



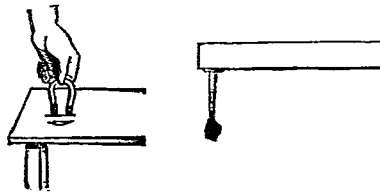
#### 第四節 磁氣感應

磁石所吸之鐵亦能感其磁氣暫成吸鐵。是謂感磁。試以磁鐵吸鐵。置近鐵屑。鐵屑即能躍起。貼於鐵。無異磁鐵之吸鐵。如第七圖甲乙鋼鐵受磁石之感磁。必存於鐵內。歷多時而散。如鐵錘由磁石取下。使近鐵屑。亦能吸起。但其吸鐵之力。不能如前之大。

鋼與鐵之感磁。其理適相反。鋼感磁較難。而存留惟久。鐵感磁甚易。而難留。全純之鐵。幾毫不留。一離磁石。磁氣即散。試以純鐵片與鋼同摩於磁石。久之。鋼即留感磁。顯吸鐵之力。純鐵雖久摩於磁石。其磁氣離石即散。雖細微之鐵屑。亦不能吸動。故製磁鐵必用鋼條。不能以鐵為之也。

#### 習問

- 一 何謂感磁。
- 二 試言感磁之試驗。



第七十八圖 甲 乙

- 三 磁石所感之鋼與鐵初離磁石時能使吸鐵否。
- 四 鋼與鐵二物之感磁有何相反之理。

### 第五節 鐵與軟鐵之感磁

鋼與鐵之感磁。已喻其理。然鐵與軟鐵之試驗。亦不相同。試以常用之鐵一枚。折爲二半段。以半段置火燒之。未冷時。則軟熟而能屈曲。乃爲軟鐵。其未經火之半段。則剛硬而脆。乃爲硬鐵。

如以硬鐵之半段。以前所論之法。使感磁氣。感磁之後。能存留稍久。軟鐵感磁極易。雖離磁石稍遠。即能吸鐵。然離磁之後。磁氣即泯無遺跡。是鐵之感磁。亦有不同也。

### 習問

- 一 鐵鍼以何法使成軟鐵。
- 二 軟鐵與硬鐵之感磁有何不同。

### 第六節 磁鍼之極性

以鋼鍼一枝。摩以磁鐵。使有感磁性。其兩端即有吸鐵之力。如第七圖試於其鍼之中點處。繫線懸於架。令兩端勻重。鍼即任意平轉。至其兩端直指南北

二向而停。如圖第八乃於鐵指北向之甲端作一記號。如以磁鐵之乙端近之。其鐵立即相引。如正負二電之相遇。取去磁鐵。還原向。仍指南北。更以磁鐵之甲處。近懸鐵之甲處。鐵即與之相推離遠。若同性之電相遇。然乃知磁鐵之甲端與懸鐵之甲端。磁鐵之乙端與懸鐵之乙端。為同性磁極。磁鐵與懸鐵。無論何兩端之甲與乙相遇。皆為異性磁極也。

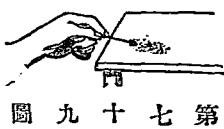


圖 九 十 七 第

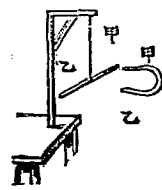


圖 十 八 第

存磁氣之鐵。其磁氣必存於兩端。而有不同之性。謂之極性。此端存南極。彼端必存北極。試以鋼鐵二枝。平置桌上。如第八十一圖之甲甲。於馬掌鐵之



圖 一 十 八 第



圖 二 十 八 第

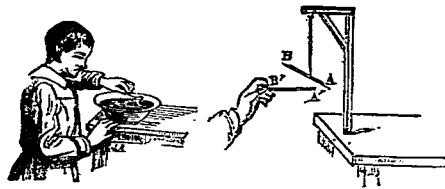
某端作一記號。以此端摩於鋼鐵。自中點丙向一端乙乙處往復摩擦。如第一圖更以磁鐵未有記號之彼端。亦自中點丙向一端甲甲處。復如法摩擦。如第二圖則使二鐵俱存感磁。乃於二鐵之甲甲端染色為記。以免混亂。以一鐵懸於架。如第三圖一

鐵執於手內。以手執之。鐵甲端近於懸鐵之甲端。則互推而不能相近。以乙端近甲端。則互吸而相切。反之。試於懸鐵之乙端。其效亦相同。甲與甲或乙與乙相遇。則互推焉。如電之同性相遇。然。甲乙相遇。則互引。若正負二電相遇。然。同極相推。異極相引。此磁學之公理也。

今因此理。製一玩物。以薄金類製成小鴨。口中啣磁鐵之小塊。浮於水面。十四第八以感磁之鋼鐵一端。近鴨口。向前移動。見鴨若趨前。咬住鐵尖。隨鐵而動。往來周旋。無不如意。更以鐵之彼端近鴨。見鴨若畏而逃避狀。遊行旋轉。若有生機之動物。然。甚可玩也。

### 習問

- 一 以感磁之鋼鐵懸於架。必指何向而定。
- 二 磁鐵何以恆指南北。
- 三 磁鐵有磁鐵相近。顯推引之力。何故。
- 四 何謂極性。



圖四十八第 (圖三十八第)

- 五 極性有何二種
- 六 同極相遇有何能力
- 七 異極相遇有何能力
- 八 試言磁氣有推引之公理

### 第七節 磁鍼折爲數段之理

磁鍼之兩端。存二極性。前已言其理。如以磁鍼折爲二段。其所存南北二極之極性。將泯滅與否。是亦磁學中之難問題也。試以二磁鍼。一懸於架。在北極端作一記號。一鍼執於手。以手內磁鍼之一端。近懸鍼之北極端。與之相推者。亦作一記號。以手內磁鍼未作記號之一端。近懸鍼之北極端。卽相引而切。可知其一端爲南極。一端爲北極。

以手執之磁鍼。折爲兩段。以半段之此端。近懸鍼之北極。則相推。彼端近之則相引。

又試以磁鍼置於鐵屑內。取起視之。見其二端吸鐵屑特多。而磁鍼之中段無吸鐵力。如以磁鍼折爲二段。其二半段之一端。卽原鍼之中段。不能吸鐵者。然以半段置於鐵屑內。試之。則兩端俱能吸鐵。與全鍼無異。其半段之中

段亦不能吸鐵。再以鐵折為數段，仍與全鐵相同。故磁鐵無論如何折斷，南北二極性必存。斷段之兩端，仍為完全之磁鐵也。

### 習問

- 一 磁鐵於鐵屑內取起時，鐵屑吸於鐵之何處。
- 二 磁鐵折為兩段，鐵屑吸於何處。
- 三 磁鐵之半段有南北二極性否。
- 四 磁鐵折為數段，其南北二極性如何。
- 五 磁鐵折為數段，其斷段何以亦可為完全之磁鐵。

### 第八節 羅盤

羅盤乃航海所用，視船行之方向者也。羅盤之專用磁鐵也。因磁鐵有恆指南北二極之性，故名為指南鐵。如以線懸指南鐵於室中，即可知此屋之方向。然線懸之法，不易備用。今依其理製成羅盤。磁鐵須兩端之輕重均勻，其中點定於尖頂之紐上，使能旋轉靈便。以恆指南北。故於其所指之處，定為南北二向。與南北向正交之二向，為東西向。其東西南北之間，刻以分度，以便算其偏差之向。如第八十五圖



圖五十八

船行於大洋海之中。水面遼闊。難辨前行之路。古時多以日月星辰之定向。以測各向。然天高水深。難測其實。向不過約略可辨耳。設遇浮雲蔽天。日月星辰。俱隱而不見。則不能行矣。或已解纜。漂蕩洋中。波濤鼓作。莫辨方向。進退無路。故行船者。自然有戒心矣。迨羅盤一興。行船大便。水利之盛。皆由羅盤造之也。

羅盤行用之廣。製造之美。莫過於歐洲各國。其始創在四五周代時。中國上古三代之時。亦已行用。距今有四千餘年。又先於歐洲二千餘年。足見中國文明之早。爲地球之冠。惜不能爲用。故漸遜於他國。而他國善用其術。故得佔其利益也。

### 習問

- 一 羅盤以何物製成。
- 二 羅盤之指南鍼定於何物之上。
- 三 羅盤如何分向。
- 四 古時航海者以何法辨認方向。
- 五 羅盤在何處行用最廣。

六 歐洲羅整創始於何時

七 中國行用羅整先於歐洲約若干年

### 第九節 電磁

鋼摩於磁石。能留磁氣。成爲磁鐵。前已言其用。然磁鐵非獨由此法製成。亦有以電力爲之者。茲詳論之。

試以鐵釘一枝。十如 十六第 圖八甲乙釘之外周。包以乾柴或他阻電料。使電氣不散。但露釘之兩端。以電堆之銅絲。繞於柴包之外。如二銅絲相結。使成電流。其

鐵立成磁鐵。以鐵屑近之。卽被吸起。如電

流一斷。磁氣立散。是謂電磁。

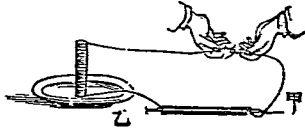
電磁之力。大者能吸鐵數噸之重。其磁力

之大小。惟視電流之力之大小。試以輭鐵

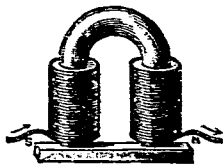
杵。彎成馬掌形。兩端以粗銅絲纏繞之。銅

絲外纏絲布。以免電氣散出。十如 十七第 圖八銅絲

之兩端。連於大力連電池之兩極。使成電



圖六十八第



圖七十八第



流。鐵杵立發大磁氣。電池愈大。所發磁力亦愈大。但電流斷。磁氣即散。故電池能使軟鐵發極大之磁。然不能使之留存而不散。以此法試於鋼條。則其電磁之力。不能如軟鐵之大。然電流雖斷。磁力不散。能久留而常顯。與於磁石摩成之磁鐵相同。電磁與摩擦。試法各異。但著於鋼鐵二物之效。無不相同者。

總之。吸鐵石之力。最顯於鋼鐵二物。而鋼鐵於吸鐵石之功效。其別在於感受磁氣之難易。及散磁之遲速。鐵易感而易散。鋼難感而能久留。

### 習問

- 一 造磁鐵之法有何二種
- 二 造電磁之法如何
- 三 大力電磁其能力如何
- 四 電磁之力其大小與電池有何相關
- 五 鋼與鐵之電磁有何不同
- 六 摩擦與電磁感於鋼鐵其效相同否

### 提綱

## 磁鐵與磁氣

- 一 磁鐵者乃一鋼片內存吸鋼鐵之力者也
- 二 鋼片內吸鋼鐵之力謂之磁氣
- 三 以常用之鋼摩於磁鐵亦能成爲磁鐵
- 四 磁氣有二異性與電氣之有正負二性無異
- 五 磁鐵之兩端存異極性一端存南極一端存北極
- 六 二極亦有推引之力同極相遇則相推異極相遇則相引
- 七 羅盤因指南鐵而製磁鐵須定於尖頂之上取其旋轉靈便以其恆指南北之故分定各向
- 八 磁鐵之製法有二一摩擦於磁石而生一由電力製成

## 第八章 重率與密率

### 第一節 地心吸力

萬物失持必自上下落及遇阻物而止此因有地心吸力之故也地心有吸力之故物體皆有下墜之勢因有阻物之故下墜時有遲速之異試執二物於手一爲石塊一爲薄紙使同時脫手下落石塊至地必先於薄紙紙浮於空氣內緩緩而下至終二物皆在地面如以紙擱爲極緊之團再

使與石相較下墜之遲速。石與紙團同時至地。薄紙與紙團乃爲一物。其墜下有遲速之故。因其面受空氣之阻力不同耳。物體墜時。必經過空氣。微受空氣之託力。卽爲面阻力。物體愈大。面阻力亦愈大。而至地更遲。故紙團下墜較速於薄紙也。

總之物體下墜。無論大小輕重。其遲速無不相等。因有空氣之面阻力。故有不同也。如無空氣。則無異矣。有人設法於玻璃筒內。抽盡空氣。使金錢一枚與雞毛同時落下。皆同時至底。

### 習問

- 一 萬物何以必向下落
- 二 物體下墜其遲速有不同何故
- 三 石塊與薄紙同時下落何物先至地
- 四 薄紙下落必較遲於石何故
- 五 何謂空氣之面阻力
- 六 如無空氣物體之下墜如何

## 第二節 物體墜力

物體下墜時。有力甚大。墜下之處。愈高愈甚。試以鉛球一枚。自高處墜至手中。離二三寸之處。幾不覺其力。離二三尺之處。手心被擊。微覺痛楚。如在再高之處。或距手有丈餘之遠。將不堪其力矣。可見物體下墜之路。愈長則擊物之力愈大。如第八圖而漸加速。所加之速。必愈久愈大。因此理。可以測下墜之路之長。及墜力之大小。

如以鉛球於高處墜下。第一秒時墜下之路爲十六尺。則若墜二秒之路。必四倍於第一秒爲六十四尺。墜三秒之路。必九倍之。爲一百四十四尺。墜十秒之路。必百倍之。爲一千六百尺。此一四九等數。爲一二三之乘方數。故既知第一秒。所行之路。無論行若干秒之路。皆可測度其長短。以其共歷若干秒數之乘方數。與第一秒之路之遠相乘。得其倍數。卽爲共行之路之長也。如第一秒行十六尺。共



甲 乙 丙  
第 十 八 圖

歷十二秒。則一二。×一二。×一六。一二千三百零四。卽爲其路之長。由此能推知高臺之高。或深井之深。以物墜下。記其歷時之秒數。卽可推知其高或深也。

下墜之路之長。旣得推算之法。然至一秒之末。其速率有若干。依下行之路。一秒時經十六尺。則其速率亦當爲十六尺。但速度自零數逐漸增加。所以至一秒之末。速率必倍一秒之路之長。爲三十二尺。二秒之路必二倍於三十二。自零數起。至六十四尺。三秒之路。則三倍之。爲九十六尺。十秒之路。卽十倍之。爲三百二十尺。自茲以往。以其所歷秒數。爲一秒速率之倍數。卽可推測其歷行秒數之速率也。總之。物墜之速率。有二理。歷時愈久。速率愈增。墜路愈長。速率亦愈增。故如有人於三四尺高跳下。其速率微幾。無絲毫傷損。如於四五十尺之高處。則必致折骨傷身矣。

### 習問

- 一 物體下墜之力。如何加增。
- 二 物體下墜其遲速有異否。
- 三 下墜之遲速與歷時之秒數有相關否。

四 物墜之速率有何二理、

### 第三節 直垂之理

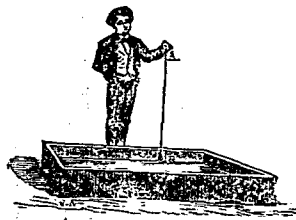
物體下墜之路。若非用力擲之。恆正直無偏。試將繩繫錘。垂於水銀面上。如第八圖水銀盛於平底淺盆。視其繩之回行。同成直線。則知其繩正立。而成水銀面之垂線。

更以繩繫之錘。使垂於平三角形之架。如第九圖垂線

分三角架為兩半。兩半之大小。絲毫不爽。蓋萬物莫不受地心吸力。故以地心有直垂之勢。是以下墜之物。必與地心為直垂線。不能偏向他方也。

### 習問

- 一 物體墜時其向如何
- 二 物體下墜之路何以知其正直無偏
- 三 試言其試驗之法
- 四 物體墜時何以不能向左右



圖九十八第



圖十九第

### 第四節 重率

物之所以有輕重。亦因地心吸力之故。試執鉛與木各一塊。大小相等。則覺木輕而鉛重。使同時脫手落地。則鉛速而木遲。鉛所以重者。因受地心吸力更大。此之謂重率。

#### 習問

- 一 物何故有輕重。
- 二 何謂重率。

### 第五節 密率

地心吸力。能使物體有輕重。因物體質點排列之法。有疏密之故。如鉛與木。木體積相等。並置於手。則人咸知此重而彼輕。然使二物大小不同。以極大之木。與極小之鉛。互相比較。則木將反重於鉛。此非木之重於鉛也。乃大小不同耳。其實鉛仍重於木。鉛之所以重者。因其質點較密於木。此謂之密率。密率愈緊。物體愈重。密率愈鬆。物體愈輕。十一第一圖九緣密率之鬆緊。而物體有輕重。非獨實質爲然。流質氣質皆然。試以二同式之瓶甲乙。大小輕重適

相均勻。<sup>十如</sup> <sup>第九</sup> 二瓶同置掌上。甲瓶內盛水銀。乙瓶內盛水。則覺甲瓶重於乙瓶。以法細考其輕重之相差。則知水銀重於水十三倍半。即水銀之密率。緊於水十三倍半。格致學中。常以水為量各密率之準則。即水為若干密率。而水銀緊於水十三倍半。以此類推。考知鉛緊於水十一倍餘十之四。金十九倍餘十之三。鐵七倍餘十之八。造屋常用之石。二倍餘十之七。玻璃二倍半。橡樹等之重於水。不上一倍乃百分之八十五倍。葡萄酒十分之九倍。淨醋十分之八倍。氣質雖似無分兩。然以法測之。亦可得其分兩。如以前圖所試之二瓶內不盛何物。而盡空氣。試於甲瓶內之空氣。以抽氣筒抽盡。與乙空氣瓶衡之。則甲瓶較輕於乙瓶。可見空氣亦有分兩也。如甲瓶內盛水。乙瓶仍為空氣。以二瓶衡之。則甲瓶重於乙瓶七百七十三。此即空氣之密率小於水七百七十三倍也。



圖 一 十 九 第



圖 二 十 九 第



## 習問

- 一 地心吸力何以能使物體有輕重
- 二 鉛之重於木何故
- 三 何謂密率
- 四 試言物體之輕重與密率有關係之公理
- 五 流質氣質亦有密率否
- 六 何物爲測密率之準則
- 七 氣質有分兩否
- 八 空氣之密率小於水若干倍

## 第六節 天平

物置掌中。雖可略辨輕重。然其輕重相差若許。則不能詳知也。欲求相差之數。必藉天平之力。天平者。爲權重之器。中國所用之秤。不如天平所顯之細微。天平之制不一。如第九十三圖爲最簡之天平式。中有立柱甲乙。柱之上端。爲極鋒利之尖頂。天平梗丙丁。安立其尖之上。使易於活



第九十三圖

動輕重易顯。梗之兩端。輕重均平。兩端之末。以繩懸二盤。重率亦等。使天平梗恆平。如以二等重置於二盤。則天平梗仍平而不倚。若二物輕重不勻。梗必偏於一端。重端下落。輕端上升。然如此亦不過顯其輕重而已。其相差之數。仍不能知。於是在立柱之上。設一數碼準。天平梗之中點。作指碼鍼。則天平偏倚若干。其鍼於數碼準上指出其數。而後可測其相差之數矣。

### 習問

- 一 測輕重之器爲何物。
- 二 天平之制如何。
- 三 天平秤物輕重之數顯於何處。
- 四 天平何以能秤物。

### 第七節 官碼

天平之準則。在法國梅得測量法。恆以法格爲準則。其重等於一立方桑底梅得蒸水之重。此法國通行之準則也。

英國之官碼。常以磅爲準。其重等於白金一塊。藏於英國大議院中。爲磅之

定率。一磅之重。等於法格四百五十三倍之重。

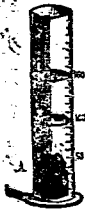
### 習問

- 一 法國天平之官碼以何爲準。
- 二 英國天平之官碼以何爲準。
- 三 英國之磅等於法格若干倍之重。

### 第八節 測實質之密率

物體之密率。卽其重率。與體積等大之水之重率。相消所得之數。故測某體之密率。必先知其重率。及體積等大之水之重率。如體之重率爲天。而水之重率爲地。此天地或地分之天。卽爲某體之密率。

實質與水。形體迥殊。然則何以能知其體積等大之數。曰。單以實流二物以求之。固不能得。然藉盛水器之助。則易矣。如以瓶盛水極滿。將至外溢。乃以某體投入其內。水必溢出。其溢出之水。卽與某體之體積等大之數也。又法。於長圓形之玻璃器上。刻分度。盛水於內。水面高至一百度。如第九圖如置鉛一塊於內。水面升高至一百六十度。其所升高之六十度。卽鉛之體積。亦卽鉛與水



圖四十九

相等之體積也。求得其六十分水之重率，推出鉛之密率，亦不難矣。如求得鉛之重率為三百四十二法格，其體積等大之水之重率為三十法格，以三十與三百四十二相消，即得鉛之密率。大於水十三倍餘十之四也。鉛之密率雖大於水，然較小於水銀之密率。故如投鉛於水銀之內，必上升而浮於水銀面，無異於軟木之浮於水面也。

### 習問

- 一 物體之密率，即為何二率相消之數。
- 二 以何法能測實質與水體積等大之數。
- 三 以鉛投水銀，何以能上升而浮於面。

### 第九節 測流質之密率

測流質之重率，其法更易。先權其盛於器內時之重，乃權所盛流質之空器之重，其相差之數，即為流質之重率。

求流質之密率，乃以空瓶權其重，又盛流質於內，復權其重，如空瓶之重為天，盛流質於內之重為地，則天地之數，即為流質之密率。如第十五圖

如空瓶之重爲二兩二錢。滿水銀於內爲四十二兩七錢。滿水於內爲五兩三錢。減去瓶重。則水銀之重爲四十兩五錢。水之重爲三兩。水銀與水之重相消。即知水銀之密率爲十三倍半。

依此類推。則知金之密率爲十九倍餘十之三。鐵七倍餘十之八。造屋之石。二倍餘十之七。玻璃二倍餘十之五。橡樹百分之八十五倍。葡萄酒十分之九倍。淨醕十分之八倍。

求氣質之密率。其法相同。將器中空氣抽盡。而衡其重。與未抽時之重相比。其相差之數。即爲氣之重率。仍依前法。使與水重相消。則可求得其數。爲尤輕於水七百七十三倍。即其密率。爲水七百七十三之一也。

### 習問

- 一 求流質重率之法如何
- 二 求流質密率之法如何
- 三 求氣質重率之法如何

## 第十節 密率與氣候之關係

格致教科書 第八章 重率與密率



第九十五圖

如前所言金之密率爲十九倍餘十之三。水銀十三倍半。空氣七百七十三之一倍。然又須知其氣候。必定於適在百度表之零度。蓋氣候能易物體之密率。愈熱則愈鬆。愈冷則愈緊。前在熱學已詳論之矣。是以同爲一方寸之金。在百度表之零度者。必更重於在百度者。試取其零度一方寸物。置於滾水內。物質受熱而漲。必將過一方寸之大。如於此時以不止一方寸之物。削而小之。使適爲一方寸。則將更輕於前。其理不待言而喻。所以同爲一方寸之物。在百度中必尤輕於零度中也。

流質因氣候而漲縮。更甚於實質。而氣質尤甚於流質。如氣質自零度加熱。至百度。其體積漲大。將三倍於前。

所以測物體之密率。以定其氣候爲最要。

### 習問

- 一 測物體之密率其熱當在何度。
- 二 同爲一方寸之金其熱度一在百度一在零度其體積相等否。
- 三 流質之漲縮如何。
- 四 氣質之漲縮如何。

五 測物體之密率以何法爲最要

## 流質之壓力

### 第十一節 流質之壓力

物體有重。必有壓力。譬如置鉛於掌中。則覺其重。是卽鉛之壓力。凡凝結之物。其壓力但顯於他物而不顯於本體。如氣流二質。與質散而不結之物。其在本體亦有壓力。譬如有米一斗。於斗底開一小孔。米卽漏出。初漏之時。以手承之。覺其漏出之力甚大。斗米漸盡。其力亦漸微。米所以初重而漸輕者。蓋初漏之時。米粒更多。故下壓之力愈大。米漸減少。壓力自然亦漸減輕矣。是以散而不結之體質點。點點相壓。愈深愈重。故其壓力能顯於己體也。

流質之質點排列。與斗米之排列相同。不過更爲密切。試以水筒中滿以水。在筒邊近底處。開小孔。連龍頭。如第六圖如開龍頭之塞。水卽向外流出。水滿時。流遠至甲處。漸流漸減。其遠亦漸減。水近半筒時。遠至乙處。及水將盡。則直

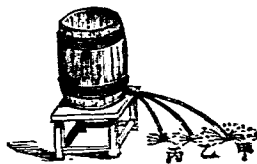


圖 六 十 九 第

流而下至丙處。無及遠之力矣。此即水之壓力漸少漸輕之故也。

### 習問

- 一 物體之重即爲何力？
- 二 流質與實質之壓力有何不同？
- 三 流質之壓力何以能顯於己體？
- 四 試言試驗流質壓力之法。

### 第十二節 壓力與水深之關係

水之壓力。既爲其質點。點點相壓而成者。則與其深淺有關係之理。自不待辯。愈深則愈重。愈淺則愈輕。無論水之多少。但以其深淺定壓力之輕重。如有水二桶。桶之大小不同。一盛水九斤。一盛十六斤。二水之深淺惟相等。如前法試驗之。二水流出之遠相同。十八斤之水。不稍遠於九斤者也。

法以鉛筒甲。上連一稍細之管丁。丁管透過木塞。其相接之處甚密。全筒滿以水。使升高至丁處。全筒之水。約六十方寸。而丁管存其十方寸。筒底開一小孔。丁水流出。遠至戊處。

十如  
七第  
圖九

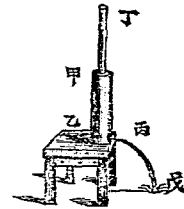


再以丁管易爲丁大漏斗。如前法試驗其全器之水爲一百五十方寸。而漏斗存其一百方寸。水之多已十倍於前。但水面之深與前相等。使水亦由丙孔流出。其遠仍在戊處。其流出之力並不增加。故水壓力之大。不在其多寡。而在其深淺。今又以丁漏斗易丁長管。其高殆三倍於前。而所存之水不及漏斗之半。使水升至管頂。亦於丙孔流出。則必更遠於前矣。此蓋器中之水。高於前。而丙處所受之壓力。更重於前也。

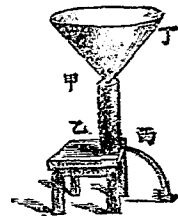
習問

一 水之壓力與其深淺有相關之理何故

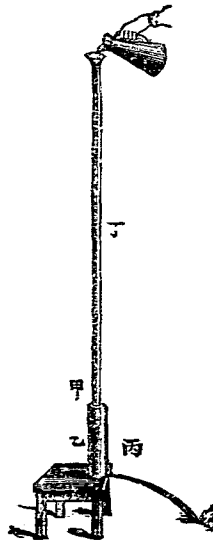
格致教科書 第八章 重率與密率



圖七十九第



圖八十九第



圖九十九第

- 二 試言壓力與深有相關之公理。
- 三 壓力與水之多少有相關否。

### 第十三節 測流質之壓力

測流質之壓力。必先知其所盛之器之底面積。與水面之深。其所成之立方積之重。即爲其底所受壓力之重。

如盛水之器。其底之面積爲一平方寸。水面深一寸。則器中之水爲一立方寸。而器底所受之壓力。適等於水一立方寸之重。水深十寸。則器底受十立方寸之重。如器底之面積爲二平方寸。水深一寸。則器底受二立方寸之重。水深十寸。則受二十立方寸之重。故無論器之形狀。爲長圓形。或長方形。或漏斗形。其器底之壓力。皆爲其底之面積。與水深所成之立方積也。

水有下壓之力。亦有上託之力。試以玻璃燈之煙通。以紙牌一塊。貼於煙通之下端。使直立於水面。  
百如第一 紙牌未至水面之先。必須以線繫之。能不

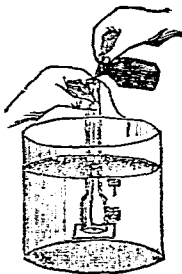


圖 百 一 第

下墜。及淹於水面。不以線繫。亦不墜也。此因水有上託之力。如以手力使煙通壓下紙牌。自水面甲至乙處。乃傾水於內。使管中之水。與管外水面相平。紙牌卽下沈。蓋水面上託之力。適等於管中水高甲丙間之立方積。管中之水。抵水之託力。其力相消。而紙牌不堪受其力。乃爲其己之重而下沈也。

### 習問

- 一 測流質之壓力其法如何。
- 二 水底之面積爲一平方寸水深十寸其壓力如何。
- 三 水底之面積爲二平方寸水深十寸其壓力如何。
- 四 測水之壓力與盛水器之形狀有相關否。

### 第十四節 壓力與密率之關係

流質之壓力。各有不同。因其密率有不同之故。密率愈大。壓力亦愈大。如水銀密於水十三倍半。則一立方寸水銀之重。必大於水十三倍半立方寸之重。則其壓力亦必小於水十三倍半矣。

如以水銀與水混置於一器內。則測其壓力之法。不能如前。必使水銀與水各以其深。與盛水器底之平方積所成之立方積。乃得其器底所受之壓力。

如水缸之底爲一平方尺。傾水與水銀於內。水銀必在水之下。如水銀之深。爲一尺。則水銀爲一立方尺。水離水銀面至水面。高亦一尺。則水亦爲一立方尺。此一立方尺水銀之重。與一立方尺水之重。爲器底壓力之重也。

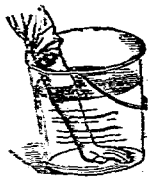
### 習問

- 一 各種流質之壓力有不同何故
- 二 流質之壓力與密率有何不同
- 三 水與水銀同置一器內。測其器底之壓力如何

### 第十五節 壓力四面平勻

水有壓力。其理已詳論於前。然試浸手於水缸之內。雖入水甚深。仍不覺其有壓力。如手背之面積爲六平方寸。水深十寸。其立方積爲六十立方寸。則手背所受之壓力。爲水六十立方寸之重。如第一圖然不稍覺其壓力者。是誠何故。

如見一魚泳於水內。如第二圖其身之面積爲六平方寸。約離水面有百尺之深。如是魚身所受之壓力。乃水六百



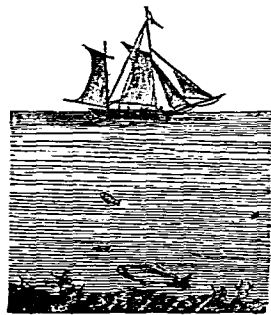
第一零百一第

立方寸之重。約二萬磅之重矣。然魚攸游如故。不稍損其身。無異游於水面者。何歟。乃細考其奇理。試觀魚身無處不受水之逼壓。故一處所受之壓力。與周身之壓力無不相同。因其相同之故。其重互相抵消。而不顯其重。如某處不受壓力。則魚身之肉必向某處漲出。而魚立死矣。如置物於石。以槌擊之。物必立碎。細考碎物之狀。大概如碎餅形。乃知物所以碎。因其所受壓力不同之故耳。如被擊之物。但受上下之壓力。四旁不受逼壓。乃向外擠出。所以碎也。如四旁有抵其擠出之力。則必不碎矣。是以全體之壓力平均。則雖大而不顯。魚所以受此壓力而不死。皆因水之壓力各處平均之故。

### 習問

- 一 魚在水底何以不覺水之壓力
- 二 物被擊而能碎何故
- 三 何以知其乃因壓力不均之故

格致教科書 第八章 重率與密率



第一零三圖

## 氣質之壓力

### 第十六節 天氣之壓力

人在空氣之中。猶魚之在水中。皆有壓力加其身。魚受水之壓力。人亦受空氣之壓力。人身之壓力。每一平方寸受十五磅之重。則如初生之嬰孩。至少亦須受二萬磅之重也。其所以從無被壓癘之事者。亦因天氣之壓力。各處平均之故。而身內亦有空氣以抵之也。

空氣之壓力。初視若甚小。然細驗之。可見其大。試以玻璃空瓶。納薄紙於內。以火燃之。則瓶中之空氣受熱。漲而外出。火將盡。瓶中空氣無多矣。乃以煮熟之雞子。去殼。直置瓶口。如第一圖雞子之圓徑。雖大於瓶口。雞子不能落下。及瓶漸冷。而瓶中空氣縮小。外面之空氣不能透入。乃見雞子漸漸伸入。竟落於內。碰然有聲。此非瓶底能將雞子收入。乃其中空氣不敷。不足以抵外面之空氣。故雞子被壓入內也。如瓶質不堅。必將被其碎矣。



第一零三圖

## 習問

- 一 人常受何物之壓力而不覺
- 二 人身每平方寸受空氣之壓力若干
- 三 人身何以受空氣之壓力而無損
- 四 以何法試驗空氣之壓力
- 五 雞子之周徑大於瓶口何以能落入瓶內

## 第十七節 測空氣之壓力

以長玻璃管甲乙。

如第一零四圖

上端之管口有軟木塞以蜜蠟封固之。管中滿



第一零四圖

水。管口下端以指嚴按之。乃使浸於水內。去所按之指。管雖倒置而水不落。其所以不落之故。因杯中水面內受空

氣之壓力。而管內之水。不受壓力。雖水亦有重力。但其力不能敵空氣。故不落也。若開上端之封口。管中之水亦受壓力。與外面之水面相等。而水全行下落矣。

如管之長不過十碼。則如前法之試。其驗相同。但過於十二碼。則管倒置於

水中必下落一碼許不能高於水面十一碼。因此可見空氣之壓力略等於水十一碼高之重。斯理既明乃由此作壓力表以測各處空氣之密率并能顯風雨之將來。

### 習問

- 一 管中滿水一端加密塞倒置水中何故能不下落
- 二 如去上端之密塞管中之水即下落否
- 三 如玻璃管過於十二碼如前法所試則管中之水如何
- 四 何以知空氣之壓力等於水十一碼之重

### 第十八節 壓力表

壓力表之製以水或水銀爲之。水銀尤重於水。其升降更便。是以壓力之輕重亦易顯。水銀之質乃密於水十三倍半。則一尺高之水銀柱必以十三尺半高之水柱相抵。如水壓力表高爲三十三尺。以水易水銀。其柱之高必等於卅爾。卽約合三十寸。所以空氣之壓力等於水三十三尺之重。卽合水銀三十寸有奇之重也。

水銀壓力表之製以三十六寸之玻璃管一端燒於火中致玻璃熔而密封。



其口。及玻璃漸冷。以法納水銀於內。亦使倒置於水銀杯中。零如五第一百水銀必降下。至離水面三十寸高而定。如此。知

此為空氣壓於水銀面適當之數。如空氣有變動。則水銀不能安其處。或升或降。於是可推測空氣壓力之大小。而顯空氣之疏密。天時之晴否矣。

### 習問

- 一 空氣之壓力等於水若干尺之重。
- 二 空氣之壓力等於水銀若干重。
- 三 以何法測知空氣等於水銀之重數。
- 四 壓力表何以能測空氣之變動。

## 第十九節 壓力表測高及氣候

壓力表既為地面空氣壓力適當之數。則其有變動之處。是能推測空氣離地面愈高則愈輕。愈下則愈重。輕則表中水銀下降。高則上升。如備表而上高山。表中水銀漸漸降下。及至極頂。則空氣甚稀。表中之水銀所降愈多矣。昔有人至白令先山之頂。約離地面一萬五千七百尺。表中水銀降下至十



圖五零百一第

六寸半。又在西歷一千八百七十五年。有人備表乘氣球上升。高至距海面二萬八千尺之處。有數人因其體內與外面空氣之壓力不勻。卽漲裂而死。其時壓力表降至十寸云。卽此可見甚高之處。空氣疏薄。不能抵水銀柱之重。故下降也。

空氣之疏密。非獨在高下之處而有異。卽在等高之處。亦有不同。蓋空氣熱漲冷縮。漲則疏而壓力輕。縮則密而壓力重。如熱帶處之表。帶至寒帶之處。水銀必升至管之極頂。故壓力表在等高之處。亦有因氣候而異者。是以各處所用之表。須以本處所造爲佳。則其氣候有所變動。所測者亦無不準也。

### 習問

- 一 備壓力表而上升管中之水銀柱有何變動
- 二 壓力表何以能測高下
- 三 壓力表何以能測氣候之冷熱
- 四 壓力表遇熱或遇冷其水銀柱之變動如何

### 第二十節 壓力表之重

空氣之壓力。如前所論。等於水三十三尺之重。亦爲水銀三十寸之重。皆以

與海面等平之處爲準。水銀柱之底。爲一平方寸。則全柱之重。爲三十立方寸。等於空氣之壓力。水銀每立方寸。重半磅。則全柱之重。爲十五磅。故每平方寸之體。必受空氣十五磅之重也。

如第一百零三圖所試之理。瓶中空氣熱而漲出。瓶冷時。空氣僅存其半。雞子上面所受之壓力。除去下面之抵抗力。約抵其半。則所受之壓力。爲七磅半之重。雞子乃不堪其重。故下落。

依是理測人全身所受之壓力。甚爲駭聞。平常之數。每人須受十五噸之重。而人所以不稍覺之故。亦與魚游水底同理。因空氣之壓力亦各處均勻也。人所受空氣之壓力。非獨其身外各處均勻。而身內亦有空氣以抵其力。故體內有呼吸之功。使內外空氣相勻。所以能不被壓癱也。空氣之壓力均勻。故不覺其重。此無關於其壓力之輕重也。有人至白冷。克測其壓力。每六十方寸。不過八磅。然其處土民居處怡然。無異於同海面之高者。故壓力內外各處均勻。雖輕重不同。亦無妨也。

### 習問

- 一 測知空氣壓力為十五磅以何為準。
- 二 何以知空氣之壓力為十五磅。
- 三 人受空氣之壓力有若干重。
- 四 人何故不覺空氣之壓力。

### 第二十一節 輕氣球

輕氣球者。以細密之紙。或絲布製成空球。內充輕氣。能自升極高。小兒每以此為玩物。如第六圖 大輕氣球其下能連舟車之類。人坐於內。乘之以上升。

如第七圖

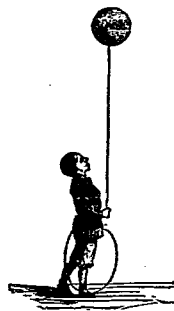
然萬物莫不受地心吸力而下降。輕氣球反能上升者。其故何在。蓋流散之質。輕者必上浮。重者必下沉。如以輕木投水中。必浮於面。雖強壓至水底。失其所持。立即上浮。如第八圖 其所以有浮沈之故。因物質之較密者。受地心吸力更大。各質點皆有下沉而爭其更下之勢。質之較疏者。吸力較



第一零七圖



第一零八圖



第一零六圖

小而不能爭勝。反被互軋而上。驅所以必升至其面。輓木更輕於水。不能勝其爭。故上浮也。輕氣球之製。與此同理。以更輕於天氣之氣。使充球內。爲天氣所驅而上升也。

大輕氣球能帶舟車而上。然球中之氣。果因輕於天氣而上升。舟車等物。則重於空氣數百倍。何以亦能上升。此蓋其重積尙不及體積等大之天氣之重積。故雖有舟車之重。仍能浮於天氣中也。試以輓木投水。果輕水而上浮。設於輓木之體。貫以重於水七倍餘之鐵釘。置於水底。仍能上升。但稍遲耳。如再加一釘。則木將重於等體積之水而下沈矣。如更以大於此數十倍之輓木。則雖貫以二十鐵釘之多。亦難下沈也。旣明此理。則輕氣球能帶物上升之故。自無不明矣。

### 習問

- 一 輕氣球有何能力
- 二 大輕氣球能帶何物而上
- 三 輕氣球何以能上升
- 四 輕氣球所帶舟車等物。乃重於空氣。何以亦能上升

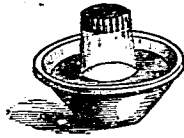
### 第二十二節 天氣壓力之效驗

試以水盆盛水。置木一塊於水面。燒紙於上。以玻璃杯倒覆。緩緩壓下。如第



第一零九圖

圖 杯中存氣無多。遇冷而縮。所透出之氣泡。不能復回。在杯中  
之水。壓力頓失。乃因外面之壓力。杯內空氣不能抵而水上  
升矣。其升至甲乙處而定。不能再上。因杯內之空氣雖較少  
然尚不成真空。仍留若干。故抵住水面。不使再升。如火力更  
大。空氣散出愈多。則能升愈高也。



第一百十圖

如以杯覆水內。令杯中滿水。以杯提起。但不離水面。使空氣  
不稍入內。雖杯中水面。更高於水。不稍下落。如第此亦因  
外有壓力。內無抵力之故。如使杯口斜出於水面。則空氣侵  
入。而水全落矣。

### 習問

一 杯內燒紙倒覆於水面。水何以能升高

- 二 以杯倒覆於水底。提起時。但杯口不離水面。杯中之水何以能不落。
- 三 杯口離水面。杯中之水即落下。何故。

### 第二十二節 放血器

人身受空氣之壓力。內外各處無不平均。如有不勻之處。皮肉必受凹凸之病。試取玻璃杯。燒紙於內。令其中空氣漲而外出。覆之於臂。第如

一 圖十 杯中空氣因冷而收縮。其壓力輕於杯外之壓力。杯口以內之皮肉。必向上凸起。如皮肉有破裂傷痕。皮中流質受其餘空氣之壓力。杯中空氣不能相抵。被逼而向外納出。醫生藉此理。以作放血器。呼出皮中毒質。以療疾病。

### 習問

- 一 人身壓力不勻。必受何病。
- 二 玻璃杯中。燒以紙。覆於臂上。杯口以內之皮肉。何以必向外凸出。
- 三 放血器。藉何理而作。

### 第二十四節 水龍

水龍為射水之器。其式甚多。其理則一。皆由空氣有壓力之故。如第一圖。第二圖。第三圖。第四圖。第五圖。第六圖。第七圖。第八圖。第九圖。第十圖。第十一圖。第十二圖。第十三圖。第十四圖。第十五圖。第十六圖。第十七圖。第十八圖。第十九圖。第二十圖。第二十一圖。第二十二圖。第二十三圖。第二十四圖。第二十五圖。第二十六圖。第二十七圖。第二十八圖。第二十九圖。第三十圖。第三十一圖。第三十二圖。第三十三圖。第三十四圖。第三十五圖。第三十六圖。第三十七圖。第三十八圖。第三十九圖。第四十圖。第四十一圖。第四十二圖。第四十三圖。第四十四圖。第四十五圖。第四十六圖。第四十七圖。第四十八圖。第四十九圖。第五十圖。第五十一圖。第五十二圖。第五十三圖。第五十四圖。第五十五圖。第五十六圖。第五十七圖。第五十八圖。第五十九圖。第六十圖。第六十一圖。第六十二圖。第六十三圖。第六十四圖。第六十五圖。第六十六圖。第六十七圖。第六十八圖。第六十九圖。第七十圖。第七十一圖。第七十二圖。第七十三圖。第七十四圖。第七十五圖。第七十六圖。第七十七圖。第七十八圖。第七十九圖。第八十圖。第八十一圖。第八十二圖。第八十三圖。第八十四圖。第八十五圖。第八十六圖。第八十七圖。第八十八圖。第八十九圖。第九十圖。第九十一圖。第九十二圖。第九十三圖。第九十四圖。第九十五圖。第九十六圖。第九十七圖。第九十八圖。第九十九圖。第一百圖。

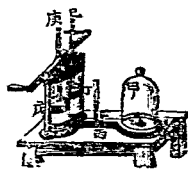


第一一十圖

射水筒以銅或竹管爲之一端尖處有孔有鞞韞甲在管之彼端管中有橡皮連於鞞韞使與管邊相切甚密如以鞞韞推下將管中空氣由孔逐出浸於水內抽起水即隨鞞韞而上直升至頂如筒長七八尺水亦升至頂如長過於三十三尺水升至三十三尺而定不能再高矣可見水之入內皆由外面空氣逼壓之故過於其壓力之大則不能再高也水龍之製皆由是理抽氣筒理與抽水筒無異如第一三四圖甲爲鐘式玻璃罩置於極平之銅盤乙爲管口丙爲管通連於丁戊二管二管內有己庚二鞞韞下端周圍套皮圈使與管牆密切鞞韞連搖柄將柄搖動則二鞞韞迭更上下每上罩內空氣由乙口抽出少許及下時近口處有舌門即閉阻空氣不復入內由辛舌門洩出往復抽送則罩內漸成真空又有單抽氣筒者其抽氣不及如是之速且其力亦小不能得真空也又有三筒單行抽氣筒雙行抽氣筒之類



第一二〇圖



第一三〇圖



其式各異。其用相同。

### 習問

- 一 水龍因何理而製
- 二 抽水筒之製如何
- 三 抽水筒能抽水至若干高
- 四 抽氣筒之製如何

### 第二十五節 水面平性

水在一器。無論器之形狀如何。其水面必各處相平。試於水桶盛水半滿。桶之龍頭連橡皮管。及玻璃管。開龍頭之塞。桶中之水流入管內。與桶中之水面相平而止。不再加高。如第一四十四圖如是無論使橡皮管如何屈曲。或高或低。或打成結狀。但不使阻水之流。則玻璃管中之水無不與桶中水面相平。如使玻璃管之中端。稍低於桶中之水面。水即外流。直至桶中之水與管口相平而止。可見水。無論在何處。無不顯其平性也。



第一四十四圖

### 習問

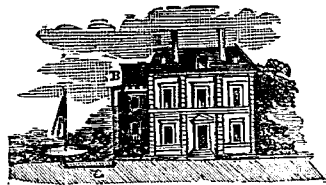
- 一 水在器內其水面如何。
- 二 試言試驗水面平性之法。

### 第二十六節 噴水馬

水既恆成平面。因作噴水馬之法。如第五圖一百作貯水箱。於屋頂旁甲處。水由鐵管通入地內。直伸至花叢之中。水由孔噴出。按其上噴之高。宜與貯水箱相平。然因其管口之摩阻。空氣之壓力。水點之重。職此數故。而水不能噴至齊高也。乃於噴出之口。更挿一管於上。則管口加高。可減其阻力。而能上噴更高。

又因是理。作自來水之法。築水池於高處。池水引入鐵管。埋置地內。再接小管。使分佈街巷。以及各家。皆能隨時取用。甚為穩便。其源頭高者。雖數層高樓。亦能達到。無論日用飲食。澆灌洗刷。皆甚便於用也。

### 習問



圖五十五 第一

- 一 噴水馬之製如何
- 二 噴水馬因何理而作
- 三 噴水馬之水不能噴至貯水箱之高何故
- 四 自來水之法如何

## 提綱

### 地心吸力

- 一 物體下墜之速率無論輕重莫不相同
- 二 下墜之速率不能相同者因有空氣面阻力之故
- 三 物體不受空氣之阻力方顯物體下墜速率之公理
- 四 物體下墜之路愈長其速率愈大
- 五 物下墜之速率行一秒時約三十二尺
- 六 下墜行二秒時其速率三二×二爲六十四尺行三秒時三二×三爲九十六尺行十秒時三二×十爲三百二十尺
- 七 物體下墜一秒行十六尺二秒行一六×二爲六十四尺三秒行一六×三爲一百四十四尺十秒行一六×十爲一千六百尺
- 八 物體下墜之路恒與地心成直垂線

- 九 垂線鍼爲測物體下墜之路爲作直垂線之器  
十 物體有重亦因地心吸力之故

### 密率

- 一 物質之密率乃其物之重與體積等大之水之重相消而得之數即爲某體之密率  
二 水爲格致學中測密率之準則  
三 水之密率爲一  
四 水銀重於等體積之水十三倍半故水銀之密率爲十三倍半  
五 鐵重於水七倍餘十之八故鐵之密率爲七倍餘十之八  
六 天平爲權物輕重之器  
七 密率因氣候而變動因體有熱漲冷縮之故

### 流質之壓力

- 一 流質之壓力因其質點點點相壓而成  
二 流質之壓力因其高及密率之故其大小有不同  
三 流質壓力之大小無關於所盛之器之形狀及水之多寡也  
四 魚身之面積若爲六平方寸在一百寸深之水內則魚必受六百立方寸水重之壓力  
五 魚雖在極深之水內不覺水之重因其壓力各處平勻之故

## 壓力表

- 一 人亦受空氣壓力如魚受水之壓力。
- 二 空氣之壓力適等水三十三尺高之重。
- 三 測空氣之壓力者爲壓力表多以水銀爲之。
- 四 水銀之密率大於水十三倍半以 $13.5 \div 33.3$ 即知空氣之壓力亦等於水銀三十寸之高。
- 五 空氣壓力愈大壓力表之水銀升愈高。

### 水有平性

- 一 水無論盛於何形之器其水面必各處相平。
- 二 水有平性之故故使於高處通入地內復由他處噴其高能與貯水桶之水面相等故因此作自來水及噴水馬之法。



## 格致論題

以下諸題，當按日用之，且總考時，亦宜用之。每論一事，必試驗以明之。蓋欲學者每習一新理，俱能以其模樣，熟記於心也。

一 物質之三種變化。試驗水之三種變化。試驗錳之三種變化。氣質易於壓小。論天氣能壓緊之理。實質流質不能壓小。

二 流質受熱而化散。蒸水之理。

三 熱漲冷縮之理。實質熱漲之證據。流質氣質熱漲之證據。水有

特別之漲理。

四 製造寒暑表之法。

五 木料炭質天氣之不易傳熱。衣能禦寒之理。作工之手工具，何以必

用木柄。

六 汽之能力。汽機之制。

七 光之速率。平鏡回光。水面折光之理。

八 凸鏡。凹鏡。聚光心。顯微鏡。遠鏡。近光眼鏡。遠光眼鏡。

九 光之分色。日之分光。光成白色。光成黑色。物體有紅色之故。

十 發聲體顫動成聲。空氣傳聲之理。聲之速率。流質實質之傳聲。

回聲。

十一 弦音樂器。吹器。音之高低。準音叉。

十二 玻璃電。松香電。正負電之推引。感電。

十三 電存尖處。天空雷電。二種成雷之法。

十四 摩電。電池。電流。

十五 磁石吸鐵。磁氣極性。羅盤。人造之磁鐵。

十六 物體下墜之理。

十七 垂線。鉞測物體向地心直垂之理。

十八 重率。密率。

十九 天平。

二十 測實質密率之法。測流質密率之法。

二十一 物體密率與氣候之關係。

二十二 流質之壓力。氣質之壓力。



商 務 印 書 館 出 版

研 究 物 理 學 者 必 讀 之 書

物 理 學 教 科 書

九 種

合 本 洋 裝 二 厚 冊  
定 價 六 元 一 角

伍 光 建 編 輯

- 力 學 每 冊 一 元
- 水 學 每 冊 六 角
- 氣 學 每 冊 六 角
- 熱 學 每 冊 七 角
- 聲 學 每 冊 四 角
- 光 學 每 冊 八 角
- 磁 學 每 冊 四 角
- 靜 電 學 每 冊 六 角
- 動 電 學 每 冊 一 元

伍 昭 展 先 生 留 學 英 國 格 林 尼 次 海 軍 學 校 復 入 英 倫 大 學 校 業 教 務 長 嘗 慨 中 國 國 力 之 絀 由 於 斯 學 之 不 明 研 究 專 門 物 理 有 年 歸 國 後 疊 任 北 洋 水 師 學 堂 教 習 南 洋 公 學 提 調 上 海 高 等 實

業 教 務 長 嘗 慨 中 國 國 力 之 絀 由 於 斯 學 之 不 明 研 究 專 門 物 理 有 年 歸 國 後 疊 任 北 洋 水 師 學 堂 教 習 南 洋 公 學 提 調 上 海 高 等 實 業 教 務 長 嘗 慨 中 國 國 力 之 絀 由 於 斯 學 之 不 明 研 究 專 門 物 理 有 年 歸 國 後 疊 任 北 洋 水 師 學 堂 教 習 南 洋 公 學 提 調 上 海 高 等 實

之 新 登 峰 造 極 精 圖 數 十 幅 以 一 二 百 幅 不 誠 不 愧 大 著 作 也

誠 不 愧 大 著 作 也

商 務 印 書 館 出 版

日本理學士箕作佳吉著長洲王季烈譯

動 物 學 新 教 科 書

考究動物學有種種方面如生態學解剖學組織學生理學發生學分布學化石學及對於人生之關係皆在動物學範圍之中而普通教育之教授動物學往往偏重於分類及解剖而於處世所必須之事實或付闕如箕作博士此著於動物學中最切要之生態學及與人類生活關係之事實及生物界中普通之法則特加注意與他科並行而無偏重之處書分三篇上篇為各論中篇為通論下篇為結論與向來行世之教科書詳於各論而略於通論者體裁特異長洲王先生就日本著名之中等動物學各教科書中選定此書譯述行世吾知自此以後將使枯燥無味之動物學變為活潑而有興趣之動物學矣

每册八角

第七百二十九號

本館書目提要函索即寄 內地購書可用郵票代錢另有章程載提中要

CHINESE MIDDLE SCHOOL.

ELEMENTARY PHYSICS.

COMMERCIAL PRESS, Ltd.

光緒二十八年十月初版  
宣統元年十二月十三版

四八七六

(中)學格致教科書一册  
(每册定價大洋伍角)

編譯者 商務印書館編譯所

發行者 商務印書館

印刷所 上海北河南路北首寶山路 商務印書館

總發行所 上海棋盤街中市 商務印書館

分售處 京師 奉天 龍江 天津 濟南 開封 太原 西安 成都 重慶 蕪湖 長沙 常德 漢口 南昌 蘇州 杭州 福州 廣州 潮州

※翻印必究※

