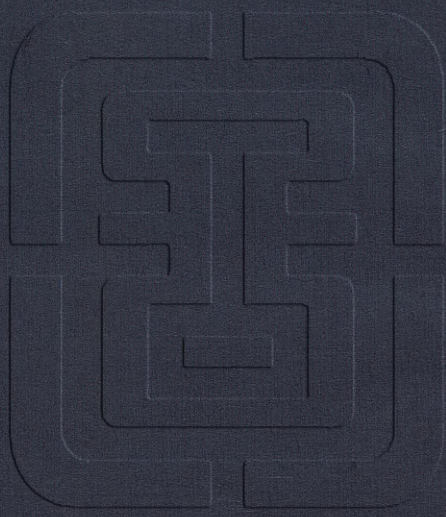
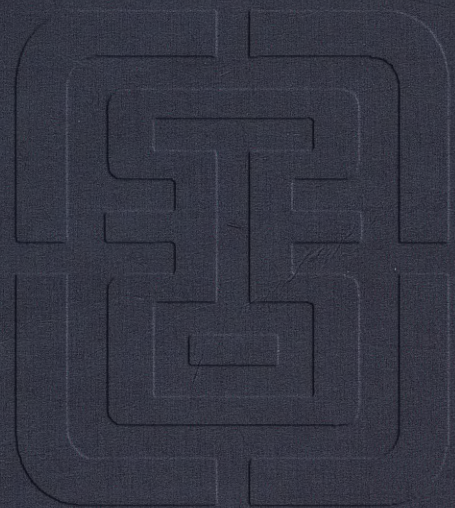


21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41



824 10
3867
2124

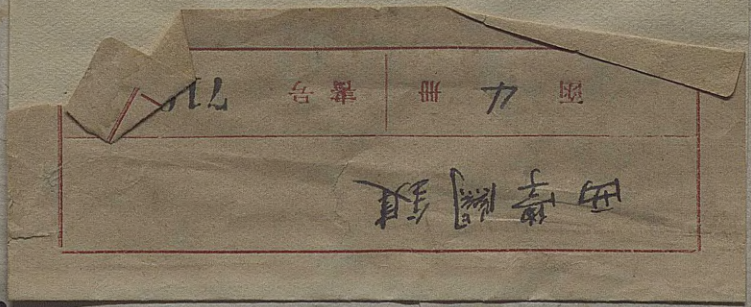
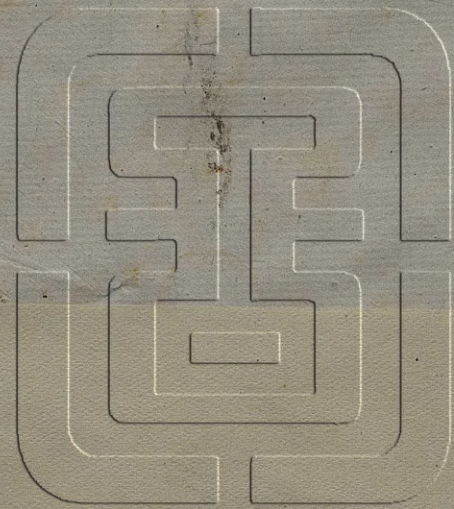


光緒二十九年仲春

西學圖鍵

高龍耳公書

西學圖鍵



西學圖鍵

函 4 冊 書 号 710

滙報館藏本

鴻寶齋石印

翻印必究

西學關鍵序

時至今日其智巧日新之會乎天學
粵宛之祕地學發富媪之藏而輪軌
電綫之交通遠鏡留聲之妙用又皆其
漸推漸演以竟聖作明述之緒者也驟
而窺之萬怪惶惑震駭耳目而實則

西學圖建 序
權輿於至淺至近其理即在當前特昧者不之察耳夫琥珀拾芥雲母來水此物性之自然也飛蓬悟蓋剝木為舟此假於物以成器也雖在孩童亦能領解而一入明哲之胸遂能運心思以盡其神奇中學如是西學如是同居環球之內

固不容厚彼而薄此也特中華絕學中輟罕見賡續西人則研究益精自能出奇制勝優絀相形有媿色矣今海邦環集將盡以其法輸入中國此固絕學復興之幾然解牛必求其肯綮引絲必尋其端緒學西學亦必得其關鍵此書之所由名

也按是書共分八門曰天文曰力學曰聲
學曰熱學曰光學曰磁電學曰氣學曰
化學提綱挈領條目粲然每門又各設
為答問以闡其理而明其用其說皆淺近
易明而又從試驗實測而來異夫空言以
眩人聰明者矣夫游巨室者不徒坐卧其
門廡必將深窺其堂奧然扃鑰甚固則
欲入無由彼西學之美富何異建章宮
闕千門萬戶今是書已不啻開闢拔鍵
而導之使入學者苟尋繹而有得焉雖由
是而非堂入室不難矣余故樂是書之成
而願學者共珍為枕中鴻寶也

光緒二十九年歲在昭易單閏病月既
望江海關使者湘潭袁樹勛撰



序言

孔子之教大哉脩齊治平始於
格致特書闕有間傳亡其義
或謂秦政愚民付之虐政其信
然與弟子授受激言大義散見
周秦諸子比類以求西學權輿

蓋庶幾焉自漢以來格致之旨
日淪虛渺中國以二千餘年講
格致之義理蘄合乎道而用未
昌西人以二百餘年講格致之物
理蘄合乎藝而效大著相形見
弱至今而極兵戰則靡商戰則
絀

聖人傲於上士夫怵於下庶改百
事造端於學於是

詔開學堂定學科由普通而專門
德育智育體育凡西學之層累
曲折宜無不歷涉以大其成而致

其用然而參天之木本於萌芽
匝地之流積於淵泉經世之學
基於蒙稚蒙稚普通之書以問
答為適宜尤以格致為最賾南
沙李君譯西學關鍵一書格致
淺理設為問答圖說相麗詞旨
簡明推闡新理遠勝陳編誠
普通教科之善本而關於智育
者良鏗學者而善悟焉則專門
之業之礎亦於是乎立何更瑞棠
見而善之精寫付印以餉學子郵
示校槩屬序於端予亦喜其開

西學圖說
序
三

智導學明顯易知因息遽題識
以寄欽佩云

光緒癸卯二月仁和陸懋勳

序

格致之學盛行歐墨多不過百年彼人士銳意講
求弗得弗措數人之力不足繼以百人前人之力不足
繼以後人於是閱如千年而得遠鏡法天象之學大
進閱如千年而得氣水律形性之學達奧閱如千年而
得熱汽力工藝之學入妙他如電磁聲光動植分化諸
學莫不愈究而愈精且會于心必施於用故鐵路輪
舟日照石印電線氣燈礦局機廠之類層出不窮日新

月異以致商賈通戰械利耕稼獲檢製造浩繁人跡
徧天涯威權行海外至今日而言歐墨可謂隆矣原
其故得力于西學而巧製有以效然也我中國自三代
以來專志於文學如晉之尚字唐之尚詩宋之尚理
氣元之尚丹青明之尚帖括不外乎文詞翰墨之區
以是治天下何異求鋒利于鉛刀三尺之童亦知不可
今上洞燭時艱迫欲挽救爰於
御極之二十四年

降諭停八股試策論各省大小書院改為兼習中西學
之學堂我教除崇欽

大造首重尊

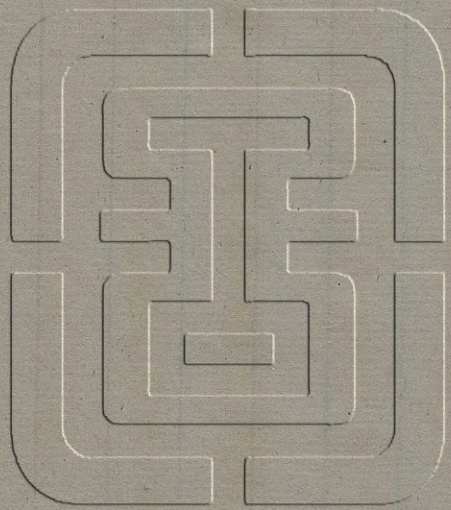
君盼

命之餘輒改並聞錄為匯報多列西學附記新聞冀廿
二省識字華人咸領格致要義乃風氣開而人才出
富強之本于是乎立因偕赫君師慎鄒君張朱君
飛日事翻譯憑紙遙傳杖又譯因鍵一書閱二載而告

成固健云者諸學之初階英人勃利物撰法人馬雅集
增之今列國凡行贈矣人口我華人稍識之無亦能寫
于目而會于心簡淺使明無以加上客冬
何都轉良棟徐上舍鑑堂見而悅之促專梓問世秋曰
諾旋請於

上峰亦以為善乃由鴻寶書局石印成書用供同好
竊謂物性之奇閱是編而恍然第匠成物性別有
神靈必也由已然之迹思所以然之原因則返本真修階于
學問斯不愧為萬物之靈云

光緒二十九年春南沙李林序于滙報館



西學關鍵總目

卷之一

天文

論星

論日

論地

論月

論行星

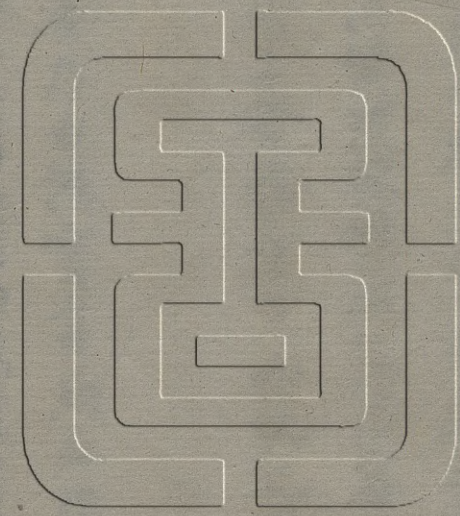
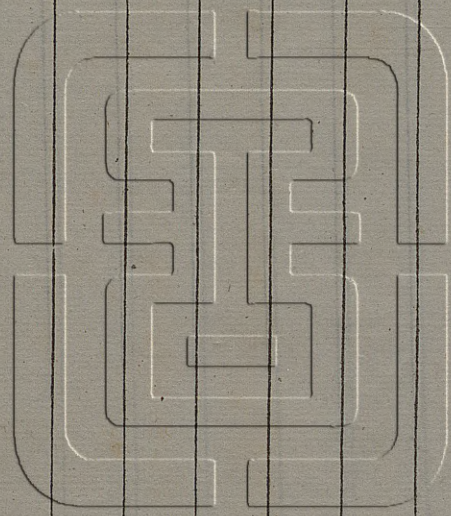
論彗星

論隕石

卷之二

西學關鍵

總目



力學

論斤兩

論擺

論權

論機器

論汽機

論水力

卷之三

聲學

卷之四

熱學

卷之五

光學

卷之六

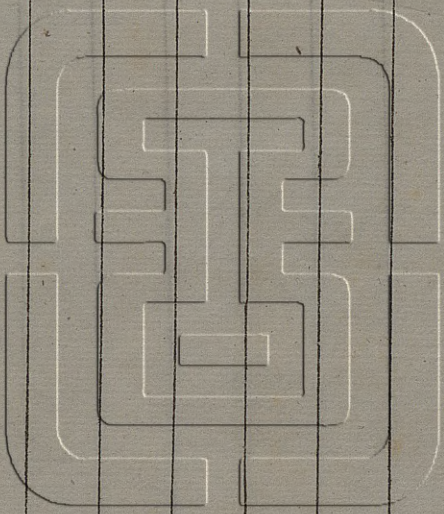
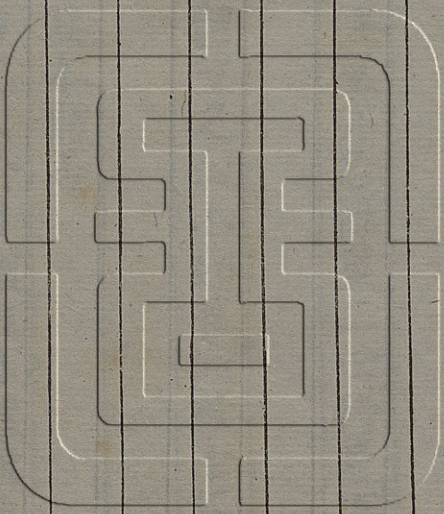
磁電學

卷之七

氣學

卷之八

化學



西學綱目

總目

二

西學綱目

總目

一

西學關鍵卷之一

滙報館教士譯

天文

論星

問 星有幾類

答 有二類一曰經星亦名恒星二曰行星亦名政星

問 何謂經星

答 天上光明之體望之么小如豈似數十年不易其位者即是經星

問 經星之光出其本體否

答 出其本體如日光出於日體惟日體離地較近故望之大如鉢經星則離地遙望之僅如明光一點

問 何謂宿

答 若干經星彙在一區總名之曰宿故宿者象星之聚也

問 經星離地幾何

答 最近地之經星係南門星離地得八百六十一萬三千二百六十三兆麗安按麗安乃法文四法里為一麗安合中國六里四分八厘將及六里半此後常用麗安二字因合算華里易於致誤不如譯音為安

問 南門星之光射至地上當行幾何時

答 光行甚速一秒鐘行七萬七千麗安南門星之光及地須行三年半其遠可以想見

問 他經星之遙遠亦能計算否

答 能計算者寥寥無幾餘皆杳不知其所在其能計者有天津星離地二千三百七十五萬一千七百二十七兆麗安其光及地行九年有半織女星離地三千零十四萬六千四百二十三兆麗安其光及地行十二年有半天狼星離地五千二百二十五萬三千八百兆麗安其光及地行二十二年大角星離地六千一百七十一萬七千零八十六兆麗安其光及地行二十六年北斗星離地得七千三百九十四萬四千零五十六兆麗安其光及地行三十一年牛宿星離地一萬七千零三十九萬二千八百二十六兆麗安其光到地行七十二年凡此皆經星之近者其遠者更不可思議

問 星體大小如何

答 經星離地奇遠不能測其實數學士亞辣哥約畧計天狼星徑厚五兆麗安

問 有時星光抖動似不定者曷故

答 星光可析數色如紅色紫色等光芒各色光芒傳佈于外遲速不同紅光芒必速於紫光芒苟空中之氣稀密不勻或多含汽水則星光穿越其間不能齊行並下於是忽見大明忽見稍昧其光乃抖動以故天朗氣清則星光輝耀氣候變則星光躍動為將雨之兆

問 經星分幾等

答 經星分頭二三四至十餘等而止非以別星體大小惟以別光之及于人目明昧不同我人見星光大且明者列入頭等其次二等次三等至十餘等星光大者未必星體較大亦有以離地近而見為大明者

問 經星有幾

答 目力大者不用遠鏡可見六千星目力小者僅見四千星

問 用遠鏡可見幾星

答 用尋常觀劇之鏡可見二萬星用最精之窺星鏡可見一百兆星

問 西人用日照法照得天星幾何

答 日照片中印出十五至二十兆星其餘隱約不可辨學士厄爾米德測得周天之星多至六萬六千兆

問 經星變否

答 經星亦變有初在某等星中後降下一等或升上一等有前曾出現後隱迹滅踪不復麗於天上者有向來未見忽現於天宇者有若干時大明若干時頗暗次第變更先後非一色者

問 星光何色

答 星光大抵白色亦有變紅黃藍等色者又有色與等同時變者

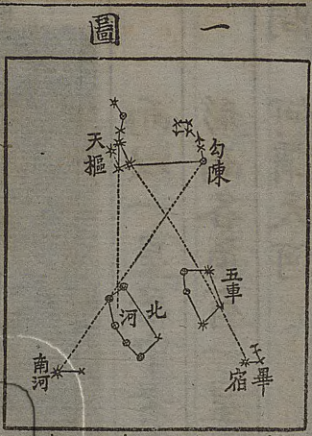
問 何謂湊合星

答 湊合星者不用遠鏡見為一星及用大遠鏡見大星之旁別有

一小星或數小星繞之而行其小星之光不一色湊合星因之以變色

問 星宿如何區分

答 古人以若干星彙為一區似人形獸形及他物者名為一宿於



是有小女大熊小熊獅子宿等名目第一圖中上為勾陳天樞二宿下為五車北河南河畢凡四宿

問 何以日間不見星象

答 因日光照耀故不見星象然天文士以

遠鏡緊附目上日光不入目中不拘何時均能見星象又有一簡便法以厚紙捲作長管內面塗以錫煤將此管合於目上日光入管為錫煤所吞日中亦能見星象有目力強者不用紙管亦能見經星

問 何謂星霧

答 星霧者經星重疊之處稠密如織如雲霧之迷濛望之祇見其

光不能辨其形狀如第二圖近來天文家用精妙遠鏡在某星霧中辨得星狀或謂星霧乃經星初質旋轉不息行將析作多星分布穹宇



問 星霧有幾

答 用大遠鏡可見五千區不用遠鏡目

力可觀者無幾

問 星霧有無異象

答 星霧之形不一多半不圓正有圓正

而以一星居中者有長圓如卵兩端各有一星者又有作三角形而各角有一星者

問 何謂天河

答 天河乃一大星霧奇長莫測幾繞周天內有可辨之星有不可辨之星學士厄爾賽用大遠鏡辨出十八兆星之多其不能辨者更不知凡幾天河之形長如帶有廣處有狹處上下不相同

論曰

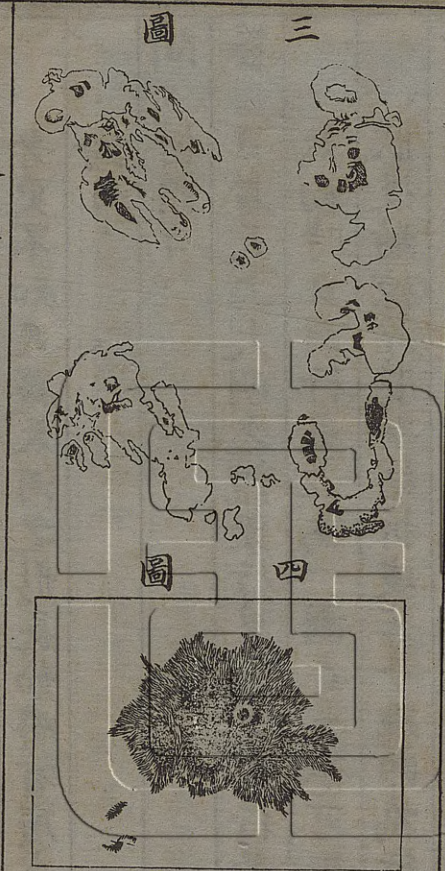
問 何謂日

答 日者天上大明之體衆行星繞之而行者也學士辣伯拉司謂太初時日與行星混為一團奇大不可衡量其質飄浮炎熱莫狀後漸涼浮質凝結析成若干塊即為行星如第三圖其未析之一大塊即為日據辣氏之說日與行星已數變其形始為浮質繼為流質卒為堅質皆以熱氣散失而然但體愈小寒愈速故小行星最先堅結既而各行星亦成堅體惟木星奇大至今

尚未全堅日則仍為浮質

問 日之體質如何

答 日體係浮質內輕氣甚多又含鐵鋁鎂養等質皆地上所有其



在目中猶是浮質翻動不息在內者起而出外外寒乃凝而墜仍落深處落則又升升則又落升降頻仍千萬年如一轍其質

熱於火浮沉湧蕩一如萬丈波濤用大遠鏡窺之恒見日面掀攪烈燄飛騰有斑玷黑影等象先後屢易其所如第四圖

問 日之外形何如

答 日之圍圓大於地球一百二十七萬八千六百四十五倍日輪半徑長於地球半徑一百有八倍半所為半徑者自中心至外面相距之數也日面凹凸不平有類風潮時洋面多脊起處又多深潭間有黑點又有大光斑大光點甚不一致或稱為日燐以其似燐而名之

問 日上黑斑究係何物

答 黑斑乃日面低凹處內有銅鐵等質尚未堅結低凹處熱於外面故光亦少遙望以為黑色宛似大厦初燃烈烈轟轟烟燄混合其火作綠色不若透屋之火紅而明也尤異者黑斑於十一年半一易五年餘深黑而多六年餘微黑而少

問 日體熱幾度

答 名人之說不合或為熱數兆度或為熱五六千度原其熱之所由來以飄浮之質逐漸相凝故生大熱

問 日光發外熱力與之俱散不將愈散愈少卒成寒體乎

答 日之散熱多不勝計然減熱甚微學士謂每閱四千年祇減一度牛公謂日體熱力散四千萬年始盡

問 日體散熱幾何

答 以一年間熱力之散於地者併合之雖全地積水高四十邁當亦能灼化

問 日牽制各行星否

答 日之牽制有二一日有大吸力拖引各行星使之行軌道無稍紊亂二各行星皆得日光薰燠之力譬如地其空氣之運動汽水之升降晴雨之迭更草木之滋長禽獸之蕃生人民之工作皆

日光是賴

問 日是經星否

答 日是一經星若移而遠之列於最近地之經星中僅可作第五第六等星

問 日之四周有空氣否

答 日之四周亦有空氣其氣界如卵形寥廓殊常至少得日輪半徑四分之一

問 日與地相去幾何

答 一年四季相去不同至遠與至近時相懸至四百萬法里之多

計中等相去之數日離地三十八兆餘麗安日光至地行八分
鐘十六秒最近之經星尤遠二十倍

問 日體旋轉否

答 觀日上黑斑知日以二十五日半自西而東自旋一周

問 日亦移行否

答 日亦移行惟甚緩其軌道極長大約四十

萬年始行軌道一周

問 日向何處移行

答 日與眾行星漸向九河星前行其宿名曲躬

論地

問 地之形像大小何如

答 地係圓形如第五圖兩極稍扁赤道稍凸地理家謂為橢圓地
之直徑計其中等之數得一萬三千七百三十三法里一法里
合中國一里六分二釐地體渾圓可以海舟為証海舟自遠來
岸上人始見高帆後見船身如第六圖為地體渾圓之明証

問 地運動否

答 地有二運一自旋一環日而旋

問 地自旋如何

答 地自西徂東以二十三下五十六分四

秒鐘自旋一周其南北盡處為兩極南

為南極北為北極設想一長軸直貫地

球中心出南北二極是為地軸南北適中之地分地球為二其

圖 六

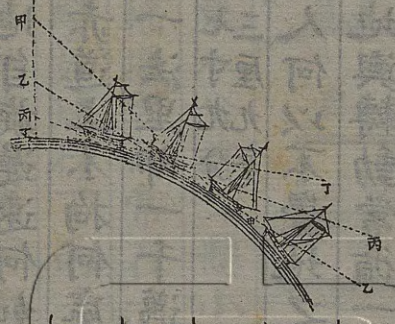


圖 五



地面名為赤道

問 地自旋遲速何如

答 赤道上不拘何處一秒鐘移四百六十九邁當不滿半法里因

一法里即一千邁當赤道上下愈近二極移行愈緩一邁當合

七寸九分
三厘九毫

問 人何以不覺地之旋轉

答 地與轉動常循一轍無疾徐之別加以地旋而空氣與萬物均

與之旋故人不覺其轉運又觀天象見星宿移行似地不旋而

天實旋然按理以推天不能疾轉如此故地之自旋無可疑也

問 有法驗地球自旋否

答 試驗之法有三一人自至高之塔下石落地石必偏東幾許地

若鎮定不行石必順其重勢自圖甲字處墜乙字處然地行

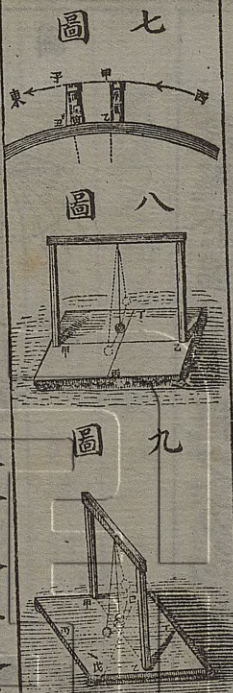
自西而東石於墜不時隨地之行勢亦自西而東但塔頂前行

甲子一弓較塔下乙寅一弓稍長故石落於地偏東幾許在丑

字處惟相去甚微不易分辨

曾有西人試驗於礦中礦深

一百五十八邁當石落下偏



東八分許二懸小球於線推之使動球順勢搖擺如第八圖其

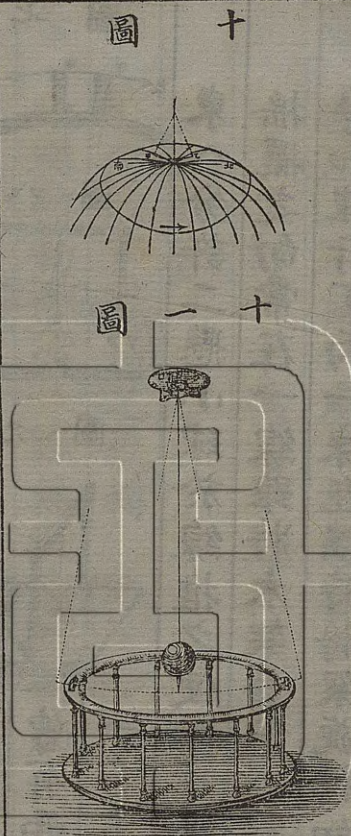
搖擺之向常在一線雖將木架易地或旋轉之擺向仍不稍易

譬如球行丁丙一線在搖時將架旋轉如第九圖球行己戊一

線與第八圖丁丙一線無稍偏側驗之之法可在架外立二椿

木以便較量若不察其實際祇以目為憑則甲乙線移易而已

戊線亦似移易其實不然若設大擺於地球兩極見其始在某經線繼在某經線終在某經線二十四點鐘周歷象經線如第



十圖若設擺於赤道上見其恒向一方不稍易位因赤道常與地球作十字形而擺之方向始終無異也

設擺於溫道則擺之方向漸偏與地球自旋之向相背偏之多寡視其地距兩極遠近何如愈近二極偏側愈多三學士富高另製一具如十一圖懸一大球於屋內球下有尖頭下垂及地上積灰頗厚球於搖蕩時尖頭觸灰上逐漸易地鑿鑿可觀

蓋地已旋矣

問 地球既自旋迨旋至於下人不將倒落空中耶

答 天宇寥廓邈無涯際無所謂上下地球心中有大吸力人足立

於地為地心所吸故地雖旋而人之位置如故無倒落之慮

問 開闢之初地形奚似

答 當初地質流動一如渣汁嗣以漸冷而凝變成堅質其凝時元

粒互吸在在相同故地形圓正惟以自旋之力甚大遂致赤道

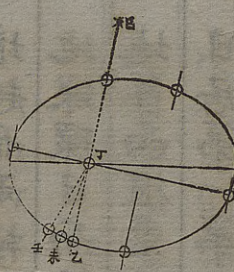
墳起而兩極則塌下幾許云

問 地球環日而行如何

答 地自西徂東行一軌道如卵形將卵形中之長軸分為三段則

日居第一第二段之間如第十二圖日離地計其中等之數得

圖二十



得一百萬麗安

問 地球軌道平否

答 不平如十三圖較於天赤道側二十三度二十七分五十六釐

五毫

問 地于軌道上行一周須幾何時

答 須三百六十五日又五下四十八分五十一秒六忽鐘每秒鐘

行三十法里又四分

問 地軌道之側勢變易否

答 不覺其易故軌道長軸之兩端常向寰區兩處一名南天極一

名北天極北天極在北斗星處

問 天赤道何在

答 天赤道在地赤道之上彼此遙相對待故地軸與天赤道兩相

正接

問 何以一年四季寒暑不同

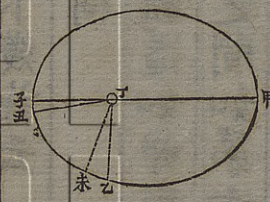
答 地之軌道較於地赤道欹而不平如十四圖地行軌道時各方

晝夜長短不齊日光射於地亦斜直不同晝長則多受日光而

其地熱日光直下則少經空氣散熱較多其地亦熱若夜長或

日光斜下則反是寒暑之所以不同即以此故

圖三十



圖四十

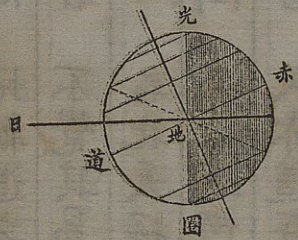


三千八百二十三萬零四百九十六麗安其相離最近與最遠之時相去

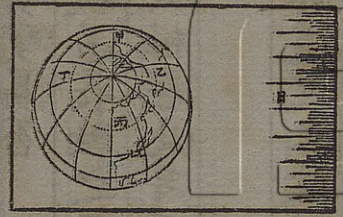
問 何以地軌道欹側日即因之長短

答 此理觀十五圖即明日照地上惟燭其半光圈一線為明暗分界之處其圈不與地軸在一線赤道常半球有光半球無光故晝夜不分長短赤道以上愈近北極黑處愈窄夜乃愈短至夏至而止夏至以後地行軌道漸升赤道以上日照之地漸減減則日漸短至冬至而止法京巴黎斯最長之日十六下鐘夜惟

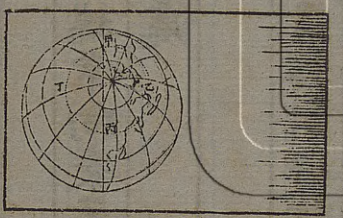
圖五十



圖六十



圖七十



八下鐘十六圖為春分秋分晝夜各十二下之像春分以後日漸離赤道如十七圖夏至則晝又長如十

八圖

問 夏季何以長於冬季

答 地行軌道秋分至春分少於春分至秋分七日

有奇因冬間日與地近故地行較他時為速

問 冬間日與地近何以冬天反寒

答 冬間日光照地斜勢甚大日雖近而地所得熱力不敷其散失

故寒

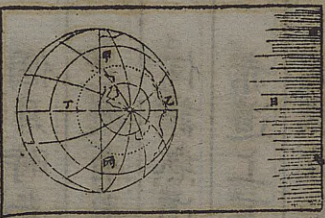
問 日落後猶有暮光其光何自而來

答 日落地平下其光猶在地平上空氣之中是即暮光俟日在地

平下十八度始不見暮光全境昏黑地平俗稱天邊即人目視

為天盡處

圖八十



問 暮光留幾何時

答 留時不一視日落地平下遲速何如遲則久留速則易盡又視人所在之地離赤道幾何離遠則暮光久離近則暮光促在赤道上暮光留一下十二分鐘他處則冬至最短夏至最長

問 北極之日夜何如

答 按上圖日方偏于北半球其分光圈不切于寒道線故日長六個月時南極無光亦六個月常若夜間無論何極六個月見日之後有暮光七十七日其全黑無光惟三個月又半月有奇

問 何謂熱道寒道

答 赤道上下各二十三度二十八分畫一圈線上下二圈間氣候炎熱故名熱道此二圈為地軌道欹側之界在北半球者名夏至界在南半球者名冬至界自兩極起計二十三度二十八分

各畫一圈名兩極圈自圈至極名寒道在熱道寒道之間名溫道熱道得地面一千分中三百九十八分溫道得五百九十九分寒道得八十三分

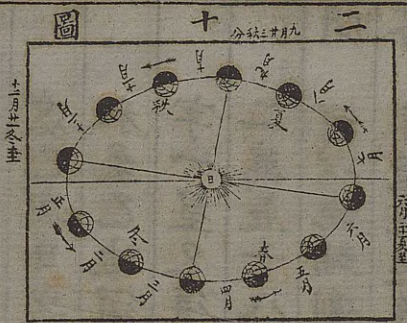
問 各道氣候更變如何

答 各道之晝夜長短相同日離赤道天頂二十三度二十八分所為天頂者天上一點正在各方之人頭上各方有各方之天頂不可泥於一處赤道氣候終歲相若惟日對赤道時其地多雨較他處為甚赤道氣候之變惟此而已熱道廣四十六度五十六分日兩過其天頂一在西五月初一在西八月初十左右當是時日自北半球至南半球故午刻日影頓易其向初則自

側側則赤道早與日心平對而春分早於去年矣惟地軸側下甚微故一年所差惟二十分鐘上二十圖為地球于四季欹側之像

問 何謂黃道帶

答 黃道帶者周天一圈正對地軌道上下厚十七度有奇古時行星軌道均在此十七度內



古人以黃道帶分為十二宮以各宮星宿之象名之一曰白羊

二曰金牛三曰陰陽四曰巨蟹五曰獅子六曰室女七曰天秤

八曰天蠍九曰人馬十曰摩羯十一曰寶瓶十二曰雙魚或又

稱十二宮曰星紀曰元枵曰娵訾曰降婁曰大梁曰實沉曰鶉

首曰鶉火曰鶉尾曰壽星曰大火曰析木古者春分之時日在

白羊宮今以歲差之故移至雙魚宮矣

問 天文家別星日與太陽日何義

答 今曰某星過午線明日此星又過午線是為一星日今日太陽

過午線明日太陽又過午線是為一太陽日太陽日長於星日

四分鐘因地輿自西而東於一晝夜間移行已遠故太陽過午

線遲於某星四分鐘也星日常先後一轍無修短之殊適合地

自旋一轉之時惟地行軌道遲速稍別故太陽日畧有長短西

人以折中之數分太陽日為二十四下鐘每下折六十分每分

折六十秒星日只得二十三下五十六分四秒鐘自一千八百

十六年以來各國鐘表皆從太陽日折中之數至多與實數相

去十七分二十秒凡日晷所報必係實數故須損益之以合折

中之數始與鐘表相符

問 何謂星年與太陽年

答 地行軌道起駕時正對某星迨行徧軌道又對某星謂為一星年自今年春分至明年春分謂為一太陽年因歲差之故星年長於太陽年二十分鐘一星年得三百六十五日六下九分十秒四忽鐘一太陽年得三百六十五日四十八分五十一秒六忽鐘

問 如何計年為妙

答 計年依太陽年為妙惟太陽年得三百六十五日四十八分五十一秒六忽鐘不能均分為十二月故中國有閏月之法西國則一月間有多至三十一日有少至二十八日者

問 西國現行之年歷昉於何人

答 現行之年歷昉於教皇額我畧第十三時在一千五百八十二年是年十月初四日忽改為十月十五日中間減去十日除俄希二國外其他歐墨諸邦皆從此歷

論月

問 月體如何

答 月體無光且不透光形畧圓其直徑得地球徑四分之一如第二十一圖其外面得地面八分之一其廣厚得地球四十九分之一其質料得地質八十分之一其密率得地球五分之三
月上有淡黑玷多係山影有高至七千邁當者月面似火山地多深圓之潭潭中突起高峯如二十二圖學士高具爾見月中

圖一十二



圖二十二



山形如第二十三圖

問 月何以有光

答 日光照月迴射於地人遙望之

見月亦明非月本有光也月光

照寒暑表不覺其寒月光較於

日光僅得日光三萬分之一

問 月外有無空氣

答 月外無空氣并無汽水踪跡可知月

無流物一切動植飛潛均不能生月

上有層疊淤積處大約古時有海洋

久已涸竭

圖三十二



問 月之行運如何

答 月乃隨地之一星名為价星為地力所吸隨地轉運其繞地自

西徂東其軌道圈之扁窄三倍於地軌道

問 月與地相去幾何

答 計中等之數相去九萬六千六百四十麗安以地球直徑三十

倍之即得此數月行軌道自某處發駕復至某處須二十七日

七下四十三分十一秒五忽鐘但月回某處地已移東二十七

度月又須行二日而此二日間地又移東幾許故月須多行二

日四下三分五十一秒四忽鐘始得重與日相向如前故月行

軌道一周須二十九日十二下十四分二秒九忽鐘也

問 月體自旋否

西學圖說

卷一

天文

十七

答 月以二十七日七下四十三分十秒五忽鐘自旋一周其向地

之半面永不更易故無由見其後半面

問 人見月光何如

答 自晦至望月光初無而後有始缺而終盈望日以後月光漸缺

至昏黑而止

問 何以月有盈缺

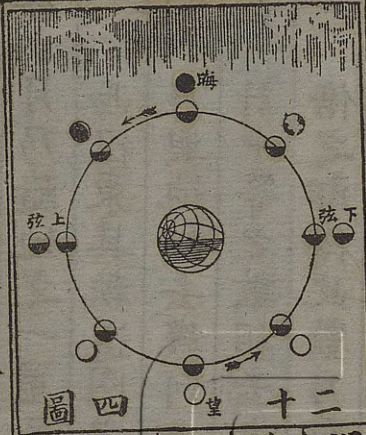
答 月行軌道至地與日之間其向地之半

輪無光乃不見月是即為晦既而東行

見月光一彎作弓形為始生明當是時

月落在日落後三刻鐘自是愈行愈東

月光愈大其落下每日愈緩三刻至上弦月光得半輪斯時自



日至地自地至月如以長線相連適成一方角故日方落下時

月在正中天上弦以後月又東行去日愈遠見月光愈大直至

日之對面與日地同在一線月向地之半輪全受日光是為月

盈亦曰望蓋日月相望也望後至下弦又至晦月光漸缺與望

前相反此事觀二十四圖而益明

問 望日之月見於天中則小見於天涯則大曷故

答 月在天涯其光至我目中疊經空氣多所散析目隨光以視故

見月形大且見為紅因光分七彩其紅彩最易透空氣也

問 晦日前後之數日每見月旁有微光作淡綠色曷故

答 此名灰色光見於晦前三日晦後三日為最天文名家特文西

云日光照地自地返射於月故光成灰色別無他異

問 月與地有無牽制

答 月輪牽制之力見於潮汐為最空中之氣亦受牽制惟甚微故人不覺此非通行之論存疑可也

問 陰晴之變有關於月否

答 學士亞拉哥謂月與氣候絕不相關然學士巴爾味益先後測天象三十年謂月於雲氣之往來不無牽制故陰晴之變亦為之遲早

問 月於草木生長有無關涉

答 無論菜蔬樹木月初下種則速長望後下種則遲長此事於赤道上尤顯而易見其故非他因草木萌芽出土端賴日月之光其在月初下種者將近望日而生既生則不特得日光而又得月光晝夜並長自必迅速彼望後所下之種出時已近晦日雖日間有日光照之而夜間無月光故滋長難也

問 何謂潮汐

答 海水升降即為潮汐大洋之水一日二潮恒以六下鐘一潮每日潮至遲於前日四十九分鐘五洲中有每日一潮之地亦有間若干日一潮者

問 潮汐何自而來

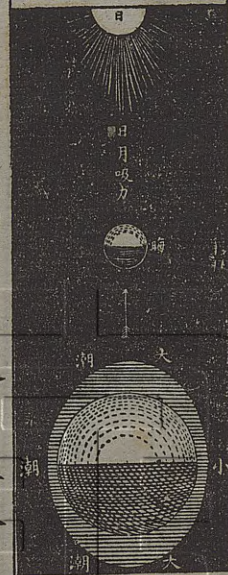
答 日與月皆有吸力吸大洋之水龐然墳起日月運行而墳起之水隨之即是潮汐

問 何以此地潮來地球下與我對足之處亦有潮來

答 方日月經海洋之上海洋之水為日月所吸乃升當是時地球

下對足之處離日月最遠則少受日月吸力而離地心又遠水亦墳起于是亦有潮由是觀之地球上同時兩處有潮在地球直徑之兩端

圖五十二



問 日與月之吸力孰大

答 日力大於月力然以月近地之故月之吸力反大於日力

問 何以月初月半之潮最大

答 月初月半地與日月同在一線即或偏側必微於時日月二力併合為一同吸海洋之水故凸起尤甚如二十五圖

問 何以月於上下弦潮汐恒小

答 當是時日月二力一在上 一在旁彼此牽制故吸力少而潮亦小按上下弦之日月相去得九十度日吸海洋高起月吸海洋橫凸二力相克雖有潮不過小汐

問 最大之潮在何時

答 春分秋分潮汐最大因此二時日與月方平赤道與日亦平借令此時月行軌道適在最近地之處則潮汐之大無以復加倘夏至冬至之時月與地相離最遠則潮汐之小亦無以尚之

問 潮汐有無異景

答 潮汐頗有參差隨地以變譬如法國於新月過午線後一日半始見大潮地與月側勢有殊日在赤道上下方向不一大風鼓動洋面水為之湧海洋之形勢大小又復不同凡此皆潮汐歧異之緣由也



問 日月蝕何如

答 月與地環日而行方月與地之中心與日輪之中心遙相對待同在一線則有日月蝕如二十六圖月阻日光及地人不見日即為日蝕迨行至對面地在月與日之間地阻日光抵月人不見月即為

月蝕日蝕總在晦後一二日月蝕總在月圓之候

問 日月二蝕有何區別

答 日蝕時月影射於地月蝕時地影射於月二者不同按地軌道與月軌道彼此不平側五度八分餘地與月行至二軌道相切處乃蝕否則不能蝕此相切處天文家稱之為結結處自東徂西逐年退後以十八年又八個月退滿地軌道一周其所以退之故因月有吸力吸地上赤道遂為其牽制也

問 日月二蝕有無他別

答 月蝕或全或偏每見作紅色因日光斜射穿入月影中人於此光中望之遂見紅色且凡見月之處皆見其蝕日蝕不然因月輪小躲日光無幾故某方見日蝕他方不得見又以日似繞地之故其影自西徂東移行甚速故得見日蝕之地條長如帶又月方全蝕凡見月之地皆見其全蝕日之全蝕異是惟一帶之地見之其在上下二帶之人僅見偏蝕因月之黑影惟經一帶而上下二帶祇得其淺影也

問 嘗見日全蝕時中間純黑而四周有一光圈曷故

答 日月地三輪之中心彼此正對而月離地適當最遠之時月影

圖七十二



所覆之地能見日邊光圈如第二十七圖其故非他因當時月離地遠而其影不能全掩日光也

問 日月蝕之期古人何以能預知之

答 古人歷久考驗見每一蝕後閱十八年十一日其蝕又見與前次之蝕相若故能屈指以待預報其期

問 日蝕時果昏黑無光否

答 日蝕時少有光能辨路徑亦見天星惟少不過五六星而已

問 日全蝕時別有異景否

答 月之西邊初離日之西邊有凸起之象黑而明狀如鋸齒既而齒漸稀漸大數亦漸減方月之東邊近日之東邊成象亦然如

第二十八二十九圖天文家謂此象出於日側濛氣不在月輪

圖八十二



圖九十二



上惟望之似在月輪耳

問 有何別景

答 全蝕之始與終有黑影或光線若干疾馳於月側似雲過

日輪留此黑影此亦日側濛氣致然

問 日全蝕時月之四周有白光一圈曷故

答 此圈甚厚約得日輪直徑十二分之一又自此圈射光於外遠近不一如前列二十八二十九圖天學士謂此光出於日輪或在濛氣中係日光之發於外者

問 日蝕時見月外有紅光曷故

答 此光之大小形狀皆不一致且有移行月外不與月相附者天文家謂日外濛氣含養氣甚多熱而燃火則成此象且不特日蝕時為然而平日亦有用遠鏡窺之往往瞥見

論行星

問 何謂行星

答 行星者本體無光之星如地球然常自西徂東繞日而行各循其軌道

問 行星之狀何如

答 按目力所見行星無異於經星惟行星之光穩定不閃用遠鏡窺之見行星頗大可計其直徑經星則恒小惟明光一點而已
問 行星之序何如

答 自近日之星計起一水星二金星三地球四火星五小行星四百三十餘六木星七土星八天王星九海王星水金二星在日與地之間其餘皆在地外

問 何謂內星

答 內星者在地以內之星即水金二星水星最近日最難窺探其外形僅得地球十六分之一金星之大與地球相若因其離日頗遠不為日光所迷混然離日不甚遠故得日光之照最明人自地上望之金星輝耀出眾經星之右其繞日行一周約七個月又半約三月之久每晨於日出前見於東方過此則數日不見厥後見於西方在日沒後亦三月之久金星四周有濛氣其外象頗似月輪行軌道一周必與地日正對二次一在日之背

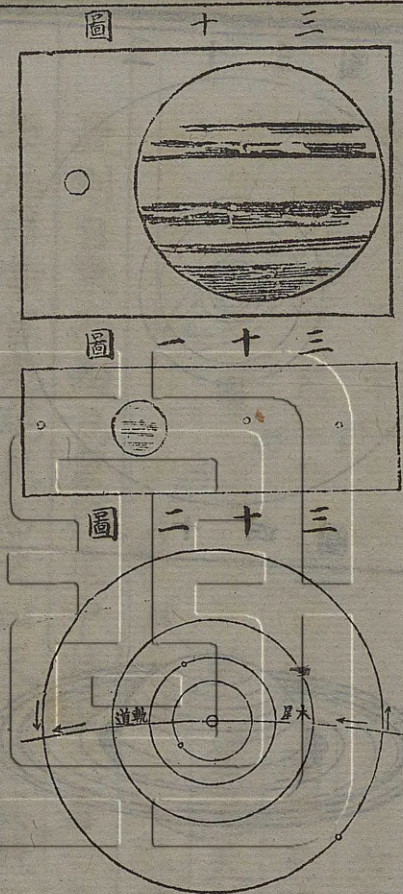
後一在地日之間

問 外行星何如

答 外行星者在地球外之行星其間火星小僅及地球之半直徑得一千七百十九麗安畧長於地球半徑其外像似月面他行星則離地過遙不能見其色相火星有二隨星亦有濛氣近兩極處有白斑若干時顯時隱論者謂此係水河按時凝渙故隱顯更迭也火星上多深溝廣可三百法里天文家謂之火星河有兩河相交者其相交之狀不一又有中間一河廣大無倫而兩頭為藍色或以此為大洋又有淡紅之處大約係陸地驗全輪之狀似皆寒冷絕無熱氣如土石然

問 木星如何

答 木星於行星中最大約較地球大一千四百倍如三十圖木星以十下鐘自旋一轉以其轉運過速故兩極皆扁下約以十二年行軌道一周有四隨星皆大於月輪如三十一圖木星有濛氣有斑玷又多黑帶兩兩相並對向軌道隨星

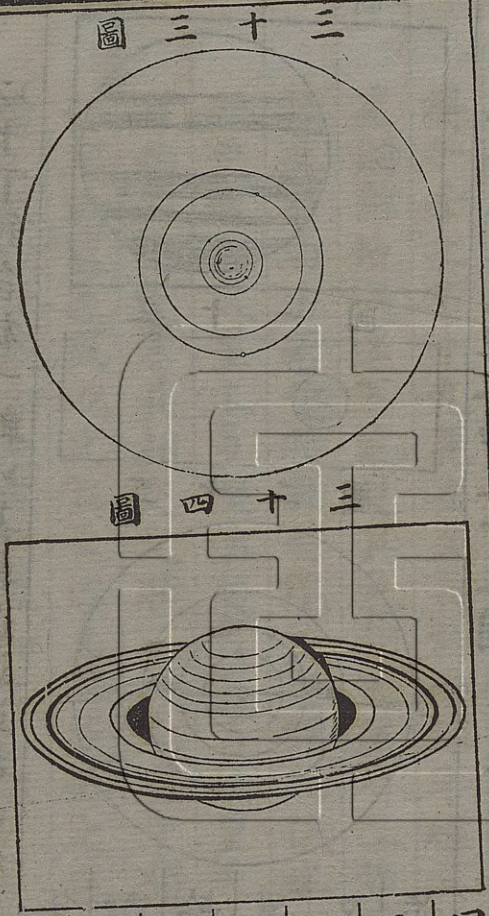


繞木星遠近迴殊如三十二圖

問 土星何如

答 土星以十下鐘半自旋一周形體甚大七百三十五倍於地其

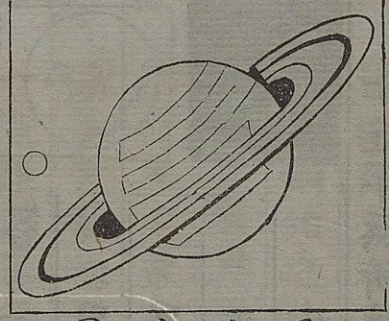
行軌道一周約須三十年軌道之長直至一千八百兆麗安旁
有八隨星繞土星而行遠近各異如三十三圖最可奇者土星
四周有一光圈如三十四圖圈頗薄然廣至一萬二千麗安離土



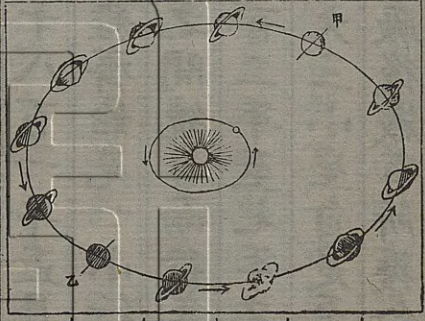
星七千麗安用遠
鏡探之見光圈非
一圈而內外共有
三圈如三十五圖
彼此相去得七百
麗安人自地上望
之見光圈屢變其

象或作卵形或漸縮或隱跡原其故因土星繞日而行正軸之

圖五十三



圖六十三



向不易光圈相隨常並
行故有此異景如三十
六圖

問 天王星何如

答 天王星大于地球八十
二倍旁有八隨星其自

旋則自東而西為眾行星中特出之奇一千七百八十一年學
士厄爾舍首先窺見名之曰天王星其軌道亦卵形約以八十
四年行一周距日最遠之時得七百四十兆麗安最近之時亦
得六百七十五兆麗安中等之數得七百零八兆麗安天王星
離地過遙其體質形狀等皆不能詳悉

問 海王星何如

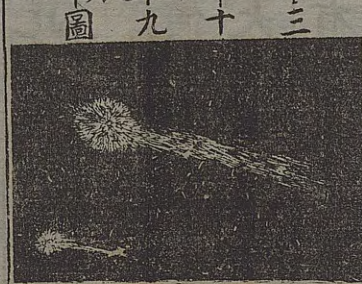
答 海王星大于地一百一十一倍一千八百四十六年學士伽助始見之旁有一隨星以五日又二十一下鐘繞海王星一周其形體亦以遠而不可測

問 小行星何如

答 一千八百一年正月初一日學士畢雅齊始見一小行星在火木二星之間繞日而行名舍來星一千八百二年至七年又得巴拉儒農物大三小星自是至一千八百四

十五年無所獲厥後歲有所獲今已多至四百三十五星其位

圖八十三 圖七十三



圖九十三

置概在火木二星之間而附近火星者尤夥其軌道彼此牽連一若綱領之於條目執其一可拖引其餘也者軌道皆橢圓與他行星無異彼此互相欹側物大星直徑約長四百法里是為小行星中最大者至小之星直徑三十法里三十七圖為巴拉儒農舍來物大四小星較於地球之像小行星在遠鏡中么如一點難計其直徑學士雷表云健步之人盡一日之長可走偏一小星洵非虛語

問 行星上有無居人

答 日體乃一大火球萬不能居人此不待言而知者水金木人土等行星有全冷者有未全冷者考其質與地質不甚相懸地有居人各行星亦有居人但天文家多執無居人之說而謂有居

人者無幾

論彗星

問 彗星何如

答 彗心條長其光散漫其體質不相連接分首尾兩段首中有光點如核核外有圈尾則蓬鬆如竹帚故俗稱掃帚星三十八圖乃亞肋星之象一千八百三十五年顯現三十九圖乃康罷星

圖十四



圖一十四



於一千八百四十六年一星析為二星四十圖係一千八百四十三年之彗星四十一圖為一千八百五

十八年之彗星彗有數尾者有二核而無尾者形狀之歧可為說異

問 彗星軌道何如

答 彗星繞日而行與各行星相似其行遲速不同其軌道奇長近地則獲覩遠去則不及見別落天涯遙無底止往返需時甚久迄今軌道之可考者寥寥無幾四十二圖乃可考之三種第一種卵形日居二心之一因其圓故彗星偏行軌道必歸前轍第二種與第一種相若二股開展愈遠愈分無會合之日或謂二股至極遠處終當會合是說近似然無一定之憑第三種二股常分終無相合之日彗星環行有自右而左者有自左而右者問 彗星還復之期可屈指計否

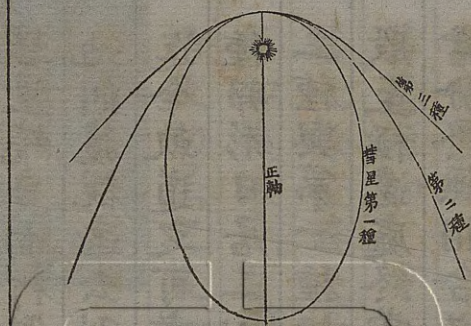
答 惟五十六星可屈指計餘則不可測且此五十六星中惟六彗

星已回其他五十星未見其回

問 人言彗星將觸地此說然否

答 彗星觸地未必果有其事况彗星體質
細逾沙塵縹緲不可捉摸雖觸地亦無
所害且觸時人未必覺一千七百七十
年有一彗星觸木星之隨星木星與隨
星行運如常無所損惟彗星稍受牽制

圖 二 十 四



遂易其趨向

問 彗星之尾何自而生

答 彗星於數日間頓伸長尾往往遠至數兆麗安一千六百八十

年之彗星於十五日間尾伸長至二十二兆麗安一千八百四
十三年之彗星於一日間大張其尾廣佔天宇一百度西士法
伊謂日有推拒之力彗星近之日推其核散布於外遂有長尾
此臆度之詞未可據為確論大約彗尾離日九十兆麗安始得
窺見近則不得見慧行軌道至近日處尾最長光亦最大

問 彗星體質何如

答 學士丁大爾謂天空有浮質一種得日光則變為汽積聚如雲
彗之首尾皆此汽所成尾所以伸長因此汽降下日光經其中
即發大光彗尾有旋轉之時非其質隨之而旋然以別有汽水
積聚而遇日光耳近年天文家見彗星中有氣一種頗似淡氣
且燃火故大光照天宇

問 彗行軌道迅速何如

答 彗行軌道遲速不齊有彗核於一秒鐘祇移數邁當者有於一秒鐘移八十麗安者

問 彗星最著名者係何星

答 最著名者亞朮星見於一千五百三十一年又見於一千六百八十二年又見於一千七百五十九年又見於一千八百三十五年以七十六年行軌道一周又有恒格星一千八百十八年始有人瞥見閱三年又三月餘已行徧軌道一周皮厄拉星一名康罷星于一千八百二十六年出見閱六年零四月又見法伊星於一千八百四十三年始見閱七年餘又見
論隕石

問 何謂隕石

答 隕石不盡為石而亦有鐵質者舊約書已記其事一千八百年法國雷格爾地方有一石墮空而下隕石見於西六七月間為多見于十二月正月間為罕初隕時石熱甚外面通紅如火其故非他因遠經空際與空氣相磨擦遂發大熱因而發光其墮下以一秒鐘落三四十法里其實甚雜炭矽鐵鎳等皆有近年俄國南境得一石內含金剛石質石于隕時往往發大聲如轟槍然地學家於一千八百八十七年掘地至第三層土得一隕石入地不知幾千萬年矣

問 嘗見空中有火球瞬息而散何故

答 火球忽現忽散時遺光如綴閱數秒鐘而滅測其所在之處

在濛氣之上測其體殆即隕石之類一入濛氣為地心所吸立即墮地

問 隕石何自而來

答 或謂小行星裂碎故石中有鐵塊或謂是月中火山太初亦發火擲石地上火山古時之力必大於今日大約月與地上之火山擲石空中盤旋數千載今始墮下即為隕石

問 流星何如

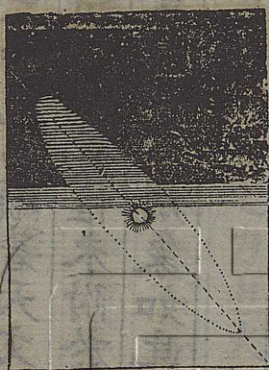
答 流星現後飛行若干路然後滅迹計其高有僅得二麗安者有高至三百麗安者其移行遲則一秒鐘行十二法里速則一秒鐘行三十二法里觀其色與光迥不相同可知其體質種類各異流星無夜無有西歷十月初十一夜十一月十三十四夜

四月十月底流星在在皆有多不勝計并能於日間經濛氣中惟人不及見即夜間亦非盡人所能見視人之所在為何地

問 流星與彗星有無相關之勢

答 頗有相關之勢學士夏巴來里測知西八月初十之流星遵一千八百六十二年之彗軌道西十一月十三之流星遵一千八

圖 三 十 四



百五十五年之彗軌道西四月間之流星遵一千八百六十一年之彗軌道又一千八百七十二年十月二十七之流星遵皮厄拉星之軌道遂知其中必有

牽涉之勢

問 何謂黃道光

西學圖金 卷一
答 黃道光即晚光見於日沒後在日沒之處狀如四十三圖其光出於日高矗穹窿色白而稀在光後之星仍能瞥見春分秋分二時尤形顯著天文士有釋之者謂日之四周有浮質如霧殆即日本質惟未附於日而浮蕩空中離日不甚遠夕陽初下照於日光中成象如此

西學關鍵卷之二

力學

問 何謂力

答 凡物未動而有以動之或既動而遲速之皆謂之力譬如石在地上手舉之手之力也車在路中馬拉之馬之力也氣酒瓶之塞自出氣之力也火輪車之機自轉汽之力也電氣運機其力在吸引大風逐雲其力在行動潮汐鼓浪其力在擁激由是類推力之理瞭如指掌

問 何謂物之靜性

答 天下形形色色自不能轉靜為動必有動之者而後動既動則自不能節制其動必有節制之者而後損益其動是即所謂物

之靜性

問 何謂重

答 重者拉物墮地之力凡為形物無所阻必墮於地是即所謂重力世間無一形物能出此力之外故世間無不重之形物惟重之多寡有別耳原其故因地心有吸力萬物皆為其牽引故形物皆重

問 天象亦有吸力否

答 天象亦有吸力

問 天象有吸力不將互吸而併合乎

答 日月星辰有吸力又有離力亦名離心力彼此相拒故兩兩三三遙相對峙無併合之虞

問 此理誰先知之

答 英人牛東首創其說并云天象互吸之力大小不同一視其體質之大小二視其相去之遠近體質大二倍三倍吸力加二倍三倍故質與力常同數並增相去遠二倍三倍則力減四倍九倍餘倣此故減數乃遠數自乘之結數一名方數

問 牛東如何測得此理

答 一千六百六十六年牛東散步鄉間偶見樹上一菓落地自忖曰菓所以落下必地心之吸力引之然使樹之高及於月體菓亦將落地耶曰然曰然則月亦當墮地何為不然不能答少頃恍然曰必別有一力阻月落下其為離力無疑於是知地與月與天象皆有二力一名吸力一名離力彼此相牽制故地與月

安逾泰山千古不亂

問 離力何以試驗

答 不拘何物繫於索環轉之其物欲直行離其所繞之圈是即所謂離心力且轉逾速力愈大譬以一索繫小球執於手急轉空中索必自斷因離力多也又使注水桶中繫於索而急旋之桶雖倒水仍不出因水得離心力欲往上一時不能下墮也天上諸星各繞一天象亦以吸離二力互相抵敵故千萬年不墮

問 形物下墮至地面而止若地面不阻將止於何處

答 將止於地心故形物墮下直向地心不稍偏側

問 何以地心有吸力

答 地心有吸力之故無人知之諸天象各有吸力亦不知其所以

然

問 形物下墮遵何定例

答 遵三例一曰形物不拘體質與大小苟無空氣阻止必同時墮下毫不參差試以鐵珠木屑紙綿雜毛等納玻璃長管中置抽氣機上抽去其氣再四顛倒之常見諸物同墮如四十四圖若於屋外投紙鐵等物必非同時並下因空氣阻止而物重則易勝其阻物輕則難勝其阻故落下遲速不同也二曰形物落下其所經之界適合于所歷時刻之方數譬如一秒鐘落四邁當零九分則二秒鐘落十九邁當零六分三秒鐘落四十四邁當零一分餘倣此三曰形物愈下得勢愈大是為勢力勢力之增與時刻

圖四十四



之增相若時刻增二倍三倍勢力亦增二倍三倍

問 橫行亦有勢力否

答 橫行而速亦有勢力故拉車者速跑則覺輕蓋勢力助之也尋常火車每一下鐘行七十法里每秒中行二十邁當其勢力如物落二十邁當若火車忽止坐車者必重撞有性命危不啻自二十邁當之高樓墮下

問 形物斜墮亦有勢力否

答 伽利雷証斜墮勢力與直墮同惟不視斜之長短惟視高下之數譬如某山有欹路自高處至山脚上下得二十丈計其路則八十丈石自高處滾下其勢力無異於直墮二十丈論斤兩

問 何謂斤兩

答 萬物以元質湊成元質以元粒湊成各元粒均受地心吸力舉皆向下故物在一處雖不稍動亦用其下壓之力斤兩者衆元粒壓力之總數也其數大小視物質多寡以異

問 物之斤兩在地球上在在相同否

答 否否同是一物於赤道稍輕於兩極稍重其故有二一因赤道凸起兩極塌下赤道離地心稍遠受其吸力較少故物在赤道斤兩稍減二因赤道凸出之故地球自旋時赤道之轉尤急其離心力較兩極為大大則稍抵地心吸力故物之斤兩亦減然所減無幾在赤道重一千斤之物在兩極重一千零五斤

問 倘地球自旋更急如何

答 若地球自旋加急十七倍則赤道上離心力適抵地心吸力凡在赤道之物皆無斤兩可高懸空際不自升降如空中星宿然若加急十八九倍則萬物將飄落世外不知其所之由是推之物在各行星其斤兩多寡惟視各行星之吸力形體旋轉為何如耳

問 人登高山或乘氣球減其斤兩否

答 亦減惟所減甚微不易覺察人入海底或入深礦中稍增其重經學士試驗其事果確

論擺

問 何謂擺

答 擺者懸一球於線或懸一銅鐵條可以搖蕩者皆謂之擺譬有一擺於此如四十五圖人立右側推之則盪于左旋即退回立刻又盪不止中央屢屢如此直至力盡而止若別設機關以增其力則常盪不息擺質愈重搖盪愈速若擺之長短同而蕩之遲速不同必以質料輕重不同之故

問 擺之搖蕩遵何定例

答 定例有四一曰同是一擺或若干擺長短相同者其跌宕之時彼此相等惟宕界不出四五度外者方準二曰擺長四倍九倍十六倍跌宕之時祇增二倍三倍四倍故擺之長以方數增而宕之時惟以原數增也原數者一二三四等是方數者原數自乘之總數如二乘二得四三乘三得九四乘四得十六等是三曰宕之時不隨擺料以異無論鉛銅象牙樹木等料只須長

圖五十四

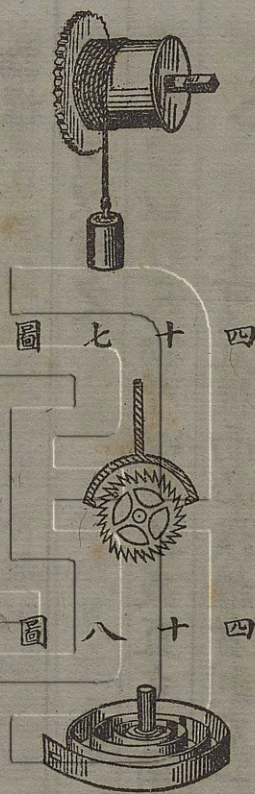


短相同即宕之時刻無不同四曰擺以方數增
 重宕時以原數遞減蓋擺愈重宕愈速也重增
 四倍九倍十六倍速加二倍三倍四倍餘做此
 同是一擺在赤道稍輕故跌盪稍緩擺在兩極稍重故跌盪稍
 急法京巴黎城擺約長一邁當者一秒鐘作一盪一邁當合宮
 尺二尺七寸七分

問 擺之大用何在

答 擺之大用在記時表學士伽利雷年方十八偶在某教堂見一
 燈懸空搖宕不疾不徐先後有節忽自忖曰依此製一表可以
 計時刻乃創時辰表未美備厥後有名余承者於一千六百五
 十六年創一表即今之掛鐘獻於荷蘭王是為鐘表之始按鐘

圖六十四



表大旨以盤鈎擺三者為要茲畧言之盤鑲於橫軸盤之四周
 有齒橫軸上繞以索索下懸一錘如四十六圖盤上有雙鈎適
 在齒側如四十七
 圖鈎後有擺擺向
 左一宕則左鈎起
 盤即稍轉一齒升

上然左鈎方起右鈎落下抵住轉下之齒不能復落至是擺自
 左返右乃右鈎起而左鈎抵一齒阻其上升無何擺又宕右邊
 又落一齒如是跌宕不息即盤齒次第落下盤之所以轉以錘
 拉之故按擺力本不能常蕩因盤齒觸鈎稍增其力故常蕩不
 止且有節此掛鐘之大畧也因掛鐘不便攜取故零用鋼片為

法條代錘之拉力如四十八圖欲擺蕩緩或速須將錘移下或
升上少許今西人用此法作八音匣留聲機等俱極精妙

問 同是一鐘往各國皆準否

答 否準於歐州者不準於赤道因赤道上各物稍輕故擺與錘亦
稍輕鐘表因之不準

論權

問 重力何以權之

答 重力權以秤凡物可以懸挂或直立者用天平與攔秤權之其

九十四圖



不可直權而必橫權者則有一秤如四十九圖即鋼
條一從中彎曲兩頭各鑿一穴此穴釘一銅片穿於
彼穴中可以進退彼穴亦釘一銅片穿於此穴中亦可以進退銅片

上鐫有碼數因鋼性堅硬非大力不能展合譬如權一馬之力
以秤鈎拉馬以數人拉圈視鋼條近何碼便知馬力幾何若不
拉而互推之亦知力之大小此秤亦可懸挂當尋常天平之用

問 何謂物之塊積

答 塊積者物之元粒湊為一物成其大小之形也

問 物之重力塊積速率三者有無相關之理

答 重力者速率之由來速率者重力之實效凡二力大小不同並
施於一物其速率適合二力之總數施於塊積不同之數物則
塊率愈大速率愈小譬如一秒鐘為限以速率之數乘塊積之
數適得重力之實數

問 物之斤兩與塊積可混而為一否

西學圖說 卷二
答 塊積乃物質之聚斤兩乃物質之重塊積不易而斤兩可隨地以變譬如同一石權於赤道則輕權於兩極則重二者烏可混之

問 何謂動數

答 動數即力數惟機器之力稱之為動數譬如某機一秒鐘出若干力謂之一動遂計動數不計丈數亦簡便之法云

問 何謂合力

答 數力同施於一物而非相反者其物前行必向一處不啻以一力驅之其因力以數力合成故名合力

問 數力相並如雁行其合力如何

答 並行之力不論多寡總可以作二力其總數即二力併合之數且仍復並行而所向之處在二力之中間若二力大小不同則偏於大力之一邊

問 若數力不並行而同拉一物或同推一物其總力向何方

答 數力不並行者亦可以作二力以此二力為旁線畫一長方形總力在長方形對角中線

問 何謂物之重心

答 物以元粒湊成衆元粒均被地心吸引故粒粒皆重其重力匯集之處即為重心如有一力適抵其心物即穩定否則不能穩

問 重心與穩定有何相關之勢

答 欲一物穩定須垂線經重心而著其底面所為底面者不必全平惟須數處著地否則不能穩譬如車馬在欹路欲其不倒必

須垂線經車之重心不出兩輪之外

論機器

問 何謂機器

答 凡傳力之具皆稱機器

問 何謂撬棍

答 撬棍乃尋常木鐵棍用以撬重物者分三點一曰力點即施力處二曰倚點即倚靠處三曰重點即受重處其式不一有倚點在力點重點之中者如五十圖倚點去力點遠而去重點近則力為之倍遠增三倍四倍力亦增三倍四倍得其法雖小力可以舉千鈞之重有力點在倚點重點之中者如五十一圖中國之秤類此有倚點力點均在兩端而重點在中者如五十二圖

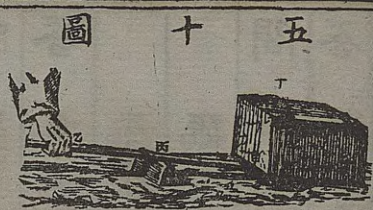


圖 一 十 五

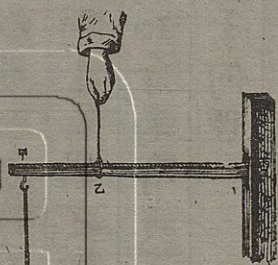


圖 二 十 五



運泥之車類此
或謂撬棍之法
為西人西尼爾
所創考其時在
一千二百四十
年

問 藝學訣云得於力者失於速何義

答 按第一式撬棍力點一臂長若干倍其力亦增若干倍所謂得

於力也然長則提壓需時較未增前為緩且重點一臂短而開
少撬起重物不能迅疾所謂失於速也

問 撬棍之理有何實用

答 家常什具如剪刀火鉗扁擔等多不勝計皆出橈棍之理最著者為秤與天平所量物之輕重

問 欲知天平準否用何法為最便

答 以欲稱之物置於一盤以銅碼置於他盤俟其平而互易其位視其仍平與否平則準不平則否鑿鑿可觀

問 疑天平不準有他法以驗之否

答 又有一法以欲衡之物置於一盤他盤中置不拘何物俟其平而止既平則去所稱之物以銅碼置此盤中亦令其平卒視銅碼有幾便知斤兩有幾不差累黍

問 中國秤出于何理

答 力點愈離倚點其力愈大中國秤錘即力點秤紐即倚點懸鈎之物即重點故秤錘愈遠其力愈增秤之理惟此而已

問 何謂溜頭

答 溜頭者以兩圓板夾一圓片狀如麵餅片中有一穴穴中貫以針針之兩頭釘於二板上以一索加圓片上索之兩端繫以重物抽縱甚靈此亦橈棍之一法其用在減去重力易于升降西人懸洋燈及門簾等物皆用溜頭

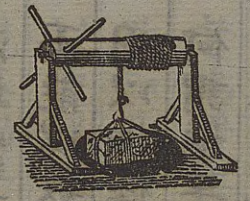
問 溜頭必單用否

答 否能以數溜頭或數十溜頭橫排為一架或上下直排為一架用以抽極重之物遠勝一溜頭之力

問 何謂盤車

答 係粗圓棍一兩頭擱於二柱柱梢有穴以棍之兩端貫于其中

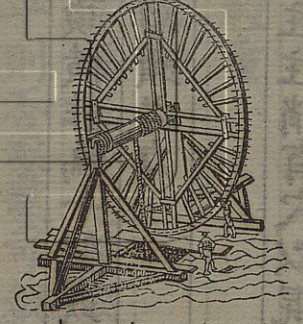
圖三十五



圖四十五



圖五十五

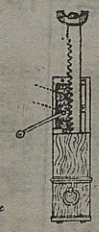


又在一段穿木條
 四頗長而別一端
 則繞以索如五十
 三圖以重物繫于
 索上人執四木條
 盤之重物漸起匠人築屋用此法以拉舉梁木其重點在索倚
 點在柱力點在四木條

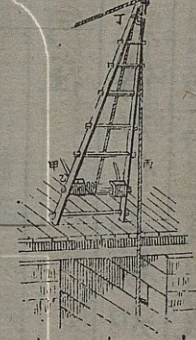
問 盤車有別式否

答 有圓棍直立者用以平拖重物如五十四圖其理易明無須贅
 述又有橫軸梢處加一大盤而盤上有齒者如五十五圖以此
 具接於機器用火力或馬力盤之為力甚大轉運甚速今各國

圖六十五



圖七十五



機廠皆用之

問 何謂擡車

答 擡車者所以抬舉重物
 置之高處者如五十六

圖法以銅鐵為柱鑿有齒其側有大盤盤上亦有齒與柱齒犬
 牙相接大盤下又有一小盤其齒與大盤之齒相接人轉小盤
 則大盤轉而柱亦升重物在柱上因之而升雖萬斤之石可置
 於岑樓

問 何為吊車

答 吊車如五十七圖甲乙處為盤軸丙字處為大索丁字處為溜
 頭重物繫於索上力轉盤軸則重物自升其架高下不等隨人

所欲

問 弔車有別式否

答 尚有一式其頂有盤機可以旋轉物既升一旋其盤物即落於當至之所

問 船中起貨卸貨用斜板曷故

答 重物在上而欲下之或在下而欲升之均需大力偶不介意最易肇禍若將重物靠於斜板然後拉之升降其重既去其半亦機學之一端也

問 器機之功用何在

答 器機之功用在於傳力作工欲知其力之大小不特計其斤兩又當計其提舉重物高起幾何或橫移幾何譬如以百斤之力提舉一石一秒鐘提高一尺與一秒鐘提高五尺其力不同

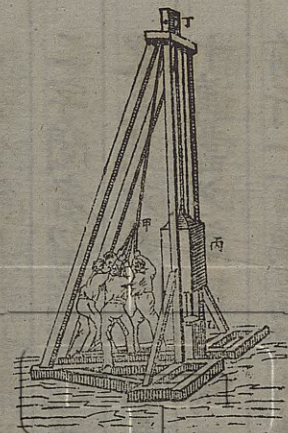
問 機架之力如何計數

答 力能舉一基勞之重高至一邁當西人稱為基勞格蘭邁當按一基勞合中國一斤十兩四錢六分餘一邁當合官尺二尺七寸九分餘基勞格蘭邁當凡六音不便記誦故此後稱以基邁二字閱者留意可也譬有一力於此舉八基勞之重至三邁當之高其力為二十四基邁又使有物於此重七十基勞舉起二十邁當之高其力為一千四百基邁又如一馬拽重八十基勞前行一百邁當其力為八千基邁餘倣此

問 何謂馬力

答 凡汽機之力一秒鐘舉七十五基勞之重高至一邁當名為一

圖八十五



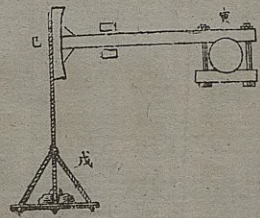
基邁之力一日間活馬能勞八下鐘汽
機則日夜作工抵活馬五頭輪次作工
日夜不息一人亦能出一馬力惟數秒
鐘而止不能長久西國有打樁機架專
用人力如五十八圖甲字處為力點丁

字處有溜頭為倚點丙字處有大鐵錘為重點乙字處乃樁木
將繫之入土者

汽機之力何如衡量

問 西人伯勞尼創製一具如五十九圖以銅鐵等料製成方圈在

圖九十五



寅字處可隨意收放放之則大收之則小己字處為
橫檔如秤杆然須長乃有大力戊字處為銅盤用以
承銅碼如秤盤然汽機之力傳於機軸機軸轉而全
機皆運將方圈套於機軸緊緊束之勢必致橫檔上
升乃加銅碼於盤中使橫檔平是銅碼之重阻機軸
舉橫檔之力舉橫檔之力即汽機之力于是知汽機之力有幾

問 何謂回力

答 回力者某物用力於他物而他物返拒之力也譬如拳擊几案
擊愈重拳愈痛何為痛因几面有回力也又如肩負大索拽於
地上而行必覺其重重即索之回力也索若忽爾中截拽之未
自防身必向前跌蹶因返拖之力忽止也

問 人能造動不息之機否

答 所謂常動不息者其始施力於機機乃動其後不復加力而機仍常動也古者曾有人殫精竭慮欲造此機然此事萬不能成因物各有回力漸滅外來之力至不復動譬如鐘擺一物推之則盪盪久則稍稍自止因盪時推開空氣而空氣之回力漸滅擺之力也

問 何謂原動

答 原動者動他物之力也無論其力為自有或受之於外皆稱原動譬如人之提壺馬之推車人與馬皆原動也鐘表之運端賴擺力擺亦原動也風車水磨汽機均有大力車與磨與機皆是原動

問 人力如何

答 最大人力在用其全身如華人踏水車以身重之故在八下鐘可用力合二十八萬法斤一法斤即一基勞若用力於搖柄如手搖軋花車之類在八下鐘則用力合十七萬二千法斤手提肩挑等工其力更少

問 活馬力如何

答 尋常一馬之力最多舉四百法斤不能久故騎馬駕車欲其遠行必須減輕大半方可西國小販家以壯馬拖車售物七日中只休息一日每日約行二十八法里每下鐘行三法里拽重僅五十法斤計其一日之力約一百四十萬法斤

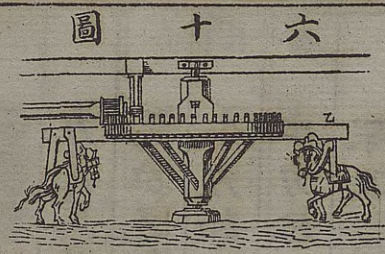


圖 十 六

西國耕田洗衣等工多用二馬推機狀如六十圖計其所用力每馬於一秒鐘合四十三法斤甲字處為正軸乙為橫檔二馬拉之全機轉動

問 牛力如何

答 牛力拉車與馬力不甚異惟牛行緩故僅得馬之半工牛拉耕架及粉磨等其工不讓於馬因不必速行也驢牲推磨僅得馬工四分之一

問 水磨何如

答 水磨之法必以山水湖水高於磨而克成用長管貫水至磨旁適墮於輪葉輪葉被壓而轉則磨亦轉又有水碓之法貫水於臼板板以水壓而下則盡瀉其水乃輕而升升則臼針下落重

擊穀米其力大小視水之多寡高下以分運機甚緩故今人鮮有用者

問 風磨何如

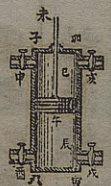
答 風磨以木板為葉支於長軸上風吹葉板而旋則軸亦轉磨亦動大旨惟此而已風少之地不啻虛設法國十日內可用二三日他國罕有設者

問 船帆之力何如

答 海船一艘必有數帆方能遠涉重洋大約運一墩之重須有一邁當方帆始克濟事然此惟言其大畧蓋風之大小不齊力即因之以異不可拘以繩墨也

論汽機

圖一十六

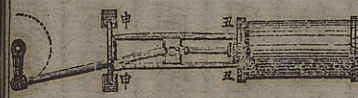


問 汽機何如

答 汽機即今火車輪船等機大旨炊水成汽汽漲

有力推運一閘閘傳力於機乃能轉動閘在鐵箱中如六十一
 圖申酉二活門通滾水鍋戊亥二活門通冷水桶將申戊二門
 旋開則鍋中汽至閘上而閘下之汽入冷水桶一入之後復凝
 為水於是閘下空而閘上之汽推閘至桶底若將申戊二門旋
 閉而開亥酉二門則鍋中汽至閘下其在閘上之汽由
 亥字一門擁入冷水桶復凝為水於是閘上空而閘下
 之汽推閘上升四活門啓閉頻仍即閘之升降不止閘
 柄在鐵箱外推機上搖柄搖柄再運機軸乃全機皆動
 計其力數輪舟之機可一萬二千馬力廠中之機少則
 一百馬力多則五百馬力有用二百馬力之四五小機合成八
 百至一千馬力因大機一壞全廠不能作工不若用小機數架
 一機壞而他機尚可運行也

圖二十六



問 汽機之法昉于何代

答 一千六百九十年學士貝本始創汽力推閘之法後於一千七
 百零五年有人用此法製機作工立著成效惟法未精美至一
 千七百六十九年有名瓦德者創鐵箱與水桶之法至今仍之

問 空氣既熱亦能運機否

答 空氣熱則漲亦有運機之力但佔地多而非儲以極大之箱不
 可且熱易致火患故罕有用者

問 煤氣亦能運機否

答 煤氣亦能運機法以煤氣空氣俱納閘箱中另設生電機於內
 機動而電火星出則煤氣空氣均被燒漲猛推閘底傳力於外
 其法價廉而便可任意啓閉今廠中所用少則五十馬力大則
 一百馬力

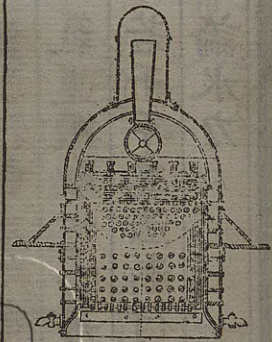
問 何謂自行車

答 自行車乃以汽機置於四輪或六輪上汽力推閘閘推輪軸車
 乃前行其大旨以閘箱橫置輪上如六十二圖即能推車今尋
 常自行車少則十五馬力多則四十馬力鮮有過之者

問 火車之制何如

答 火車與自行車相若惟規模尤大力亦過之不但自行且拽帶
 十數艙裝載貨客其行在鐵軌上一車之力大約二百馬力

圖 三 十 六



問 一鍋之水安能有如許之力

答 汽水多寡視火燒鍋面幾何鍋外被燒
 處愈廣鍋中生汽愈多計被燒之處正
 方一邁當生汽得十法斤西人賽梗製
 二百鐵管徑一寸半空其中而上下平疊使火燄貫透其間管
 中充以水與大鍋相通如是被燒之處多而生汽亦多其鍋名
 細管鍋六十三圖為中剖之狀

問 汽力運舟助於何人

答 學士貝本於一千六百九十六年著書一卷將此理反復陳明
 然未施於實事一千七百五十五年西人貝蓮始造舟用汽力
 推駛亦惟一試之未得實用一千七百八十一年有儒福雅者

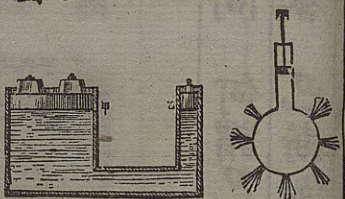
作一輪船其法亦未傳行直至一千八百零七年美國紐約埠有名富爾東者作一輪舟以載運人貨人人稱便嗣後一千八百十二年歐羅巴亦有一舟自是仿造者踵相接此輪舟之由來也

問 電氣何以能運機

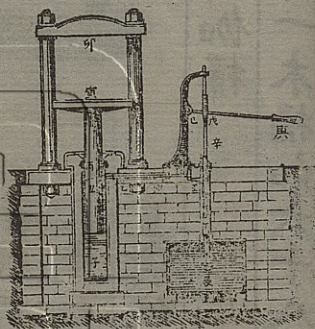
答 以絲線裹銅絲纏於軟鐵條方電浪經銅線中軟鐵條即成磁石有吸鐵之力電浪止則軟鐵條吸力亦止其力斷續有節即機器行動之所由來一千八百三十九年俄人雅各皮始以電氣運機駛一小舟載十二人雖值大逆風亦能破浪前行又閱若干年其法漸行於今為盛

論水力

圖四十六 圖五十六



圖六十六



問 流物如水其傳力如何

答 流物一處受壓傳其力於他處在在相同譬如注水於玻璃球中球之四周多鑿小穴以木塞重壓一處則眾穴皆

出水而遲速多寡相同以水傳壓力各處相同如六十四圖

問 流物傳壓力有無定例

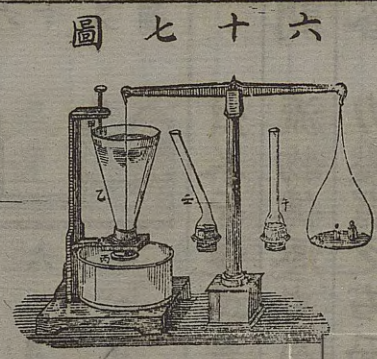
答 力壓器之右面其力必傳於左面左面愈廣受壓力愈大譬如左面廣於右面三倍左面所受之力亦三倍於右面如六十五圖二面雖廣狹迥殊而壓小桶之面大桶之水盡起也

問 何謂壓架

答 壓架如六十六圖係大小二桶皆以熟鐵製成下有小管通二桶之水寅字處為閘將欲壓之物置於卯寅之間執庚字一柄重壓之則受壓之物隨即扁小

問 流物壓器底之力何如

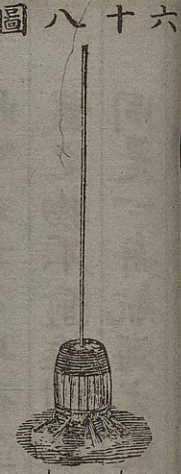
答 流物壓器底之力不以器之曲直斜正而異然視流物高下與器底受壓處廣狹何如此理為巴斯伽所得故名巴斯伽例如六十七圖午壬乙三管底相同而上段曲直廣狹不同壓力絕無分別



圖七十六

問 何謂巴斯伽桶

答 巴斯伽作一木桶如六十八圖徑一尺半封其面而上接一細



圖八十六

管長約三丈徑不過寸許將桶中管中注滿清水只計管中之水實無大力然因水之壓力不視器之式樣惟視水之高下與器底之大小故此桶高三丈不啻上下徑皆一尺半於是壓力多至數萬斤桶忽自裂板木遠揚

問 實物如木石之類入流物中減去其斤兩否

答 學士亞基梅特探得一例謂實物入流物中減去其斤兩適合其推開流物之斤兩譬如上下四周皆一尺之石投入河中其

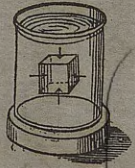
減去石之斤兩適合清水立方一

尺之斤兩

圖九十六



圖十七



問 若實物輕於流物其入流物中浮

沉若何

答 入流物中必浮因流物底下有抬舉之力俟浮起至面推開流物之斤兩適合本身之斤兩則穩定不搖惟其重心當在流物面之下如六十九圖

問 若流物與實物斤兩適同實物在流物中如何

答 流物實物斤兩相同則實物入流物中置於何處即止於何處不浮亦不沉如七十圖

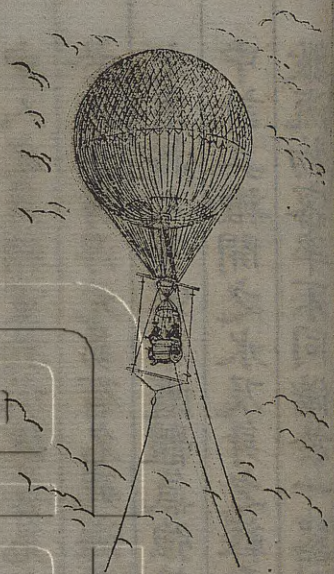
問 亞基梅特之例有何功用

答 此例最大之功在造作舟楫載運人貨達之五洲凡船身與所載之物不逾推開之水之重則船必不沉因海水厚於河水故同是一舟航海尤能載重他如救生架撈物桶等均出于此例

問 西人作氣球遵何性理

答 按亞基梅特之例空氣熱十度時重於輕氣十四倍若球充輕氣而球與輕氣併計之不及其推開空氣之重則球

七十一圖



必上升如七十圖惟近地之氣密於高處之氣故球升至極高處將停止不升至是而欲其再升須炙熱輕氣使球形尤漲乃又升若欲其降下則放出輕氣幾許球形縮小乃重於空氣而漸下西國孩童以洋皂水調成小泡置之空中亦能飛舉如七十二圖其理與氣球之升相若

問 何謂形物密率

答 西人以清水蒸為汽水俟其復凝為水而寒至第四度用為校

圖二十七



量之準的不拘何物外形大小與此水同而重則過之則曰密率逾於水若輕於此水則曰密率少於水故密率者各物較蒸水之份兩也

問 人身密率何如

答 中人之身稍重於水故善鳧水者稍事撥動身即浮起海水厚

於河水身浮尤易有名死海者更厚人墮其中不能下無滅頂之危按人身密率隨體氣強弱以變欲知其實數可置身浴桶中計其推開之水及身之輕重便知其密率

問 數流物密率不同儲於一器則何如

答 重者下輕者浮上下數層不相混雜

問 如一器有數口流物入其中其面在各口平

否

答 各口皆平如七十三圖不然不能穩若一口

圖三十七



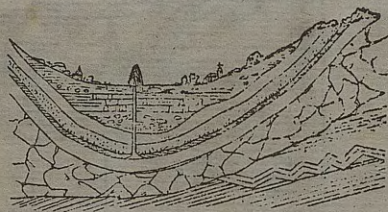
高一口低則流物躍出低口之上今西國有湧泉井如七十四

圖水躍井上高可十二丈原其故因是井發源於高山水入井中欲與原處同高故即升舉惟為空氣所壓兼以地心吸引之故不能與原處適平

問 何謂水平

答 二器承水以橫管通之水面必平自此器水

圖四十七



圖五十七



面望彼器水面又望遠處一竿目力在一線最為平直如七十五圖用此法可以知地形高下作木水工程往往需此

問 何謂浮表

答

浮表者辨流物密率之表法以玻璃為管下稍粗底下儲水銀少許上段則細鑄有碼數如七十六

圖六十七



牛乳酒醋等物曾否攪水奸商無由舞弊

圖按亞基梅特之例流物愈稀浮表入其中愈沉觀碼數多寡即知密率幾何用此法可以知

西學關鍵卷三

聲學

問 何謂聲

答 凡響器抖動由空氣水漿木石等物傳其動於耳中謂之聲故聲者耳覺外物之動也

問 響器抖動何法試驗

答 風箏作響絲絃必抖吹笛發聲竹翳必動佈細粉於玻璃擊之使響粉粒必易地皆明驗也

問 空氣傳聲遲速何如

答 百度寒暑表十六度風雨表七十六分時空氣傳聲一秒鐘得三百四十邁當一邁當約合二尺八寸有以三尺計者誤

問 聲之傳佈有無定理

答 無阻則聲之傳佈上下四周皆均勻故遠近無殊即聲之大小亦一其減少則依遠近之立方數譬如遠二倍三倍聲減四倍九倍以後常依此例

問 天氣變更聲之速率亦變否

答 空氣愈密傳聲愈速風順則傳聲速風逆則傳聲遲氣候寒熱不同聲之遲速亦異

問 風順則聲遠風逆則聲近曷故

答 聲之四散作圓形如波浪然風乃氣之行動牽制聲浪使之進退伸縮故風行有順逆之變即聲之遠近迥殊此理驗於鐘聲角聲為最顯

問 吹號筒於高山上何以發聲較小

答 高山上空氣甚稀故傳聲不易又因四周無他物聲不迴折故小耳

問 何以知氣稀則傳聲不易

答 試以響鐘一置之抽氣機玻璃罩下初聞得得之聲傳出罩外迨將罩中氣抽去則鐘雖動而不聞其聲使又納氣罩中其聲依然朗澈

問 遠處鐘聲何以冬時較明夏時則混

答 冬時之氣寒而密其聲傳易故自遠聽之覺明夏時反是故混問 相近兩極之地人高呼聲達三里許曷故

答 一因氣寒而密二因地形平坦聲浪無阻即有阻亦無幾三因

在在疑冰大地光滑故傳聲較遠云

問 何以夜間聞聲較日間為清

答 一因夜間寒於日間空氣尤密二因夜間萬類皆靜而氣亦靜故傳聲清晰

問 西人有聾筒狀如牛角他人於筒口微聲發言聾者聞語於尖處其理安在

答 聲入筒中聚而不散至近尖處鼓氣更密直貫聾人之耳故聞

圖七十七



問 西人有發號筒狀如七十七圖其用安在

答 發號筒以白鐵為之中空而兩端有大口狀如杯

人於一口發言聲出甚遠軍中發號施令往往用之其聲所以傳遠一以氣入筒中鼓盪有力故發聲洪二以筒管圍氣聲浪直出不致四散故發聲遠西國搢紳家按此理作條長細管自內室盤繞牆壁直至頭門主人不移趾而出令於閤人無異面語

問 聲之大小不同其傳行之速同否

答 大聲低聲粗聲銳聲同在一處其傳行之速似無區別譬諸音樂自遠聽之覺鐘鼓琴瑟磬笛簫管皆同奏而不稍混以其同時入我耳也

問 聞炮聲可計炮在何處否

答 聲以一秒鐘行三百四十邁當光則瞬息千里莫計其時刻故自炮火發光計至聞聲時得若干秒便知炮之所在遠若千里遵此理亦可計雷發之地格致家謂聲以十秒鐘只行三千四

百邁當光於十秒鐘可八十次繞三萬六千法里之圓球

問 計鎗炮遠近可常用此法否

答 惟燃空炮可用此法不誤或炮彈之行不及傳聲之速者亦可用此法否則計算不準一千八百八十八年武員蘇而訥察悉新炮之彈有一秒鐘行六百邁當者飛運奇速空氣為其搖撼遂致作聲噓噓不聞彈聲故不可以計里追彈行緩一秒鐘只行三百四十邁當則其聲已息

問 聲在空氣中上升與下降遲速相等否

答 有人至亞爾伯山高至二千七十九邁當數四試驗百度寒暑表在初度察得聲之下降上升皆以一秒鐘行三百三十二邁當零三十七分

問 人全身入水猶能聞岸上之聲曷故

答 水亦傳聲無異空氣且速於空氣譬有二人於此一立岸上一在水下離發聲處遠近相若其在水者必先聞聲是為明證

問 一人在河床以二小石彼此相擊在岸之人亦聞其聲曷故

答 石聲始傳於水繼傳於空氣無異自空氣傳入水中故在岸之人亦聞水下之聲

問 堅實物之傳聲速於浮動二物否

答 水傳聲速於氣傳聲約四倍半堅物傳聲速於空氣傳聲約十倍半有人試於日叻物河一秒鐘聲行一千四百三十五邁當有人試於銅鐵線則一秒鐘行三千四百八十五邁當又有人試於生鐵則一秒鐘行三千五百三十八邁當

問 何以屬耳於地聞遠來之聲迨起立則無所聞也

答 遠處之聲必出於物之抖動其動傳於地上為易傳於氣中為難故屬耳於地則聞其聲起立則不聞其聲矣

問 以一耳屬地一耳在上一聲而二聞之曷故

答 地與氣皆傳聲然遲速不同故屬地之耳先聞在上之耳後聞於是一聲而二聞之矣

問 何以聲着羊毛棉花木稍等物必殺而不明

答 物必平滑而傳聲速羊毛木屑等物皆不平滑故聲為之滯其事可驗以酒瓶瓶中盛清水或容空氣擊之頗響盛氣酒則擊之有閣閣聲幾似木筒

問 鐘表納入口中或附貼頰額上雖密掩兩耳仍聞其聲曷故

答 頭骨與齒均能傳聲故耳雖閉而聲亦能聞

問 能使胎聾者亦聞乎

答 如耳之內體未壞可於齒間傳聲使胎聾者聞聽

問 何以鐘表置几上其聲大懸之空中則其聲小

答 鐘表作響其動傳於几上凡與之皆動故發聲大鐘表在空中空氣不善傳聲故其聲小

問 何謂應聲

答 應聲非他不拘何聲發於外遇遠處一物折而返回不與原聲相混即為應聲

問 應聲之速與原聲同否

答 苟中間之物不易應聲與原聲同速

問 欲有應聲其折聲之物當遠幾何

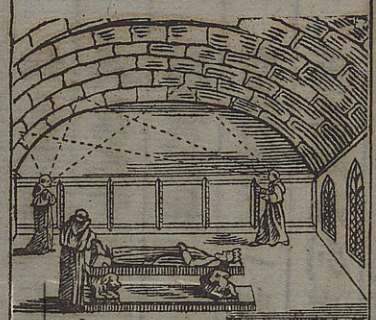
答 咳聲最短且速一秒鐘可發十聲故一聲出而折聲之物在十
八邁當外已可折回遂成應聲若有音韻之聲其聲長一秒鐘
只發四聲折聲之物須在四十邁當之外方折一聲以後每遠
四十邁當可增一聲法國南雪地方某處回聲應西詩一句人
多試玩之若折聲與發聲處不滿十八邁當或不滿四十邁當
則回聲與原聲相混無應聲惟原聲稍長而已

問 何謂重疊應聲

答 重疊應聲者一聲而數應者也譬如一人呼曰天應聲曰天天
天原應聲重疊之故以折聲之物不一而足故一聲出而數折
之泰西林叻江畔哥勃冷地方發一聲應十七聲可為詫異凡

環石橋其柱相去頗遠者往往有重疊應聲

圖 八 十 七



問 何如之物最易折聲

答 大廈牌坊教堂高廳樹林雲均易折聲西
人登氣球每聞雲中及地上應聲陰天放
炮發聲尤洪雲應之也雷聲隆隆每以雲
應之故人在虛室咳吐之聲逾格清澈四
壁應之也人入大教堂每以應聲叢雜難聞宣講之言七十八

圖為教堂頂折聲之像

問 何以應聲夜間則清夜間則混

答 日間太陽照空氣氣之升降無常聲浪為其阻擾夜間不然又
夜間寒而氣密傳聲較易日間之氣稀不善傳聲故日夜應聲

有混淆之別英國吳斯多克地方日間一聲回十七聲夜間一聲回二十聲可以此為明驗

問 有應聲聞於一處而不聞於他處曷故

答 折聲之物位置適宜則原聲徑往一處不傳於他處如入管然一處聞之而他處皆不得聞法國某教堂規模洪敞旁有二室相去頗遙人自此室發言聲過大堂直入彼室聽之若近咫尺其在大堂之人絕無所聞亦異景也

問 辨聲何如

答 當辨者三一辨其高下二辨其脆澀三辨其洪微高者尖下者重其所以別出於響具抖動之多寡抖愈多聲愈尖抖愈寡聲愈重一秒鐘不滿十六抖人無所聞一秒鐘過四萬八千抖人亦無所聞聲之洪微由於響具抖動之界廣狹何如若夫脆澀之別則無係於聲之高下洪微而別具清濁之致或根於喉或出於樂器之式度

問 音樂之聲何如

答 聲音高下不齊共分七級西人以七字名之曰陶雷米法梢拉西猶中國工尺之類無論何樂皆以此七音為律其講樂之精遠勝於華樂有專書可考

問 七音高下不齊究緣何故

答 響具喉管抖動多寡不同聲即因之以異

問 何以琴絃不緊聲即低下

答 琴絃愈粗愈長愈緊則發聲愈重細而短而緊則發聲尖銳無

論何種樂器用絃者必遵此理

問 何以同是一琴室中人衆則其聲高於空室中

答 人衆則噓氣多空氣熱而濕琴絃漲而縮聲乃高起

問 同是一絃何以加緊則發音尖

答 加緊則絃之抖動更速聲乃尖

問 緊與抖有無相關之理

答 欲抖動增二倍三倍四倍須增抽緊之力四倍九倍十六倍餘

做此

問 西國琴有數絃或數十絃者其絃長短不齊何故

答 長絃發重聲短絃發銳聲絃必長短不均始一琴而有若干聲

奏之抑揚合度

問 弦之長短與其抖動之數有無定理

答 弦短一半抖動之數增一倍弦減三之二抖動之數三倍於前

問 數器同奏何以有時發聲悅耳有時則否

答 各器抖動遲速不同以七音為節度凡數器之聲合度則悅耳

不合度則聒耳所謂和與不和也

問 教堂上大鐘以何料鑄成

答 以銅錫互合而成銅居四分錫居一分若係全銅反不及和錫

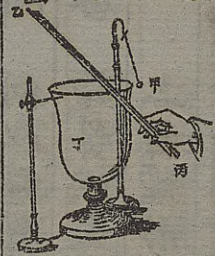
者發聲洪脆又有稍加銀質或稍加白鉛者

問 何以鐘聲洪大

答 鐘聲洪大出於二一因銅錫合鑄其性能發聲逾於未合之銅

二因鐘形中空而張口為發聲利器每以鐵錘撞其間鐘之兩

圖九十七



旁被擊處頓即伸漲鐘乃稍扁然銅錫有還原之力
漲者仍縮且過之於是未擊之兩旁亦漲而被擊處
反扁下既而屢撞屢漲恒有此景空氣為其搖撼遂
發洪聲其事可驗於玻璃鐘如七十九圖丁字處為玻璃鐘支
之向上以乙丙細條擊之以抖動之故甲字小球立即躍起其
聲亦堂堂遠聞

問 鐘於擊時以手加之聲即不清脆曷故

答 手指阻鐘之抖動故聲為之殺

問 琴瑟何以能作聲

答 琴瑟彈以手或拉以弓其弦必動初偏於右後偏於左其元粒
伸縮不息急為抖動迨傳其動於空氣而入我耳中則聞聲矣

圖十八

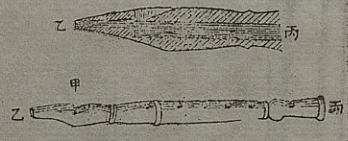


如八十圖橫板兩頭各釘一枕以絲絃一繫於二枕
而抽緊之然後彈以弓便見絲絃抖動作聲丁丁頗
堪悅耳

問 馬車行窗下玻璃窗為發響其故安在

答 空氣與牆皆為車所撼傳其動於玻璃則響矣

圖一十八



問 笙管簫笛之聲何自而來

答 笙管簫笛之聲不出於器之抖動而出於器中之
氣苟器之形像不易雖質料迴殊或為銅或為石
或為竹木其發聲高下大小皆不變易惟聲之脆
澀稍異耳所謂氣者乃全管之空氣緣其衝撞器
中因而發聲八十一圖為笛像乙字處為口甲字處為唇丙字

處為尾空氣入口至唇而折入管中是即聲之所由來

問 按手於鈴或按手琴弦其聲立止何以手壓笛孔仍有聲出

答 鈴與琴皆賴抖動以發聲簫管等器不然全賴器中之氣故壓

其孔聲猶發生

問 空氣入管便能發聲其理安在

答 此理觀八十二圖而易明寅字處為管口

甲乙處為上下唇中間有一小隙空氣入口過小隙撞於上唇

與管中氣相搏乃管中氣稍縮縮後又伸與踵入之氣相搏

則又縮而又伸如是每一相搏氣為鼓動此管之所以有聲也

問 嘗見西樂中有銅管一種頸長而盤曲其下口頗大樂工吹時

按手於口曷故

答 按手於口使空氣出入有所阻而發聲較重凡樂工欲得重聲

則按手管口否則不按手

問 西人所用火坑往往有哄哄之聲曷故

答 火在坑中氣升甚急於是坑前之氣擁擠入坑如吹簫者吹氣

入管外氣與內氣相搏故有聲然重且混人不樂聞也

問 風入門窗之隙發聲尖銳此何以故

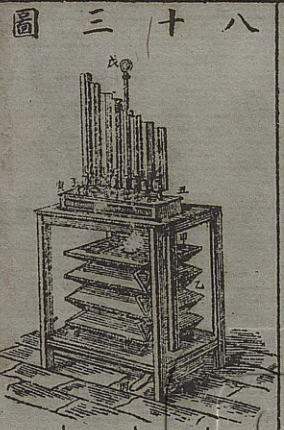
答 風即氣也門窗之隙猶樂管之口氣入而響理固然也

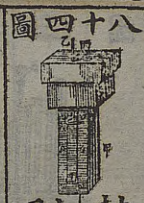
問 風琴之管何以能作聲

答 風琴如八十三圖上為聲管下為風箱

各管下端有一小舌如八十四圖舌以

銅皮為之輕薄特甚故易於啟閉風箱





鼓氣入管將舌撞閉然以力能還復故不一瞬而自開開則續至之氣又撞而閉之閉則又復自開遂致管中氣鼓盪甚急隨即發聲音愈長聲愈重短則反是一琴之管長短不齊斯聲之大小不一

問 人何以能發聲

答 人於舌根下食管前有名聲管者為發聲之具內有嫩骨與筋帶頗似尋常響管故能作聲聲之大小視聲管之粗細聲之高底視筋帶之長短男女老少聲音不同正為此故

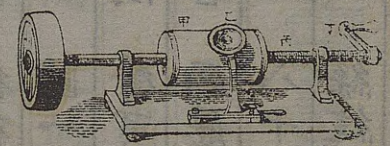
問 聲可遠傳否

答 作語於長管中傳聲必遠有人試於巴黎陰溝中遠至九百五十一邁當猶能辨言語人屬耳於地可聞六十里之外炮聲木長數丈輕敲其一端他端之人聞之嘗有西人奏樂地坑中門窗緊閉聲無由出只以一木上觸平頂下觸樂器有人在二層樓上仍聞樂聲使二人相去數丈口中各含長鐵絲之一端雖低聲作語亦可相聞往者西人以鐵絲傳語即是此法尋常絲麻線兩頭緊抽之亦能傳語遠可五十邁當美國人以鐵絲製德律風不用電氣只用鐵絲亦可傳語於八百邁當之外合中國一里餘其法最為省費

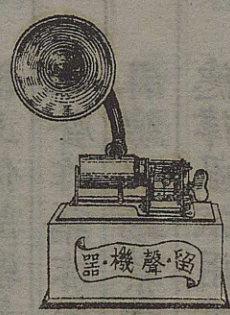
問 聲可久留乎

答 西歷一千八百七十七年美國名人噉地松始得留聲器法如八十五圖甲字處為短軸裹以薄錫皮丙字處為長軸上有螺絲紋貫於短軸中丁字處為柄乙字處為收聲口口下有機聲

圖五十八



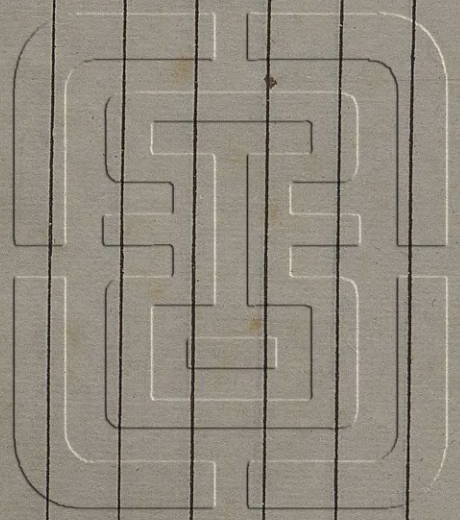
圖六十八

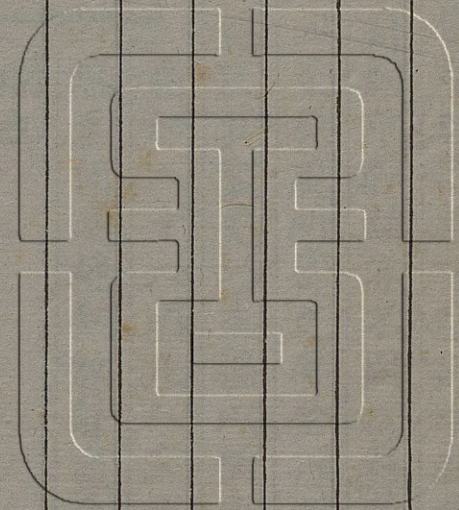
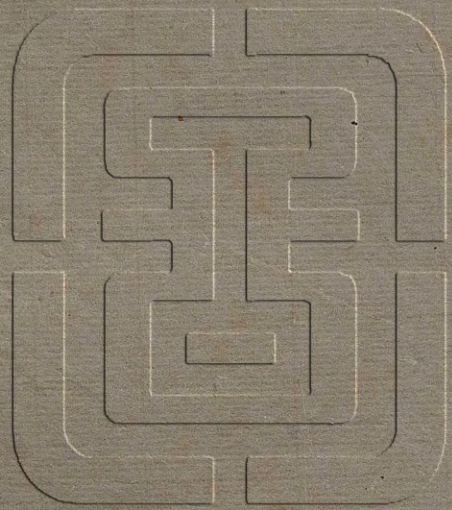


著口中平片則平片動象皮圈象皮圈動小針小針刺甲
 軸錫皮寄聲時手搖丁柄則甲軸旋轉自左而右聲之高
 低不同針刺甲軸跡亦不同故聲時退搖丁柄則甲軸自
 右而左回至原處所寄之聲全行回出其法精益求精今
 以蠟代錫皮其製更巧或搖以柄或運以電氣或轉以輪
 齒如八十六圖凡人言語歌詠寄聲機中無論
 攜至何處搖柄放聲盡合本人口吻真妙想天
 開也

問 聾者不能聞言有法使之聞否

答 備一樹條細而滑者長約一尺五寸言者聽者各啣一端於齒
 間則聲雖微聾者亦能聞悉惟聾甚而不能自聞其聲者無法
 自使之聞矣





西學圖說

卷三

三

