

格物入門 火學

三

福岡第一師範學校
(學校圖書)

卷第	號
門	
部	
項	
次	
全之冊	內第 2 冊
分類號	25637 號
分書	K22.0

校學館師範縣京福

書物理

六

二

二 冊 / 內

T 1A1

42

Ma 53



a 1 3 8 0 3 2 5 6 0 3 a

福岡教育大学蔵書

第三卷火學

上章論熱氣

熱氣不可無

溯其來源

熱顯爲火無熱則冷

熱令物漲

防冷熱鐘擺

寒暑表式

以水銀造之

髮倫表

以酒精造之

以天氣造之

百度表

自記表

熱表

物因冷而漲者有之

熱氣發散

熱氣引散

不引熱則暖

引熱不分上下

熱氣外射

熱氣返照

物受熱易失熱亦易

色熱相涉

以熱化形其法有二

變化萬物其熱不一

無熱化形熱自增減

物化而熱自減

物化而熱自增

各物喫熱其量不同

冰令水滾

冬夏冷熱之故

五帶冷熱之故

各地冷熱之故

結冰之高

凝露之故

地中之火

地中之熱

力熱互生

力原於日

熱有二說

下章論光

明源分類

光行極速

星光射地仍需時久

光之濃淡隨其遠近

三法試之

辨影之深淺

分光之明暗

以減影度之

光之返照測度方向

水影倒置

論照鏡

平鑑返照

數鑑交照

傳影簡

凹鑑返照

凸鑑返照

光之被折測度方向

論透鏡

凸鏡透光

火鏡焚物

凹鏡透光

論眼目

目辨大小

畫分遠近

暗中視物

水鏡測海

論顯微鏡

論射影燈

論遠鏡

返照遠鏡

折光遠鏡

三光形狀

論照畫

其法漸精

照畫傳真

照畫印字

光分各色

中西同義

白光分爲七色

七色復爲白光

論虹蜺

雨點分光

二虹並見

虹有定方

空中成影

隔瓶倒影

海市蜃樓

陸地假水

光有二說

如水有源

光由微氣

似水揚波

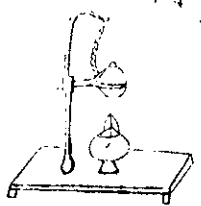
光之無質實有證驗

透光寶石反致阻光

二光相合反致成暗 光音相似
論冷光 令光實有微熱

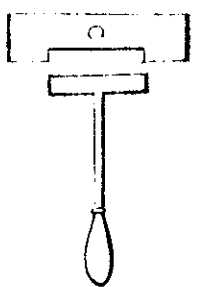
光照直斜冷暖有別

一 驗物遇熱則張圖



鏡球冷過鏡圈熱則張而不過

二



鏡塊冷則入缺熱則漲而不入

三

自均鐘擺四季無差



以鍊鉛配之

四

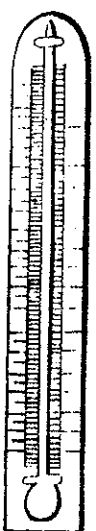
自均鐘擺



以水銀節之

五

寒暑表



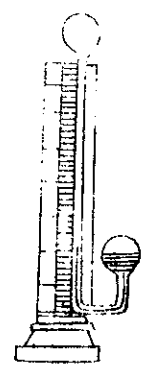
以水銀為之

六 寒暑表

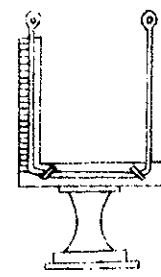


以天氣為之

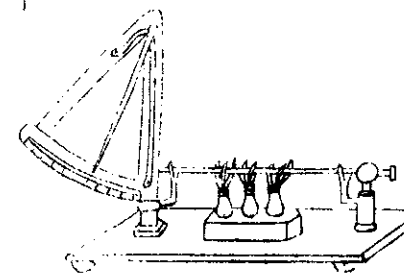
七 雙頭寒暑表



八 同上

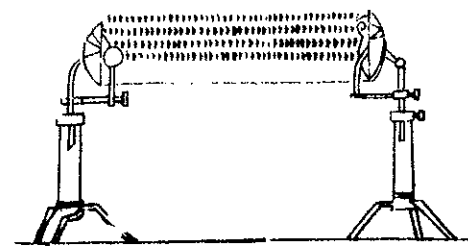


九 熱表
以鍊條
為之



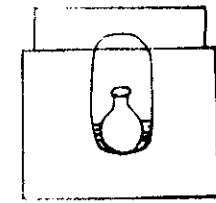
十

凹鏡
聚熱
生火

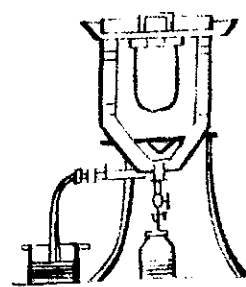


十一

測熱
量之
法

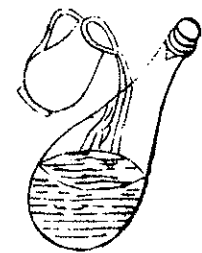


十二
同上



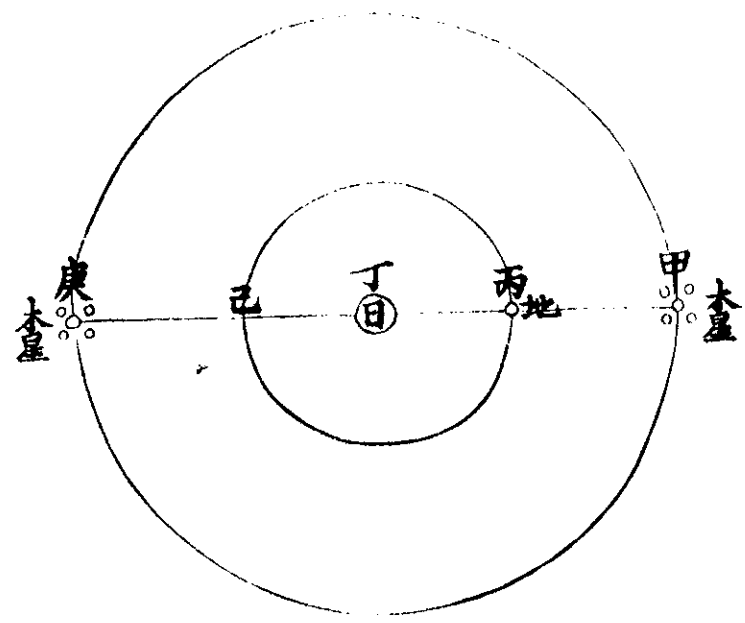
十三

冰使
水沸



一

先行疾徐圖



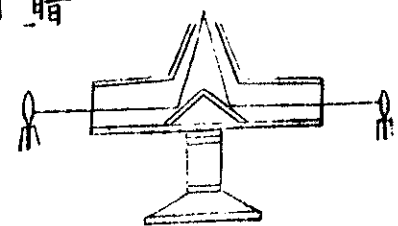
二

光按遠近
分大小圖



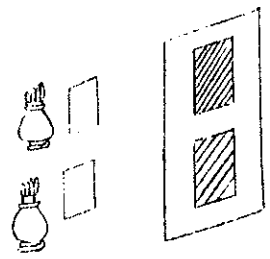
四

以明暗
辨光圖



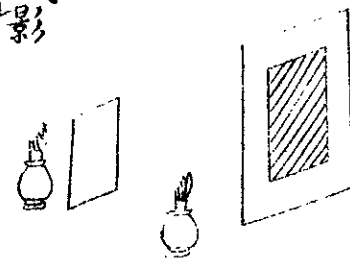
三

以影之淺深
分光之濃淡

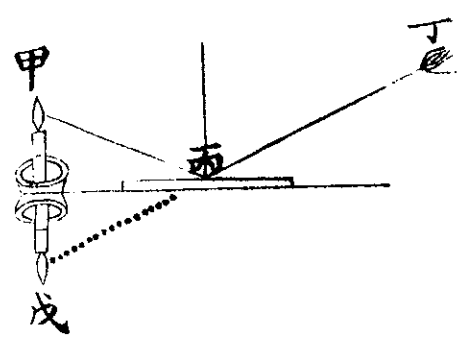


五

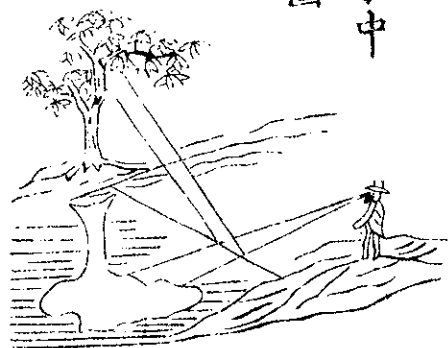
以減影
辨光圖



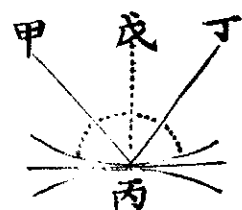
六 返照方
向圖



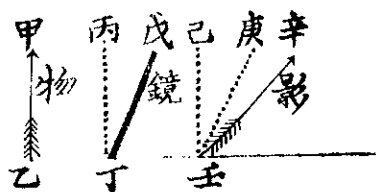
七 樹影水中
倒置圖



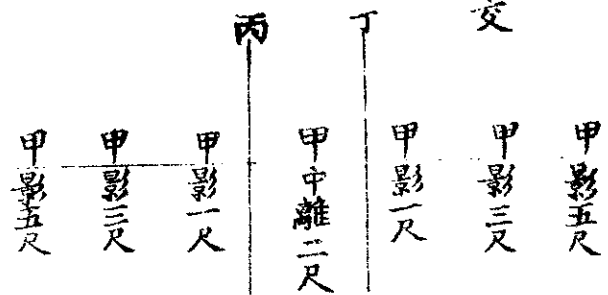
八 直射返照二
角均勻圖



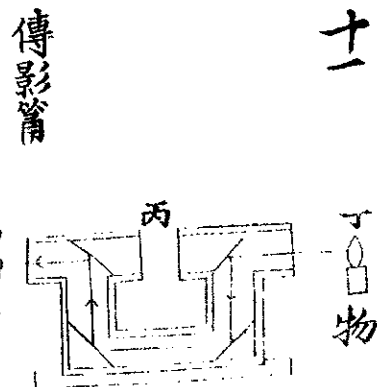
九 側鏡照物
影側加倍
圖



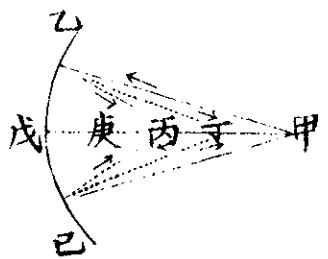
十 平鏡交
照圖



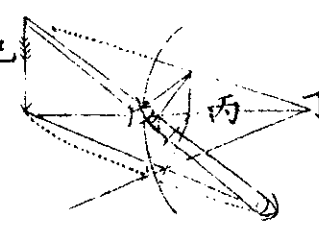
十一



十二 凹鑑返
照圖

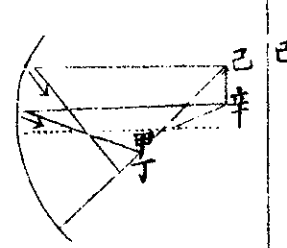


十三 凹鑑成
影圖



十四

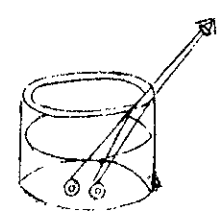
奇鑑成
影圖



十五 直竿斜入清
水視似被折

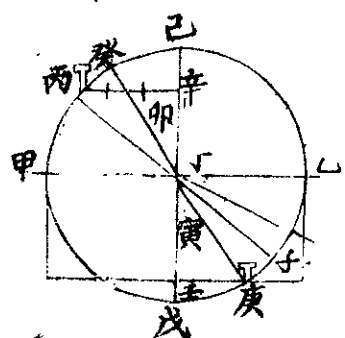


十六 錢在水底
似浮而見



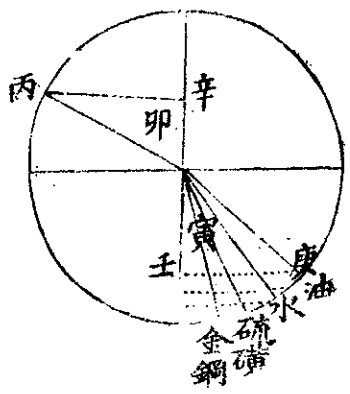
十七

光被折
方向圖



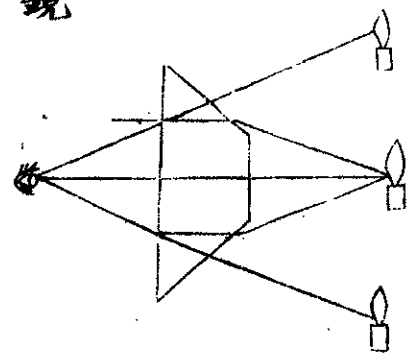
十八

比物折光之力



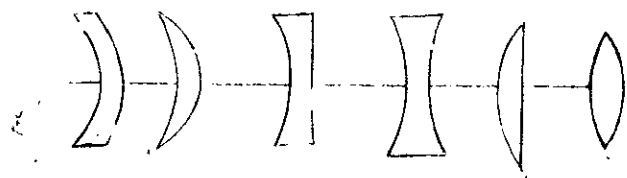
十九

分影鏡



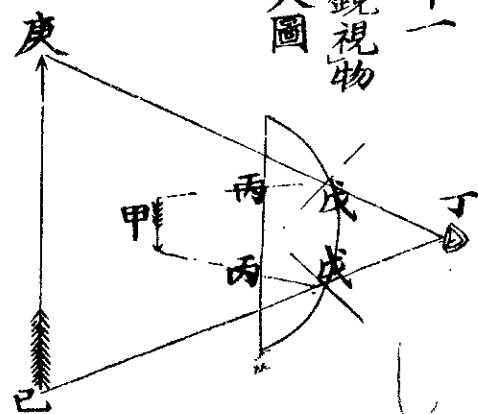
二十

透鏡各式



二十一

凸鏡視物
放大圖



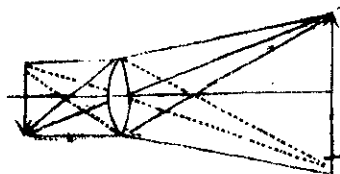
二十三

大鏡取
火圖



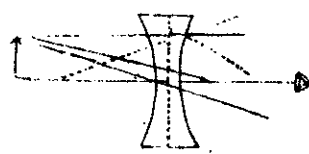
二十二

凸鏡成
影圖



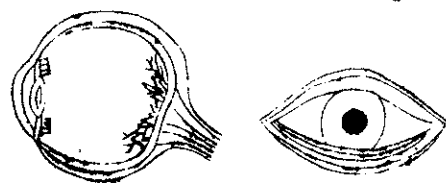
二十四

雙面
凹鏡



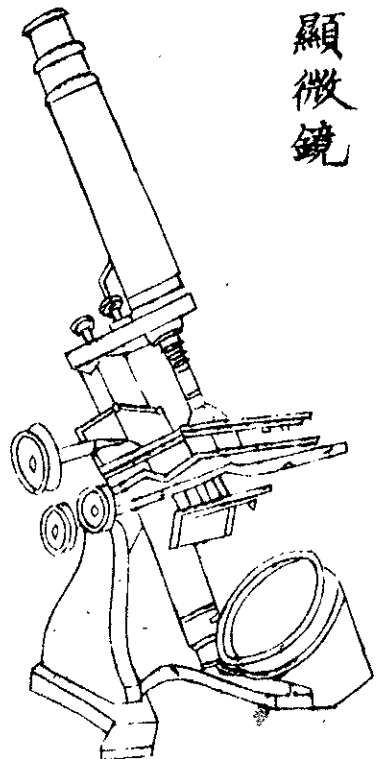
二十五

眼目
內外圖



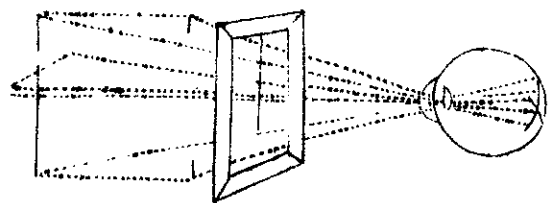
二十七

顯微鏡



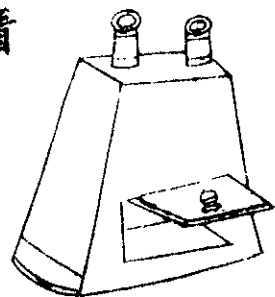
二十六

外光
入目
成影圖



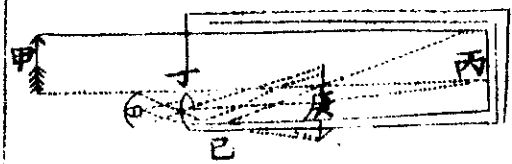
二十八

雙眼
看鏡



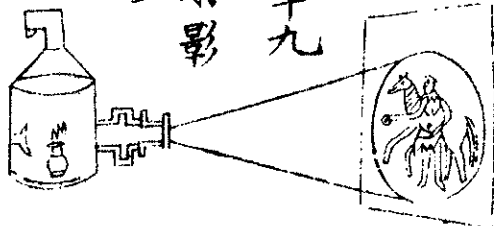
三十

返照
鏡



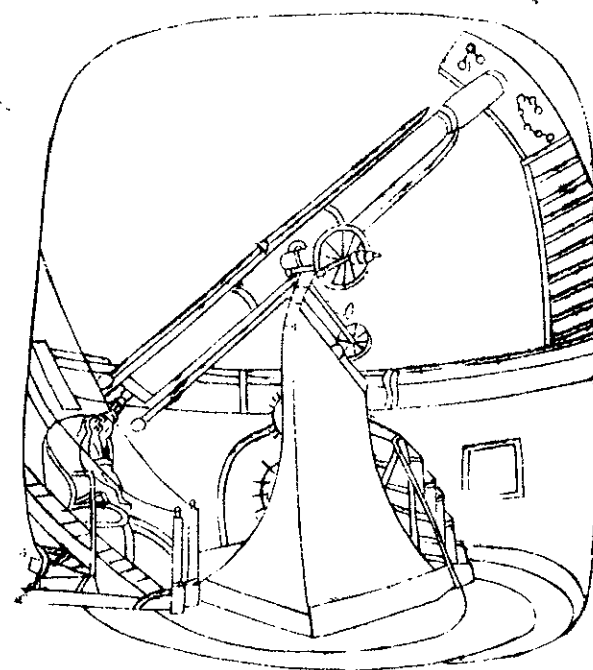
二十九

射影
燈



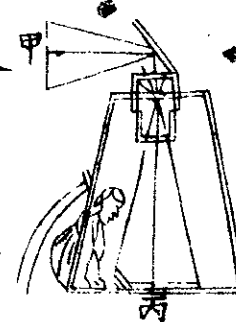
三十一

折光
遠鏡



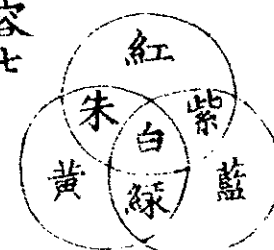
三十二

映畫幕



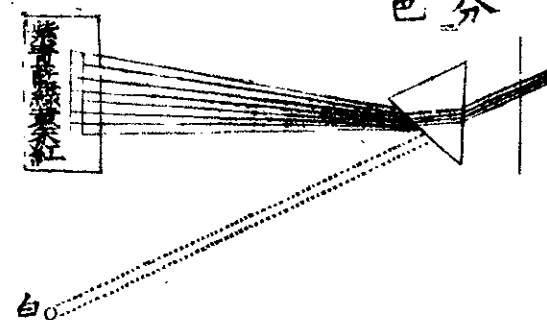
三十四

形容七
色圖



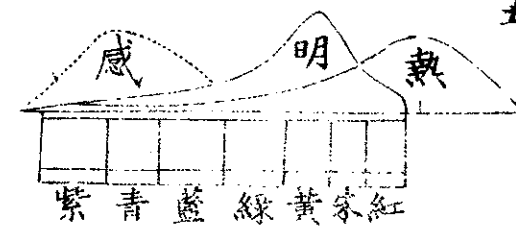
三十三

分光
七色圖



三十五

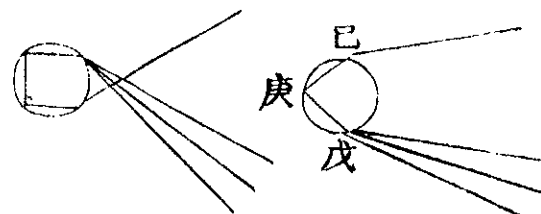
七色
分熱明感圖



三十六

雨點折光
成虹圖

光有自上而
入者光有自
下而入者故
成二虹



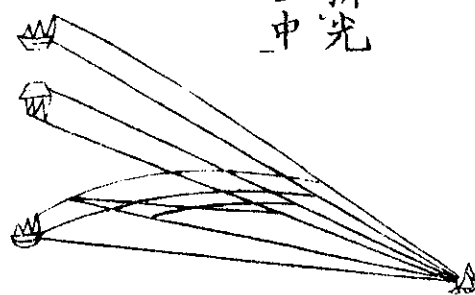
四十

二寶石
順則透
光橫則
蔽光



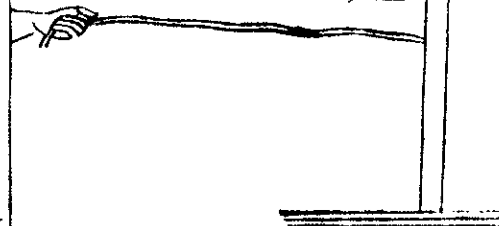
三十八

天氣折光
物見空中



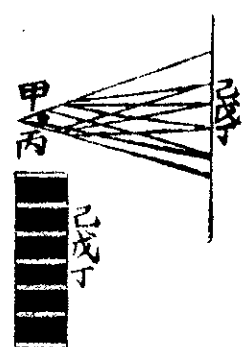
三十九

攝繩
比擬
傳光圖

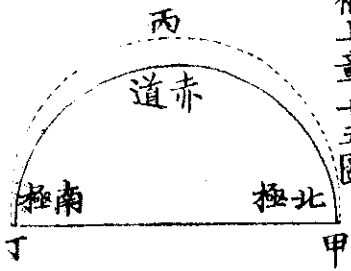


四十一

二光生
暗圖



補上章十五圖



第三卷火學

美國丁燧良著

上章論熱氣

問熱氣何物

熱氣不可無

答視之無形聽之無聲其體微渺難測然其用可知其理可究蓋熱氣散布於萬物無此則風不動水不流人物不生草木不長天地皆塊然死物矣故體物而

不可遺者也

熱氣來源

問熱氣來源有幾

答熱氣隱具於萬物之中其顯也來源有四有由日而生者有由電而生者有二物摩擊而生者有二物相

合變化而生者

問、電之生熱、何法試之、

答、放電氣過細小鐵絲、其絲便熱、電氣若多、其絲可然如燭、詳見電學樹木房屋、被雷擊起火、亦其驗也、

問、摩擊生熱、何法試之、

答、以手相摩覺熱、冶匠擊砧、其砧亦熱、鑽木取火、擊石取火、皆其驗也、

^五問、物之變化生熱、何法試驗、

答、冷水澆於石灰而生熱、物之潮濕腐爛而生熱、人之飲食呼吸化為血液而生熱、皆其驗也、

問、熱與光相離否、

答、二者雖係並生、然不必相依也、無光之熱有之、無熱之光亦有之、且二者並行之時、亦可設法以分之、卽如火光以玻片隔之、光透而熱阻矣、以鍍片隔之、熱透而光阻矣、惟日光與火光稍異、以玻片隔之光熱並透也、

問、火係何物、

答、熱之尤顯者也、物之熱極必有光、二物相合變化而生火、卽如柴薪生火、因風中之養氣、與木中之炭精相合而生火也、至鐵石亦能藉火煨紅、但其本質不

熱顯
為火
無熱
則冷

能生火耳

問、既有熱氣、亦有冷氣否、

答、物較手冷、則手之熱氣入於物、因手之熱減少、故覺冷、物較手熱、則物之熱入於手、而手之熱增加、故覺熱、以此而論、只有一熱而已、無熱卽冷、則冷非另一物也、明矣、卽如光之爲物、無光則暗、非光之外另有
一物名暗也、

問、井水冬溫夏冷何也、

答、地之厚實、其冷熱非如天氣之隨時變遷、故井水無甚相差、以寒暑表試之、冬之水不溫、夏之水亦不冷、

熱令
物漲

也、實因天氣有變遷耳、以水較夏日之天氣、則覺冷、以水較冬日之天氣、則覺溫也、

問、物之遇熱則漲、何法試驗、

答、牛脬繫口、置火旁、則凸、熱甚必裂、以玻璃瓶盛冷水、畫一記號、置熱水中、則瓶中之水立時漲起、或以熱水浸瓶、入以冷玻璃塞、則瓶口微漲、可以深入、迨瓶冷、則塞緊而難出矣、甚至瓶或箍碎、一以小瓶口繫石塊、浸於水底、若沉若浮、迨以熱水澆於水面、則其瓶上浮、以瓶內之氣遇熱而漲也、又如鐵圈、有鐵球適可穿過、球熱、則不得過矣、總之、無論流動堅實之

物遇熱均漲斯皆淺近之驗也、見第一圖

問、鐵遇熱則漲何如、

答、以鐵造舟橋、其漲縮分度、須預計之、否則有損、若鐵板接處過緊、閒不容髮、遇熱必至凸起、釘亦拔出、惟稍留縫隙、甫免漲裂、又如塊鐵、適堪入於空缺之處、熱則不能入矣、既入之後、熱亦不能出矣、見第二圖

問、物之遇冷熱漲縮有別否、

答、各物體質不同、故漲縮亦分多寡、如將白鉛、金、銀、銅、鐵等物、浸於冰水、加熱至二百十二度、則三尺二長之白鉛漲一寸、銀五尺二寸、銅五尺八寸、黃金六尺

防冷
熱鐘
擺

八寸、鐵八尺、白金一丈一尺、皆漲一寸也、至酒精則漲九分之一、油漲十二分之一、水漲二十三分之一、水銀漲五十五分之一、

問、自鳴鐘擺條、遇冷熱漲縮、恐礙時刻、何法預防、

答、其法有二、一作成一架、令擺條居中、上下兩旁、俱用鐵條、中間以白鉛二條、於擺之左右、鉛條之上有鐵橫梁、其鉛聯於下而不聯於上、鐵遇熱漲則下墜、鉛遇熱漲則上提、再將度數搭配均勻、自無礙矣、其二、擺錘中空如盃、盛以水銀、若擺條熱漲下墜、則錘內水銀遇熱上升、配合均勻、令其重心有定不移、亦無

寒暑表式

礙矣、見第三圖第四圖

問、寒暑表何物、

答、以之量度冷熱也、亦因物隨冷熱漲縮之理、以水銀

酒精天氣等製之耳、

問、以水銀造寒暑表何如、

答、用細玻璃管、下如球形、中盛水銀、令見熱漲滿其管、

將氣催出、上口杜嚴、將球置於結冰冷水內、視水銀

縮至何處、畫一記號、以三十二計之、再將球置滾水

內、視水銀升至何處、又畫一記號、以二百十二度計

之、兩處冷熱相差一百八十度矣、即於中間畫一百

以水銀造之

髮倫表

八十分度、此英美常用者、因髮倫海創之、故又名髮

倫表、見第五圖

問、水凍結冰、既係三十二度、此數何自算起、

答、鹽與雪調和、即化水、較冰冷三十二度也、故由此算

起、其法以表置鹽雪中、視水銀退至極下之處、於此

畫圈、名極冷圈、然尤有冷者、北極相近之處、表中水

銀再下退三十餘度者有之、若退至四十度、則水銀

亦結冰矣、此水與水銀結冰之冷、相差七十二度也、

問、以酒精造寒暑表何如、

答、其外式與水銀表無異、酒精易於漲縮、不能成冰、故

以酒精造之

以天
氣造
之

於極冷之地、以之造寒暑表、較水銀尤愈、

問、以天氣造寒暑表何如、

答、用玻璃管與水銀表無異、惟開其上口、將球置熱水中、令氣漲出一半、或將氣吸出、復將此管倒浸於清水確內、水即上流入管、其上球遇熱、則氣漲而水下退、遇冷、則氣縮而水上升、於冰水滾水中、即定成度數矣、水須染紅、便於察看、惟熱退冷升、與水銀表相反耳、且尚有弊端、不僅因冷熱上下、天氣恒有重輕變易、壓於水面、使管中之水、隨其升降、畧如風雨表然、見第六圖

問、雙頭表何如、

答、以玻璃管兩頭有球、此頭盡盛天氣、彼頭半氣半水、若二球冷熱不差、水至何處、畫一記號、其冷熱度數由此而分、如此球冷、則氣縮而水漲、彼球冷、則氣縮而水退、設有二物、冷熱微差、以此試之、毫釐不爽也、見第七第八圖

百度
表

問、百度表何如、

答、其理與前無異也、惟有分度之不同耳、自結冰之冷起、至滾水之熱止、分爲百度、其五十度、即髮倫表之一百二十二度、其餘按此可算矣、法俄二國多用之、

問自記寒暑表何用

答人或寢息或無暇看表有此可知極冷極熱之時矣
問其式何如

答以玻璃筒盛以酒精上口有管屈曲而下復折回而
上上口有玻球管中盡盛水銀兩邊管中置小玻璃
二片上嵌鐵絲如翼能上而不能下遇熱則彼管水
銀上升即將玻片托起迨水銀遇冷而退其玻片因
兩翼撐住不能隨之俱下也遇冷則筒中酒精縮退
而此管水銀亦上升其玻片亦浮起不退可知極冷
極熱之度數矣如欲玻片退下以磁石引之自隨之

問熱表何物

而落矣

答熱至二百度以上則酒精化為氣矣六百度以上則
水銀亦化氣矣至此則寒暑表無用故設法另造熱
表雖二三千度無碍也

問其式何如

答以長鍼二枚一正一倒懸於三角木架之上其上畫
以度數復以鐵条一頭與針尾相依下蘸以火鐵条
遇熱微漲便將針尾觸動移開少許其針尖觸動彼
針之尾而被針之尖即移開更多假如先移之針尖

物因冷漲
有之者

較其針尾移多十倍則後移之針尖較先移之針尾移多百倍以此計之可知熱之度數矣然其式不一也有人以黃土燒条下熱以火遇熱則乾而縮與鐵相反而同用究不如鐵条之準耳見第九圖

三五問遇冷熱漲縮凡物皆然否

答物性大都如是也間有流動之物化爲堅形冷至結冰反覺微漲

問此何物也

答水漸冷漸縮至結冰之候驟然漲開九分之一如九寸水結成一尺冰是也其力甚大雖堅器亦能損傷

若石隙結冰雖巨石亦能迸裂銅鐵之類亦如是也遇熱則流動及遇冷成堅其形體必稍漲大矣

問此理何用

答以銅鐵鑄印板等器融冷傾入器模迨其漸冷微漲雖模中之一點一畫無微不到毫無欠缺此適用之小焉者也至水之凝冰若不微漲則大地易形矣冬日之江海水面結冰如蓋其下之水冷在三十二度之內所以護之使不致全然結冰而春融亦易設使水之遇冷則縮與他物同則江海結冰必退縮而下沉層層結冰積久不化地上從此無水人物皆殲矣

故物有常情以明不易之定理而物有變態益顯造化之權宜並行不悖並育不害無非造物之妙用以適羣生也顧可習焉不察哉

熱氣發散

問熱氣發散其理何如

答物中莫不有熱氣也惟分多寡耳熱之於物畧如水之於海海有低凹之處水卽向之而流以補其缺又如風在空際遇薄稀之處則鼓盪之矣卽如置熱鐵於冷鐵之上冷鐵漸熱而熱鐵漸冷少頃則二鐵之冷熱均矣亦若水平不流耳又如二鐵均重其一較熱二十度令二鐵相依熱氣若不於空中漫散則此

熱氣發散

鐵之熱必減十度彼鐵必加十度也若彼鐵大一倍則加熱五度矣足見天地間之熱氣自古及今不增不減彼盈則此絀彼絀則此盈循環不已也

問熱氣發散共有幾類

答其類有三曰引曰射曰返照物與物相依將熱引過者謂之引熱在空中發散如光之遠射者謂之射熱氣觸物而回者謂之返照

問物之引熱同否

答不同其引熱之疾徐有大相逕庭者引熱甚速之物名爲引者不引熱之物名不引者假如鐵条長雖數

不引
熱則
暖

寸彼頭置火中此頭立即炙手引熱速之故也若木
条雖一頭然著手持亦不覺熱不引熱之故也

問引者類皆何物

答五金與水並堅實之土石

問不引者類皆何物

答木炭棉毛皮革並水與氣

問何以辨之

答冬日以手捫之覺冷則知其為引者矣因將人身熱
氣引出甚速故耳若手捫不覺其冷其為不引者可
知矣如金石水土之類捫之覺冷也棉毛炭木之類

引熱
不分
上下

捫之若覺煖也

問衣分冷煖何故

答亦引不引之分也不引之物葛不如棉棉不如羊毛
羊毛不如皮革非皮革中藏火氣也因將人身之熱
氣禦住勿使外散人第知禦外之寒使不入實則銅
內之熱使不出耳若以金屬為裏衣貼肉著之必致
凍殭引熱外散之故不依皮肉著之仍可覺溫因中
有天氣也蓋天氣動時將熱揚散天氣靜時使熱暫
留故裏衣寬則稍煖職是故耳

問熱氣分於上下否

答俗謂火炎上者以爲火性使然耳其實天氣托之熱氣不分上下也試以鐵条一頭置火中無論火之上下其熱一也

問熱既無分上下水與氣在上受熱易在下受熱難何解

答水實不引熱惟在火上其熱速者以水遇熱則漲漲則輕而上浮將冷水換下熱則又升又換故快若在火下則水上一層雖熱但不能移下而調換之故慢如以玻璃瓶盛水內置黑豆炭屑之類下熱以火將見熱水由中上升冷水從旁繞下黑屑隨之上下歷

熱氣
外射

歷如環甚可觀也如冰在水上則水冷易冰在水底則水冷慢事異而理同也天氣亦然故在爐上者較爐旁爲倍熱天氣上升之故耳

問熱氣外射其理何如

答與光相似故愈遠愈散如遠近兩處之熱卽按兩處

遠近成方倒比之數

成方倒比見下章

比如離火二尺較離

火四尺之處卽熱四倍如十六與四數倒比也

問熱氣返照其理何如

答亦與光相似凸鏡對日然物光聚於一處而甚明熱聚於一處而甚烈也此光與熱之相連者耳設無光

熱氣
返照

之熱亦能使之聚於一處。凹鑑置於鍊爐之前，雖不見光，而中心卽覺甚熱。蓋熱之聚亦如光也。有一類凹鑑能令光返照平行。若二鑑遙遙相對，此中心置火藥少許，彼中心置煨紅鐵丸少頃，火藥卽然矣。見第十圖。

問物之粗細毛光與熱之發散有涉否。

答大相懸殊也。卽如鐵之外面若係粗糙其熱更易發散。然於返照則無多。蓋發散與返照之力寔相反也。易發散者必碍於返照。易返照者必碍於發散。其理然也。

物之受熱
易則失熱
亦易

問地與水之熱氣發散相較何如。

答地之熱氣發散較水尤速。故南方海濱早間風由岸

吹於海。晚間風由海吹於岸也。詳見氣學上章

問物之受熱與發散相較何如。

答相同也。凡物易於受熱者亦易於發散。上文所言地土是也。如以二鐵一粗一光並置爐前其粗者受熱必速。移開後其冷亦速。是知物之善於返照者必不易於受熱也。

色熱
相涉

問物之顏色於熱氣有涉否。

答黑色既於光之返照無多則於日之返照亦無多。故

易於受熱、白色易於返照、故受熱較慢、欲驗其理、以冰二塊、大小均勻、一以黑布包之、一以白布包之、並曬日中、黑布之冰、其化必速、故夏日多著白衣也、又以雙頭寒暑表、一頭包以黑布、一頭包以白布、曬日中、可知黑布較熱矣、

問、物有三形何也、

答、曰堅形、曰水形、曰氣形、堅形者、體質堅實而不能流動者也、水形者、體質活潑而流動者也、氣形者、體質虛浮而上升者也、

問、此三類能變形否、

以熱
化形

其法
有二

答、能互相變化者居多、如水之凝而爲冰、蒸而爲氣、是也、

問、何法令其變形、

答、其法雖多、而常用者莫如以熱氣化之也、

問、物以熱氣變化何如、

答、其法有二、一熱氣加增、一熱氣減少、

問、加增熱氣何如、

答、熱氣能令萬物漲開、上文言之矣、其所以漲開之故、因熱氣能入於物之體質、使其微質漸離、以解其相吸之力、故令堅實之物、化爲流動之物、再加熱氣、卽

使流動者化爲虛氣，卽如冰化爲水，水化爲氣，硫磺化水，化氣，蠟油化水，化氣，雖鐵之堅硬，亦能化水，化氣也。

問：熱氣減少何如？

答：其微質相吸之力，旣爲熱解，迨熱氣減少，則其吸力漸復，微質漸聚，故氣冷凝水，水冷結冰，餘若蠟油、硫磺、鉛、鐵等類，亦可謂之結冰也。儻有極冷之地，常見冰結如石，則不知有水矣。設有極熱之地，鉛、鐵等類悉化爲水，亦不知有冰矣。

問：令堅實之物化爲水，需熱多寡何如？

答：物質各有不同，故其變化有難易之別。卽如令冰化水，須三十二度；蠟油九十二度；硫磺二百三十二度；銀一千八百七十度；黃金二千度；鐵二千八百度。以上各物，旣化復凝爲堅，亦此度數。祇有熱氣長退之分耳。卽如水冷至三十二度結冰，冰熱至三十二度化水也。

問：令流動之物化爲氣，需熱多寡何如？

答：令水開化氣，須熱至二百十二度；磺精滾沸化氣，祇須七八十度。且有氣壓之，則需熱便多；無氣壓之，則需熱較少。欲驗之，俟水滾加蓋則止沸矣，非極熱不

變化各物
其熱不一

滾因其化出之氣不能外散而壓於水面也去蓋則氣散出雖不加熱而亦沸復以吸空之玻璃罩以水置其中不待熱而滾沸矣以礬精置其中雖天寒令水結冰而礬精亦能滾沸因無氣壓之也其實無論天氣冷暖凡流動之物莫不有化氣者也即如冬日之水亦漸散濕亦漸乾不過所化之氣無多耳

問若不用熱氣亦令各物化形何如

答令堅實之物化水化氣本應加熱若干如勉強造作熱反減少若干也令氣化水水化堅實之物本係減熱若干若勉強施為熱反增加若干也蓋熱有隱顯

無熱化形
增減自熱

物化
而熱
自減

強令各物變化其或隱或顯似有減增耳

問強令實物化水化氣熱自減少何法試驗

答其法雖多而易述者四

問其一何也

答食鹽與雪俱係堅實之物調和一處立時盡化為水其水較本物尤冷能令水結冰因本物之熱自減與用熱氣化若干物其分度無甚懸殊也

問其二何也

答以水銀表之下頭用礬精浸透之棉包裹置於吸空罩內其礬精因化氣散開甚快將見表內水銀下退

俄頃成冰

問其^{至五}三何也

答以二盤一上一下以架隔之上盤盛水下盤盛礬精並置吸空罩內其礬精立即滾沸因化氣而散能退熱成冷以致上盤之水結冰

問其四何也

答用水亦能令水結冰以玻璃管兩頭有球彼頭有小孔此頭盛水置火上燒滾將天氣催出再將彼頭小孔杜住埋於鹽雪中則管中之氣凝冰球中之水化氣氣已散而無所阻礙故速冷而易於結冰

物化而熱自增

問強令氣化水水化實熱氣自增何法試驗

答其法亦多而易述者三

問其一何也

答將壺水燒滾氣從壺嘴而出懸盆於壺嘴之上以之承氣即凝爲水點其盆漸覺微熱以寒暑表試之熱與壺水所差無幾其熱即水氣凝結而餘溢者也

問其二何也

答生石灰浸以冷水水即滾沸人以爲燒石成灰火氣在內沃以水則火氣出矣而不知熱氣係由水所出也水與灰凝變形而爲堅實熱自生矣

各物
喫熱
其量
不同

問其三何也

答以鉛置於礮強水內亦能滾沸如水之遇灰是熱氣亦由礮水而出也

問物之喫熱多寡何如

答物之熱量各有不同變形放大則喫熱愈多變形使小則喫熱較少卽如冷鐵一塊由大而擊之使小則熱矣以天氣入於鐵管一頭杜住一頭以塞驟擊之亦能熱也昔以此法取火者有之蓋凡物由大而變小其本熱卽有餘溢出矣由小放大其本熱卽不足矣正如以皮盃盛水令滿四圍用力收小則水有餘

而外溢若將皮盃放大則水亦欠缺矣

問物之熱量多寡何法試驗

答其一以二瓶大小相若一盛水一盛水銀並置爐前少頃試之水銀之熱較水加倍蓋水喫熱多之故也問其二何也

答以前二瓶一盛水一兩一盛水銀一兩並浸於滾水中俟熱又置於冰穴中將見水瓶之外化出之水較水銀瓶外多三十倍也蓋以大小相比水較水銀喫熱加倍以輕重相比水較水銀喫熱加三十倍也見十一十二圖

問其三何也

答一升水熱至百度一升水熱至五十度和之係熱七十五度也若以一升水銀熱至百度一升水熱至四十度和之止熱至六十度可見水銀失熱四十度只能令水加熱二十度此亦水喫熱加倍之驗也如以一觔銅熱至三百度浸於一觔水熱至五十度者水只加熱至七十二度可見水喫熱較銅加十倍矣蓋銅失熱二百二十八度止能加水二十二度之熱也

冰冷水滾

問以冰開水何法

答以玻璃瓶煮水使開塞住瓶口移之離火則水不滾

矣以冰水澆於瓶口肩下其水立即滾沸惟瓶之下半須以布包之勿令冰水澆上方驗見十三圖

問此理何解

答瓶內之水不滾者其故有二離火則熱氣減少一也蒸汽壓於水面二也冰水澆之則瓶內之汽遇冷凝結水上空虛故熱氣雖少仍可滾沸耳

問冬夏之冷熱懸殊何解

答其故有二一夏令日照於頂其光直下冬令日偏於南其光斜射一夏則日長積蓄之熱較夜間發散之熱尤多冬則夜長發散之熱較晝間積蓄之熱尤多

冬夏冷熱之故

故冷熱不同、

問、日光直照較斜射尤熱、何解、

答、直照則光多、斜射則光少焉、且日光之入天氣也、直則近、斜則遠、氣雖薄稀、於日光亦畧有遮阻、其斜射之路徑、長而較遠、故冷、至早晚與正午、冷熱不同、亦此理也、

問、既云日長則熱、夜長則冷、何以夏至後日漸短而仍漸熱、冬至後夜漸短而仍漸冷、何解、

答、雖夏至後漸漸日短、而仍較夜長、故日間所聚之熱、較夜之所散更多、是以漸熱、冬至後雖漸漸夜短、而

仍較晝長、故夜間所散之熱、較晝之所聚尤甚、是以漸冷、

問、地球之五帶、冷暖懸殊、何解、五帶者赤道之熱帶、一

赤黑之間
溫帶有二

答、與冬夏早午之理相類也、蓋日行雖有南北之移、總不出乎熱帶、由上向下直照故熱、至赤道之左右、日光斜射故溫、黑道以外、日光斜甚、以至於不照故冷、

問、各地之冷熱、除南北度數、更有何解、

答、或因風雨之多寡、或因距海之遠近、或因沙土有別、最要者、在地勢之高低、

五帶
之故

各地
之故

問、地勢高低何以遂分冷暖、

答、假如日曬於牆壁、近之則暖、離遠則冷、因光熱返照故也、地球亦如是耳、日光之熱、返照發散、其近地一層之氣、受熱較多、離地漸遠之氣、受熱漸少、故極高之山、無論冬夏南北、山巔恒積雪也、當赤道之高山、由麓及巔、草木蔬果、逐層之應、冷暖而生者、與由赤道迤南迤北橫察無異也、則一山之上、備五帶之氣候、可一覽無餘矣、

結冰之高

問、在各地結冰之高低何如、

答、近二極之處、雖在平地、冬夏均有積雪、漸離二極、則

凝露之故

問、露水何解、

答、非出於地也、掘土乾而知之、亦非降自天也、未作雲而信之、究厥來由、係近地一層氣內、所有之濕、因夜間熱氣發散、凝結而成者、正如噓氣於玻片、即成水之令、約須十里高也、至於各地、南北度數相同、其令丙與甲丁、其令惟均、此綫即名恒雪綫、於赤道結冰畫綫至丙、必漸漸高起、此即各處山頂結冰之令、則常見積雪也、即如圖中甲丁爲二極、丙係赤道、由甲

各地之氣候
地理書詳之

見十五圖

漸按無十五圖今改本
文添圖於下章圖尾

地中
之火

點、又如冰水盛於磁器、將見器外有水點如汗、此水點非由器中溢出也、亦非自天下降也、蓋由器外之濕遇冷凝結而成耳、故青草樹葉、甄石鐵器等物、易於戴露者、因較他物冷故也、霜亦同理、

問、地中有火、何以知之、

答、各國有溫泉火山、並有時地震、皆足爲據也、蓋地中之氣、偶塞不通、卽令地震、正如壺中煮水、將嘴塞住、必頂蓋上動也、掘地漸深漸冷、以至於十丈、因日光之熱、入地不過如是之深耳、由此深掘、則又漸熱、每五丈增一度、故百丈之井、皆爲溫泉、從此推算、至百

里之深、則盡爲火矣、

問、地中之火、何自昉也、

答、格物家推測以爲地球當創造之始、由氣凝聚而成、初時極熱、後漸溫冷、始容人物生於其上、則五行之物、火爲先也、

地中
之熱

問、地中之熱、歷久不致減少、何以知之、

答、昔有人慮及地球歷久漸冷、將來必致人物凍殭、真不啻杞人之憂天矣、儻地球漸冷、則必積漸縮小、而運行較前必速、度數自有差別、乃博物之士、參天測地、於三千年來稽算、晝夜運行時刻、古今不爽、是知

力熱
互生

地中之熱由古及今、決無減增、以後亦定無減甚之日、可喻矣、蓋地中之熱、冬日減散、夏日增益、均賴日光以補之、不偏不倚、無過不及、故致中和、則天地位而萬物育、造化之妙用如此夫、

問、邇來力熱互生之論何謂也、

答、格物家或云、熱氣非物也、不過五行之微質、能於動盪發見、卽熱、熱卽有力也、於是窮究其理、知若干熱生若干力、物之動有若干力、又生若干熱、則力與熱相生適均也、英國孺里者核算一觔水加一度熱、生出之力足起一觔石、至七十七丈二尺之高、若令一

力原
於日

觔石由七十七丈二尺之高墜下、生出之熱足使一觔水熱至一度、此熱與力相生適均之驗也、

問、物之下墜生熱何以驗之、

答、物之下墜若不甚高、則生熱無多、故不覺也、天有限石、望之如流火、生熱故耳、非其石本熱、因下墜之勢使然也、而墜地之後、其熱尤甚、鐵匠擊砧、便覺砧熱、火輪車陡然停止、輪下必生火焰、皆其驗也、

問、若按此理、地上凡物之力、本原由何而生、

答、生於日也、日不獨爲光之原、因熱生於日、故亦爲力之本也、水流有力、因熱氣不致凝結、風動有力、因熱

氣使能漲升蒸汽有力雖藉人爲實由於日因日煖而草木生始有柴薪之可用至煤出山中亦草木之精凝聚而生者也詳見化學人物之力皆由本體之熱而生惟食物始能生熱而所食之物莫不由日煖而生故力之本原在日也

問熱氣二說何也

答一以熱爲一物稀而不可搏輕而不可權然有大力其多寡可量也一以熱氣非物乃物之微動相延而傳者也

問二說孰是

答難辨也俱有證可憑但不能包括全備耳卽如以熱爲物之說以爲熱能浸透各物令漲若水然至強令其物忽縮則熱復顯見若水之被壓而出也如謂熱氣非物烏能若是哉至以熱爲非物之說則與辨光之非物無異光有二說見下章有如音聲然天氣動盪觸耳則聞聲則聲不過爲氣之顛非若委矢由遠而至也通音則賴天氣通熱則另有一種玄氣充塞兩間光熱電三者皆本此玄氣也此說似是然茲以熱氣而反復推論之似仍以爲一物之較便也

卷三火學上章凡八十二問

第三卷火學

下章論光

問、光學所論者何、

答、言究察光性、便能製造各鏡、且能解明眼目、所以能視之理、知萬物中光之功用極大也、

問、光之發源有幾、

答、日爲大源、故名太陽、恒星亦有自發之光、與日無異、相去太遠、故不甚明、月與各行星、藉日光之返照而明、至地上之物、則有火光電光二種、更有一種冷光、如燐火、俗名鬼火、螢火明珠之類、則共有五種矣、

明源
分類

問按光而論物分幾類

答分爲四類有自明者有借光而明者有透光者有不透光者

光行極速

問光行遲速若何

答一秒內能行十九萬二千洋里約中國六十萬里比音聲快九十萬倍

五
問光行如此之速何由知之

答木星有小星四個隨之而行畧如月之隨地而行名爲木星之四月其中常有繞於木星之後被遮不見者木星離地至近之候以千里鏡查其出沒之時刻

若干更俟木星離地至遠復查其出沒總加多十六分之數木星之極遠極近兩下相去一十九千萬洋里蓋由黃道之寬濶充實於其間太陽旣居黃道之中便知日光須八分始能至地卽一秒內行十九萬餘洋里也見第一圖

問圖式何解

答日在丁爲居中地球在丙內圈爲地球運行之道外圈爲木星運行之道木星在甲離地最近在庚則離地最遠光自甲至丙若干度數光自庚至丙比自甲必加十六分所加之時刻因其道相去加遠所加之

星光
射地
仍需
時久

道路丙已是矣、蓋庚丙與甲己相去無殊也、光過己丙、既須十六分、由丁至丙、自需其半明矣、

問、極遠之行星、其光至地、需時幾何、

答、離日較地遠三十倍、共核需四點鐘也、

問、最近之恒星、其光至地、需時若干、

答、須三年有奇也、

問、若其光忽滅、立時能知否、

答、亦需三年方知也、蓋光之射、畧如水之流、假如西省河決、水雖立涸、而河達東省、必需時日、方見水涸、因其地遠而水流未盡也、最遠之恒星、其光至地、需年

若干、不能稽算、其間亦有算出者、需數百年也、由此則天之廣大、畧可知矣、

問、目力所及、與星之準位有差否、

答、其光縱快、既需若干時刻方送入目、迨目之甫見、則星已易地矣、畧如馬上放槍、耳甫聞聲、而馬已馳過矣、卽如木星離地最遠之候、其光至地、需時三刻、此三刻中、木星已行數萬里之遙、天文家必詳究核也、

問、光之濃淡、隨其遠近、其理何如、

答、光愈近愈大、卽如燈燭離物四尺、其光若干、再近二尺、光卽大四倍矣、因光之本性發散故也、如圖內之

光之
濃淡
隨其
遠近

式甲係燭光丙處去燭一尺置方尺之板丁處離燭二尺置方二尺之板則方尺之板能遮蔽燭光令方二尺之板全身黑暗是光之濃淡如其遠近尺寸成方倒比也成方倒比詳見下文聲音熱氣香氣與地球電氣之翕力等類若均勻發散無所阻碍其濃淡亦如遠近之數成方倒比也見第二圖

問遠近尺寸成方倒比何意也

答假如甲丙丁離燭二尺四尺八尺此三處之光即如四與十六並六十四之數倒比故甲處之光比丙處濃四倍較丁處濃十六倍也

三法試之

問光之濃淡何法試驗

答其法有三

問其一何也

辨影之淺深

答以影之深淺分之也如油酒燈各一中隔以板令二光不淆再以二板遮之使其影射於壁上由影之淺深便分光之濃淡復將濃者移遠令二影淺深維均即按遠近成方倒比之理其濃淡之倍數可算矣見

第三圖

十五
問其二何也

分光之明暗

答以光之明暗分之也即如圖中以木作簫兩頭相通

中以三角木隔之、兩面俱以白紙鋪之、上管有孔、以便目視、二光置於兩頭、射於紙上、由上孔窺之、易辨二光之明暗、復以遠近移之、俟其均勻、仍以前法算之、知其濃淡之分矣、見第四圖
問其三何也、

答、以滅影分之也、以光置几上、隔之以物、令影射於壁、再以一光於隔物之外照之、則壁影漸淡、移近其光、浸至影滅而後已、則二光相抵惟均矣、以遠近成方、倒比之理計之、可知其濃淡矣、化學中常以此法較量各物之光、見第五圖

以滅影度之

光之返照測度方向

問、光行之路、曲直何如、

答、光惟直行、遇物返照、改道仍是直行、故但能曲折、不能灣繞耳、故射箭放槍、必將苗頭對準、務令丸矢中其目視之處、亦見光之直行也、

問、光之返照、方向何如、

答、直射返照、二角均勻、

問、此何謂也、

答、如圖內以面鑑平放於地、甲丙丁係燭光、照於鑑面、返照入目、便見其燭倒於戊處、甲離地愈高、則戊入地愈深、蓋甲丙與丙丁二綫、其斜無異也、則丙處左

右二角均勻矣、無論其鑑何形、理無殊也、卽如有平
凹凸三鑑、放於丙處、光自甲照於丙、皆返照于丁、而
丙處左右二角無異也、見第六第八圖

問、樹映水中其影倒置何故、

答、其故無他、亦因直射與返照、二角均勻故也、與上文
平鑑映物之理無殊、閱圖中光路、顯而易見也、樹根
離水不高、故其影在水不深、樹頂離水較高、故其影
入水較深、所以看成倒植、見第七圖

問、影有何別、

答、有因光被遮而成暗影者、有因光返照而成明影者、

問、目之視物、方向何如、

答、目旣藉光而能見、則光自何向入目、目卽從何向視
物、卽如樹影、自水面返照、其光上而入目、目卽下見
樹影在水、皆係直路也、總之物之返照、光之曲折視
之方向、正如音聲之返響、雖聞其響、不知其聲從何
來也、

問、鏡分幾類、

答、共分二類、照鏡、透鏡是也、照鏡爲鑑、

問、照鏡分有幾種、

答、共分三種、曰平、曰凹、曰凸、

問各鑑之有光心何謂也

答卽聚光成影之所也有光聚鑑前而成影者卽謂光心在前有成影似於鑑後者卽謂光心在後也可因目之所見儼若聚光於後也

問平鑑之光心何在

答雖云在鑑之後然無定所也物離鑑前若干遠影入鑑後亦若干深耳按此理物立鑑前鑑如立放其影自應豎立鑑若微側其影之側必加倍如戊丁爲鑑面有物在甲乙必成影於辛壬其影比鑑加倍之側蓋因辛壬己之角較丙丁戊之角加倍度數明矣側

平鑑
返照

至四十五度其影便卧側至九十度其影便倒故水面映物必倒置也見第九圖

數鑑
交照

問以平鑑二面一橫一豎照物皆成雙影何也

答因此鑑之影返照於彼鑑彼鑑亦然故成雙也若二鑑之間其角愈小則交照多而成影愈衆如以平鑑三面相合成三角形置筩內物映其間交照共成六影若其物微動則幻影殊多俗有戲具萬花筩卽此理耳

問左右二壁皆列平鑑人立兩間其影若何

答如兩隊兵丁排列人影層見迭出漸遠漸淡因二鑑

返照交互不已也、卽影在鑑後與物在鑑前遠近無異之理耳、如丙丁爲二平鑑、相去二尺、有物居中在甲、照於丙鑑、其影深入一尺、返照於丁、必深入三尺、又返照於丙、必深入五尺、丁鑑交照亦然、餘可類推、若箱內二面列鑑、以花卉等類置其中、窺之、燦爛推錦、甚可觀也、見第十圖

傳影
箭

問、傳影箭何物、

答、玩物也、雖以鐵石等物閒其中、儼如透亮、係以灣曲之箭、內置平鑑四面、如圖內兩頭箭中二鑑上下相對側放、上箭中間開口、若目在甲、燭在丁、居中丙處、

四鑑
返照

問、四鑑之光心何在、

夾以鐵石木板等類、視之仍見其燭、因傳影入目、若透箭直過、然再將箭之下體遮住、不知者、以爲箭中有力、能破堅物、殊不知曲徑相通之故也、有人按此理、造屋多置照鏡、傳影、客立門屏之外、主人於室內已窺見矣、見十一圖

答、若係球皮之形、則循其裏邊凸出畫成圓式、如成球形、圖中在丁、鑑軸左右相近之平光、必聚於丁、戊之中、是爲大光心也、蓋星宿極遠之物、其光平行、必聚於是、儼其物漸漸移近、則其光心漸漸移遠、不論物

在何處考其成影之所卽按上文所言二角均勻之理畫綫可算矣卽如丁戊爲鑑軸其物在甲光照於乙則按甲乙丁之分度畫丁乙丙之角其光必歸於丙也惟凹鑑之式不一設非球皮之形則體殊而理異矣見十二圖

問凹鑑之返照其影何如

答鑑面在戊中心在丁丙在半截放物於丙戊之間則其影深入而放大儼如在鑑之後若移其物於丙處則其光返照平行不聚故不成影如移於丁丙之間則見其影在丁以外如移在丁以外則其影反在丁

之內矣見十三圖

問何法試驗

答如然燭放近鑑面則見其影於鑑之後漸移至中心其影漸大若移至半截處所忽不成影若在半截之處以外中心以內便見其影於中心以外移燭中心以外便見其影於中心以內不論鑑式若何凡於鑑前成影者其物其影二處可以互換物在此則影在彼物在彼則影在此也見前圖

問凹鑑何用

答天文鏡多用凹鑑以照星宿又能返照燭光令室中

分外明亮海濱或有危險之所則設高塔然巨燭名爲光塔設有凹鑑以燭置大光心令其光返照平行可遠射而倍明亦有用以聚熱燒物融化金類者若火鏡然惟火鏡光透於後凹鑑光聚於前耳

問奇鑑何物

答亦凹鑑也以物置於鑑之對面高過人身上面遮蔽令人不見其物而其光返照能在兩閒空中成影儼若物懸鑑前也惟須煙氣稠密則物影藉此附麗以顯現如在雲霧中也卽如有箭一支在己辛返照成影乃在甲丁見者咸以爲異且有繪奇鬼之狀使現

凸鑑
返照

室中爲駭人計者不知者以爲幻術寔凹鑑之所爲耳見十四圖

問凸鑑何用

答惟散光而已常見堂宇懸燈上綴金球四面皆如凸鑑使光遍於室耳

問凸鑑光心何在

答在後面與凹鑑相反如前十三圖兩面皆可返照則凹鑑之背面儼爲凸鑑其凹鑑係有物在丙成影在己若凸鑑則有物在己成影在丙二鑑適相反也

問凸鑑返照其影何如

光之被折
測度
方向

答其影如在鑑後也咸較本物收小

問光之能折何法試驗

答以竹竿一半斜入水中將見其影如中折然非竿折乃光折耳竿之折處必向上灣曲再試以洋錢一枚置於空桶之底側面旁觀錢爲桶邊遮蔽不見注以水則錢若浮而能見矣非錢浮也因光出水中被折灣曲而達之於目耳是以溪水有清澈見底者望之似淺而探之實深職是故耳見十五十六圖

問光透物之輕重者其理若何

答大抵其物愈重則光折愈多惟油與酒雖較水輕而

折光仍多故水上有油或酒以竿入之則如兩處中折然

問光透物被折方向何如

答竿斜入水如向上中折已言過矣實因光之出水入氣向下而折也如圖中有物在庚其光直射至癸如灌以水光至水面被折至丙處則人見其物在子處矣蓋已戊係居中一條直綫若無水則寅卯二角自應均勻有水則光離直綫向外灣曲而卯角更大總之光入輕物則離直綫而灣光入重物則近直綫而灣由氣入水入氣入輕物也見十七圖

問、物有力折光、何法度量、

答、直將寅卯二角相比、即可知之、蓋二角雖不均勻、其分度自有定數、比如庚壬係寅角之正弦、丙辛係卯角之正弦、將二綫尺寸比較、即知折光之力、若丙辛之綫係四尺、光入水則庚壬之綫必三尺也、若入玻璃必係二尺六寸六分、若硫磺金剛、其折光之力更大矣、

見十八圖並參看十七圖

問、分影鏡何物、

答、假如玻璃有一面平四面側、其平處光係直射、故看成一物、至側面則光斜入而灣、斜出而又灣、四面之

論透鏡

光俱歸入目、所以看成數物、按上文所言、光入重物、則近直綫而灣、入輕物、則離直綫而灣、如將側面各畫直綫圖式、尤易見光出入之路也、見十九圖

問、透鏡何物、

答、即透光之玻璃也、形有數種、有二面平者、有數面平而相合者、有一面凹者、有一面凸者、有二面凹者、有二面凸者、有一面凹一面凸者、雖用玻璃為鏡居多、然凡透光之物、皆可為之、見二十圖

問、凸鏡視物何如、

答、視物放大、顯微鏡遠鏡皆用之、

問、物有力折光、何法度量、

答、直將寅卯二角相比、即可知之、蓋二角雖不均勻、其分度自有定數、比如庚壬係寅角之正弦、丙辛係卯角之正弦、將二綫尺寸比較、即知折光之力、若丙辛之綫係四尺、光入水則庚壬之綫必三尺也、若入玻璃必係二尺六寸六分、若硫磺金剛、其折光之力更大矣、見十八圖並參看十七圖

問、分影鏡何物、

答、假如玻璃有一面平四面側、其平處光係直射、故看成一物、至側面則光斜入而灣、斜出而又灣、四面之

論透鏡

問、透鏡何物、

光俱歸入目、所以看成數物、按上文所言、光入重物、則近直綫而灣、入輕物則離直綫而灣、如將側面各畫直綫圖式、尤易見光出入之路也、見十九圖

答、即透光之玻璃也、形有數種、有二面平者、有數面平而相合者、有一面凹者、有一面凸者、有二面凹者、有二面凸者、有一面凹一面凸者、雖用玻璃為鏡居多、然凡透光之物、皆可為之、見二十圖

問、凸鏡視物何如、

答、視物放大、顯微鏡遠鏡皆用之、

凸鏡
透光

問此何故也

答如圖中單面凸鏡有物在甲光照于丙于丙畫直綫光便近直綫而灣至戊處于戊畫直綫光便離直綫而灣至丁處故目在丁而視其物如在庚己也所以放大丁角比甲角大若干即視其物大若干也惟因光路相交故看物倒置見二十一圖

問雙面凸鏡視物何如

答單面凸鏡看物既大至雙面凸鏡愈放大矣

問雙面凸鏡更有何用

答聚光聚熱即火鏡也

火鏡
焚物

問火鏡之理何如

答光熱並行故能聚光即能聚熱凸鏡之所以聚光者以折光使歸一處耳以細小之物置於凸鏡此面之光心其影透過玻璃便見放大日光於彼面照滿凸鏡透過玻璃便見收至此面之光心而小明甚熱甚蓋一尺之光聚於一寸之地其明其熱均加百倍故小鏡能焚柴薪大鏡能冶金類其大者逕三四尺置於架上以便轉移曩者養淡二氣交燒之法未作以前火之極熱者以此為最化學家恒以之煨煉各物問火鏡取火其鏡熱否

凹鏡
透光

論眼
目

答、不然、蓋日光透過玻璃、至彼面始聚於一處、極熱而生火、故不熱也、如以冰製成大式凸鏡、亦能取火、昔有入於北極相近之地、以冰鏡取火、土人見之、駭甚、

問、凹鏡視物何如、

答、看物收小、與凸鏡正相反也、至察考折光之路、其法亦與凸鏡相同、見二十四圖

問、眼目與顯微鏡有何相似、顯微鏡詳見下文

答、目中亦有雙面凸鏡、係脆骨生成、如水晶然、較水晶尤為透光、鏡照外物、射光成影、聚於目後之底、見二十五圖

問、目中何物接受外影、

答、目內靠後之底、有極細筋絡、如織成一片薄皮然、外物聚影其上、達於腦髓、故使虛靈有覺而能見也、見二十六圖

問、目中有水何用、

答、在凸鏡前後、皆有水、前清後綠、其用有二、一係滋潤眼睛、充滿不癢、一係折光、與凸鏡相同、

問、白睛何物、

答、係一層厚皮、亦不透光、用以四圍遮蔽、令光不得亂入、如顯微鏡之有簞然、

問黑睛何物、

答、係透亮之皮、四圍邊上有細筋聯絡、可以放收、如光大則收小、如光小則放大使光聚而能見也、如貓睛晝夜迥不相同、亦黑睛放收之故耳、

問、物成影於目、何法試驗、

答、旣度其理、應如是也、設將初死之牛目取出、揭其目底之皮、映日而窺之、其臨死所見之物、儼然成影也、昔有人用照畫之法、將凶死新屍、目中之影照出、卽可考察致死之由、亦驗尸之一法也、

問、日中成影、只係一物、抑係多物、

答、如鏡之照物然、巨細畢見、毫髮無遺、凡一時所見者、無不悉留於目中也、故無論高山大澤、草木之茂、衆庶之繁、俱收小而能容、以及至微至小、渺若塵沙之物、無不呈象於目底、隨心所欲、可以一覽無餘、是百體之中、眼目爲最奇、洵造物之妙之又妙者矣、

問、眼鏡助視、其理何也、

答、目中生、成凸鏡、其光心適在眼底、外物成影於此、故能見之甚明、若其鏡太凸、則成影之光心、近而不至於底、故視物模糊、不甚真切、愈遠愈然、此近視眼須以凹鏡、抑其有餘也、儻目中凸鏡稍扁、則成影之光

目辨
大小

心應遠而出於目底之後，故視物多昏，近而益昏，此花眼須以凸鏡補其不足也。

問目之視物其大小何以辨之？

答因外光入目成角，其角之大小由物之相離遠近而比之也。第由目中成角之度數不能一定知其物之大小，因物近目則角大，物遠目則角小，故雖小能蔽大也。蠅蚋飛近或誤爲鷹鷂，心不在焉故耳。可知視物在心，不專在目也。至分辨大小遠近須自幼習慣揆度熟練始無錯訛，不然猶謂日近長安遠也。

畫今
遠近

問畫家限於紙幅能分遠近何故？

暗中
視物

答卽揆度外光入目成角之理並悉察由心視物之情故雖方寸紙幅可作宇宙巨觀卽如寫物書景遠則小而模糊近則大而真切背陰則暗向陽則明謂畫家有胸中邱壑是也又如連壁之上畫以物形近觀之亂不成形及於較遠處望之則物形畢肖矣大抵西國畫師均善勾股算法故其技彌精耳。

問獸之夜閒視物魚之水中視物其理何如？

答無論人畜黑暗俱能隨光之明暗以放大收小故人於暗室窺物陡然巨燭其目似覺微痛因不能立時收小而蔽光也目之視暗人不如畜畜又不如夜閒

善捕之獸如貓睛夜閒則放大圓形正午則收小若綫此人所共見者至魚在水中因光之入水無多魚目大而凸出是以收光易見人按此理遂設法於夜閒水中均能視也夜閒以鏡如千里鏡然有簞收束外光不得亂入又使目前之光總歸入目故視物倍明若水中視物則因光少水面返照奪目是以不見法以長簞下口置玻璃入於水面自上口窺之雖深處有物亦能見也此理同上如以泳氣鐘於水內作工先以此鏡窺探則覓地良易而魚鼈珍寶胥見之矣此名水鏡

水鏡
測海

論顯
微鏡

問顯微鏡何物

答能將微渺之物放大顯露真切令視者見之也如滴水莖草目覩如無物者及以此鏡窺之將見若許小蟲蠕蠕而動誠無微之不顯矣見二十七圖

問其鏡何如

答卽凸鏡也有用一鏡者有用兩鏡者有雙眼者有單眼者看畫鏡與顯微鏡理同而力小耳見二十八圖

問顯微鏡之力何法計算

答凡視至微之物大約離目五寸能看真切再近則反模糊矣若用凸鏡使光歸於鏡前成影其影離鏡半

寸則放大十倍、離鏡一分則放大五十倍、此指濶狹而言、若論通體方寸則十倍係百倍、五十倍係二千五百倍也、

問顯微鏡有何益處、

答、令人增廣識見、雖至微至渺之物、目不能見、以鏡窺之、似另有世界、又可察看物之體質、分辨優劣等類、問、用顯微鏡可決疑獄否、

答、西國有殺人逃逸者、其所佩小刀、沾染血跡、詢之以牛血對、或疑之、持刀質於明識者、知爲人血、嚴鞫之、廉得其情、賴顯微鏡考察之力也、

論射影燈

問射影燈何物、

答、將畫影射於壁上、使人視之、物既放大且極生動、問其式何如、

答、用鐵燈籠、闔其戶、令光不得外耀、上有煙筩出氣、使之灣曲、不能露光、在旁有管凸出、管嘴有雙面凸鏡、如諸葛燈然、管中有縫隙、以綵色繪成花卉人物之形、於玻璃片上夾入其中、使影放大射於壁上、顯而易見、玻片四圍必須漆黑、惟畫處透光、射影始能明顯、但畫必倒置、其影乃正耳、見二十九圖

問射影燈何用、

答、除照畫於壁、使人悅目外、又能照出日月星辰之圖、令其運行、旋轉活潑、如在空際、故談天家、多以此法形容之也、

問、遠鏡何物、

答、能將極遠之物影、放大若近、易於窺測、小遠鏡名千里眼、看地上諸物、大遠鏡名千里鏡、又名天文鏡、看天上日月星辰、

問、其式何如、

答、或大或小、其理雖同、其式不一也、其常用之小者、係一筭中、玻璃鏡四枚、理與顯微鏡相似、但鏡不甚凸、

相離亦稍遠耳、有一筭中凸鏡二枚者、一在近目之處、一在筭底、有單管者、有雙管者、其雙管者、令人二目共視一物、益真切矣、

問、大遠鏡其式何如、

答、其式有二、一係用凹鏡返照、名返照遠鏡、一係用凸鏡二枚直窺、名折光遠鏡、設有房宇高架、加之機關、隨意運動周視、甚有安設轉輪法、略如自鳴鐘之式者、隨星宿之運行、漸漸轉移、雖終日視之、不至易位也、

問、侯氏返照遠鏡、其式何如、

返照遠鏡

答有四尺寬凹鏡在丙與丁相去四十餘尺藉星光返照成影於己更有凸鏡於丁復折星光將影放大使歸於目則見其影在庚邇來英國伯爵羅斯者造返照遠鏡尤巨其凹鏡係六尺成影之處去鏡五十四尺箭內濶七尺長五十六尺重十四噸十六石見為一噸

三十圖

折光
遠鏡

問美國最大之折光遠鏡其式何如

答其大凸鏡厚十五寸成影處相去二十二尺六寸有小凸鏡十八枚調換用之力小者放大一百倍力大者足放大二千倍其鏡箭重五千觔置於架上俱設

三光
形狀

輪機如欲改換方向一手便可轉移也見三十一圖

問大遠鏡看恒星何如

答恒星本有自發之光雖看之其光較大而不甚真切至星際白雲河漢用鏡窺之則皆星也顆粒分明歷歷可數

問看行星何如

答行星因本無光不能奪目故望之真切即如木星土星天王星皆有小星數个如月隨之而行上星更有二帶纏繞式如雙環亦奇觀也火星之南北二極白如雪之返照意其上定有風霜雨雪如地球然金星

於周歲中若月之每月盈虧消長也

問看月何如

答如小地球然有高山幽谷惟不見有水蓋緣初七八等日月弦望之似平迨以鏡窺之其弦若鋸齒然便知其中無湖海之大澤也

問看日何如

答日面有黑子目視偶能見之若用鏡窺之則人人可見且能繪其形狀計其多寡因而知日亦旋轉如磨並計算其運行之時刻

問映畫幕何物

答映物之影而描繪之也四圍設幕令遮蔽亮光室中黑暗頂上開小窗隔以透鏡其上又斜覆照鏡如有物在甲其影即返照至丙人即按影繪之見三十二

圖

其法漸精

問今之照畫者何法

答凡有色之物被光久照多至退色此人所共知者也至有藥數種見光變色惟精於化學者知之耳按此理數十年前法國有人創照畫之法先將銀片置箱中

以海藍

見化學

薰之於映畫幕中將物影映於銀片

之上其藥感光成影然取出視之不見也以水銀氣

薰之影卽顯現復以礬水 wash 之則常存而不滅矣
嗣有人設法照於玻璃或紙上間有易用他藥者而
其理一也

問照畫之法何益

答畫工之技肖乎物也然精心結構設色渲染未能得
其彷彿者比比然矣何如照畫之簡而真哉傳真遺
像雖年遠猶見其人入君高拱深居豈能徧歷斯土
舉凡宇宙所有無不可入畫圖加以顯微鏡窺之恍
若親臨其地則深宮端拱可作蒐苗獮狩觀矣至官
民有此亦足以廣見聞而資多識如游美景小焉者

照畫
傳真

照畫
印字

耳西國每遇獄囚蒙宥必照其像而存諸案牘儻怙
惡不悛再犯易於緝捕矣至極大之用則在照字如
印板然名人筆跡照成神氣宛然儻印用極多更有
簡便之法有石名吃墨石以一種墨水書字於紙貼
於石上少頃墨字吃入石中復以墨水刷之其有字
處沾墨無字處不沾與凸板無異也任刷印若干無
模糊之患若用蠅頭細楷極小字樣筆不能書卽以
照畫之法令其收小成影映於紙上細如無物以顯
微鏡窺之便見放大而真切矣

問各物之有各色何解

光分
各色

答色亦由光化成者也。蓋白光本含各色，因物而分，物有能返照此色，不能返照彼色者，如紅黃藍綠等色，因有紅黃藍綠之光返照故也。至白色之物，其光均係返照，故成白色。黑色之物，全不返照，故成黑暗。問光有幾色。

中西
同義

答西國分紅朱黃綠藍青紫七色，中國分青黃赤白黑五色。然西國七色，大端不過紅黃藍三色而已，其餘皆二色相合而生之也。至中國之五色，白為日光之本色，無光則黑，除白黑二色，亦三色也。惟中國以青為本色，西國以藍為本色耳。

白色
分為
七色

問光分七色，何以試之。

七色
復為
白色

答封閉門戶，令外光由一小孔透入，以三稜玻璃一條遮蔽其孔，光透玻璃，照於壁上，即分七色也。如以紙放壁前，光在紙上，仍分七色。再以三稜玻璃一條遮於紙前，則紙上之光復為白色。蓋光本含七色，各色被折多寡不等，故透玻璃而分為七色也。

八五

問七色合而為白，更有何法試驗。

答其法有二：一用七色細砂，於春白中研勻，仍為白色。一將轉輪之邊，依次按度畫成七色，若令轉運極速，但見一片白色而已。

問、光之各色分合、繪圖形容何如、

答、畫三圈、一上二下、連貫如環、各據中心、無稍偏倚、各圈邊上、皆有二圈之中心、上紅、左黃、右藍、三圈相共、居中之所、係紅黃藍三色合成、卽爲白色、其三圈之內、尙有三處、係二色合成、紅黃爲朱、黃藍爲綠、紅藍爲紫、推之、紅綠合而成白、藍朱成白、黃紫成白、故名相成之色、至紅黃藍謂之正色、朱綠紫謂之間色、見三十四圖

問、光之各色、更有何別、

答、其別有三、蓋以其熱、以其明、以其感而別之也、卽如

七色之內、熱氣惟紅爲甚、黃爲最明、至於感應化物、則不如藍、青、紫三色也、圖中略形容之、見三十五圖

問、虹爲何物、

答、玻璃之能分光者、以其有厚薄之殊耳、不僅玻璃能分光也、他如透光之物、製成薄片、均能現出各色、卽如有石名千層紙、能顯各色、天氣亦能顯出各色、如以平面玻璃二塊、重疊相依、其中卽現各色、因天氣在中、有厚薄之分也、水亦能分各色、如雨後積水、以鐙盞油一滴、令浮水面、卽顯各色、又童子以雨水和松香等藥、吹出氣泡、亦具五色可觀、皆質薄透光之

雨點
分光

故至落雨之後或日光在東薄雲在西水點返照便成各色而為虹與薄片照光分出各色同一理耳問雨點成色更有何解

答如圖中圓圈為雨點光由己而入被折至庚由庚返照自戊而出被折分為七色丁戊為紫光丙戊為紅光蓋紅光被折少紫光被折多故也一點如此點點如此日照之際滿天為七色光惟不能送歸入目耳至形灣若弓非實有此形也因目力所見如此即如蒼蒼之天望之四圍若蓋亦非天之本形可知矣見三十六圖

二虹
並見

問有時見有二虹一上一下一明一暗何也

答蓋光之入雨點有自上而入者有自下而入者故分上下也自上而入者返照一次被折二次是為正虹自下而入者返照二次被折二次是為副虹其上虹色淡者因光多返照一次始送入目故也見三十七圖

虹有
定方

問何時何方始能有虹

答無雨無日無雲則不成虹正南方亦無虹也因日光不能對照之故而在正北方亦少假如冬令日行偏南儻午間雨後北方亦能射影成虹也天頂居中之

所亦不成虹故多在東西午前在西下晚在東其形
灣曲者因目視有遠近之故耳月下亦間有成虹之
時惟其影淡而不明其理一也

問除雲能成虹尙有何處可見

答瀑布冲激之所下濺如雨上蒸若雲儻遇日光映射
常見成虹也又火輪船上出水汽遇冷凝結如雨日
光映之每見有虹隨之而行可知虹並非天地之淫
氣亦無關平吉凶也

空中
成影

問物在地上空中成影何解

答亦天氣折光之故也昔有父子二人各駕一舟於北

隔瓶
倒影

問此理何法試驗

永洋之海面二舟相距百里其子見父舟忽在空際
一正一倒駭以爲怪而其理易解也卽如物之折光
隨其體質之稠稀耳假如海面忽有一層溫和之氣
而在上一層氣尤稠密略如懸鏡無異物光入其氣
而折之則自入望之其影儼在空際映於下氣如物
影在水故倒置而成雙也見三十八圖

答玻璃瓶內灌以稠糖水復灌清水以紙書大字隔糖
隔水窺之字體俱正也隔糖與水相合處窺之其字
便倒矣此因稠稀折光有多寡之故耳見三十八圖

海市蜃樓

問、海市蜃樓何物、

答、洋面之上、忽有城市樓閣人物車馬之形、遙望厯厯如繪、有倏起倏滅者、有許久始滅者、此爲海市、近海處頗多、而山東蓬萊、以及西國意大利海面亦常見之、至蜃樓之說、俗以爲海中有物名蜃、噓氣幻成樓閣之形、其實與海市之理相同耳、

問、此理何解、

答、與上文所言空中懸影無異也、或對岸有城市村落、遙望不見、忽海上之氣、偶有厚薄、一時折光各異、卽見其影在空也、類如陸路郊行、平原廣野之地、遙望

陸地微水

光有二說

如水有源

忽現江河之狀、且有車馬人物、俱甚高大、俗以爲地中風水使然、不知亦折光放大之故耳、

問、以光爲有質者、其說何也、

答、以爲日星等光、均自物而發、如水之有源也、彼江河之水、無涓滴之細、不由源頭漸漸流出、光之質雖微渺、亦無一點不由日星而發現也、

問、以光爲無質之說、何謂也、

光由微氣

答、以爲光之遠射、如聲音之遞傳、必有所賴以行之、聲音藉風颺送、有種至微之氣、異乎天氣、充塞兩間、不獨透過天氣、凡水與透亮之物、均能透過、靜則爲暗、

動則爲光

問此種微氣係由臆度抑有實據否

答議者謂空中若有微氣則星宿運行自應阻礙何以古今來天文家測量星度未見稍差此何故哉而說者以爲此等微氣質極微渺何能阻星宿之巨體至彗星質薄若雲曾經考出二星行度有差至數日之久者是知空中定有阻滯斯爲微氣之據而已

問按是說也光之遠射其理何如

答據云光若有質則照於地上幾千萬年聚少成多應有積蓄矣今則不然卽爲無質可知惟賴空中微氣

似水
揚波

光之
無質
實有
證驗

透光
寶石
致阻
光

而傳非若水之流走實若水之揚波蓋水若動移則必易地水之波浪雖有起伏仍在原處也

問此理更有何法形容使之明顯

答以粗大長繩一頭繫於柱持其一頭而動搖之則如波浪之起伏直達於彼頭非此頭之繩至於彼頭力送之耳故光行之速如彼感而此應然確有此理可知也見三十九圖

問按此理有何異事可徵

答有種透光寶石名杜瑪林如以二石順而疊之光透如常若一順一橫則光阻而暗若究其理蓋因微氣

二光相合
反致成暗

動盪而爲光、其石中隱具紋理如木絲然、光由紋隙而過、二石順依、則微氣仍可動盪而成光、若一順一橫、則微氣碍於動盪、不能發光、故阻暗也、見四十圖

問其二何也、

答、二光相合則益明、盡人而知之矣、有時二光相觸、反滅而爲暗、如於暗室紙窗之上、穿一針孔、令日光射入、映於壁上、以銅絲一條橫遮小孔之內、其影映壁、放大若干、惟其影不一、黑白相間、若究其理、正如二聲成啞、詳見音學二浪成平、蓋二浪相並、本應加高、乃此浪之起、正值彼浪之伏、故相並而反成平水也、見四

十一圖

光音相似

問、光與音聲相似何如、

答、不第二光成暗、二聲成啞相似也、光之有七色、聲之有七音、亦且同數而同理、卽如音由天氣而發、光亦由空中之微氣而發、天氣動盪之疾徐、分爲七色、按各色疾徐之數、可綜核之、如前圖已戊丁俱係暗處、其間皆明處、二處離物所差、卽光浪之長也、各色之光、均可按此而計之、其長短如二十五、二十四、二十二、二十一、十九、十八、十七之數、此自紅光算起、至紫光爲止、其光浪愈短、動盪愈疾、卽如紫光動盪二十

論
光

五次紅光動盪十七次矣其餘仿此蓋以一寸分而爲一百萬小分紅光之浪佔二十五小分紫光之浪只佔十七小分也須以顯微鏡考之見前圖

問冷光何也

答如燐火螢火明珠之類上文已言之矣朽木腐草亦常見之潮溼之所遇有朽骨亦有之卽俗名鬼火是也實物化之濕氣耳有種藥名光藥磨之輒亮置瓶中搖之亦能發光南方海面夜間波浪激動若火焰然因水中有小蟲類螢體中隱蓄光藥故動盪而爲光也

冷光
實有
微熱

問冷光實無熱氣否

答因熱氣甚少故謂冷光其寔亦微有熱氣也腐草朽水濕潮等物變化亦能生微熱以極細寒暑表試驗可知或以冷光藥日曝之俟熱置暗處則發光若先以光葯令熱雖曝烈日亦不發光因體冷始能受光也若夜光璧先置冰上曝於日雖亦發光倏滅而已旋以璧浸於熱一百度之水中則又發光繼而又滅取出俟冷仍浸水中卽無光矣若水熱較前加倍則璧又發光有多物日曝令熱置暗處則發光者不可枚舉是知冷光亦與熱相係也

光
照
直
斜
令
暖
有
別

問早晚與正午夏日與冬令令暖差甚何也

答日光斜射被天氣阻礙較直照尤多上章略已言過且光之直照則地受光滿足漸斜則受光漸少迨斜至四十五度則受光不過一半幾至九十度則所受之光殆盡故令暖懸殊

卷三火學下章凡一百七問二章共一百八十九問

火學雜問

問設若太陽忽滅或地球失道離遠太陽將見地上情形若何

問古人初時由何而得火其理何如

問火石生火其理何如

問冬時手令以口呵之輒熱茶湯過熱以口吹之輒涼其故何也

問正月買酒精二十升存至六月多至二十一升其故何也

問一室之內有絨衣有鐵器以寒暑表試之其令熱無

殊也、以手捫之、則越似暖而鐵似冷、何故、

問、風吹覺涼、何故、

問、以溫水洗面覺涼、何故、

問、水既不引熱、衣濕則覺冷、何也、

問、熱既不分於上下、天氣又不引熱、一室之內、在上之氣熱、在下之氣冷、何也、

問、寒暑表離火一尺、若升高六十四度、移至離火八尺、將升若干度、

問、髮倫表之一百度、爲百度表之若干度、

問、禦冷暖衾多用湯壺、盛以熱水、何不用鐵煨熱暖之、

此係何故、

問、北海島冷、並無同度之大洲之極冷、南海島熱、亦無

同度之大洲之極熱、何也、

問、張家口距京師偏北、無幾、冬時冷甚、何也、

問、霜之下降、其理何也、

問、地震何解、

問、天之殞石、初落必熱、何故、

問、熱氣雖分多寡、不分輕重、何法試驗、

問、冬令雨雪、浸入石隙、及遇冷成凍、能令巨石迸裂、何故、

問、輿匠加輪上鐵箍、必須煨紅而加之、何故、

問、或曰有人目力甚大、能透石而見、何以辯此言之謬、

問、或曰有人目能灣曲而視、雖牆隅不能阻之、何以辯

此言之謬、

問、以鑑照容、易左爲右、易右爲左、何故、

問、平鑑放平於地、則人影顛倒、何故、

問、以物遮鐙、影射於壁、近鐙則影大、離鐙則影小、何故、

試繪圖形容之、

問、望月較星加大、何也、

問、日月出入之時、望之似大、及中似小、其故何也、

問、透鏡之使物放大收小、如照鏡然、其故何也、

問、白光能分七色、何故、

火學雜問凡三十

三十四 三十五