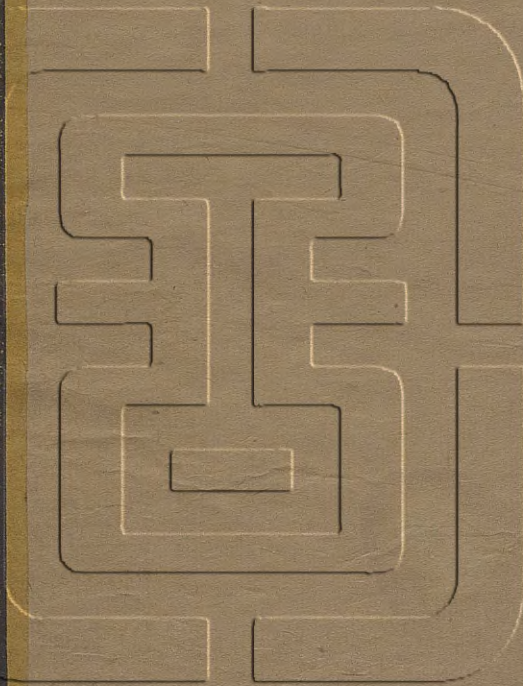


格物入門

卷二
氣學

科10
9956
:2



15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44



第二卷氣學

上章論天氣

天氣高厚亦有限制

天氣有體質

其分兩可稱

不能與他物並處

以水驗之

天氣輕重

天氣下壓

吸物之理

以水銀測度天氣

風雨表預知風雨

測量高低

空盒風雨表

測量高低宜慎天變

天氣漸高漸薄

下壓分兩

酒撤閒流泉同為一理

天氣漲縮

力愈大氣愈縮

天氣輕重層次

隨冷熱漲縮

天氣火輪

吸氣筒

玻璃試驗

氣車

積氣筒

積氣泉

積氣開山

積氣入水

論風

起風之故

通氣於礦窰

近赤道通商風

風有冬夏易向

風有早晚易向

風多無定向

風南北循環

旋風

旋風有二

避旋風之法

風行疾徐

風稱二式

風磨二式

論雨

落雨之故

雨源由海

計算雨數

雨尺

中章論蒸氣

與水氣有別

蒸氣四綱

驗第一綱

驗第二綱

驗第三綱

驗第四綱

水化蒸汽漲甚力大 驗蒸汽之力

述蒸汽之用 古人以之驚愚

古人以之為戲 後人始用

歷述有用之機 高氏氣機

吳氏氣機 天然氣機

塞氏氣機 牛氏氣機

瓦德氣機方為盡善 雙行氣機

氣管合頁自能啟閉 添水入釜不需人力

通力輪 穩行球

節氣合頁 氣表

平安合頁 節水機

節火機 記數輪

氣機全式 機分二種

高度機 低度機

筋水之力 石煤之力

氣機初興有妨工業 氣機通行眾民有益

氣機織紡貿易豐盛 火力代紡之由

火力代織之由 火輪車之由

鐵道之式 火輪車之式

其行甚速 其費甚省

火輪過山

創作之人

火輪船

創作之人

火輪舟車西國甚多

下章論音聲

天氣颺聲

颺聲快慢

颺聲遠近

他物亦能颺聲

不颺聲之物

發聲之由

聲音高低之故

音分有八

類分有三

中西同律

音分十層

聲音相觸消滅

應聲之故

迴響之遲速

迴響之方向

迴響之聚處

低聲樓

傳聲管

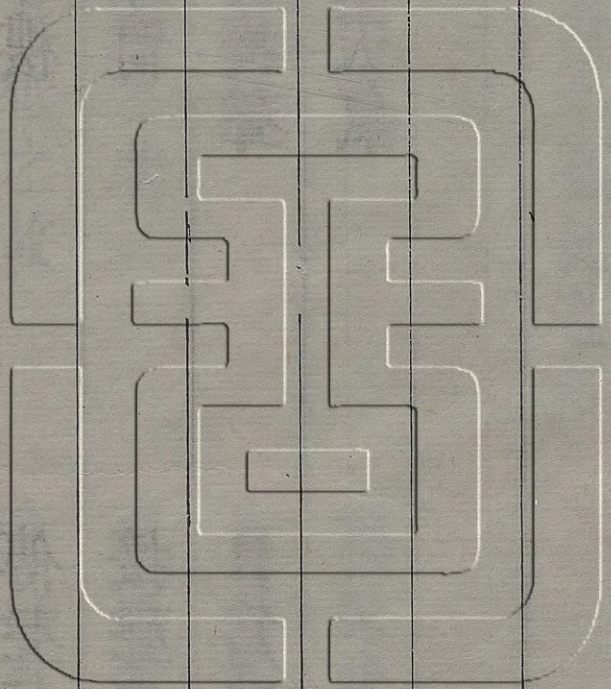
揚聲筒

接聲筒

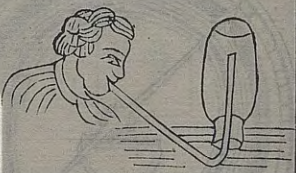
耳為接聲

口為發聲

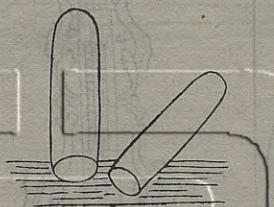
皆賴天氣



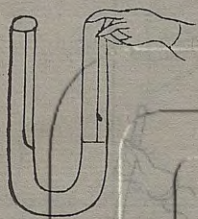
一
吹氣入瓶
水自下落



二
氣水
調換
水中
灌水



三
曲管按
嚴使氣
不出盛
水不滿



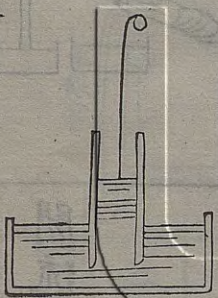
四
玻璃管按
嚴水不
流出



五
以紙提水



六
以管吸水

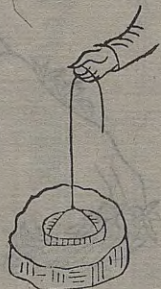


七
汲筩

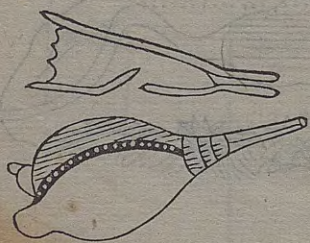


八

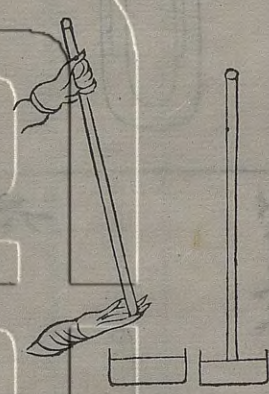
吸重鞞



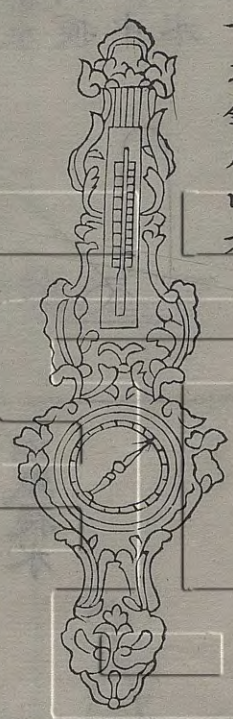
九
風箱



十
以水銀
測度天
氣輕重



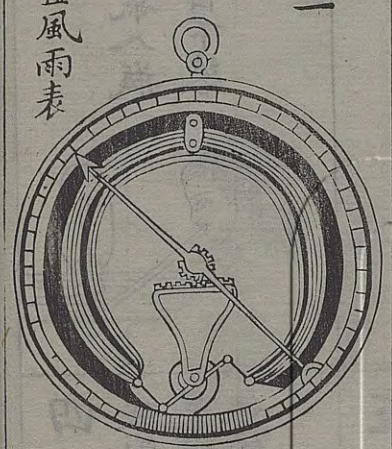
十一 水銀風雨表



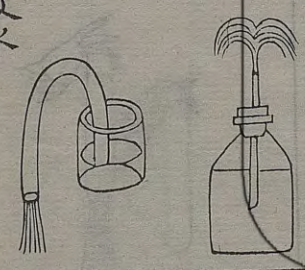
十三
開流泉



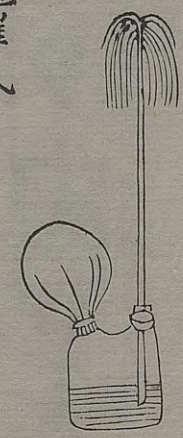
十二
空盒風雨表



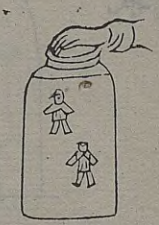
十四
吹氣入瓶
水即上躍
酒撒吸水



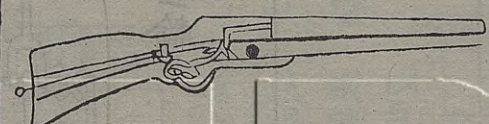
十五
握胞催氣
使水上躍



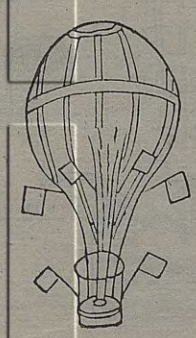
十六
磁人跳
舞瓶內



十七
氣槍

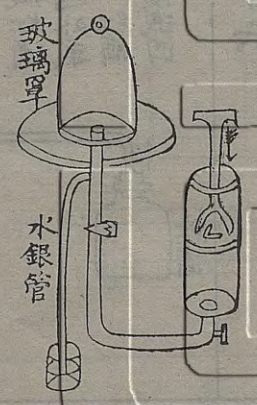


十九

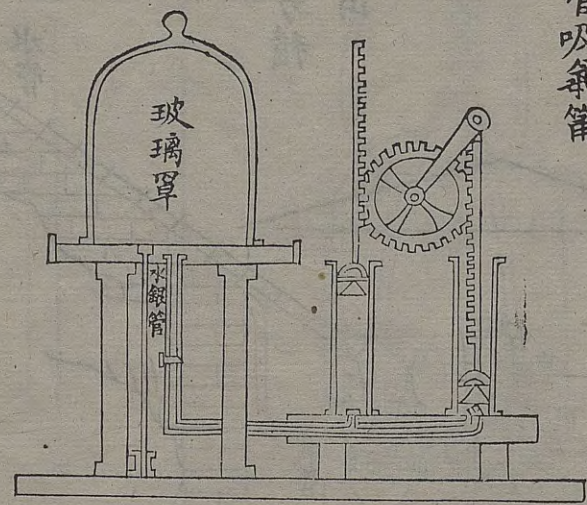


洋燈
下熱以火
氣漲上升

二十
吸氣筒

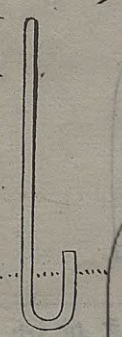


二十一
雙管吸氣筒



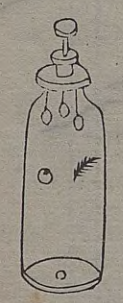
十八

以水銀試驗氣之脹縮



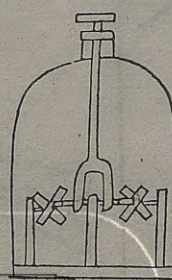
二十二

罩內無氣
錢毛並落



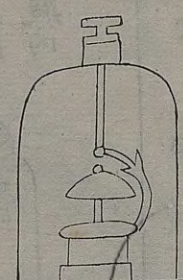
二十三

罩內無氣二輪
旋轉愈久



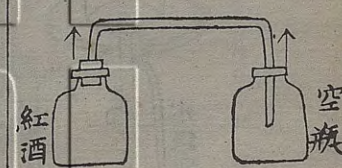
二十四

罩內無氣
擊鐘不響



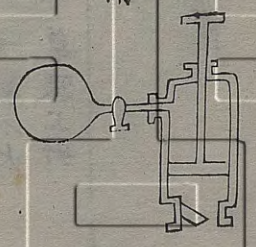
二十五

此瓶吸空
彼瓶紅酒
流過外氣
放入紅酒
旋復流回



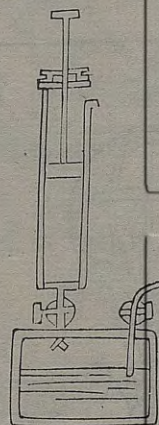
二十六

積氣筒



二十七

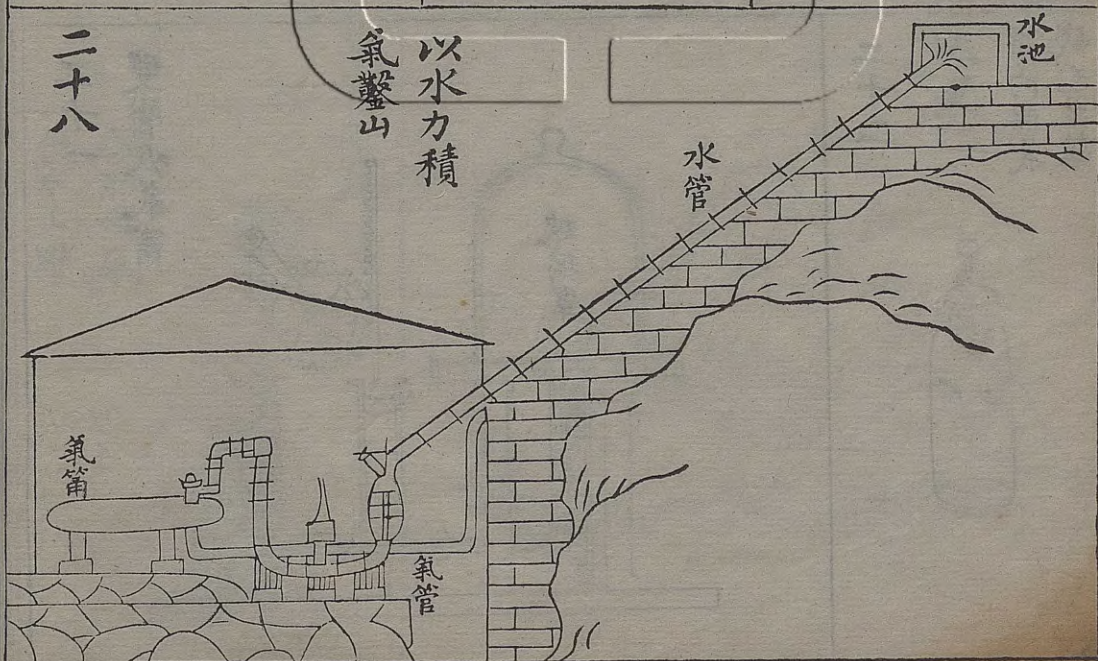
積氣泉



水池

以水力積
氣鑿山

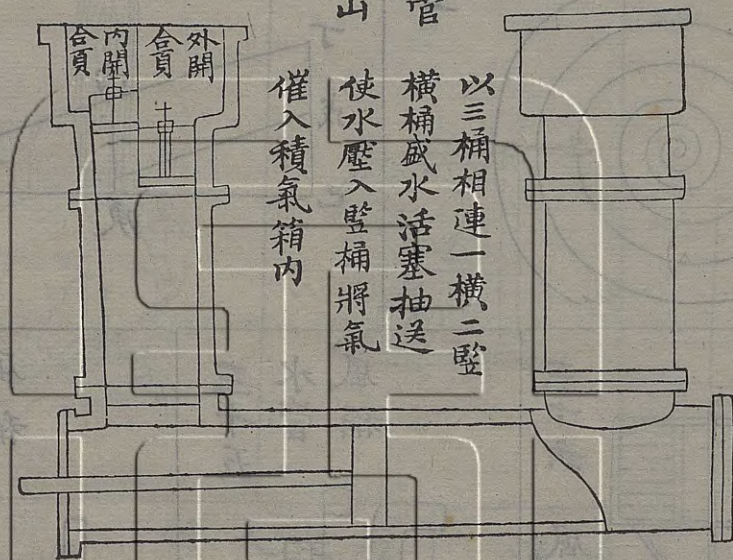
二十八



二十九

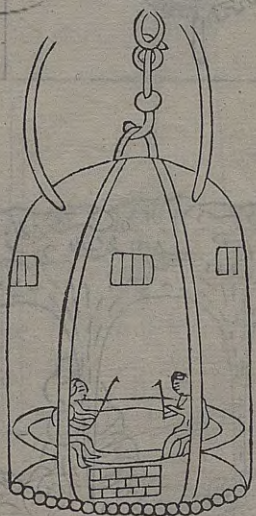
以壓水管
積氣鑿山

以三桶相連一橫二豎
橫桶盛水活塞抽送
使水壓入豎桶將氣
催入積氣箱內



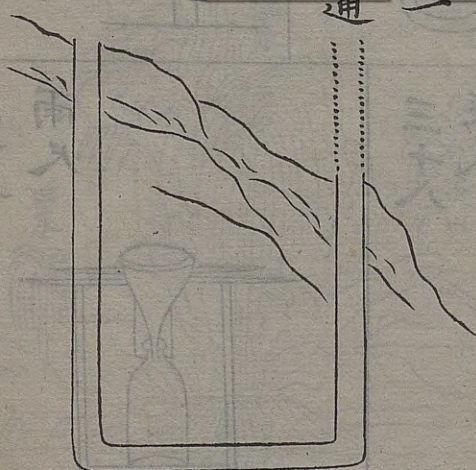
三十

泳氣鐘

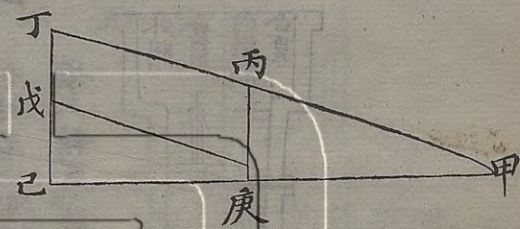


三十一

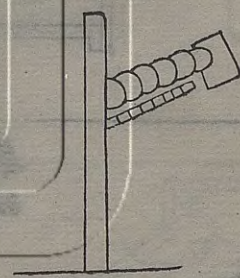
礦窟通
氣法



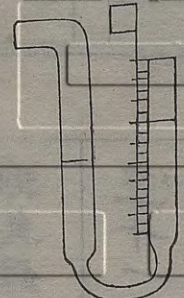
三十二 常年風圖



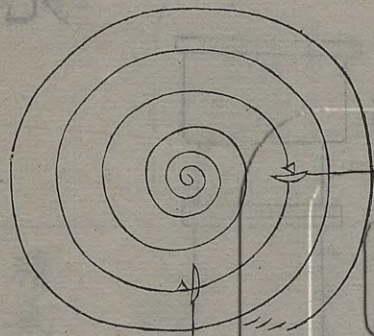
三十四 鐵圈風稱



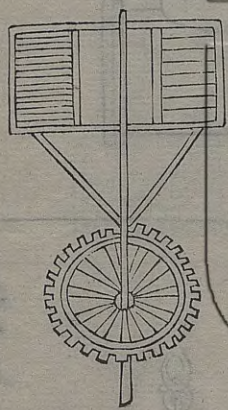
三十五 水管風稱



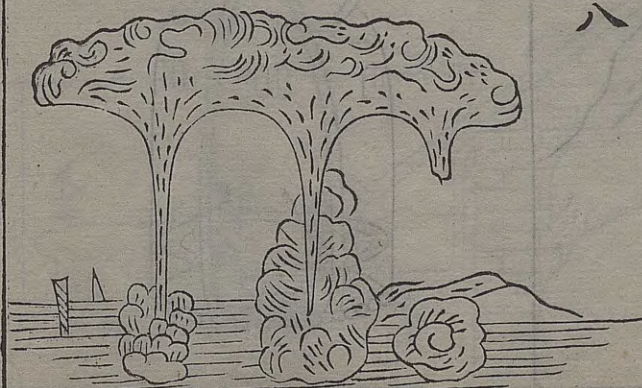
三十三 旋風圖



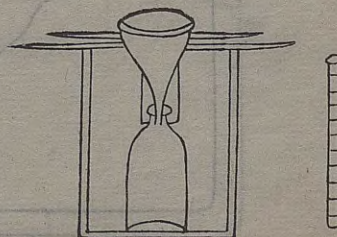
三十六 風磨



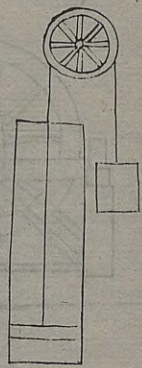
三十八 旋風吸水圖



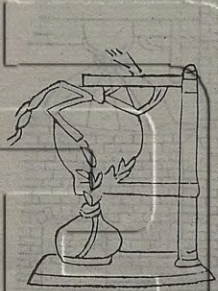
三十七 雨尺



一 蒸氣漲縮往返圖

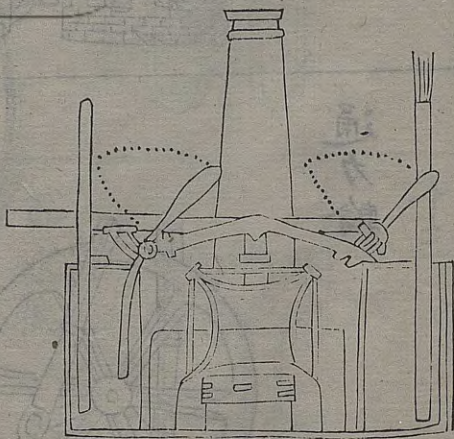


二 古時蒸氣玩物圖



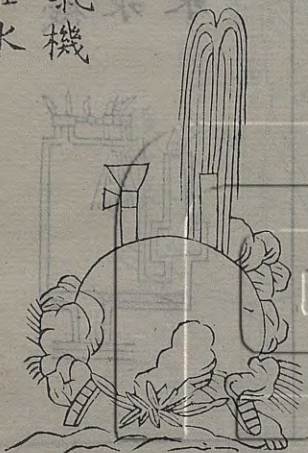
四

吳氏氣機 惟能催水

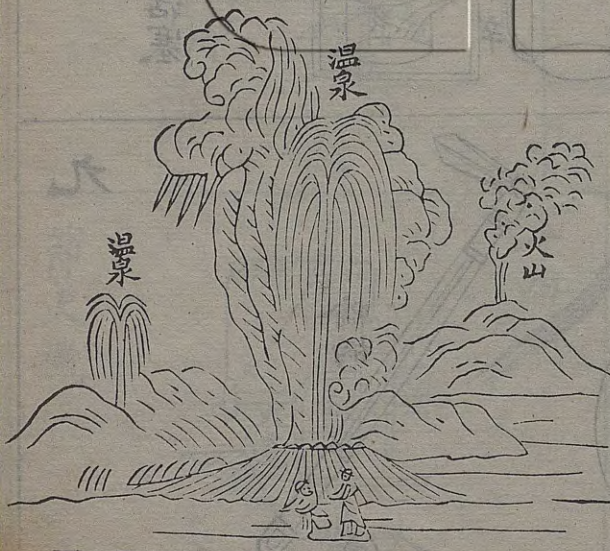


三

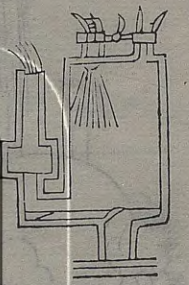
高氏氣機 惟能催水



五 火山溫泉 天然氣機 催水上躍

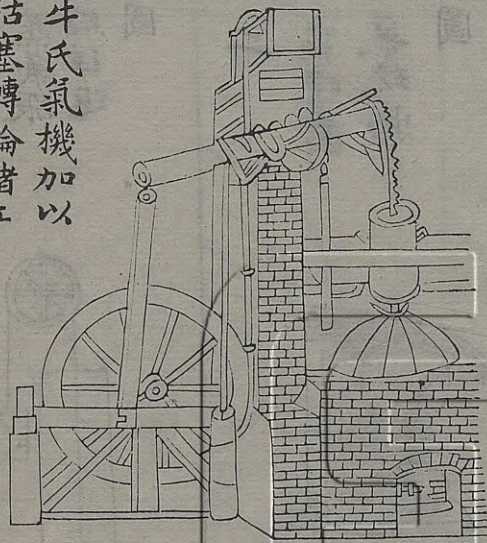


六 塞氏氣機
亦能吸水
亦能催水



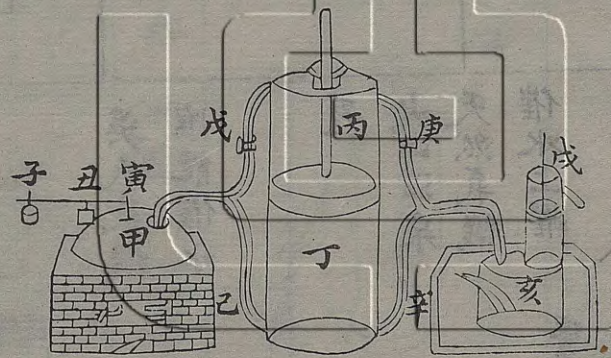
七

牛氏氣機加以
活塞轉輪諸工
可作



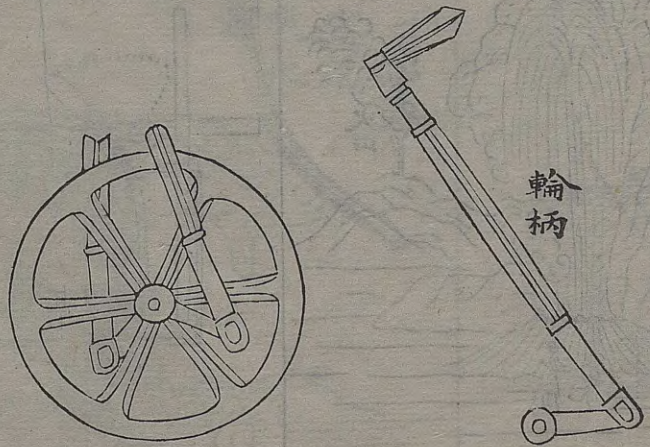
八

瓦德雙行氣機活塞
上下均用蒸氣

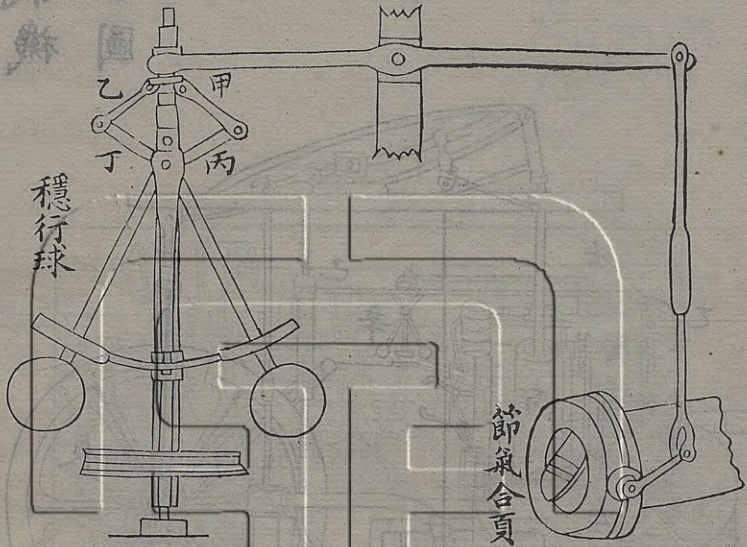


九

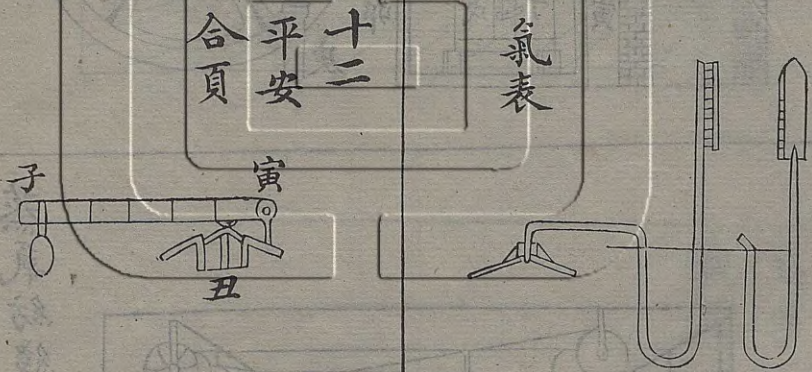
通力輪



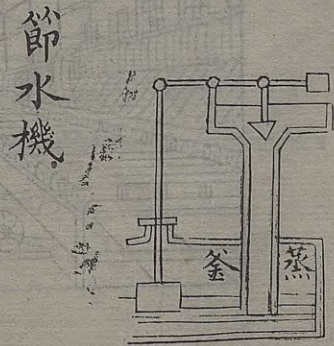
十



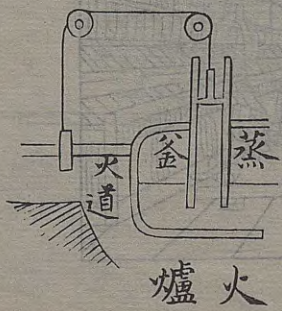
十一



十三

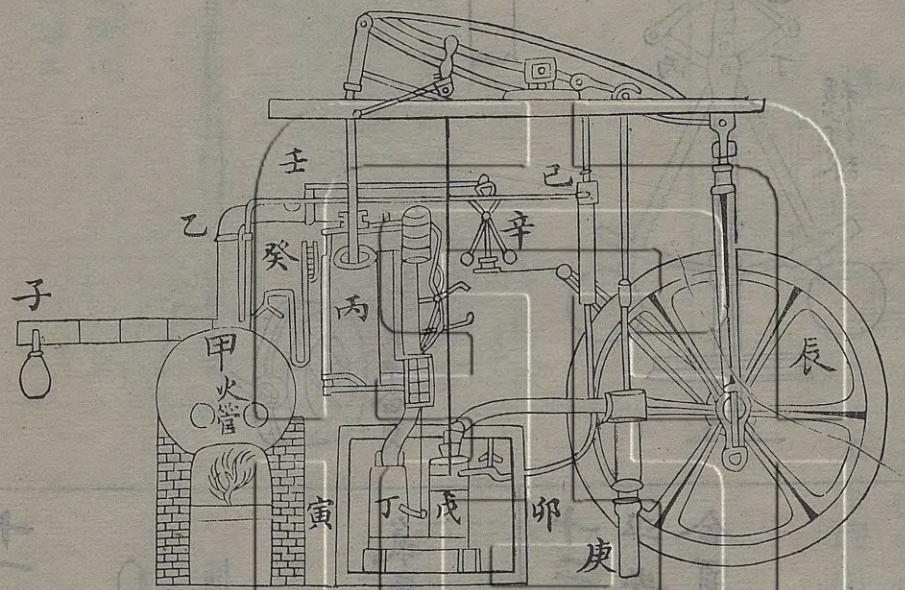


十四



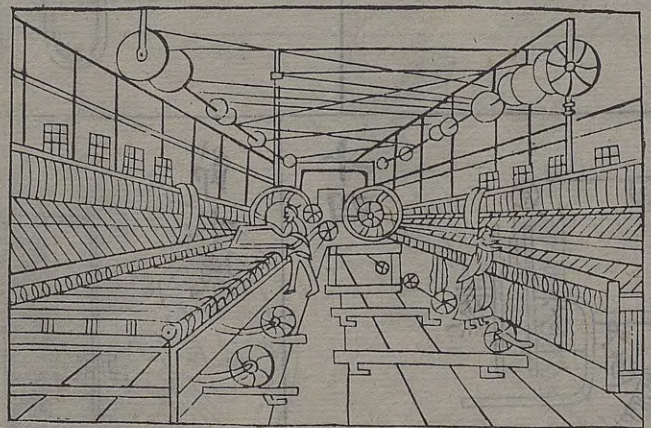
十五

氣機全圖



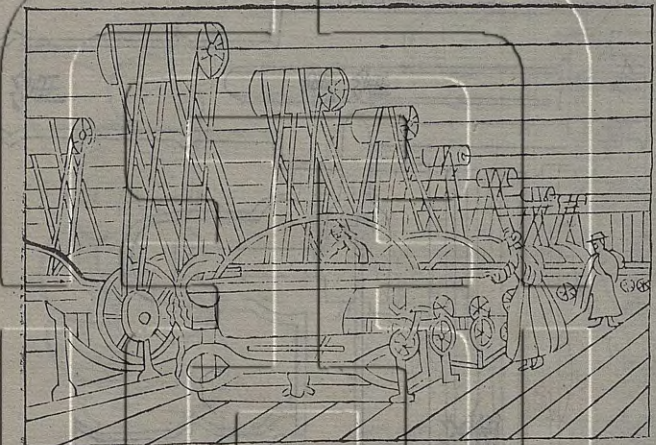
十六

蒸氣紡綫圖



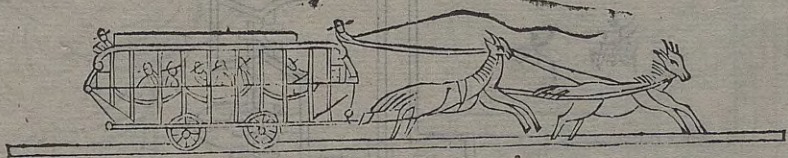
十七

蒸氣織布圖

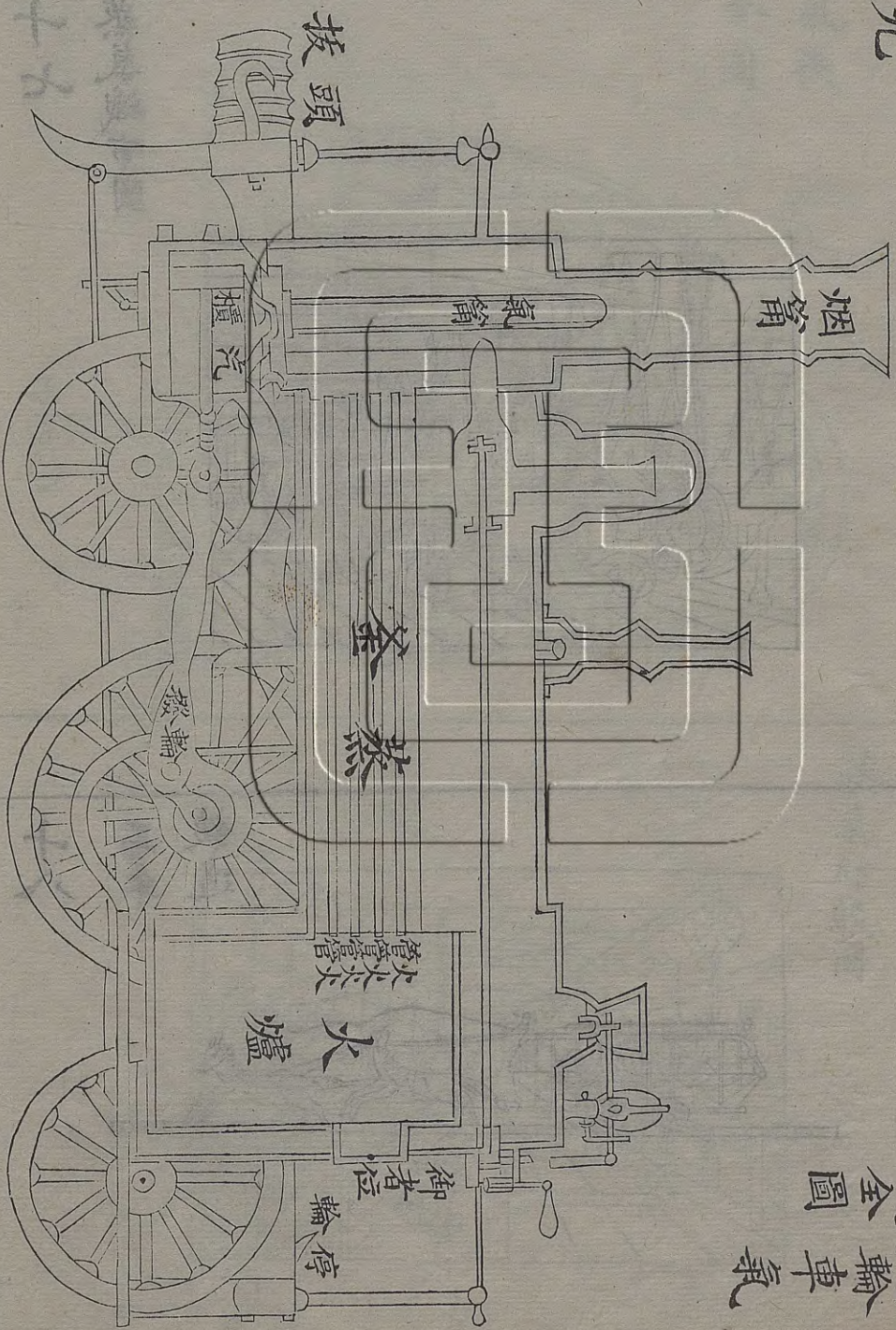


十八

馬車鑊道

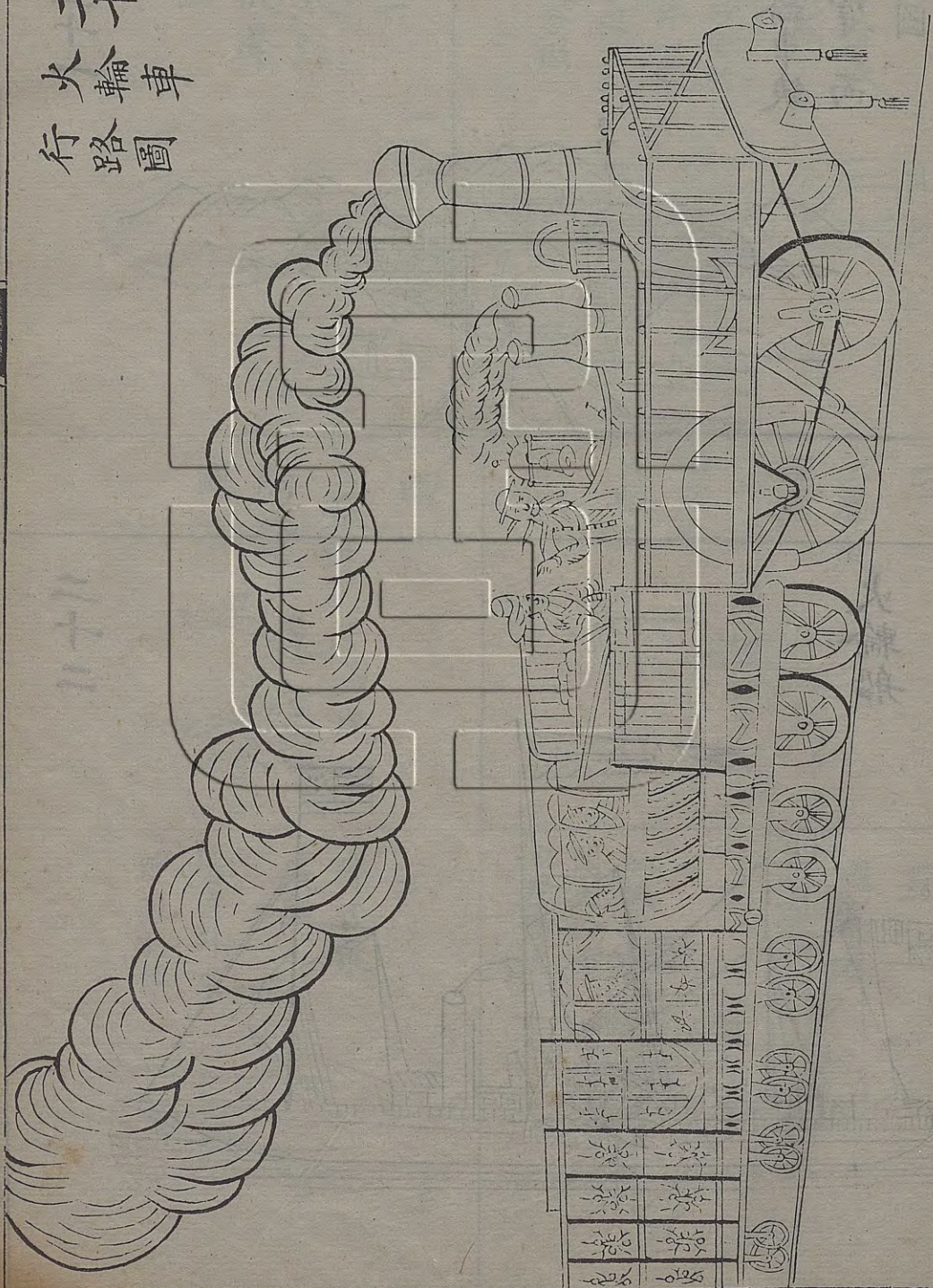


火輪車氣機全圖



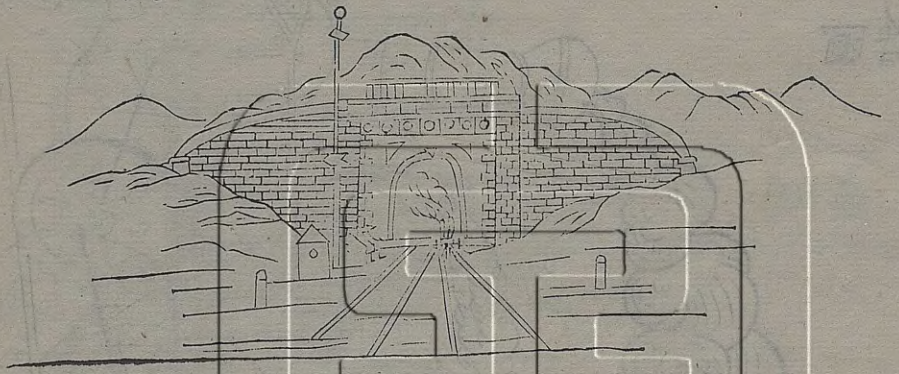
十六

二十
火輪車
行路圖



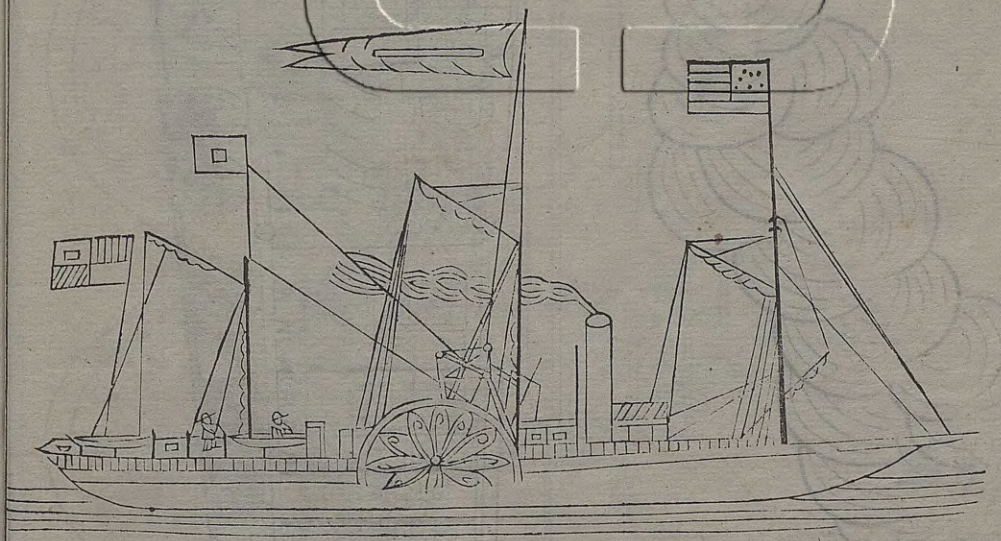
二十一

火輪車鑿道穿山而過圖



二十二

火輪船



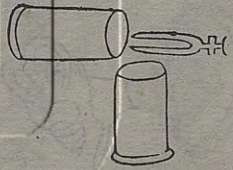
一 聲音成形圖

細砂撒於玻片以琴弓鋸之幻成各形



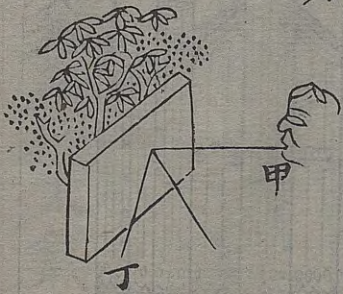
三 二聲成啞圖

以定音又驗之

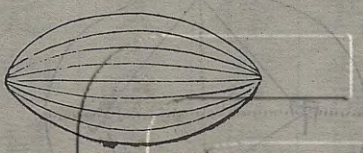


五 迴響方向圖

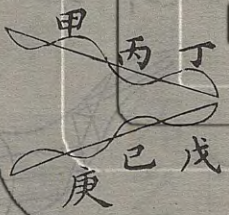
發聲自甲聞之於丁似在牆後



二 琴絃成聲圖

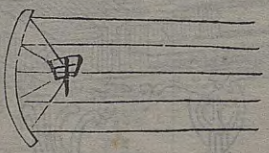


四 二聲相觸成啞圖



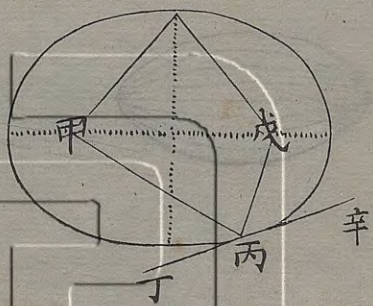
六 聲音聚處圖

音自外來總聚於甲



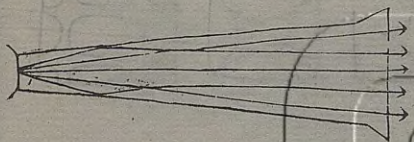
七 低聲樓式

音發於甲 總聚於戊



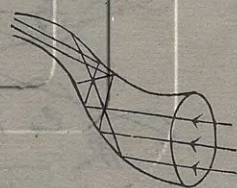
八 揚聲筒

音聲平 出遠達

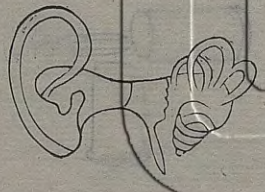


九 接聲筒

音聲平 入歸耳

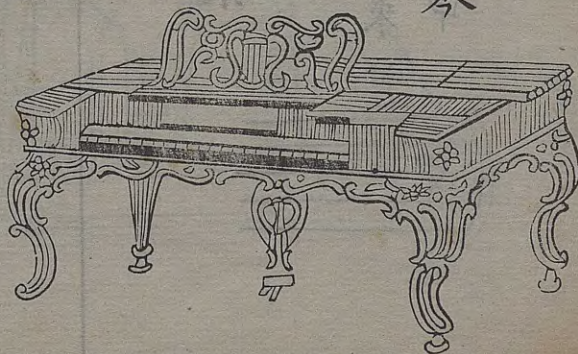


十 人耳內式



十一 大洋琴

家庭撫之人聲和之其音甚美



十二 大風琴



其音共響故里可聞

第二卷氣學

上章論天氣

問天氣高厚何如

答俗以為天氣高厚不可限量至格物家推測天氣一

層包裹地球漸高漸稀約計二百里或作一百五十

里之厚靜則謂氣動則為風

問天氣僅有如此高厚烏得知之

答測天文家考察星宿運行一週由古及今從無快慢

差別是知星際空虛無氣阻之也且由地上升天氣

漸漸稀薄推測至此數應有窮盡

天氣高厚亦有限制

問氣係自然漫散之物何以能有限制

答凡物之有質者莫不有相吸之力氣至極薄其吸力

雖少亦足抵其散漫之力故有限制也

問天氣之有無形質烏從知之

答氣雖視之不見然耳可聞而膚可捫也試以木板搖

動如扇即覺被風阻礙而動盪喫力矣且風能轉磨

行船大則拔樹掀石鼓盪萬物苟非實有形質焉能

如是哉

問更有何據

答其多寡可量其輕重可稱而且不能與他物共處

其分兩可稱

問天氣如何可稱

答用一瓶口旁有螺絲塞蓋將氣吸盡置天秤上較對

平準後開其塞則瓶反偏重以天氣入瓶之故也足

見天氣亦有分兩人自不覺

問天氣不能與他物並處何謂也

答凡有形質者二物之體不能並居一處即如擊釘入

木須開容受之隙天氣亦然雖無微不入亦須有容

受之地也

問天氣與水能共處否

答水雖亦無微不入仍不能與天氣共處也欲驗其理

不能與他物並處

天氣有形質

以水驗之

有數法焉

問其一何也

答以玻璃瓶倒沉於水水雖入瓶不能上至瓶底以瓶中有氣阻之也如以輕木小片置於瓶中使浮水面尤易見瓶中之水低於瓶外之水也

問其二何也

答以水盛滿玻璃瓶中倒置水內復以曲管插入瓶口以氣吹之其瓶內之水自向下落蓋氣催之也見第一圖

問其三何也

答以二玻璃瓶其一盛水令滿倒置水中復以空瓶亦

倒置水內二口相並再將空瓶微側二口相合則空瓶之氣自能達於有水之瓶其瓶中之水亦能灌入空瓶也此水中灌水頗有可觀見第二圖

問其四何也

答用曲管以指按嚴一頭以水灌之其水不能並滿兩頭以氣阻之也如去指則兩頭之水自能平滿因管中之氣被水催出也見第三圖

天氣輕重

問天氣與水輕重若何

答方尺之天氣若不冷不熱稱之為一兩五錢有奇方尺之水重一千二百一十六兩氣之輕重與水較之

蓋八百分之一焉。

問物於天氣能浮何故。

答物浮空中與浮水中其理一也。雲能浮空者蓋與天

氣較輕也。

問^{十五}天氣下壓何故。

答物有輕重蓋被地所吸也。天氣亦然。天氣下壓而人不覺者以內外之氣均同也。欲驗其理有數法焉。

問其一何也。

答用管貯水以指杜其下口忽令倒懸水不盡流出者

以天氣倒壓上托之故也。見第四圖

問其二何也。

答以有底玻璃管盛水令滿口向下水亦不能即流俟天氣進入少許即有一點氣泡上升水即流出一滴也。

問其三何也。

答以玻璃盃盛滿水用堅厚濕紙蓋嚴陡然倒懸水亦不流蓋天氣托之也。見第五圖

問其四何也。

答用竹管入以活塞如汲筒然將管一頭置水中拔塞令上則水亦隨之而上以天氣下壓之也。或不信其

天氣下壓

故則以木桶上覆活蓋中鑽一孔復安一管用方壓蓋水即入管上行與入汲筒無異足見管中拔塞水即隨之上行實天氣下壓之也見第六第七圖

三十問吸水管之理何解

答亦因天氣壓於水面使水流入管上行與上文同理

耳

見水學下章

問吸重鞞何物也

答用圓皮數寸居中有繩以水蘸溼其皮蓋於木墩石墩之上按令極嚴不使稍有透氣之處漸提其繩皮下之墩雖重數十觔自隨之而起此亦天氣上托之

吸物之理

故耳皮以水溼者非水有黏力也因皮與木石緊連則天氣無從入矣故可驗天氣倒壓上托之證見第八圖

問風箱之理何解

答合頁有二一於箱底內開使氣可入一於箱嘴外開使風可出機械外抽則箱內空虛而氣壓入矣機械內送則風由箱嘴出矣迨其復抽則合頁閉住火灰使不得入西國以皮為之上下木板不用機械抽送一起一落氣自入而風自出雖極小者有之便於炊爨也人之呼吸胸膛起落與此同理見第九圖

問天氣下壓之力何法度量

以水銀測度天氣

答以三尺長之玻璃管一頭無孔滿灌水銀以指緊按之而倒置於水銀桶中移開其指而管中水銀自然矗立較桶中水銀向上二尺一寸三不落此天氣壓於桶中水銀之面故也可知二百里之天氣與二尺一寸三之水銀同其輕重矣見第十圖

問天氣與水銀之輕重尙有何法比喻
答假令水銀桶上加以極嚴之蓋上鑿二孔一孔以三尺長之管灌滿水銀如前法入於桶內一孔若能以二百里長之管入於桶中則彼管水銀亦能有二尺一寸三不落也如將長管去其一段則彼管水銀必

落下一節至此管段去盡則彼管水銀亦節節落完矣惜二百里之長管不能造而施之耳然天氣下壓之力確有此理可知也若管中盛水則必須三丈係二丈八尺九寸有奇因二百里之天氣與三丈之水同其輕重故吸水管只能吸三丈之水也若放於水銀內只能吸至二尺一寸三亦此故耳

廿五問天氣有輕重之別何故

答因有深淺厚薄之時故其壓力不能常常相同也畧如水之在海潮長則水深潮退則水淺天氣亦然似有潮汎之長退波浪之起伏畸重畸輕故管中水銀

隨之升降也

問起風何故

答如海中之有川溜也海有稍低之所則水向之而流

天氣有淺薄之處則氣向之而聚動盪而為風矣

問落雨何故

答天氣厚重則雲必高浮故不雨天氣薄輕則雲必低

垂故落雨

風雨詳於末章

問風雨表何物

答其理與上文所言度量天氣輕重之法無異惟管之

上口無孔管外畫成度數下面之水銀盛於皮袋便

預知風雨

於攜帶也因天氣之輕重以考驗風雨故名至於表

外所計風雨陰晴之度數不能處處皆同蓋天氣地

勢有改易也故用表於某處應於本地試準畫度方

能應驗無差若航海用之切不可拘定風雨陰晴之

字樣以為準則以常易地之故也大抵無論用於何

處若明其理而熟悉之自能有準總之水銀升則報

晴水銀驟降則報烈風如水銀漸降時久應預防風

雨迨風雨既至水銀雖上升風雨未必即止然水銀

升高而定則風雨不久可知矣見第十一圖

問預知風雨其理何如

答、視管中水銀忽然低落若干度、則知天氣輕淺、如地之低處聚水、是欲起風矣、若水銀低落、漸漸時久、則知氣輕雲墜、是欲降雨矣、

問、風雨表海上何用、

答、航海行舟、若遇颶風陡起、猝不及防、實屬危險、有此則先時考驗、預為之備、而舟楫可以無虞、各國往返、履海如通衢、端賴此表多多矣、

問、風雨表山上何用、

答、漸高之處、天氣漸輕淺矣、故攜此表上山、山愈高、則水銀愈下、以度數考之、可知山有幾許之高也、

測量高低

問、不用水銀、可造風雨表否、

答、邇來西國、有人製得一種風雨表、不用水銀、惟以鋼條、其式畧如時辰表、內有吸空之盒、盤以鋼條、不使外氣透入、惟恃此條、抵敵天氣之壓力、隨其輕重漲縮、有針與之相聯、可以旋轉、盤面畫有度數、查針運行之度、即知天氣之重輕、而驗風雨矣、隨身攜帶甚便、見第十二圖

空盒風雨表

問、以風雨表測量地勢高低、宜慎何事、

答、宜防天氣寒暑陰晴也、蓋陰晴偶變、其輕重即無準、則而難以之測量地勢、至於寒暑、則於水銀表測量

測量高低
宜慎天變

高低大有妨礙，蓋水銀既隨寒暑漲縮，即難以其漲縮辨天氣之輕重，雖無水銀之空盒表，亦有礙也。因鋼盒鋼條隨寒暑有軟硬漲縮之別耳，其慎有二：一測地兩處須於同時，一須附用寒暑表，以便參看，將所差冷暖之數除去，始免訛錯。若升高山較平地冷多矣，前法宜亟講也。其算法詳見末卷

天氣漸高漸薄

問：山上天氣較平地輕薄，情形何如？
 答：平地煮水，高山煮水，以寒暑表試之，即知在山之滾水，不如在地之熱甚，因天氣下壓之力輕，水易滾沸也。瑞士國有人住極高山上，炊糧不易熟，天氣輕之

下壓分兩

故也。必於釜上加蓋，其炊始熟，以水氣不出，亦如天氣壓之也。又如釜水正在滾沸，蓋之水即不滾，亦水氣倒壓之故。人登極高之山，便覺頭悶膚脹，亦因天氣較輕，而體中之氣偏重，故脹滿不安耳。

問：天氣下壓分兩幾何？

答：四圍各方一寸，高二寸三寸之管，盛滿水銀，則十二二觔。三天氣既同，此均重，可知方寸所壓之天氣，二十二觔。三若將地球周圍包裹二百里厚之天氣，

通盤核算，儼如二十一寸三之水銀海，包裹地球一般，亦可推測而考其分兩也。共計五百萬萬萬噸十

六石爲一噸也。

問、人物不致被天氣壓斃何也。

答、人物皆有孔竅以通氣體中之氣、與外壓之氣相敵、勻稱、故不覺其重也。如魚之在水、然亦體中之水與體外之水勻稱也。試以茶壺用紙蓋嚴、其紙必平、若於壺嘴以口吸出其氣、則紙必下凹、以壺中之氣不敵外壓之氣也。再以極薄木板蓋桶甚嚴、用吸氣管將桶內之氣吸盡、其板必被壓裂、亦內氣不敵之故耳。

酒撒開流

問、酒撒吸酒、使能自流何解。

泉同爲一理

答、酒撒形同灣管、一頭長、一頭短、以短頭插入酒器、吸之即流、不盡不止。若究其理、蓋長頭之酒較短頭偏重、天氣壓力惟均、惟管中之酒不均、如天秤然、重頭必低落也。假如管粗方寸、則兩頭各有天氣下壓廿二觔^二、若將曲管二口向上、此頭盛水三觔、彼頭盛水五觔、各以指按嚴、使二口向下、此時兩頭與廿二觔^二下壓之氣較之、長頭除五觔、餘賸十七觔零、短頭除三觔、餘賸十九觔零、此頭多二觔之力、故能使酒外流也。見十四圖

問、閒流泉何解。

答、山中有泉忽流忽止、按時不差、人以為異、不知即天生酒撒也、蓋山中空處、蓄水漸滿、即由旁隙外流、儼如曲管、水盡則止、水滿又流、爾雅云、泉一見一否為濺、即時流時止之泉也。見十三圖

問、天氣漲縮、何法試驗、

答、用玻璃瓶、盛水半滿、塞中入以小管、下達於水、吹氣滿足、水自由管躍出、高濺數寸、蓋吹時使其氣縮、不吹則立時漲壓水面、故使水上躍也。見十四圖

問、其二何也、

答、將茶壺蓋嚴、中間置細管豎立、復將牛脬吹臙、縛於

壺嘴之上、力握其脬、則壺中之水、自由管外躍也。見

五圖

問、其三何也、

答、用有嘴玻璃瓶、形若茶壺、盛水蓋嚴瓶嘴、縛以吹臙牛脬、以空心小磁人二个置瓶中、力握其脬、則磁人下沉、放手則上浮、屢握不止、則瓶內磁人跳舞不休也。見十六圖

問、其四何也、

答、以空瓶倒沉於水、或繫以小塊銅鐵、或稍灌以水、使瓶口向下、若沉若浮、不能翻覆、若按至水底、則不能

浮矣、因壓力大而瓶中之氣縮故也、
問、氣槍何物、

答、卽如上章試水漲縮之法、以竹管塞住兩頭、以箸力
出其塞、訇然作響、若放槍然、故名、儻以銅鐵製造精
巧、亦能傷犬鳥之屬、法以雙管、一盛氣、一盛鉛丸、柄
有積氣筒、催氣使入、機關發動、鉛丸放出、與火藥無
異也、究不如火藥之力大耳、且積氣入管、亦不甚速、
故不甚見用、見十七圖

力愈天氣愈縮

問、力愈大則氣愈縮、何法試驗、

答、以方寸銅管內置活塞、用廿二觔^士之物壓之、其塞

必至管之中腰、復加以廿二觔^士則下至三分之二、

共加至六十八觔零、則下至四分之三、大抵上壓之

力、每加一倍、則管中之氣亦縮一倍、至管中之氣漲

開之力、與上壓之力適相同也、

問、其二何也、

答、法國瑪畧者、欲驗其理、以曲玻璃管一支、一頭短、一頭
長、將短頭塞嚴、以水銀少許灌入、使兩頭之氣隔而
不通、再以水銀灌之、使上至短頭一半、氣已縮一半

矣、而長頭之水銀必至二十一寸三、乃與天氣之壓
力無異也、因壓力加倍、故短管之氣縮一倍也、見十

天氣輕重
層次

問、天氣愈高愈輕、何法測量、

答、升高十里、天氣即減一半、再升十里、再減一半、每升

十里、每減一半、如此計算、以至於盡、蓋升高十里之

處、每方寸天氣、壓力十一觔六兩、二十里、每方寸壓

力五觔一兩、三十里、每方寸壓力二觔三兩、四十里、

每方寸壓力一觔六兩五

問、天氣於冷熱何如、

答、凡物遇寒則縮、遇熱則漲、至氣之漲縮較他物尤甚、

欲驗其理、有數法焉、

縮 隨冷熱漲

問、其一何也、

答、用牛脬吹至半臙、紮其口置火旁、漸熱漸漲、熱甚則

爆裂矣、

問、其二何也、

答、以酒盃覆於水盆、以熱水澆之、即有氣泡由盃而出

因氣熱而漲之故、

問、其三何也、

答、以紙少許、然著置盃中、手掌按嚴、迨其既熄、手起而

盃亦隨之不落、因盃中之氣被火催出、外氣不能復

入、內氣漸涼、漸縮、如吸空然、外有天氣托之、故不落

也。今之把火確醫病者，與此同理耳。
問其四何也。

答：有玩物名洋燈，以紙製若球形，中蒸以火，俟氣熱而漲，則輕而能起，漸升漸高，直達雲際，御風而行，望之若星。又俗製走馬燈，所以能旋轉不已者，亦熱氣漸漲，上升而催之使然耳。見十九圖

天氣火輪

問：天氣火輪何物。

答：常用之火輪，咸藉水汽之力。邇來有人設法，只用天氣緣其漲開之力，較水汽為尤大，以之印書推磨鋸木等事，尤省尤便，惜不能用於行船耳。因其器具過

重也。

吸氣筒

問：吸氣筒何物。

答：二百年前，布國俄陀者所做筒中置活塞，筒底有外開合頁，側面有嘴，置內開合頁，如欲吸氣，將嘴入於器之口內，必須甚嚴，即下按其塞，則筒底合頁外開，而筒中之氣出盡矣。上提其塞，則側面合頁內開，將氣吸入筒中矣。再按，則側面閉住，下面復開，氣由筒底而出矣。再提之，則餘氣亦吸出矣。先是俄陀欲試之，因以鐵製空球兩半吻合甚嚴，將氣吸盡，雖三十馬力，不易開之也。迨轉其螺絲，開一小孔，其球自啟。

足徵吸氣之效，亦可驗天氣之壓力矣。見二十圖

問：雙管吸氣筒何如？

答：用雙管者，以吸氣尤為便捷也。用二活塞，上有鋸齒，

中設轉輪，亦有鋸齒，與彼齒互相錯齧。輪設把柄，持

而搖之，則二活塞上下提動矣。見二十一圖

問：玻璃罩何用？

答：以小桌中鑿一孔，上覆玻璃罩，孔置曲管，達於吸氣筒

內，將罩內之氣吸空，為用甚多也。即如以熱水置罩

內，立時滾沸，有藥水名磺精，置罩內，雖冷亦沸。葡萄

柿子之類，雖微乾皺，置罩內，即隆然若鮮。牛脬繫口

置其中，即能脹臄，以小鳥投之，不能飛起。二鈴懸其

中，搖動不聞響聲，以鷺毛並銀錢，於罩內投之，二物

一齊落下，且點火不然。以上各理，皆可以此罩試之。

見二十二二十三二十四二十五圖

問：附用水銀管何義？

答：度量氣之盡否也。以長玻璃管，下口置水銀罐內，上口

通於玻璃罩，管外畫以寸度。若罩內之氣吸出幾許，管

內水銀即上升幾許。若罩內之氣吸盡，則管中水銀

上升至二十一寸三矣。以天氣壓力，無內氣敵之也。

見前二十圖

玻璃試驗

氣車

問、氣車何物、

答、以鐵管長數里、內極光滑、加以活塞、使不透氣、聯有小車、兩頭均有火輪、吸氣、將氣吸出、則活塞被外氣所壓、直至彼頭、車亦隨之而去、回路亦然、英國倫敦、曾經製造此車、雖亦敏捷、只堪裝載輕小之物、惜無甚大用耳、

積氣筒

問、積氣筒何物、

答、與吸氣筒相似、而其用相反、此係將氣催入器中、惟筒底合頁內開、側面合頁外開、方能合用、其合頁若吸氣筒之式、亦可、須將盛氣之具、置於筒底、方能催

積氣泉

問、積氣泉何物、

氣使入耳、此物與氣槍相附而行、蓋以此催氣使入氣槍、則放出倍有力矣、見二十六圖

積氣開山

本

問、積氣稠密、既有大力、有大用否、

十七圖

答、西國酒肆、用此、使酒自能流躍也、酒池之上、加以積氣筒、有管使通櫃外、由氣筒將氣放入、壓於酒面、將管內羅絲合頁一開、酒被氣催、即由管外躍也、見二十七圖

答、近來有人、新創妙法、以積氣之力、破石鑿山、
問、此山在於何處、

答在法國意大利之間直上直下計算高十里闊二十
五里因火輪車過山須灣曲繞道數百里之遙遂立
意穿山鑿道既平且直來往便捷一日之程數刻可
過矣

問穿山車道何法鑿通試詳言之

答西國鑿山常法係鑽石為孔實以火藥轟之能令堅
石催裂然石面鑽孔若干頗費人工近來試得新法
用積氣之力以代人工復用水力以催氣法用鐵箱
十數寬大堅實下置轉輪便於運動以數丈高之鐵
桶引水灌入旁有活塞提動藉水壓力催氣入箱機

積氣入水

關發動將氣催足運於用處機關又發氣即放出將
數十鐵鑿一齊擊入石面三寸餘深訇然若礮按此
法開山每日約可攻透三尺餘也茲之穿山者將近
三年功已及半係意大利境內法國亦捐助焉此法
頗善然非研究水氣二學烏足知之見二十八二十九圖

問泳氣鐘何物

答以鐵為之形畧如鐘上有玻璃以透光中空如室可
容二三人有板桶可置器具以長鍊放入水底可做
諸工或因舟溺水底撈物或因石阻礙行舟入水鑿
之見三十圖

問此理何解

答其理有二水與氣不能並處一也其二乃積氣甬之理也其鐘漸下則水漸入矣然不能上至鐘頂即上文天氣不能與水共處之理儻入水時久恐氣敗無力養生須置二管一通外氣使入一放餘氣使出人在其中甫能照常呼吸如入水三丈水即入鐘至半矣因外氣只堪與三丈之水相抵也若再深入須積氣愈多耳

論風

起風之故

問起風之故上文畧言之矣若究其理何如

答因冷熱不均即起風也較熱之處其氣即漲漲即輕輕即上升而他處之氣即向此處吹聚以補其空缺也

問其理何法試驗

答於室中生火使熱門窗之上破一孔門檻之下亦破一孔秉燭依於上孔則其焰外吹依於下孔則其焰內吹若室內極熱驟然啟戶以燭火於上下試之亦然又如火爐之下須有透孔儻塞住不通則火必漸熄因熱氣上升無冷氣以補之也又或門外焚燒薪木火勢猛烈則在下之氣四圍向之而聚亦其驗也

通氣於礦

問按此理有何法使外氣通於礦

答於山坡高低不平之處掘二井通於礦窰之內一在高處為深井一在低處為淺井其下通聯夏日外氣自深井而入自淺井而出冬日外氣自淺井而入自深井而出欲究其故因淺井之上與深井相差數尺此數尺天氣夏日較地氣輕故上升冬日較地氣重故下壓見三十一圖

近赤道通商風

問近赤道之處其風何如

答赤道之北恆有北風赤道之南恆有南風

問此何故也

答赤道一帶寬四十七度日臨其上天氣常熱而上升

七十 南北之氣向之而吹以補其空如大火之聚風也

問其風由正北正南否

答否均由東北東南偏西吹也

問此係何故

答因地球向東旋轉赤道居中離地心比南北二極較遠故其旋轉較兩極為倍速地上包氣一層亦隨地而轉惟兩極之氣往東旋轉不如赤道之速故向赤道遷移其氣落後遂致所差之度數偏西也見三十二圖

問圖式何解

答甲為北極已為赤道庚係居中丙庚為丁巳之半在

已之氣東旋較庚處速加一倍庚處之氣直往南吹
既東旋較遲不能至已必落至丁巳之間戊處也是
以庚戌之道斜而偏西此論北風南風亦然

問此等風另有何名

答西國謂之通商風蓋因海上行舟藉此風即有定向
赤道兩旁三十餘度常有此風行舟趁之過海便於
貿易故名

風有冬夏
易向

問中國南省海濱之地冬多北風夏多南風何故
答與通商風之理相同也冬日因北方無熱處故風向
南吹夏則日行照於北方地多沙漠較熱故向北吹

風有早晚
易向

海外更有數處亦有此等隨冬夏易向之風也

問海濱之風早間由岸吹於海晚間由海吹於岸何故

答惟南方有之蓋緣陸地聚熱退冷較海水為速日照
於海水有返照如鏡熱氣映回過半故其熱遲陸地
則其熱全受故速早間陸地退熱亦速較海為冷故
風向海上吹也晚間陸地較海為熱故風向陸地吹
也若南北大風連日不止則此風被捲故不多見耳

風多無定
向

問風之方向能按地之冷熱算定否

答不過計其大畧而已因風氣極輕最易流動設遇阻
礙即改道矣風在海洋往往遇岸遮阻風在陸地常

風南北循環

常被山蔽，攔若在江湖河漢之間，恆隨水道也。

問：赤道兩旁風盡向之而吹，有回路否？

答：由高處空際而回也。蓋赤道熱甚，則兩旁冷風向之吹聚，迨氣熱而上升，便由空際吹回兩極，循環無已時也。上文所言門上之風外吹，門下之風內吹，亦此理耳。

旋風

問：旋風何故？

答：不論對面旁面兩風相遇，即成旋風也。若水之急溜，總匯之處，必有旋渦，或舟行逆水而上，其後亦多旋渦。至風遇阻礙，多成旋風，但不如二風相遇之勢大耳。

旋風有二

問：旋風有幾許之大？

答：凡有二種。一雖不寬闊，但旋轉甚速，其力便大，故能拔樹壞垣，俗謂羊角風是也。一雖極寬大，而旋轉不速，或數百里，千餘里者，不等。海面有之，撼動波浪，損壞巨舟，即颶風也。且旋風無論小大，必皆左旋，故有一定方向。見三十三圖

避旋風之法

問：海上颶風何以避之？

答：初起時，人恆不覺為旋風也。迨為時既久，見風無定向，或一晝夜四方旋遍，是知為旋風矣。惟揆度風勢

內外不論方向遇風當頭輒改道橫衝而過如此節
節向外漸出層圍庶脫危險近年以來甫知颶風即
大旋風也又知避患之法依此而行救護船隻無算

見前圖

問風吹疾徐若何

答一點鐘行五里者微風也行五十里者疾風也每方
尺有一筋之力一點鐘行百里者大風也每方尺四
筋之力行二百里者即颶風矣每方尺有十七筋之
力極大之颶風一點鐘行三四百里每方尺有五十
筋之力拔樹傾舟勢亟猛烈也

問風稱何物

答所以測量風力也以鋼條盤繞一頭釘於木架一頭
置方尺之板條旁設有直木畫成度數以板向風風
力吹回若干條即退回若干度也 見三十四圖

問更有何式

答以玻璃曲管一頭如鶴頸有口向外所以受風一頭
上直外畫度數管中灌水則二管之水均平迨彼管
受風水必下退此管之水上升視其度數便知分兩
矣惟二管通連之處此段必須較細取其水不生濤
而有準也 見三十五圖

問風磨何物

答藉風力以舂穀碾油汲水鋸木等事也宜置高處其力乃大其式不一有用布帆受風如玩物中風車之式使其趁風而轉即能運磨而作諸工矣有用木板受風者設一豎軸下有機關遮住一邊露出一邊即能旋轉矣見三十六圖

論雨

落雨之故

八十五問落雨之故何解

答本於河海也水見熱化汽升至雲際颺至岸上遇冷則縮復化為水此即下章所論水氣遇冷熱漲縮之理也

問此理何法試驗

答以釜煮水上加懸板水遇熱則化汽上升至板上遇冷復縮而成水滴滴下注或釜上以布懸之汽升布濕力握其布水即溢出亦如氣縮成雨耳

問雨皆原於海否

答其本原固出於海惟降於陸地之水不能一時全注諸海也即如有人計算英國每歲雨水由河注海者不過十分之一耳其餘仍化氣上升蓋河道有若干水歸於海海水即有若干雨降於陸地以補其不足循環不已也

問、雨水多寡、何法計算、

答、以器承受、卽知當時之雨數、如此積算、便知一年之中、此處落雨之數矣、卽如英國京都、歲中得雨一尺七寸、俄國京都、得雨一尺三寸、意大利得雨二尺六寸、葡萄牙得雨八尺八寸、印度京都、得雨八尺四寸、南亞美利加某處、得雨一丈九尺八寸、

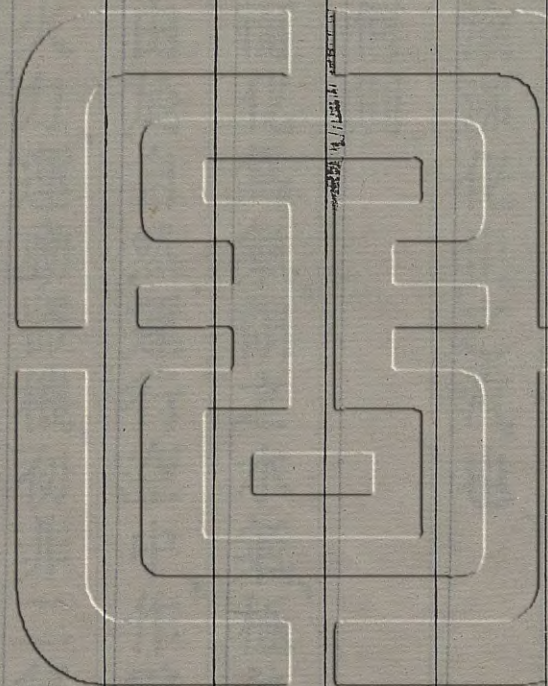
賈

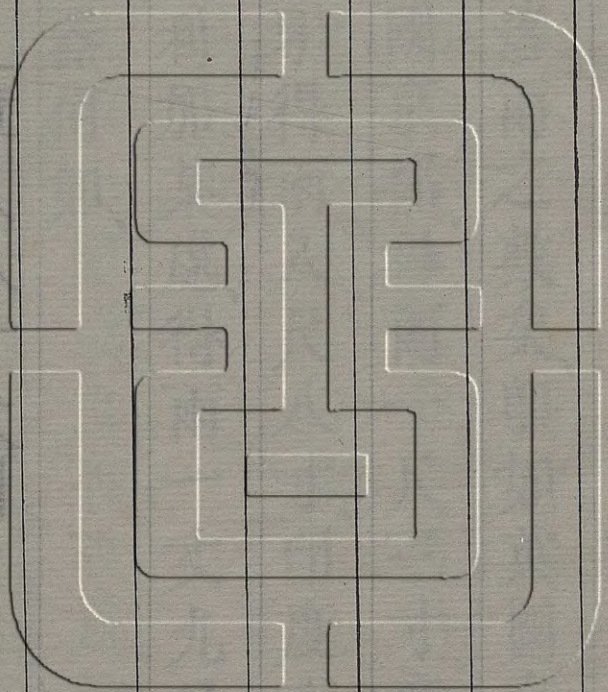
全九
問、量雨之器何如、

答、以方尺之器、鐵爲裏衣、承受雨水、復以方寸之管、外畫分寸度數、如將器內雨水、灌入管中、設高一尺、便知得雨一分、蓋方尺之器、百倍於方寸之管也、見三

十七圖

卷二氣學上章凡八十九問





第二卷氣學

中章論蒸氣

問、何為蒸氣、

答、乃煮水滾沸化出之汽也、

問、與水氣何別、

答、水不熱而化為氣、謂之水氣、極熱而化為氣、謂之蒸氣、水氣由於自然、運行空中、作雲下雨、蒸氣藉乎製造、惟憑火力、運動器機、初非二氣也、因冷熱以易其名耳、

與水氣有別

蒸氣四綱

問、蒸氣大綱有幾、

格物入門 卷二 論蒸氣 三

答、大綱有四、

問、其一何也、

答、熱有大力、冷旋失之、

問、其二何也、

答、其氣愈熱、其力愈大、

問、其三何也、

答、其氣愈稠、其力愈大、

問、其四何也、

答、水須被壓、始能極熱、

問、第一綱之理、何法試驗、

驗第一綱

答、以有底鐵管、盛水少許、內安活塞、將管置火上、俟水

熱氣漲、即將其塞頂起、移置冷水內、則管中氣縮、其

塞落下矣、是熱則有力、冷旋失之、一往一還、運動器

機、皆賴此也、

問、第二綱之理、何法試驗、

答、仍以前管、入水少許、遇火則盡化為氣、能將活塞上

頂、愈熱、則氣愈漲、而力亦增、然不如加水之增力多

耳、昔有人使氣熱至一千四百度、試之、其力不過五

倍於天氣、計每方寸八十七觔有奇、一夫之力、已足

相抵、可見第因熱而增力、仍有限制也、

驗第二綱

問三綱之理何法試驗

答復以前管入水少許使盡化氣視其上頂之力幾何復入加倍之水使盡化氣則上頂亦有加倍之力若加之不已其力無窮矣嘗有人按此法加至百倍於天氣者如二百十二度煮水始能滾沸因較勝於天氣之力也復加三十八度則氣愈稠愈漲其力加倍再加十八度則力至四倍積漸加至五百一十度力增五十倍矣

驗第四綱

問四綱之理何法試驗

答以玻璃罩將天氣吸空置水於內煮之至七十二度不待溫而滾沸矣蓋無天氣壓之也若移於罩外則不滾矣以天氣復壓於水面也俟二百十二度甫能滾沸以後火雖加烈水不增熱惟化汽而已如釜上加蓋勿令氣出其氣倒壓水面則積熱漸稠而力加大矣

水化蒸汽
漲甚力大

問水之化汽能漲幾倍

答除天氣壓力之外若無阻礙能漲至一千七百倍也假如以方寸玻璃管注水一寸上加活塞勿令透氣與寒暑表相附下然微火其塞未見上行惟見表內水銀漸漸升上迨至二百十二度即止而活塞上升矣

管內之水漸少，若少百分之一，塞即上行十七寸，如水盡化汽，須上至十七丈方止也。見第一圖

問、管中寸水，生力幾何、

答、天氣壓力，每方寸廿二觔^{十三}，則活塞上頂之力，亦應

與之相抵也，足見寸水化汽之力，能使廿二觔^{十三}之

重物，上至十七丈高矣、

問、寸水有此大力，更有何驗、

答、仍以前管，須十七丈之長，管內寸水化盡，則活塞上

至十七丈矣，再上懸滑車，以長索繫廿二觔^{十三}之鐵

錘，彼頭連於塞上，移管離火漸冷，惟見管中之汽化

為水珠，迨其熱退盡，則管內空虛，將見活塞被天氣

所壓下行，其水珠隨之，歸併到底，仍復寸水之原，能

將鐵錘上升十七丈也。見前第一圖

問^{十五}、蒸氣既有大力，其用何如、

答、其用極多，如印書、汲水、推磨、鋸木、紡織等事，均足以

代人工也，至運車行船，尤為捷便，其速異常、

問、蒸氣有力可用，古人知之否、

答、但知有力而已，如滾水在釜，若蓋嚴不令透氣，必至

迸裂也，歐羅巴北方，古時崇一神像，怒則雷震而雲

興，當時多敬畏之，嗣有智者，因神像中空有孔，究得

力 驗蒸汽之

用 述蒸汽之

驚 古人之

其隱係以像代釜中注以水下熱以火迨熱稠力大
便將塞子催出訇然作響如雷氣由孔出油然雲作
矣漢武帝時希臘國有希羅者昉造蒸氣機不過玩
物耳初不知適於用也

問其式何如

答有釜圓圖若球其上有孔橫通二管十字形或數管
亦可管之兩端背面各有一孔釜中水熱則氣由管
孔四面洩出催動氣機旋轉不已也與上卷水學中
無輪水磨並吹葦使轉之理相同當時既未究其理
復不知其用現今有用之氣機與此式彷彿者有之

見第二圖

問氣機之有用創自何人

答難以定論也英法二國各有創始之說據法國傳記
云本國高斯者於明末首創此法

問高氏之法何如

答有釜如球上安二管通於釜底一灌水令入一催水
使出下熱以火迨蒸氣壓於水面便能催水上躍也
如此管或曲或長則水能隨勢遠到矣見第三圖

問高氏之事何如

答攷法國傳錄高氏究得此法緣思推廣其用於國政

古人之
為戲

後人始用

歷述有用
之機

高氏氣機

大有裨益爰因某相為之居間延獻某以無用置之
 高屢乞不已觸某怒遂囚之昔何氏獻璧身遭刑創
 而屢瀆不休卒得見重為王者寶嗚呼被褐懷玉誰
 識廊廟之才緣木求魚難遂經綸之志若高氏雖邁
 數奇而其法卒傳於世猶為厚幸也夫

吳氏氣機

問英國氣機昉自何人

答有吳斯德侯遭亂囚獄因茶壺煮水偶見壺蓋頂起
 由是悟得蒸氣之力大可用也出獄後試以蒸力將
 鐵砲乍裂遂創氣機之法

問吳氏之法何如

答滾水釜兩旁各有水桶上皆有管達於釜內水桶各
 豎長管通於桶底不遠以出水也復有橫管引水入
 桶合頁一開蒸氣即入水桶催水由管上躍矣此與
 高氏之法無異惟用於礦窰只能催水外流不能吸
 水入桶旋有塞氏所造之法見第四圖

天然氣機

問有天然蒸氣機否

答火山恒有熱水硫磺碎石湧出皆蒸氣之力催之也
 北冰洋海島中有著名火山山麓有極大溫泉閒流
 閒止其流也上躍數十丈噴氣若雲霧激響如雷霆
 誠天下之奇觀非人力所能及也若推究其故因山

中之火遇水而成蒸氣，別無出路，遂致壅塞積聚，壓於水面，而催水上躍，氣盡則止，氣滿復流，此天然蒸氣機，與高吳二家之氣機催水同理也。見第五圖

問塞氏之法，昉自何時？

塞氏氣機

答康熙年間英紀一千六百九十八年，有塞法利者，偶因飲酒時，銅壺置火上，其酒滾沸將盡，蒸氣極濃，遂以壺嘴倒浸冷水內，旋見水由壺嘴逆流而上，盛滿酒壺，因而設法，以蒸氣汲水。

問^{三五}水逆流而上何故？

答因壺內蒸氣見冷水復化爲水，壺內空虛，又因外面天氣下壓之力，遂令其水逆流入壺，以補空隙。

問塞氏所作之法何如？

答蒸釜與氣筩俱以鐵爲之，復以鐵管相連，氣筩另有

二管，一下通井水，一旁出使水外流，均有上開合頁，

氣筩之上，又有二管，亦有合頁，須以手開合，一通氣

管使蒸氣入筩，一放冷水入於氣筩，蓋蒸氣入筩便

催天氣外出，冷水入筩，蒸氣便化，筩內空虛，井水被

天氣下壓，遂由管中逆流而上，如冷水之逆入壺嘴

也，迨蒸氣復入，卽催水外出，縱極高亦能達到，於礦

窰汲水，甚爲簡便。見第六圖

問塞氏與吳氏之法其理何異

答吳氏之法藉蒸氣漲開之力以催水塞氏之法係藉天氣下壓之力以吸水蓋吳氏原於氣滿壺蓋上頂塞氏原於氣空吸水入壺其理雖異而其用則同也

問以蒸氣轉運火輪創自何人

答英紀一千七百五年間有牛國民者變通氣機亦藉

牛氏氣機

天氣壓力添一轉輪堪作諸工較吳塞所爲尤便法用蒸釜氣筒均以鐵爲之有管相通氣筒中置活塞塞柄上設橫梁隨之俯仰蒸氣由釜灌入則催使活塞上行迨冷水灌入蒸氣化水筒內空虛天氣下壓令活塞下行橫梁俯仰運動轉輪無已時也惟機器之上合頁二處啟閉需人初有童子司其事因好嬉戲厭之思得一法以機代人而得以自便其法將合頁之柄以索繫於橫梁之上隨俯仰而自能啟閉矣由是又省一夫之力也

見第七圖

問牛氏氣機尙有病否

答其病有三一則耗費熱氣一則其力有限一則運行不速

三十

問何以耗費熱氣

答每放冷水入於氣筒使氣化水不免令氣筒復冷蒸

氣遇冷便失熱而力消，因而熱氣耗費，須多用煤薪。
問：何以其力有限？

答：因活塞下行，全賴天氣壓力，每方寸僅十七觔半，故牛氏氣機之力，不過此數。

問：何以運行不速？

答：活塞下行，僅賴天氣壓之，不能甚速。活塞上行，因蒸氣遇冷而力消，亦不能速。

問：以後有能除此三病者否？

答：有瓦德者，童年嬉戲，以器煮水，勾股畫地，習以為常。師長呵斥，人多笑其迂，弗顧也。及長，才敏過人，洞察

瓦德氣機
方為盡善

牛氏氣機之弊，數年研究，思欲除之，終能設法補其不足。至今所用火輪機關，仍瓦德之模式也。

問：瓦德之法何如？

答：於氣機之上，加添多件，而最要者有二：一則於活塞之上，再加氣管，令蒸氣復催活塞下行，不必賴天氣矣。一則另設水箱，引蒸氣入箱化水，不必放水於氣管，免致遇冷力消。如此，則氣管常熱，其力更大。而其用更省，不但將活塞頂上，亦將活塞催下，往返均賴

蒸氣，故又名雙行氣機。見第八圖。

三五
問：雙行氣機圖式，請詳言之。

雙行氣機

氣管合頁
自能啟閉

答甲乃蒸釜丙丁乃氣管亥係水箱戊己係兩岔氣管
 均有合頁使蒸氣通於活塞之上下庚辛亦係兩岔
 氣管亦均有合頁使餘氣洩出入於水箱而化戊係
 汲水管加於水箱之上使熱水外流如加管引之使
 仍流回蒸釜則熱水化氣更速較添冷水省而捷矣
 問氣管之合頁何用
 答共四枚左右各二庚己關則戊辛開蒸氣由戊入於
 丙處令活塞下行即催丁處之氣由辛放入水箱而
 化戊辛關則庚己旋開蒸氣由己入於丁處使塞上
 行將丙處之氣由庚催出見水而化活塞上下不休
 其柄通於輪軸使之轉運迅速有力矣

添水入釜
不需人力

通力輪

問添水入釜啟閉合頁需人力否
 答均不需人力也氣機自能為之因有吸水管下通水
 源上與橫梁相聯隨之俯仰便可汲水入釜矣又有
 節水管節水管詳見水學章內啟閉限制不至有乾溢之虞吸
 水管之柄復有鋸齒隨之上下能將氣管合頁互相
 啟閉
 問通力輪軸何如
 答軸上有柄與橫梁相連隨之俯仰惟軸柄只有上下
 之力不能橫行為力有限故加極重極大之鐵輪使

隨上下之勢運轉，便生出大力矣。輪之二面，各有軸柄，一橫一豎，因橫柄提動有力，俟其轉直，則彼頭之豎柄又易而為橫矣，互相有力可用，故其輪旋轉無已時也。見第九圖

穩行球

問、穩行球何物、

答、係豎軸一根，下置輪盤，繞以皮條，聯於通力輪軸之上。軸之兩旁，有機關鐵條二根，各綴鐵球一枚，重數十斤。大輪旋轉，拽動皮條，其盤軸即隨之旋轉，轉愈速，其球離軸愈遠，則力均而行穩，不致有遲速之謬矣。見第十圖

節氣合頁

問、節氣合頁何用、

答、於氣筒與蒸釜相連之管內，安一合頁，遇直則閉，遇側則開。其管外有橫柄，以鐵環通於穩球之上，復加甲乙丙丁四條相連，其形斜方，四隅俱活，可以上下。如輪行甚速，則二球颺遠，而鐵環下移，則彼頭橫柄升高，提直而合頁閉，節止蒸氣，不得入矣。迨輪行較慢，則二球依近，而鐵環上起，彼頭下垂，低側而合頁開，旋放蒸氣入於筒矣。如此節制，無過與不及之弊，斯運行惟均矣。見前圖

氣表

問、氣表何用、

答以灣曲鐵管一頭通於蒸釜一頭上直外畫度數管
中兩頭灌以二十一寸三水銀如釜中無氣則管中
水銀兩頭均平若蒸氣入管則此頭水銀被氣壓落
彼頭水銀必上升矣上升一寸即十七兩之力也升
至十六寸即十七觔也可知蒸釜內每方寸喫力十
七觔矣統計其數知共有若干力也 見十一圖

平安合頁

問平安合頁何用

答預防蒸釜之迸裂也其法在丑有上開合頁子寅爲
秤桿橫架於合頁之上在寅有機關聯於釜上在子
有錘蒸氣隨用便有節度假如蒸釜每方寸能喫力

一百觔祇用五十觔之力即將秤錘放在五十觔之
度數若蒸氣過此力大則合頁自開餘氣洩出倘無
此物則蒸氣力大其釜恐致迸裂甚屬危險有此可
保無虞故名平安 見十二圖

節水機

問節水機何用

答有引水高管通於蒸釜去底不遠上有活塞與橫梁
相連橫梁彼頭有木墩浮於蒸釜水面水多則木墩
上浮此頭活塞落下水入漸緩甚至塞住水不得入
釜內水少則木墩隨之而下此頭活塞上提引水便
速且多矣蓋使釜水節制而無乾溢之虞與前卷節

節火機

水管同理也、見十三圖

問、節火機何用、

答、有管通於蒸釜上、以滑車鐵練懸錘、垂於管之上口、

彼頭以練懸鐵板、通於爐之火道、如火大氣稠、釜水

由管上升、將錘浮起、而鐵板下垂、火道截住、若火小

氣微、釜水由管下退、錘亦低落、而鐵板提起、火道復

通、如此節制、火無盛衰之慮矣、見十四圖

記數輪

問、^{四五}記數輪何物、

答、另一巧機、加於氣機之上、以計大輪轉運之數也、法

用計數鐵牌、鎖於鐵盒之內、輪轉一周、即撥動一數、

層累加增、雖久不紊、此係瓦德所造、先是瓦德所造

之氣機、用於礦窰、省煤無算、約以節省三分之一、酬

之、惟為數甚鉅、察核需人、因思得此法、便於稽核、嗣

火輪兵船、亦用此物、計火輪運行之數目、以定行程

之多寡、

問、氣機全式、請詳言之、

答、甲乃蒸釜、丙有鐵管通火、使水易熱、乙為氣管、丙係

氣筒、丁係水箱、復有吸水管三具、俱隨橫梁俯仰、各

司其用、在戊係將氣化之水吸過、在己係將熱水引

回蒸釜、在庚係將冷水汲入水箱、辛乃穩行球、壬為

氣機全式

節氣合頁癸係氣表子為平安合頁寅卯為積水池
半蓄冷水半蓄熱水辰則通力輪運轉者也 見十五

圖

問火輪有高度機低度機之分何如

答因蒸氣之稠稀而分之也氣稠力大其表內度數即

高氣稀力微其表內度數即低故名

問高度機何如

答蒸氣熱至二百五十度較釜水初沸加倍有力熱至

三百度其力便加四倍上文已畧言過假如二機其

一蒸氣熱至二百五十度力足百馬其一蒸釜小一

半必熱至三百度方足百馬之力故船釜均小多用

高度機甫能氣稠力大而速也但其氣隨用放出未

免耗氣費煤且釜小氣稠恐致迸裂危險可畏也

問低度機何如

答釜內冲催之力既小則不致危險而蒸氣又能化為

熱水引回釜中則熱氣既省而煤亦不費其蒸釜大

則每方寸喫力小矣然通計其力仍大也故洋船多

用此機

問氣機之力以何為則

答以馬力為則或一百馬力二百馬力以至於一千馬

低度機

高度機

機分三種

五十

勛力之方

力者有之

問、筋水化汽其力幾何、

答、有拉德那者、格物有名、會計算之、據云一筋水化汽、漲開之力、足將三十七噸之物、頂起一尺、三十七噸、十六石即五百九十二石也、若一石重之物亦能升、為一噸起五百九十二尺也、

問、拉氏計算火輪車行鐵道、五筋水化汽生力幾何、

答、五筋水化汽於鐵道之上、其力足將二噸重之物、運至三里之遙、時不過二分也、若用馬力、須四匹、計時半刻之久、若照前計算、五百筋水、便將二百噸之物、

運至三百里、

石煤之力

問、一石煤燒水化汽生力若干、

答、煤窰內常以一石煤燒水、及其化汽之力、能將五百噸拽起、至一百尺高、即一百馬儘一日之力也、

氣機初興 有妨工業

問、氣機製造一切省人力何如、

答、省力多多矣、先是以之紡織、一具氣機、每日作成、可抵千餘人之力、蓋紡車織機、為數雖多、而一具氣機、皆能使其運動、故為力無窮也、於是凡紡織之家、恐專用氣機、有失業待斃之懼、遂聚眾滋擾、拆毀氣機、彼時雖官法亦難禁矣、

氣機通行
衆民有益

問凡業紡織者竟受其害否

答氣機通行以後不惟無害且有大益其法初興未免
有多人另圖生計然從此衣服布疋等物價值頓減
且自火力一作而百業俱隆如挖煤開礦打鐵造橋
行船運車修造輪車鐵道各事用人極多因火輪舟
車易至遠方載貨運糧無不便捷以致民衆較前尤
為富足

氣機織紡
貿易豐盛

問今時西國以氣機織紡者幾何

答即如英國業此者有數十萬人所織布疋洋呢羽毛
綾紗等物無遠弗届不獨本國利益無窮即凡通商
各國亦加豐盛皆賴其機如此也否則國中雖盡人
業此而織成之物亦難若是之多也氣機之為用大
矣哉

火力代紡
之由

問以火力代紡創自何人

答英國有阿克來者素資業修髮匠每以五行之物研
究其理為樂因思創一自行不止之器探索數年迄
未成就而本業就荒益形貧乏爰見鄰衆業織者甚
繁而紡工不及益思昉造機器以代人工其妻見其
試作機巧終日若癡屢戒弗聽恚甚毀其諸具阿離
妻而造如故迨厥功告成試之靈巧不啻人工一具

氣機足抵百夫之力，由是通行而致小康焉。旋聞於
君主，以其創法甚善，且能裕國便民，錫爵銜勞之。見
十六圖

火力代織
之由

問：以火力代織，昉自何人？

答：英國教師克德來者，素有名望，而家道素豐。傳道之
餘，施醫濟世。火輪紡既作，論者以紡多而織少，有此
盈彼絀之虞。克思火力既能代紡，變通其器，定能代
織。由是專心致志，昕夕苦思，往來蹀躞，心摹而手畫
之。嗣因事繁辭職，而志愈專壹。迨十餘歲後，機器始
成。試之靈敏異常，而家業已消乏矣。旋與富翁偕夥

鳩工起造，大廈廣置氣機，為久遠計。乃工甫竣而遽
遭回祿，遂致家貲蕩然。此讒人嫉忌之陰謀也。克無
所倚賴，以視田為生，然其所造氣機，由此遠播。國富
民豐，旋聞於君上，亟嘉獎之，酬金三萬，以為養老之
資。溯自立志之初，至此已廿四寒暑矣。耗去家財不
下十萬。克嘗謂火力無窮，人苟擴而充之，必能運行
舟車也。斯言今已驗矣。見十七圖

由
火輪車之

問：火輪車何由而作？

答：先是英國山中，凡窰礦內將重物裝運海口，係以鐵
造成道路，駕車仍賴馬力。雖有火輪氣機，不過以之

汲水提升重物而已迨嘉慶五年間有人始造氣機
輪車遂用火力以代馬

鑲道之式

問鐵道之式何如

答於車轍兩邊各置大木須極堅固大木之上釘以凸
出鐵條而車輪周圍有凹槽與鐵條相合如逗筍然
可以速行無礙一馬可拽多車惟不如火輪之力大
而速也美國各城多有此等車道因人烟稠密火輪
車未便駛行仍用馬車而車中整潔如室或來或往
有一定車道從無爭先落後之虞至山坡形勢下趨
之地亦有此等鐵道以數車相連裝運重載趁其山
勢自然下趨便將空車由彼路帶回如此循環不已
不勞馬力亦不藉氣機也見十八圖

火輪車之式

問火輪車其式何如

答較馬車大而堅其輪以鐵為之一車可裝數百石數
十車啣尾而行首設氣機次載煤薪等物以備供給
餘或載物坐人客車可容數十人修飾整齊飲食起
居如處家室見十九圖

其行甚速

問火輪車行動其速何如

答極速者一點鐘能行二百里載重者一點鐘僅行七
八十里尋常客車一點鐘行百餘里見二十圖

其費甚省

問、火輪車較馬力何如、

答、英國有二城相去三百里、火輪車載客二百四十人、

並其行李、五點鐘可以往回、用煤不過四噸、計值銀

十五兩、倘以馬車為驛、送客如前、至速亦須二十四

點鐘、車二十乘、需馬千餘、方能替代接濟、其費亦多

矣、

問、火輪車能行山路否、

答、若高下不甚懸殊、尚可駛行、如上高坡、另有山行輪

式、上有鋸齒、車道鐵条亦有鋸齒、兩相逗筍、便能節

節而上下趨亦然、若極高之山、不能繞越、即穿山鑿

成道路、以便行車、見二十一圖

李五
問、火輪車昉自何人、

答、英國德微底者、於嘉慶五年間、創造未善、嗣有斯提

反筍者、父子相繼造之、因合用而通行焉、初其父於

煤窰專司火輪氣機之事、貧甚、擬赴外國謀生、因乏

資、中止、閒修造鐘表、以自給、旋見運煤以馬、費用浩

繁、而德氏火機、又未盡善、遂變通而更易之、其子幼

時讀書、即志好格物、不惟火力氣機、為之不倦、尤嗜

電氣為戲、電氣見卷四嘗以其父乘騎、以電擊之、幾斃、其

父怒責、而好如故、迨道光七年、某處修造鐵道、僉稱

火輪過山

創作之人

有能造鐵馬者以千金酬之父子造成試之一點鐘行九十里人奇之號為火箭由是火輪車傳廣而鐵道亦多矣其子總司其事核計修道之費七千萬磅三兩為一磅嗣聞於君上錫爵勞之辭弗受

問火輪船其式何如

答船底之式與他舟無甚異惟設有轉輪有在旁者有在尾者有藏底不見者其為用一也行江河者無帆檣行洋海者有帆檣見二十二圖

問其大小何如

答小者長不過二三丈大者長數十丈其中裝飾華麗

儼若富室載客千餘人裝貨數萬石

問其速何如

答風平浪靜之候一點鐘行六十里常行一點鐘三十里即此核計每日可行七八百里中國海口由天津至廣東按程計之須行二三月之久若輪船不過七八日可至矣用常行海船由英國至美國須一二月之久若輪船不過十日之程且他舟非風順則有阻而輪舟無論風之有無順逆均無甚阻滯也

問火輪船昉自何人

答乾隆末年蘇格蘭有塞明頓者造小輪船一具於湖

問載客往來以為遊戲嘉慶五年復造稍大者於江
 中為他舟往來帶江之用以其迎風逆水行無碍也
 惟機器未能盡善旋廢之彼時美國富拉頓者於法
 國京城興造輪舟國主那波倫見而稱許謂此舟一
 作天下大勢因之丕變矣旋以行未甚速亦廢置不
 用而富氏恆心不易措資返國於紐約克又製輪舟
 一具時人笑其癡迨嘉慶十年其功始竣入水試之
 多延顯者共載以為游娛於江河之間舟忽停滯不
 行客有誚其拙者有憚其險者富慰之曰毋懼亦勿
 病也爰搜其弊而理之其行如故傍岸居民見其迎
 風逆水行之無礙且能迅速夜聞火光發耀駭以為
 怪羣逃避之自是輪舟興起矣

火輪舟車
西國甚多

七十
問至今火輪舟車西國多否

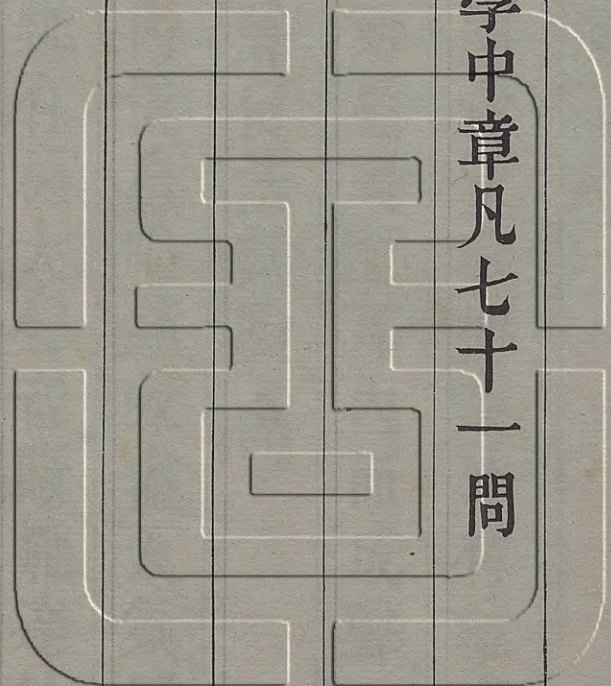
答西土大國皆有之也航海輪舟多於英國江河輪舟
 多於美國五十年以來美國陸續興造已有一千三
 百餘號江河水道通長計四萬三千里火輪車道共
 計九萬六千里各城各邑莫不有輪舟與鐵道聯絡
 不絕也

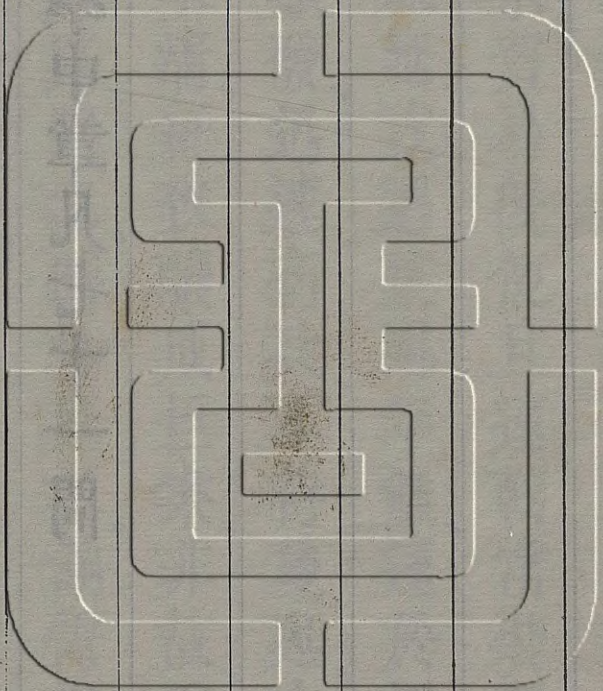
七十一
問中國若用火輪舟車利用何如

答海口各處已有輪舟往來俱知其利益矣若於各省

陸路通衢、開設火輪車道、自此往來販運、合四境而通、其有無、爲利甚溥、而且便宜、復用輪船施之於江河、往來貿易、旣便且速、較常裝運、省用無算、且無需時日耽延、或遇某處年饑、速於運糧、自足接濟、或值盜賊頓發、迅速行兵、不待蔓延、立時可以撲滅、嘗見盜源未清、每致釀成巨案、非故爲養患也、實因聞警徵兵、途路限之、時日延之、餉需悞之、古人云、兵貴神速、若出其不意、攻其不備、如迅雷之不及掩耳、何盜不殲、何敵不克哉、苟以輪車出師、不啻亞夫之用兵、從天而降也、如是則一彪勁旅、可作干城、又何必隨地設防、多此糜費、旣卻妖氛、堪臻靜謐、咸賴舟車迅速之力也、斯利用爲何如耶、

卷二氣學中章凡七十一問





第二卷氣學

下章論音聲

問音聲從何而起

答耳內有脆骨蒙蔽如鼓外有輪廓收束接受外物相

觸天氣動盪颺至耳內而成聲

問天氣颺聲何法試驗

答玻璃罩內置自鳴鐘吸盡天氣鐘雖擊而不聞聲是

知地上雖有極大聲音斷難達於星月之際以無天

氣颺之也

問天氣之稠稀與聲音之大小相涉否

天氣颺聲

答、放些須天氣入於罩內、則微聞其鐘有聲、氣愈稠、聲愈大也、天熱則氣稀、大聲講話、便覺費力、天冷則易、亦此理也、在極高山上放槍、其聲不過如拍手然、若在北極之黑道、二人相去三里之遙、尚可通語言也、

颺聲快慢

問、天氣颺聲疾徐何如、

答、冷則稍速、熱則微遲、若中和之候、一秒內有九十六丈可通也、其疾徐與聲音之大小無涉、雖極微之聲、與巨雷相較、快慢一般也、惟聲音之大者、能及遠耳、

颺聲遠近

問、發聲之遠近可算否、

答、比如放炮、見光後若五秒始聞其聲、即知有四百八十丈、又如電光後十秒始聞雷聲、便知雷發之處、相距九百六十丈、若一秒內以百丈計之、亦不甚懸殊、且易於核算、雷近可危、遠則無礙矣、

問、聲音之大小、隨發聲之遠近、其理何如、

答、聲音漸遠漸小、漸近漸大、若究其理、則聲音之大小、正如其地之遠近尺寸、成方倒比也、即如近一半、大四倍、遠四倍、即小十六倍矣、至若光亮、熱氣、電氣、並地球之吸力、莫不從成方倒比之理也、

成方倒比見火學下章

問、天氣颺聲能聞幾許之遠、

他物亦能
颺聲

答風之順逆有別地與海亦有別因地不平而有礙海
水平而無礙也如海平風順大砲之聲有聞至六百
里之遙者西印度海島有火山對岸爲荷蘭屬地相
距九百餘里火山爆開之聲有時聞於對岸

問除天氣以外更有他物颺聲否

答有颺聲較天氣尤勝者有不通聲音者凡物一擊便
顫者莫不通聲音也

問最能颺聲者何物

答水木鐵石等物是也卽如人在水中以二石相擊浸
耳於水內聽之較之平地聲音更大有極長大木以
耳貼其一頭嚴緊一頭或以指甲刮之其音卽達於
耳非藉木達之不聞也如以鐵箸懸以索而撞之其
聲原不甚大若以繩之兩端令入耳杜嚴復撞之則
音如巨鐘矣人或重聽聞樂不眞以鐵條啣於口中
一頭置樂器之上其音由口入耳聞之甚響矣

十
問按此理醫士造何器具

答西醫有物名聽肺木以堅木爲之長不過尺遇患肺
疾者一頭依於病者胸次醫者枕其一端而聽之隨
聽隨移審其呼吸辨其部位可知病者肺間致疾之
大小重輕矣

不颺聲之物

問不颺聲者何物

答如泥砂鉛綿等物是也凡物一擊不顛者皆不能颺

聲耳

問物之有聲因其體有微動何法試驗

答有手捫而知者有目見而知者有因他物被感而知

者巨鐘之撞也以手捫之覺其微戰而震動至手捫

之頃其音必稍有礙也琴絃彈動往返神速所以有

聲若胡琴弓子拉動雖不甚著力視其絃亦微顛也

極薄之玻璃盃盛以水以指蘸溼於盃之四圍邊上

刮之即聞有聲且見盃中之水戰戰然動也或以鐵

鉗夾玻璃片以琴弓鋸其邊即有聲若琴其微動處

不易見也如以細砂撒於玻片之上將見倏聚倏散

變幻可觀矣

見第一第二圖

問物之動盪於聲音高低何如

答快則音高慢則音低過慢則無音過快亦無音也即

如琴絃於一秒內至少往返十五六次方出甚低之

音尚能和諧若再慢過此則其聲斷而不聯亂而不

和矣甚至於無音如一秒內快至四萬六千餘次尚

可成聲再快過此則人不能聞矣或有禽獸之較人

耳尤聰者於甚低甚高之音均能聞之也

發聲之由

聲音高低之故

問、高低與大小、其義相同否、
 答、不同也、即如風聲雖大、其音則低、雷聲雖大、其音亦低、海水沖擊石岸、其澎湃之聲、亦愈大愈低、若秋蟬蟋蟀等類、聲雖高而音仍小、故不能聞於遠處、女子之聲音、較男子雖小而仍高、故謂之尖音、
 問、^{十五}聲音之高低、隨物動之快慢、何法試驗、
 答、設一轉輪、上有鋸齒、以箸按其齒而徐撥之、則旋轉慢而聲亦低、其輪齒亦如貫珠可數、漸快則齒若相連、而聲不斷矣、若極快、則鎔成一片、而聲愈高矣、破盃釘整、以鑽打眼、初慢而聲低、漸快而聲漸高、亦其驗也、

問、以琴絃試驗何如、

答、繩索放鬆、則彈之無聲、緊則成聲、不過音低而動慢、耳愈緊、則音愈高、而跳動愈快、琴絃亦如是也、故琴有軸柱、可緊可鬆、以定音之高下耳、

問、鬆緊之外、復何以定音之高低、

答、音之高低、又隨絃之長短粗細、蓋短細動快而音高、粗長動慢而因低也、笙簫之管、長短粗細、理亦相同、

問、琴絃每快一倍、其音高低何如、

答、高八音、即如絃長若干、以之折半、則動快加倍、而音

實分有八

高一倍矣

問琴絃幾許長短始分八音

答其長短相較如四十八四十五四十三十六三十二三十二二十七二十四之數以此八數共分八音

問八絃動止疾徐何如

答與其長短相反如二十四二十七三十三三十二三十四四十五四十八之數是謂四十八之絃如動二十四次其二十四之絃即動四十八次也餘可類

推

問八音中分有幾種

類分有三

答分有三種即將以上之數相比如二十四與二十七分三是九與八也三十二與三十六分四亦九與八也四十與四十五分五亦九與八也三十與二十七分三是十與九也四十與三十六分四亦十與九也三十二與三十分二是十六與十五也四十八與四十五分三亦十六與十五也以上各數即各絃與其下最近之絃相比之數假如第一第四第六等絃皆動八次則第二第五第七等絃即動九次第二第五動九次第三第六即動十次第三第七動十五次第四第八即動十六次

問此三種有何名目

答第一第四第六名為大音第二第五名為小音第三

第七名為半音至第八音如四十八與二十四相比

其數加倍故謂之重音

問中國七音與西國八音合否

答無不合也因第八音即第一之重音故仍與七音等

耳即如中國七音宮商角徵羽五音加之半徵半羽

共成七音正如西國大音小音亦是五音合之二半

音亦成七音祇多一重音耳

問聲音高低分有幾層

答以八音為一層自最下之音至最上之音共有十層

疾徐差至一千有二十四倍如女子之聲音較男子

差八音是高一層也極好樂器不過包括六層耳

問二聲成啞何法試驗

答以口底均大之玻璃盞置几上復以定音叉橫於上

而彈之則其音自盞中迴響再以前式玻璃盞橫向叉

口將聞其音忽斷忽發矣見第三圖

問此理何解

答因二盞之氣動盪相觸故滅其音也如二浪成平二

光成暗之理耳見火學下章如圖中甲丙丁係此盞氣動

中西同律

音分十層

聲音相觸
消滅

之勢戊己庚係彼蓋氣動之勢若丙己二處之勢相觸則勢消而音忽斷矣丁戊二處之勢旋離則勢起而音忽發矣見第四圖

應聲之故

問山谷迴響若應聲然何也

答與日光返照畧似因天氣颺聲遇高大之物阻礙聲音觸回愚人或以為仙殊屬可笑

迴響之遲速

問聲音返回其速何如

答聲音之出也既於一杪內九十六丈其往返之候自應加倍比如大河對岸有高牆在彼砲聲迴響計須六杪便知其河約三百丈闊也

問對面高牆須離幾許之遠方成迴響

答至少須四丈八尺方聞迴響蓋一杪分作十小分一小分內往返九丈六尺故對岸之牆至少須離四丈八尺之遠而聲音往返纔一小分耳祇能辨一字之迴響再近則不能辨矣以音之往返太速前聲與後響幾若相合不過微聞音亂耳若離九丈六尺則有二字之迴響可聞蓋每加四丈八尺斯能多聞一字之迴響也

迴響之方

問音若對牆斜出迴響何如

答假如牆在北人在南出聲若直向則迴響亦直回出

音若偏西則迴響必偏東出音愈西迴響愈東惟往
返之度數不爽耳如二人立前面有牆中間復有
牆隔之令曲折以通聲音則此處出音在彼聞之如
在對面牆後也此與光之直射返照二角均勻同理
見第五圖

迴響之聚處

問牆若周圍圓式迴響何如

答音之迴響皆聚於中心如居中出聲則周圍迴響一
齊俱到其音大而真若出音之處稍偏則迴響不齊
而亂矣假如牆係凹鏡之式形如球皮則對之出聲
音必歸於一處山勢偶有此形者至圓式之牆其聚
音處所上下如直綫一般高下聞聲無異茲之凹式
其聚音之處祇在居中一點正如凹鏡聚光成火之
所故於此聞聲倍覺加大若圖中音自外來總聚於
甲是也 見第六圖

問牆式周圍橢圓迴響何如

答若橢圓形式則有二中心矣在此中心發聲在彼中
心聞之甚悉即如圖中甲戌為二中心自甲發聲至
丙必迴響至戊蓋按橢圓之理甲丙丁與戊丙辛二
角必定均勻故也故丙處無論向何處挪移其迴響
必歸戊處也 見第七圖

低聲樓

問、有按此式造屋者否、

答、以此式造屋、雖低聲語言、亦能聞之甚悉、西國古時有君代烏者、虐民實甚、按此式造獄、囚禁多人、而於獄中聚音之處、設密幕、潛身竊聽、有語涉不軌者、輒置重典、至今其地遺蹟尙存、西人相傳為代烏耳云、邇來西土、亦有按此造室者、名低聲樓、因此處雖低語、即可達於彼處也、或高聲語言、而在旁者反不如在彼頭聞之悉耳、見前圖

傳聲管

問、傳聲管何物、

答、西方高樓大厦、多有銅管、隱於牆內、從上曲折達於下室、主人由管傳諭、僕婢聞之、若覲面然、而在旁之客不聞也、

揚聲筒

三五問、揚聲筒何物、

答、形類號筒、而口敞、航海多用之、能使聲音遠達而不散亂、雖在旁不聞、其音可達數里、海舟相遇、以此傳言、不必攏船矣、舟工上桅理帆、舟師在下通言、亦用此物、或遇大風、颺聲遠處、則散亂不真、有此、則無慮矣、見第八圖

接聲筒

問、接聲筒何物、

答、與揚聲筒相似、而其用相反、如二人在遠處交談、彼

以揚聲筒傳言、此以接聲筒接之入耳、則聞之若近矣、如以揚聲筒倒置耳上、亦可接聲、此物多為重聽而設、式若喇叭而曲、以之對面接談、聞之甚響、不須大聲疾呼、側耳傾聽矣、見第九圖

問、氣之動靜、於音理何如、

答、天氣無論動靜、皆能颺聲、然上文所言、颺聲疾徐、迴響方向等、皆取氣之靜而言、蓋風順則颺聲稍快、風逆則颺聲稍慢、且遇風之時、則迴響度數、不能有準、故凡此必乘無風試之方驗、

耳為接聲

問、耳之能聞、於音理何如、

答、人工製造之樂器、莫能及也、耳外口做、若接聲筒然、內蒙薄翅如鼓、復生細筋若絃、通於腦髓、使虛靈有覺而能知、因薄細未堅、外生最硬之骨以衛之、尤恐枯乾受音不亮、翅內又生水液潤之、復有氣管達於口後、通氣以助之、至獸畜之耳輪、有能於活動者、聲音無論何向發來、俱能轉而迎受也、見第十圖

口為發聲

問、口之出聲、於音理何如、

答、與笙簫之理相似、而尤妙者也、蓋氣嚨分為兩節、上節大、下節小、二節相接之處、生薄翅如笙之簧、氣出則動盪而成聲、鬆緊隨意、以收放音聲之高低、上文

皆賴天氣

所言音之最佳者、高低能分十層、八音為一層、一音又分上中下、則共計二百四十音、均由一口而出、此但論喉嚨也、至唇舌能分音辨字、以至於數千、均可以意為之、發乎自然、迨出口而成聲、他人以耳接受、遂能領會、其閒賴天氣以颺之、三者若合符節、足徵造物之妙用、立之又立者也、考音律為樂辨字音為韻樂藝也韻文也茲之所論惟講求音聲之所以然而畧究其底理耳

卷二氣學下章凡三十九問三章共二百問

氣學雜問

問、煙霧上升、何故、

問、風吹房瓦、自煙簞下撲、使煙倒出、何故、

問、鳥比天氣體重、仍能上騰、何故、

問、小兒吹氣泡、內外皆氣、何以始而上升、少選即落、

問、風雨表之水銀、隨時隨地致有高低、吸水管能吸水

有高低否、

問、若於某處水銀低一寸、其水即應低若干許、

問、於某山頂水銀高十五寸、每方寸被天氣所壓分兩

若干、

問、以天氣積之於五尺之簞、其漲開若每方寸有十八
筋之力、以此氣盛於一尺之簞、其力何如、

問、若盛於三尺之器、其力何如、

問、吸氣筒水銀高十五寸、罩內之氣、較外氣稠稀若何、

問、蒸氣之力、自何而生、

問、蒸氣機分有數種、其理何別、

問、夜間聞聲、較白晝更清、何故、

問、雜亂之聲、與樂聲何以分別、

氣學雜問凡十四

