

格物入門 火學

三

奴 1
1612
8



二奴1
1612
3

第三卷火學

上章論熱氣

熱氣不可無

溯其來源

熱顯為火無熱則冷

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

各物八門
卷三目錄



多子計
全口所藏

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 三火說

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 以滅影度之

光之返照測度方向 水影倒置

論照鏡 平鑑返照

數鑑交照 傳影筭

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

白光分為七色 七色復為白光

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

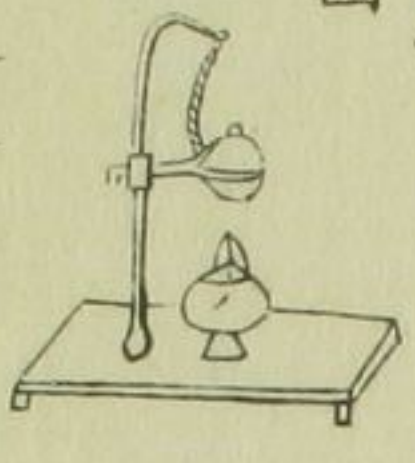
光之無質實有證驗 透光寶石反致阻光

二光相合反致成暗
 光音相似
 論冷光
 冷光實有微熱

光照直斜冷暖有別

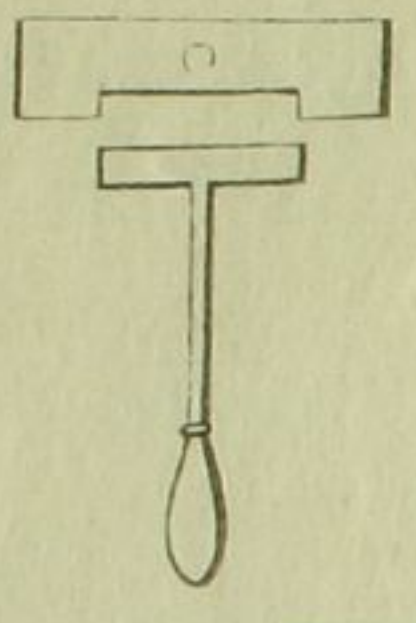
空中為澤
 露重並與
 露重並與
 白晝夜公小色
 水火各意
 照書林員
 中酒何難
 土分何或白黃
 照書林員

一 驗物遇熱則漲圖



鍊球冷過鍊圈熱則漲而不過

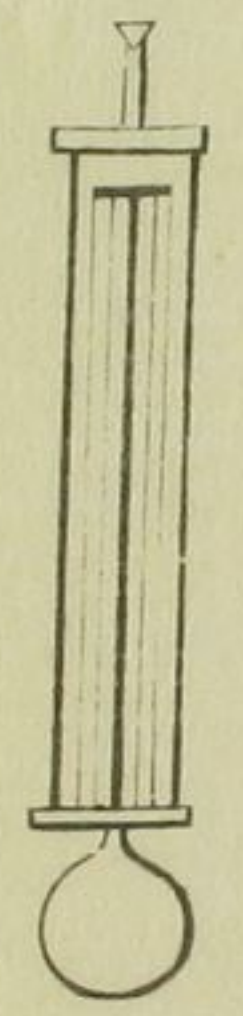
二



鍊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

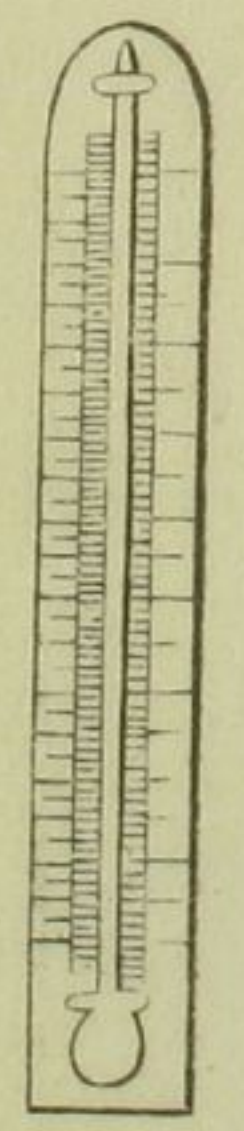


自均鐘擺

以冰銀節之

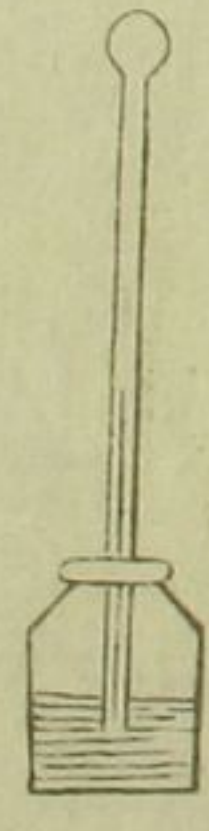
五

寒暑表



以冰銀為之

六 寒暑表



以天氣為之

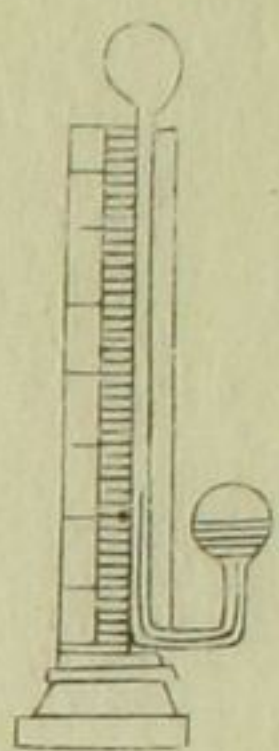
各物入門

火學上章

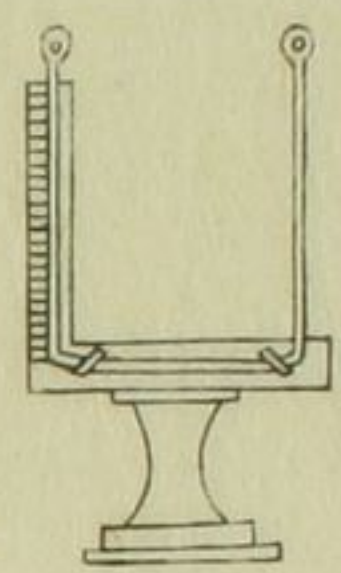
論熱

一

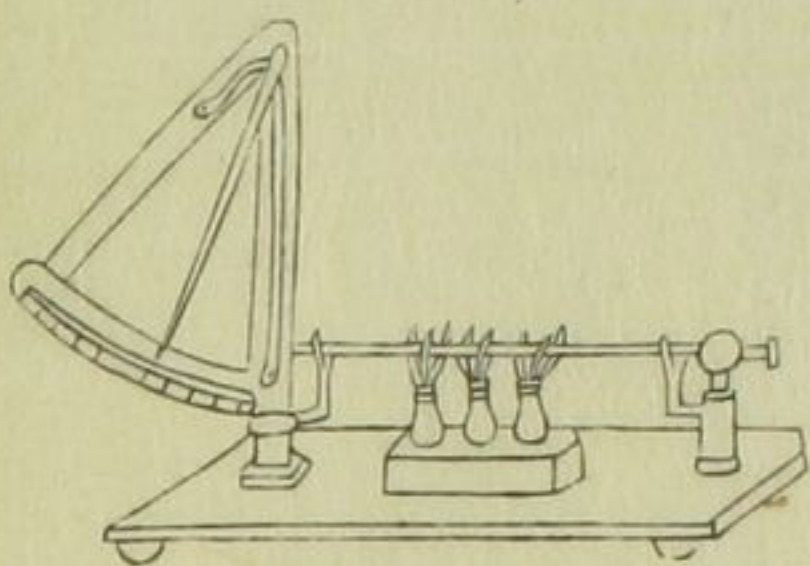
七 雙頭寒暑表



八 同上

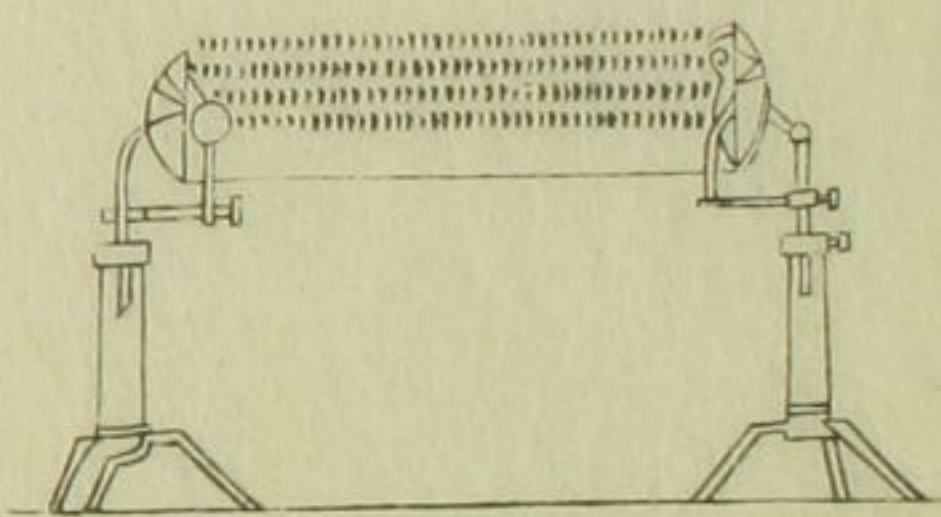


九 熱表
以鏡條
為之



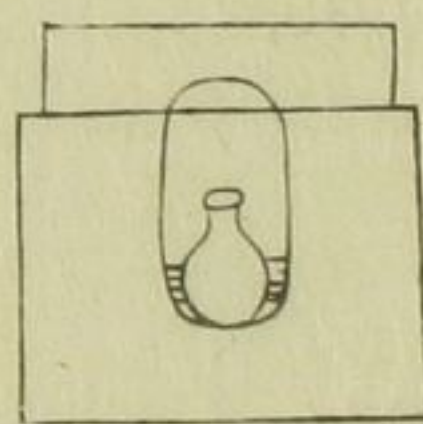
十

四鏡
聚熱
生火



十一

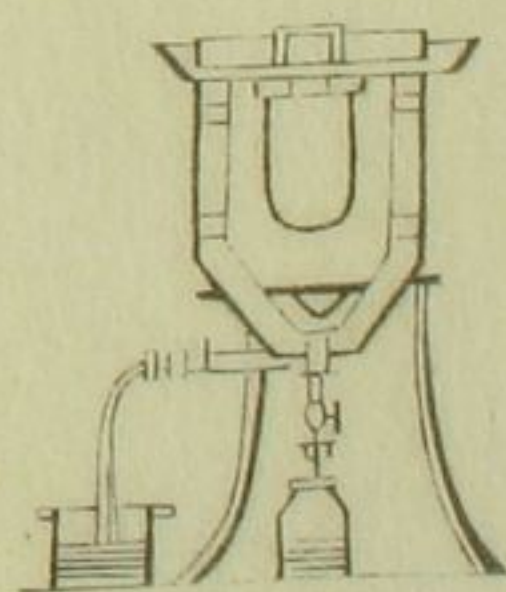
測熱量
之法



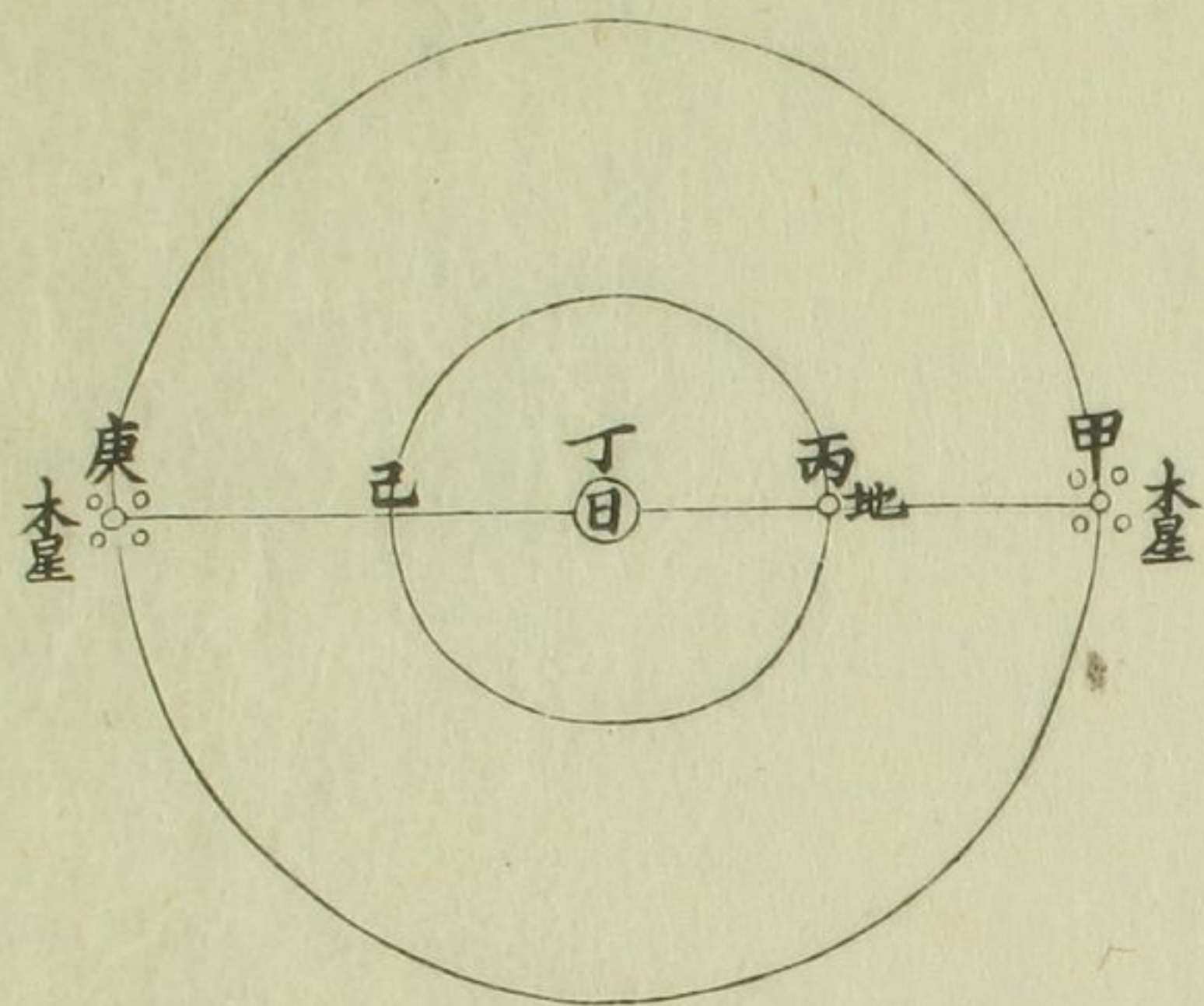
十二
同上

十三

冰使水沸

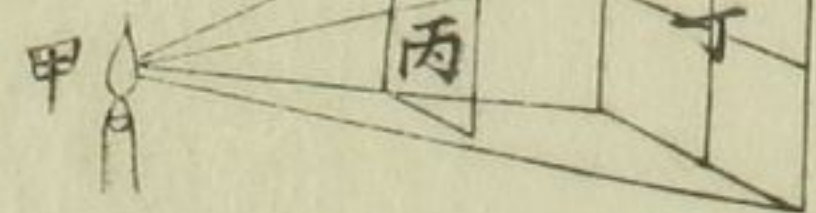


一 先行疾徐圖



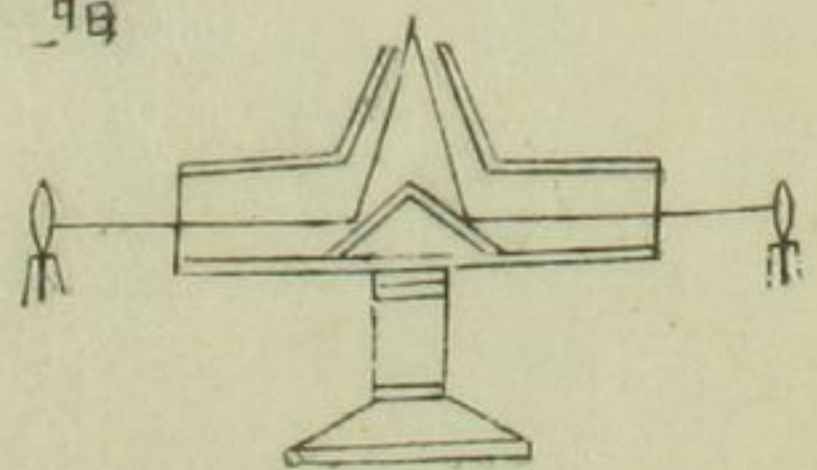
二

光按遠近
分大小圖



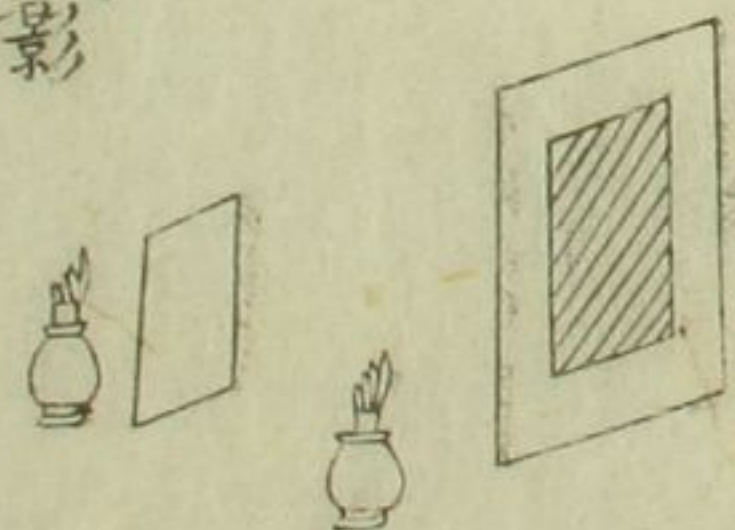
四

以明暗
辨光圖



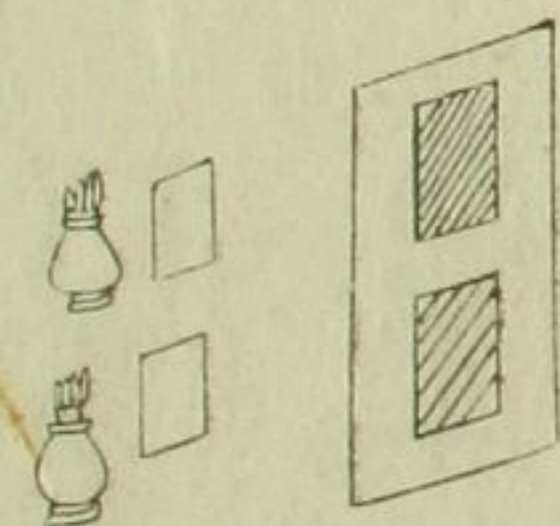
五

以減影
辨光圖

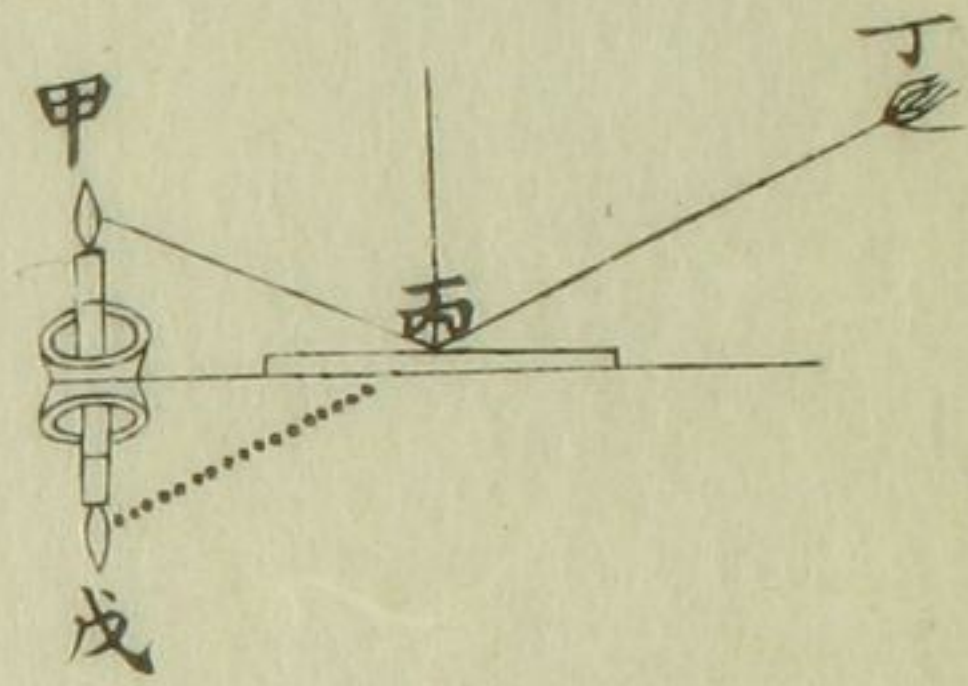


三

以影之淺深
分光之濃淡



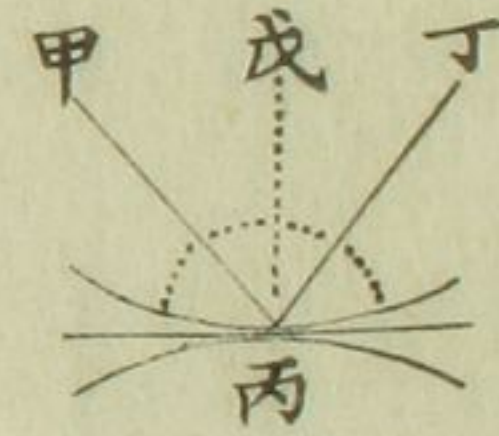
六 返照方
向圖



七 樹影水中
倒置圖



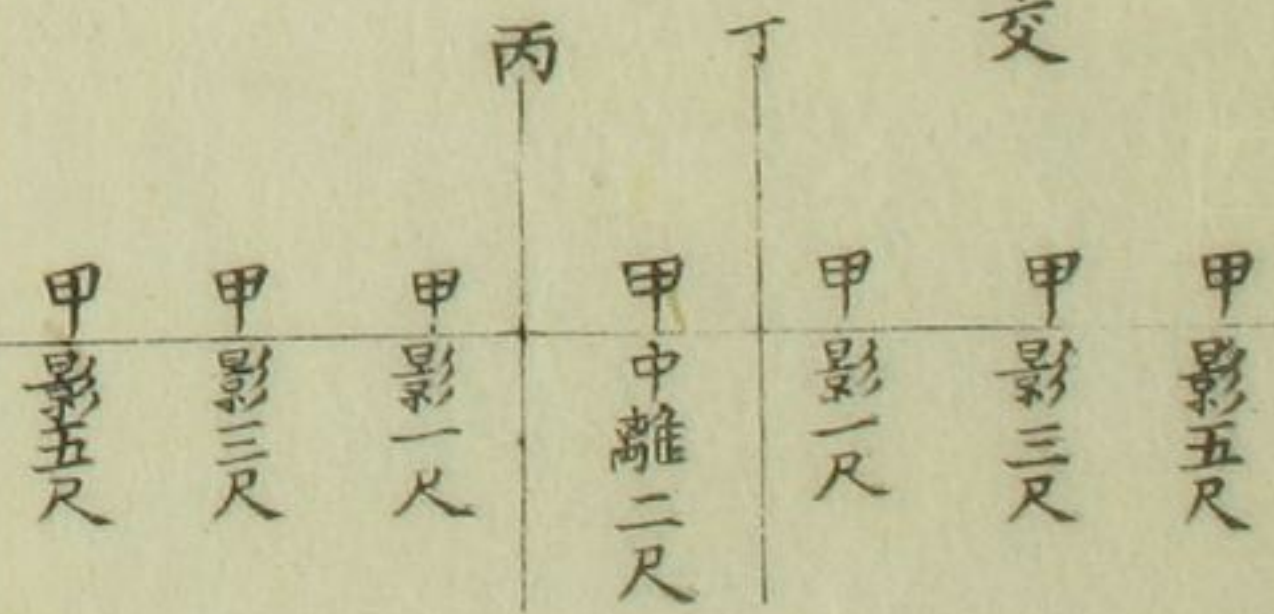
八 直射返照二
角均勻圖



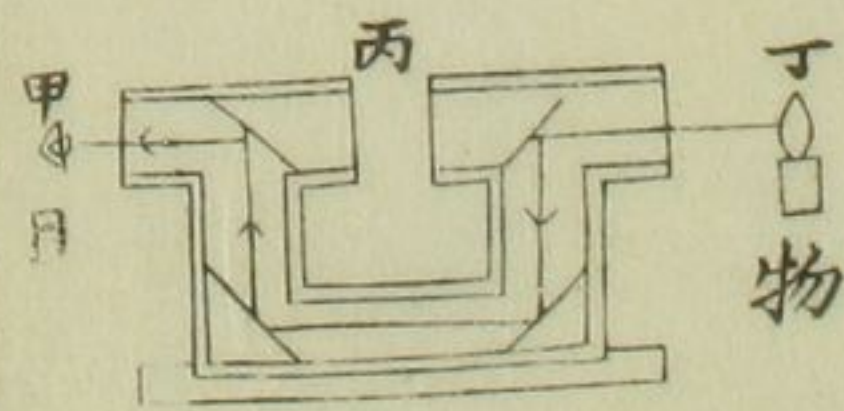
九 側鏡照物
影側加倍圖



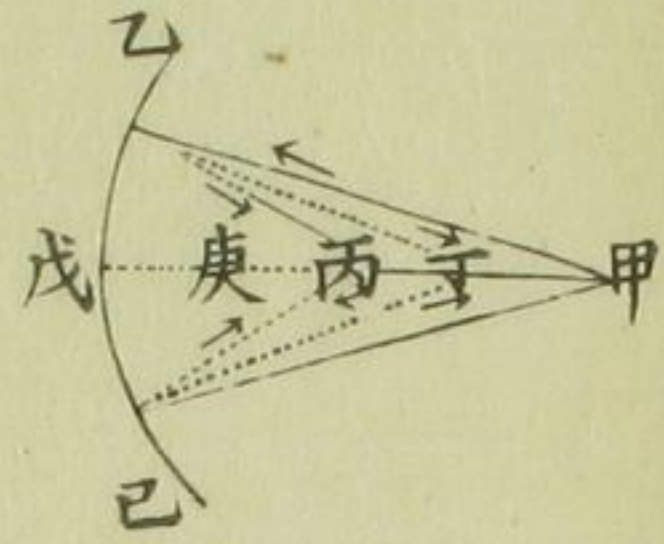
十 平鏡交
照圖



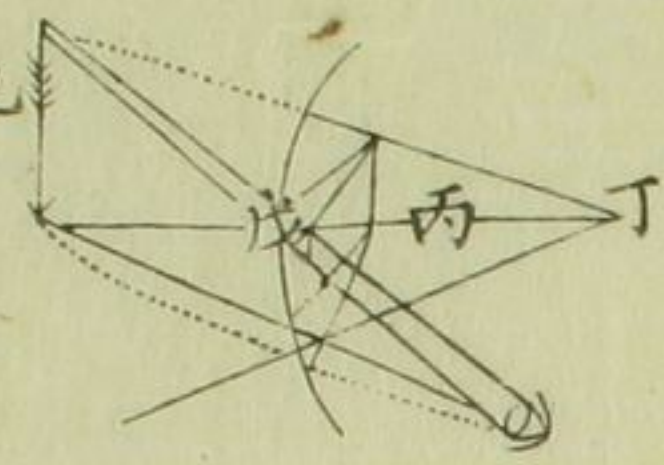
十一 傳影筒



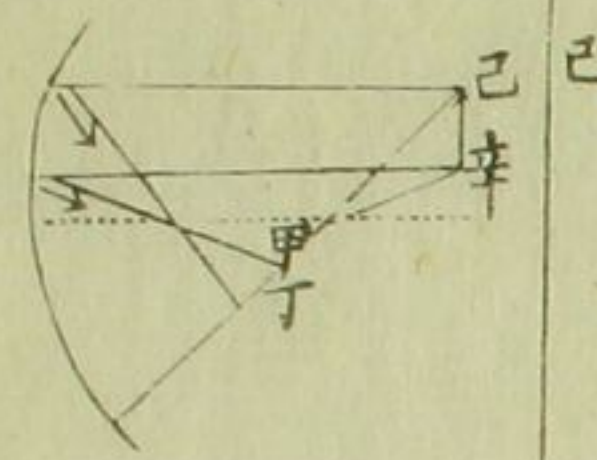
十二 凹鑑返
照圖



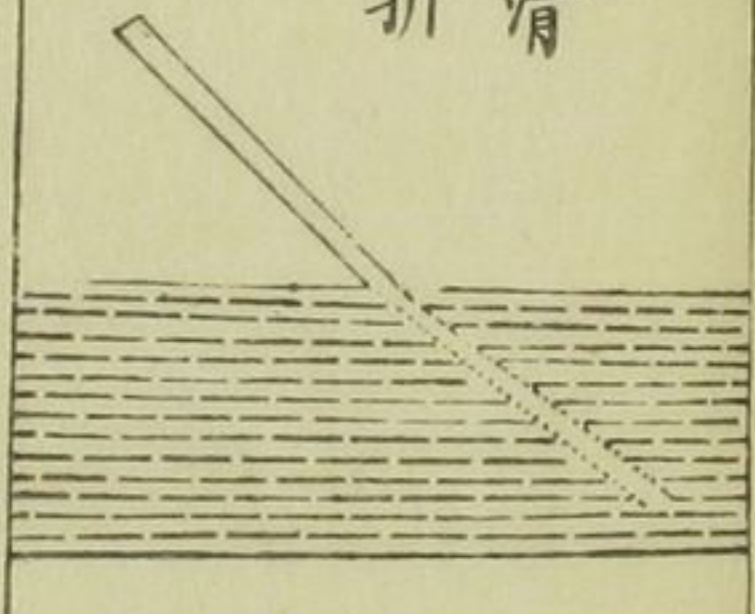
十三 凹鑑成
影圖



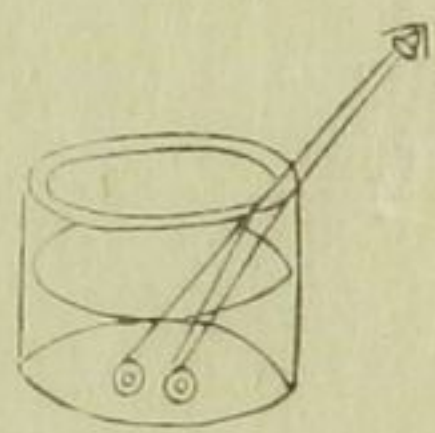
十四 奇鑑成
影圖



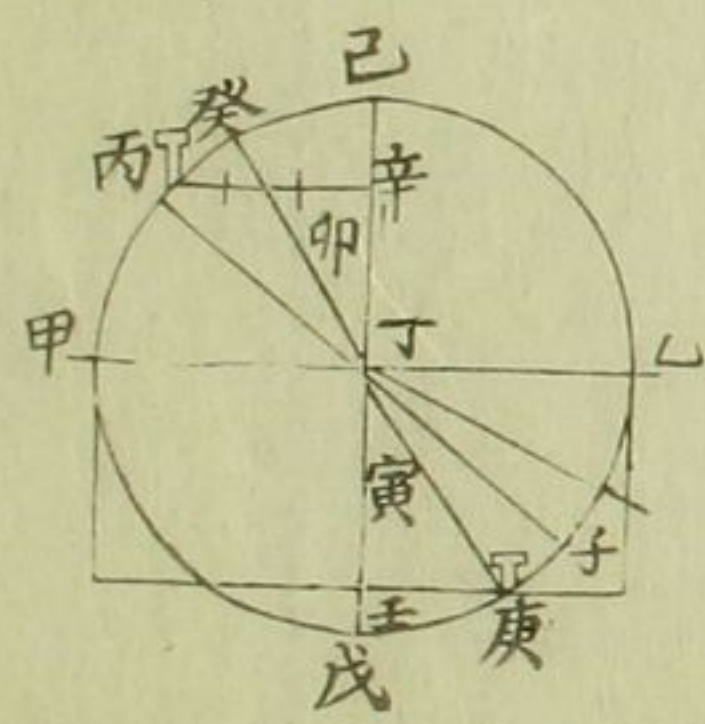
十五 直竿斜入清
水視似被折



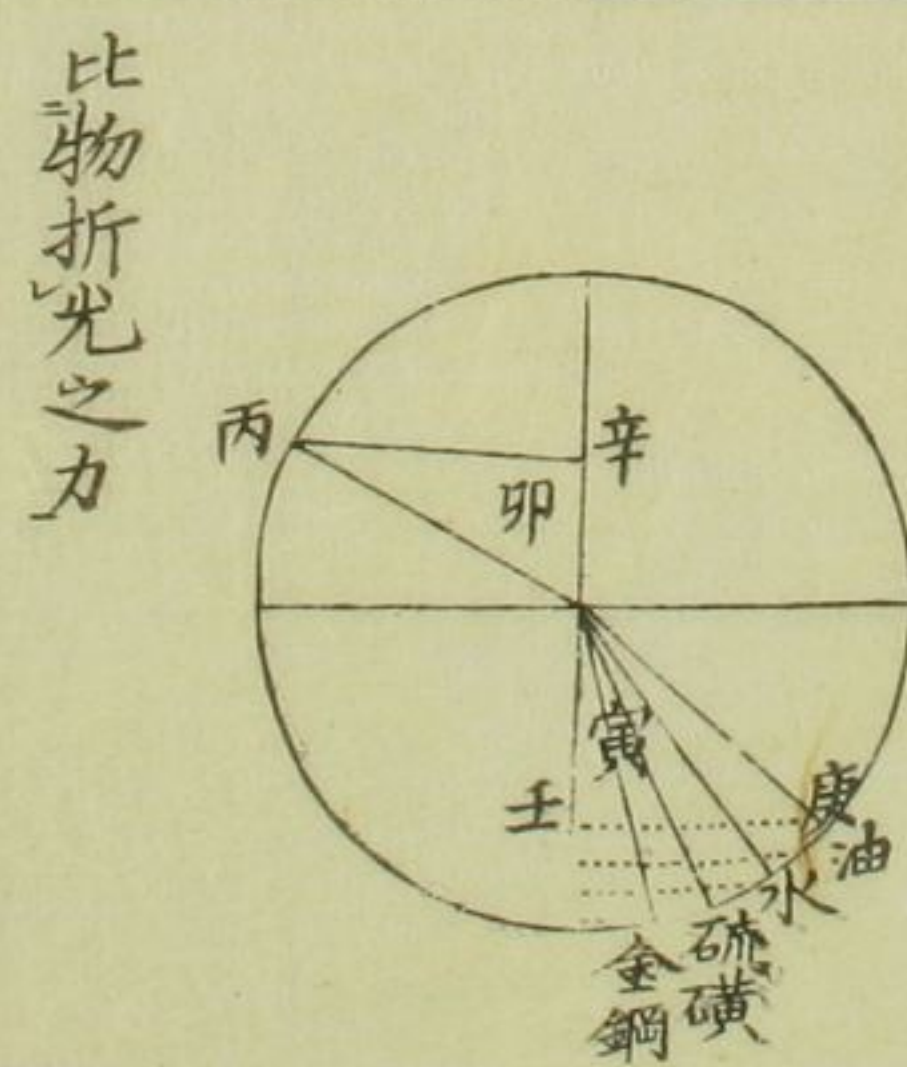
十六 錢在水底
似浮而見



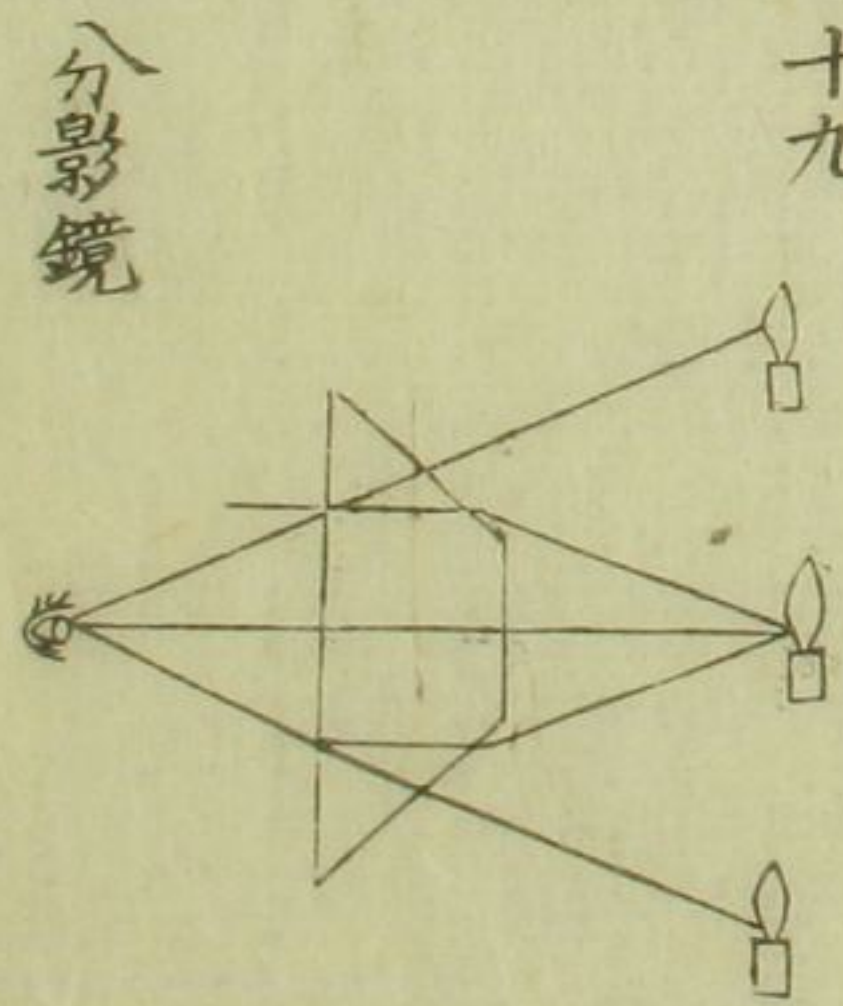
十七 光被折
方向圖



十八

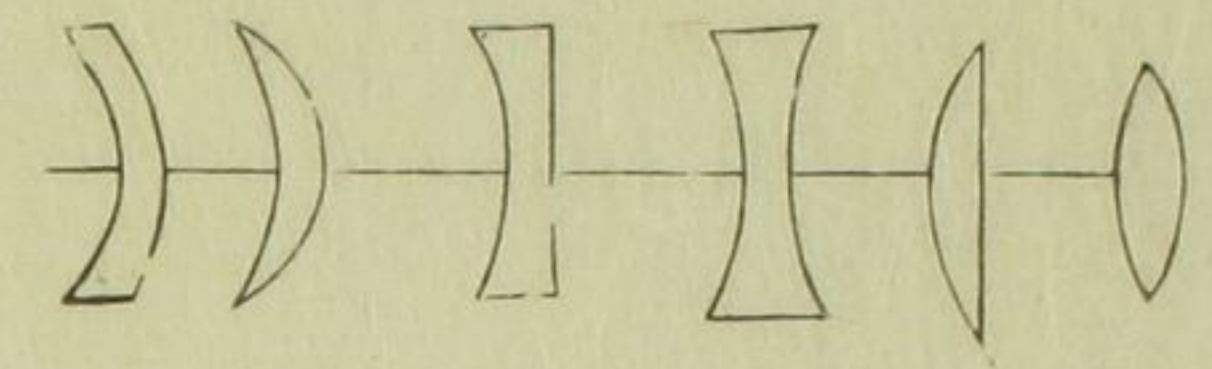


十九

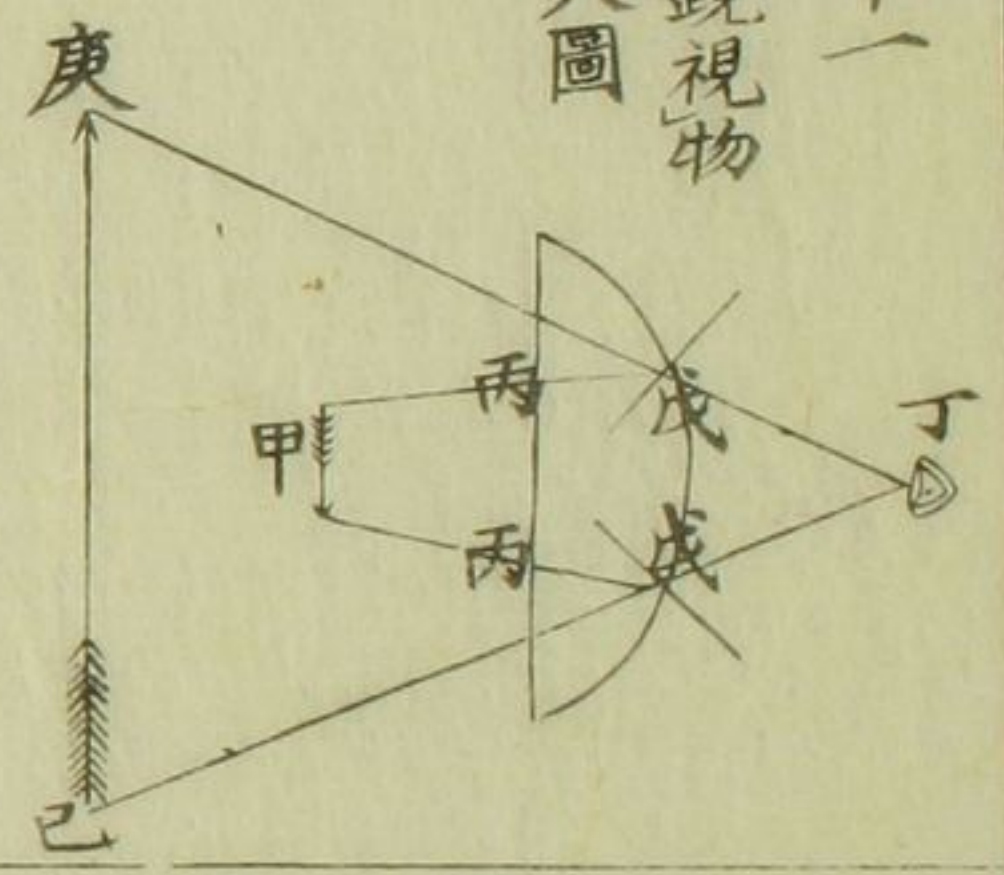


二十

透鏡各式

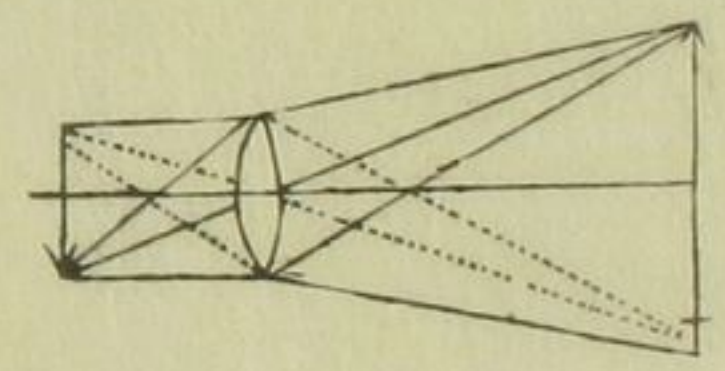


二十一
凸鏡視物
放大圖

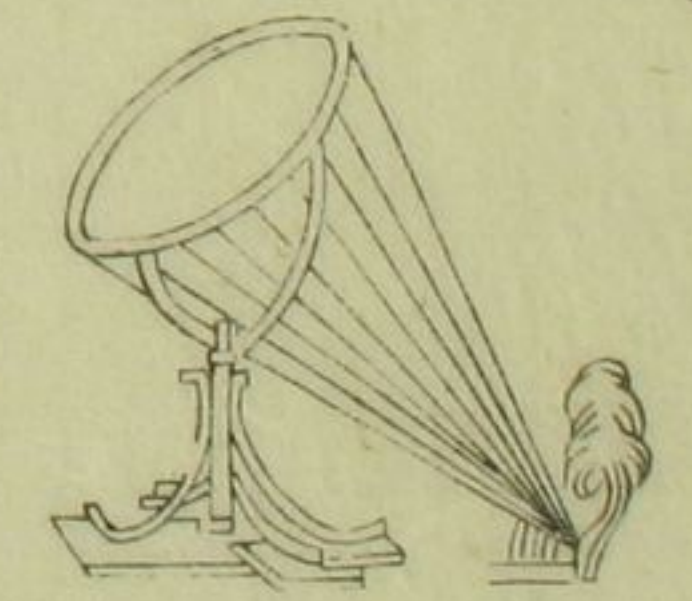


二十二

凸鏡成
影圖

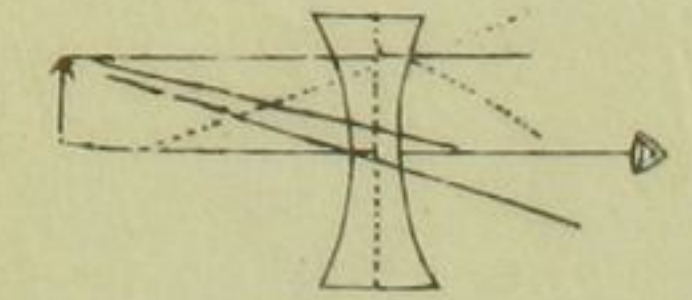


二十三
大鏡取
火圖



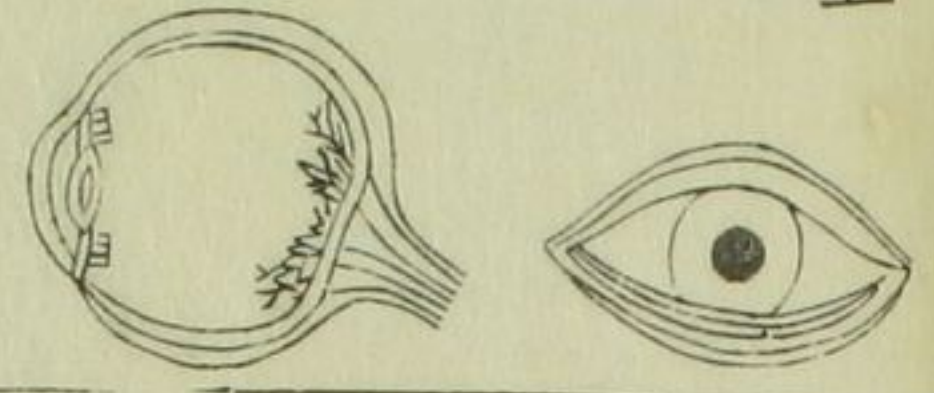
二十四

雙面
凹鏡



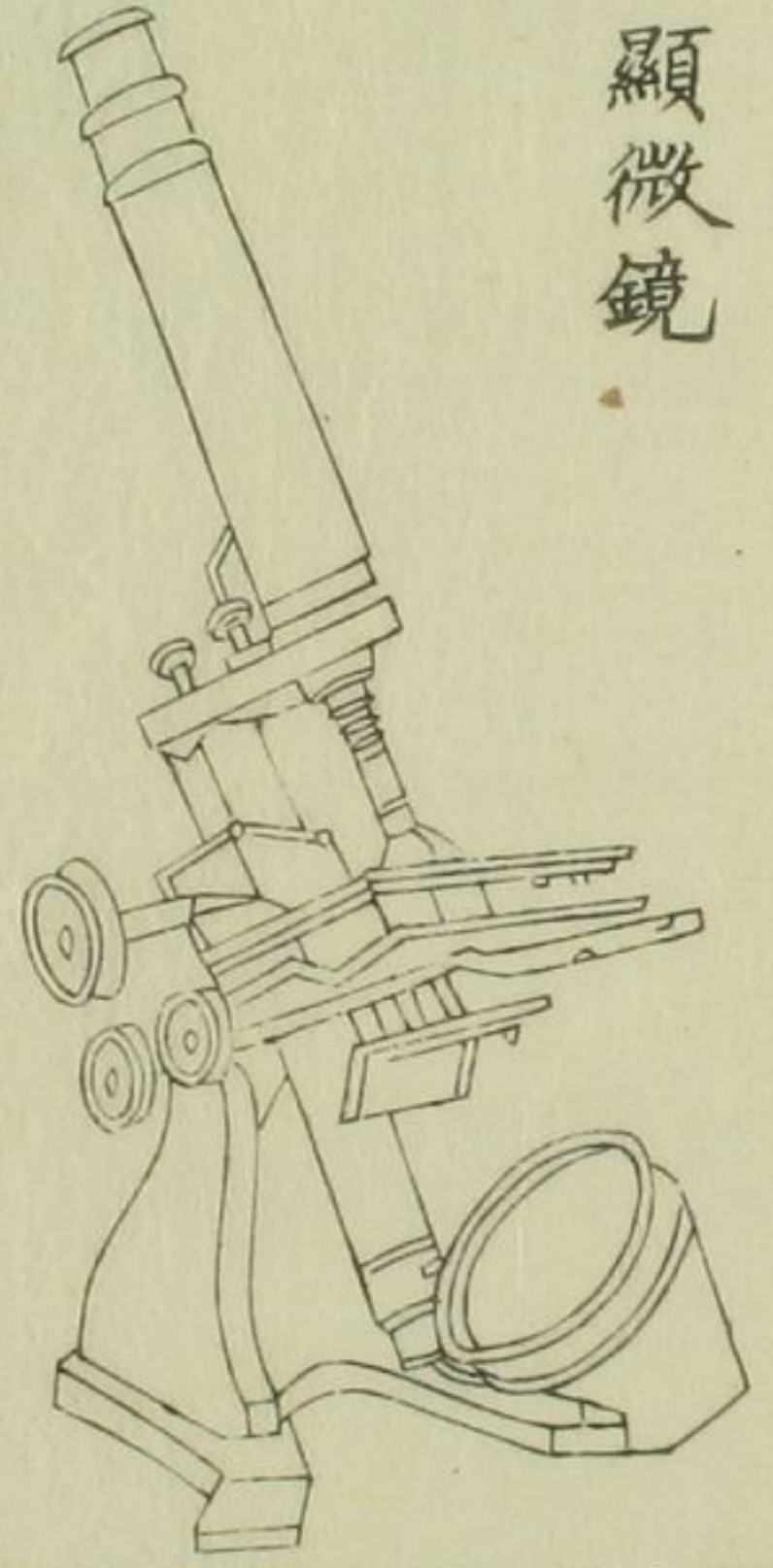
二十五

眼目
內外



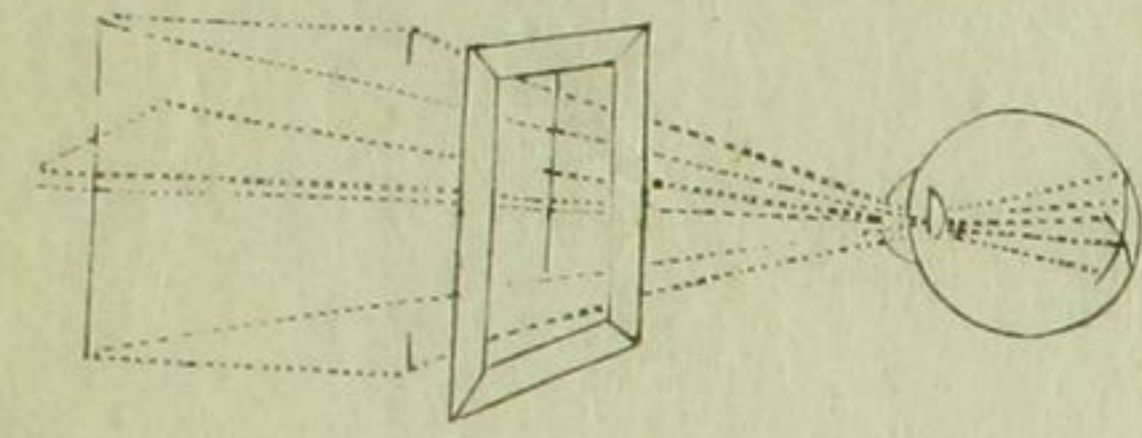
二十七

顯微鏡



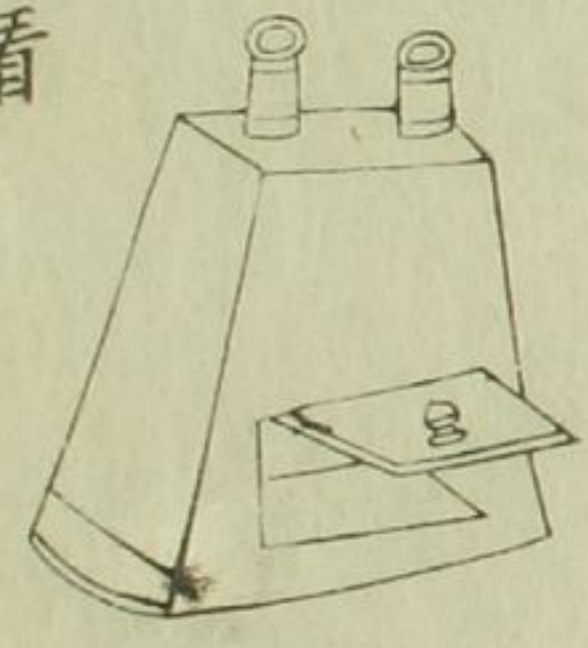
二十六

外光
入目
成影
圖



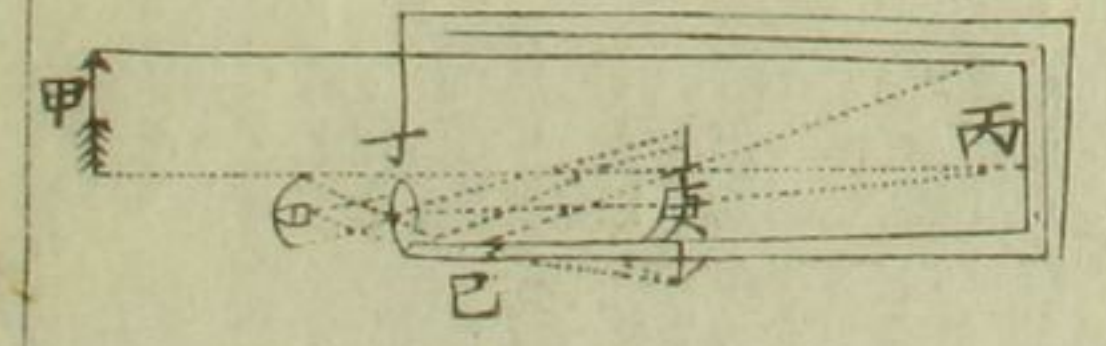
二十八

雙眼
看
畫鏡



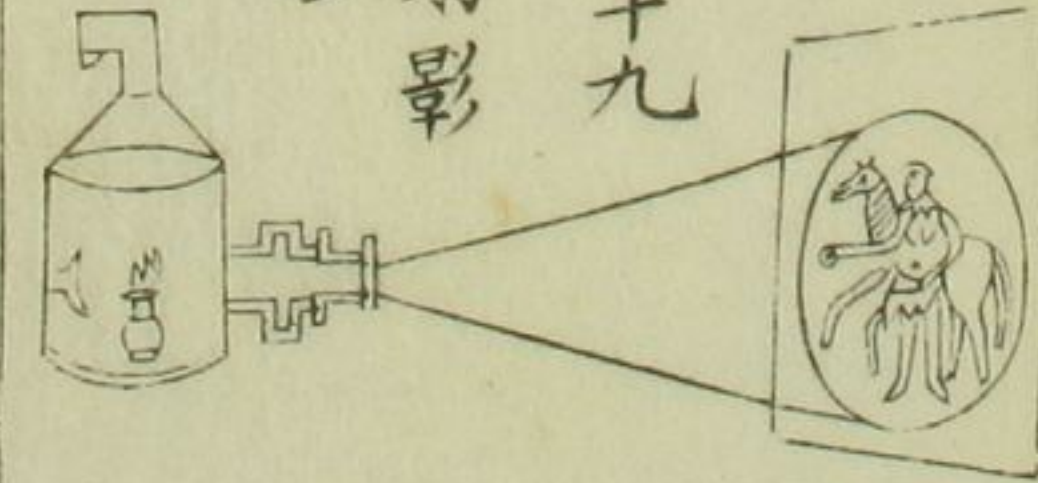
三十

返照
遠鏡



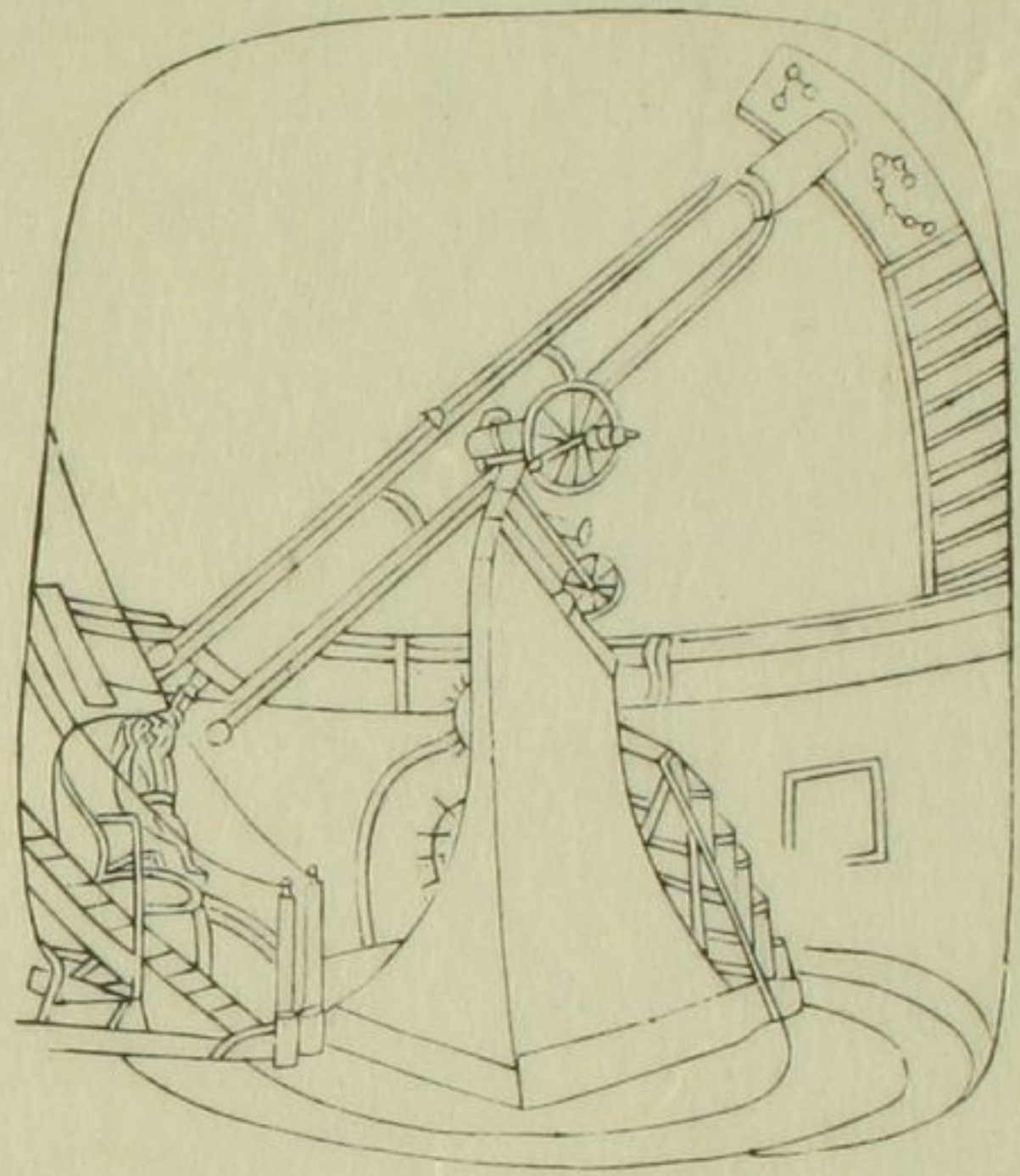
二十九

射影
燈



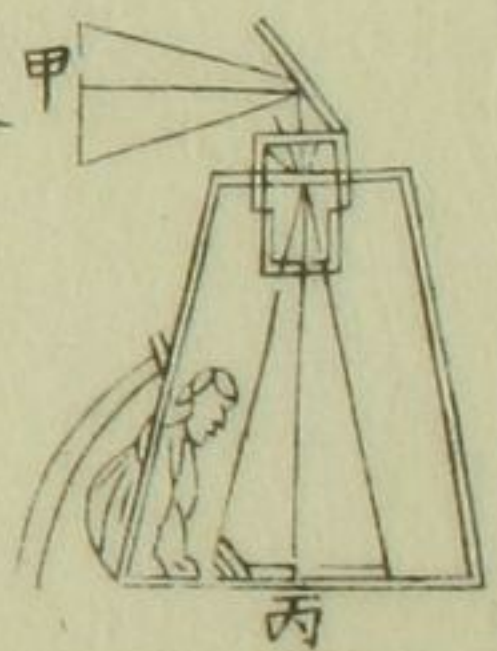
三十一

折光
遠鏡



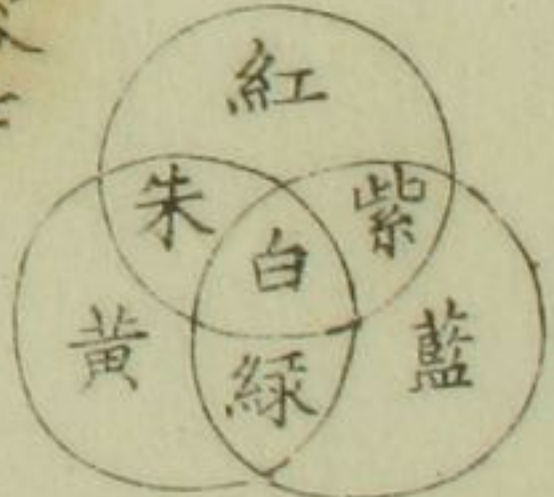
三十二

映畫幕



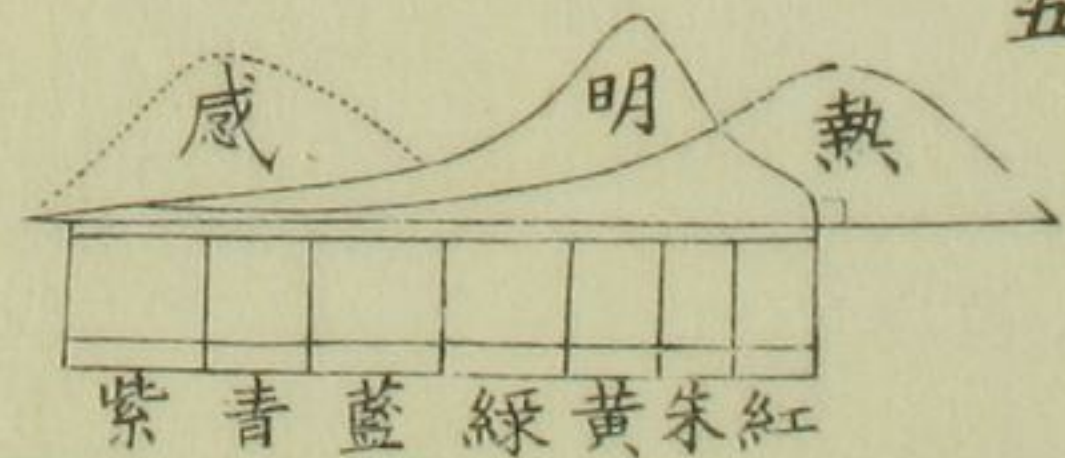
三十四

形容七
色圖

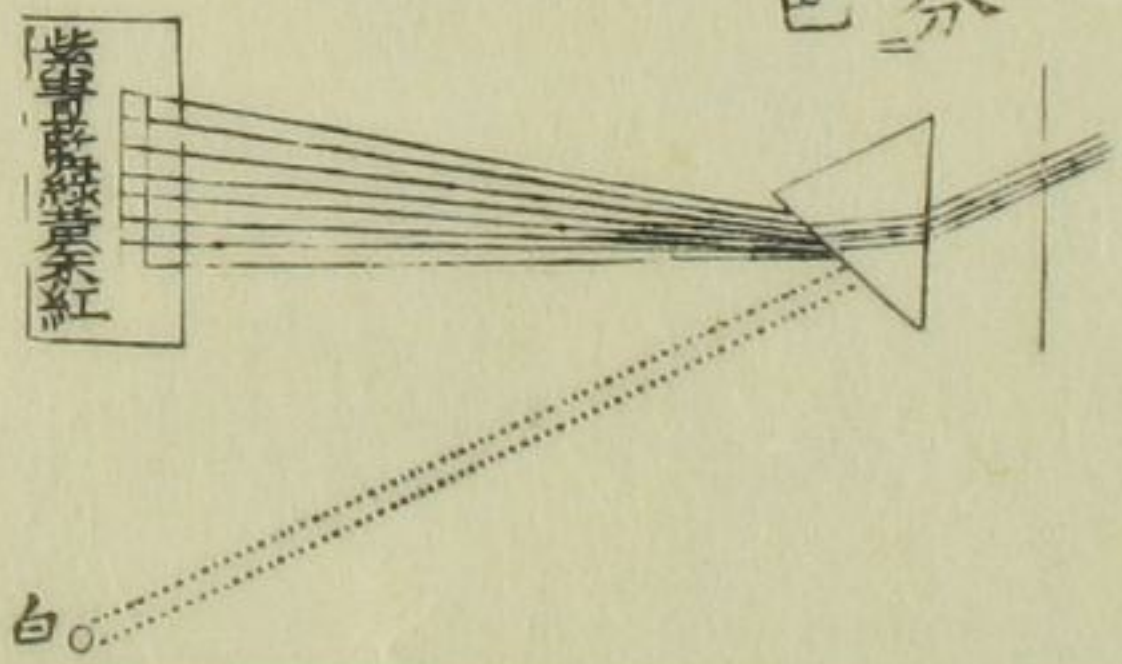


三十五

七分色
明感熱

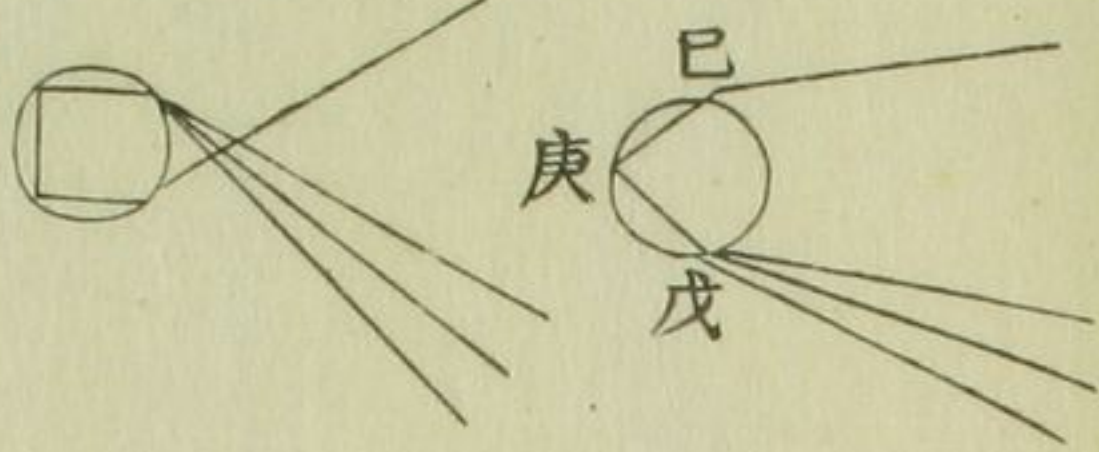


三分七
光色圖



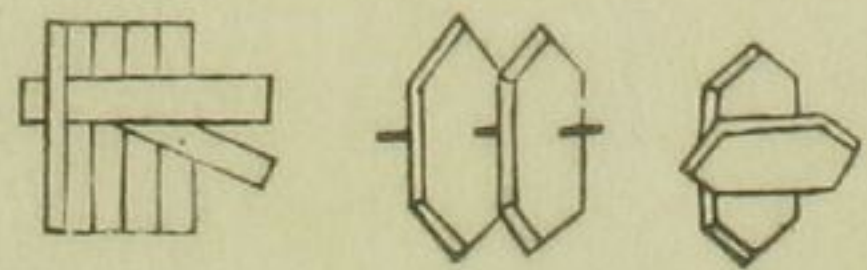
三十六
雨點折光
成虹圖

光有自上而
入者光有自
下而入者故
成二虹

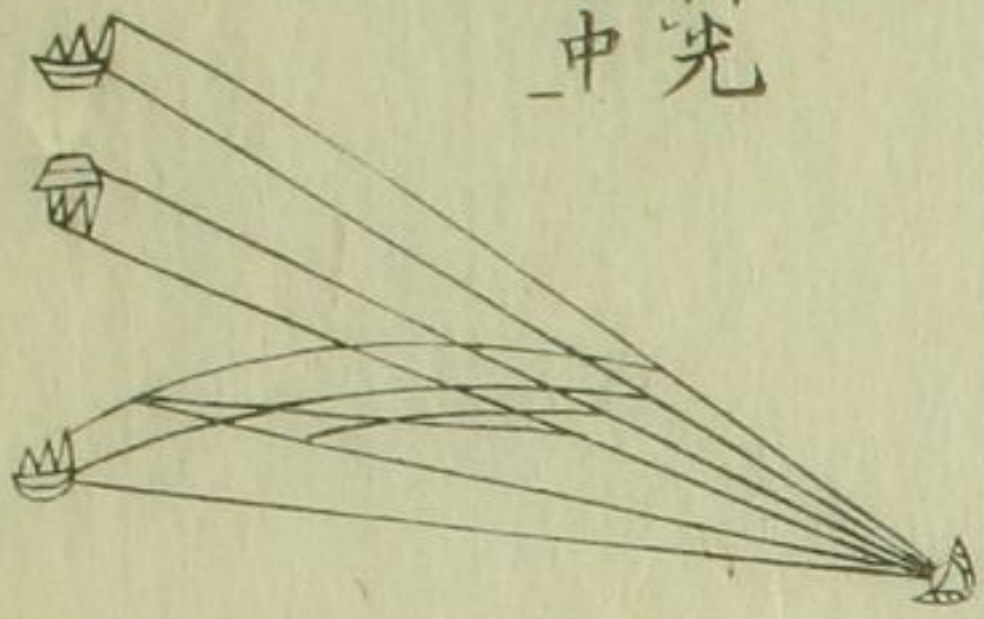


四十

二寶石
順則透
光橫則
蔽光

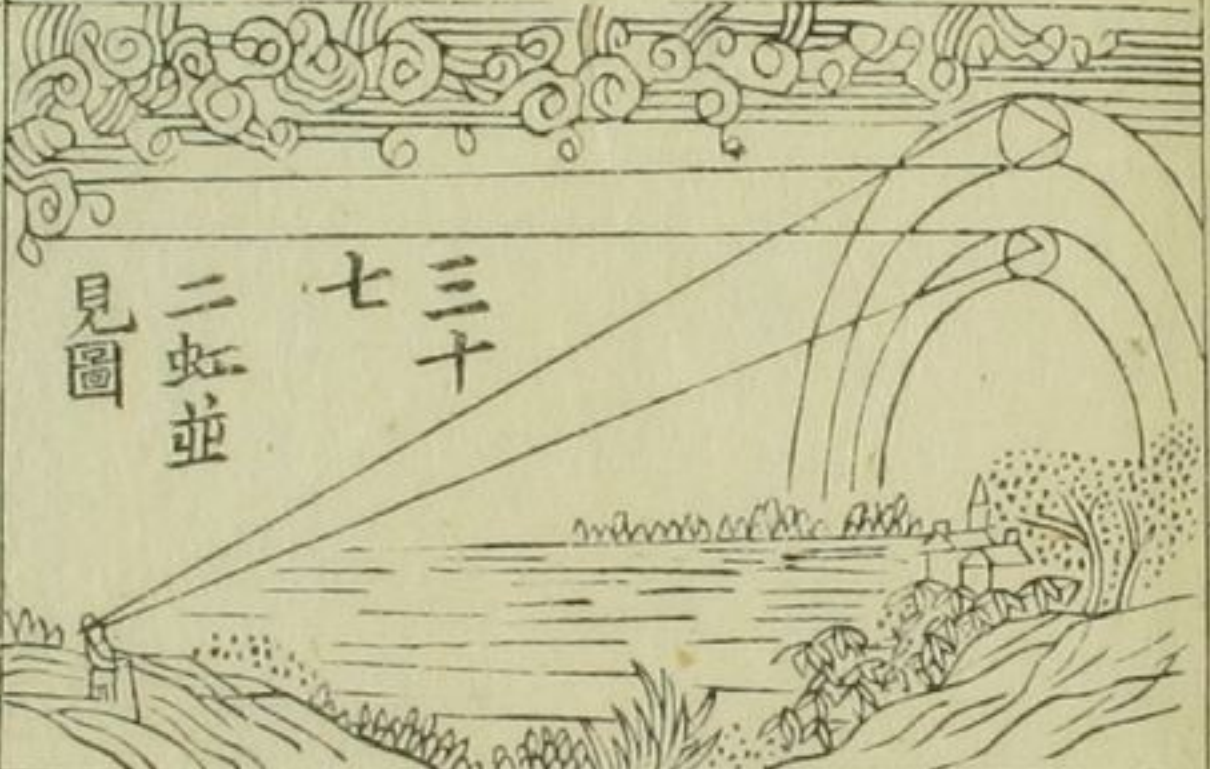
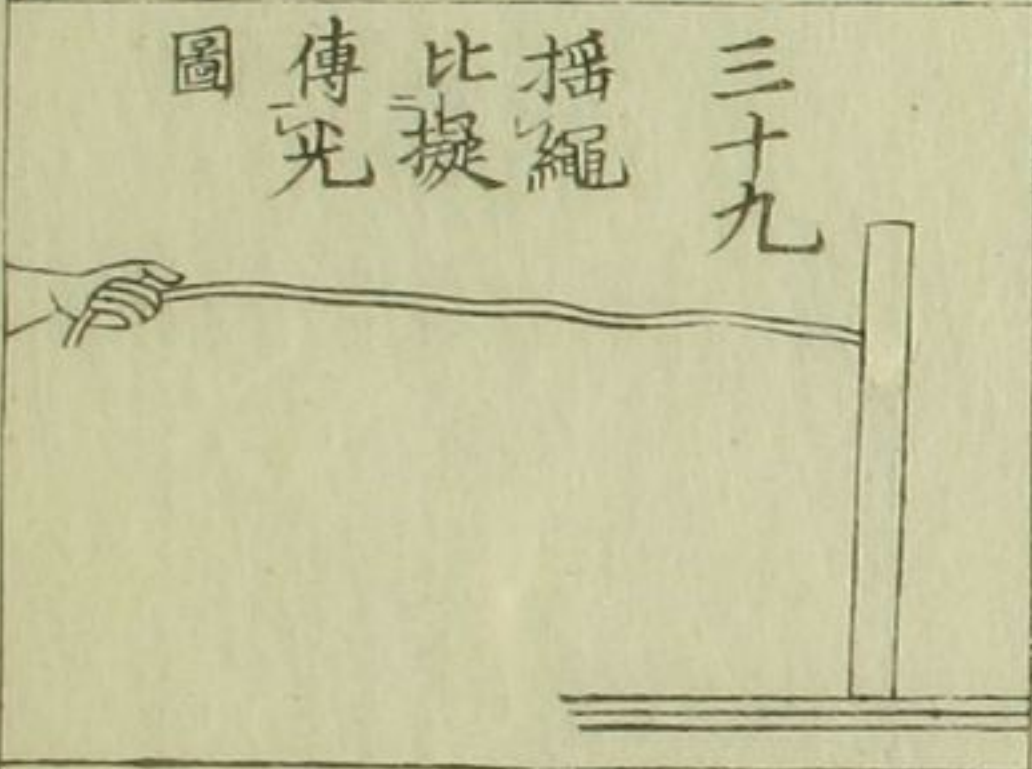


三十八
天氣折光
物見空中



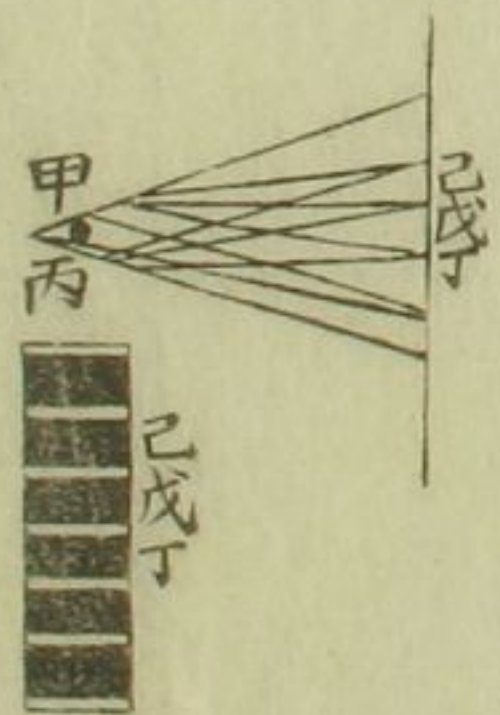
三十九

搖繩
比擬
傳光圖

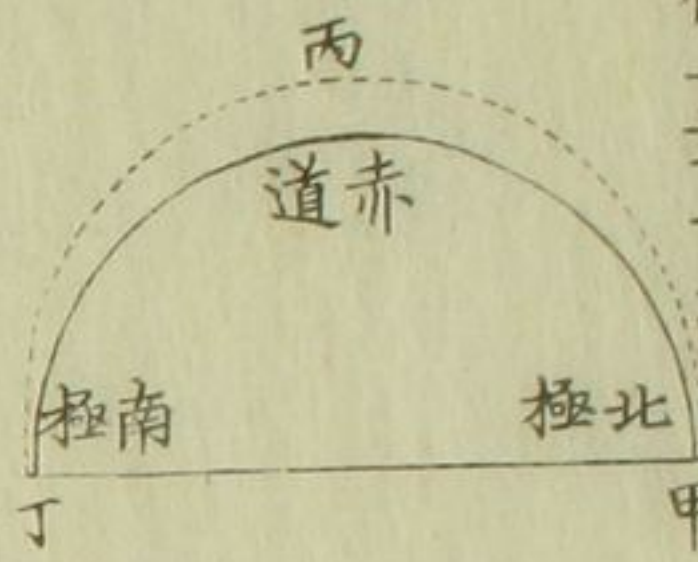


四十一

二先生
暗圖



補上章十五圖



第三卷火學 美國丁韞良著

上章論熱氣 而主熱之極 而主熱人之

問熱氣何物

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

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

熱氣不可無

溯其來源

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、即

如火光以玻片隔之、光透而熱阻矣、以鏡片隔之、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、即如柴薪生火、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、無熱即冷、則冷非另一物也、明矣、即如光之為物、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，間不容髮，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，於擺條之左右，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

表式

凝矣 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

表倫

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、

自記表

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管中酒精縮退
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

而落矣

熱表

問熱表何物

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
以度數復以鐵條一頭與針尾相依下熱以火鐵條
遇熱微漲便將針尾觸動移開少許其針尖觸動彼
針之尾而彼針之尖即移開更多假如先移之針尖

物因
冷而
漲者
有之

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條下蒸以火遇熱則乾而縮與鐵相反而同用究不如鐵條之準耳

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為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至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殞矣

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即向之而流以補其缺又如風在空際遇薄稀之處則鼓盪之矣即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

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

熱氣發散

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

引熱散

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

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

不引
則引
暖

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錮
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

引熱
不分
上下

問熱氣分於上下否

格物入門

卷三 火學上章

論熱氣

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

外射熱氣

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

返照熱氣

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即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即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

之熱亦能使之聚於一處，凹鑑置於鍊爐之前，雖不見光而中心即覺甚熱，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，火藥即然矣。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。即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、

以熱形

問、此三類能變形否、

其法有二

答、能互相變化者居多、如水之凝而為冰、蒸而為氣、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、化為流動之物、再加熱氣、即

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，既爲熱解，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，既化復凝爲堅，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

無熱化形 增減自

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磺精置其中雖天寒令水結冰而磺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

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磺精浸透之棉包裹置於吸空罩內其磺精因化氣散開甚快將見表內水銀下退

俄頃成冰

問其^五三何也

答以二盤一上一下以架隔之上盤盛水下盤盛磺精並置吸空罩內其磺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水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為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為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為堅實熱自生矣

各物
喫熱
其量
不同

問其三何也

答以鉛置於磺強水內亦能滾沸如水之遇灰是熱氣亦由磺水而出也

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即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即有餘溢出矣由小放大其本熱即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

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、此亦水與熱加倍之驗也、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、可見水與熱較銅加十倍矣、蓋銅失熱二百二十八度、止能加水二十五度之熱也、

永冷水滾

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南北黑道之冷帶有二

赤黑之間温帶有二

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

光斜射故温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

各地冷熱之故

五帶冷熱之故

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、

須小山、方有積雪、及至溫熱二帶、則非極高山上、不常見積雪也、即如圖中甲丁為二極、丙係赤道、由甲畫綫至丙、必漸漸高起、此即各處山頂結冰之冷、則丙與甲丁、其冷惟均、此綫即名恒雪綫、於赤道結冰之冷、約須十里高也、至於各地、南北度數相同、其冷熱不能均同耳、各地之氣候地理書詳之 見十五圖

漸按無十五圖今效木

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

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為據也蓋地中之氣偶塞不通即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為溫泉從此推算至百

地中之火

地中之熱

里之深則盡為火矣

問地中之火何自昉也
答格物家推測以為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為先也

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

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，即熱熱即有力也。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

力熱互生

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。天有隕石，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。日不獨為光之原，因熱生於日，故亦為力之本也。水流有力，因熱氣不致凝結，風動有力，因熱

力原於日

氣使能漲升，蒸汽有力，雖藉人為，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。

說有

問：熱氣二說何也？

答：一以熱為一物，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。

八十一
問：二說孰是？

答：難辨也，俱有證可憑，但不能包括全備耳。卽如以熱為物之說，以為熱能浸透各物，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？至以熱為非物之說，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，則聲不過為氣之顛，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，似仍以為一物之較便也。

卷三火學上章凡八十二問

問、光之發源有幾、
 答、日為大源、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、

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、

第三卷火學 以下章論光

明源分類

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、

第三卷火學 以下章論光

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

問光行遲速若何

答一杪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

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

光行極速

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既居黃道之中便知日光須八分始能至地卽一杪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已相去無殊也光過已

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

矣即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

答光愈近愈大即如燈燭離物四尺其光若干再近二

尺光即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

答其法有三情之可味其數漸矣外學中常以此法
問其一何也

辨影
之深
淺

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

答以光之明暗分之也即如圖中以木作簞兩頭相通

分光
之明
暗

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、

以減影度之

答、以減影分之也、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、寢至影滅而後已、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

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

水影 倒置

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、^{三十}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、目既藉光而能見、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、

論照鏡

三五
問各鑑之有光心何謂也

答即聚光成影之所也。有光聚鑑前而成影者即謂光心在前。有成影似於鑑後者即謂光心在後也。可因目之所見儼若聚光於後也。

平鑑
返照

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。如戊丁為鑑面有物在甲乙必成影於辛壬其影比鑑加倍之側。蓋因辛壬已之角較丙丁戊之角加倍度數明矣。側

數鑑
交照

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

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即此理耳。

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

問、傳影筭何物、

答、玩物也、雖以鐵石等物閒其中、儼如透亮、係以灣曲之筭、內置平鑑四面、如圖內兩頭筭中二鑑上下相對側放、上筭中間開口、若日在甲、燭在丁、居中丙處

凹鑑
返照

夾以鐵石木板等類、視之仍見其燭、因傳影入目、若透筭直過、然再將筭之下體遮住、不知者以爲筭中有力、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

問、凹鑑之光心何在、

答、若係球皮之形、則循其裏邊凸出畫成圓式、如成球形、圈中在丁、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、儻其物漸漸移近、則其光心漸漸移遠、不論物

在何處考其成影之所即按上文所言二角均勻之
 理畫綫可算矣即如丁戊為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
為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
顯現如在雲霧中也即如有箭一支在己辛返照成
影乃在甲丁見者咸以為異且有繪奇鬼之狀使現

凸鑑
返照

室中為駭人計者不知者以為幻術寔凹鑑之所為

問耳見十四圖

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
凹鑑之背面儼為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為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

四十

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

灣出水入氣入輕物也見十七圖
由氣入水入重物也

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

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已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徑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

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

有人於北極相近之地以冰鏡取火土人見之駭甚

凹鏡透光

問^五凹鏡視物何如

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

論眼目

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^五目中有何物

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筒然

五十五
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、既度其理、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、即可考察致死之由、亦驗尸之一法也、

問、目中成影、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、眼目為最奇、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

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

目辨大小

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
大也蠅蚋飛近或誤為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

答即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即如寫物書景遠則
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

暗中視物

問獸之夜間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間

善捕之獸如猫睛夜間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
 自大而凸出是以收光易見人按此理遂設法於夜
 間水中均能視也夜間以鏡如千里鏡然有筒收束
 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
 法以長筒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
 水莖草目觀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
 答即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、知為人血、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、

論遠鏡

問、遠鏡何物、

答、能將極遠之物影、放大若近、易於窺測、小遠鏡名于里眼、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、係一筒中、玻璃鏡四枚、理與顯微鏡相似、但鏡不甚凸、

相離亦稍遠耳、有一筒中凸鏡二枚者、一在近目之處、一在筒底、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、

返照遠鏡

問、侯氏返照遠鏡其式何如、

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、筒內濶七尺、長五十六尺、重十四噸、十六石 爲一噸 見

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、其鏡筒重五千觔、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、大遠鏡看恆星何如、

答、恆星本有自發之光、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、土星更有二帶纏繞、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

論照畫

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

今問今之照畫者何法

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

格物入門

卷三

火學下章

論光

三

薰之影卽顯現復以礬水礬水洗之則常存而不滅矣
嗣有入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
像雖年遠猶見其人人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

格物入門

卷三

火學下章

論光

星

中西
同義

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？
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

七色
復為
白色

問、光分七色，何以試之？

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。

八十五
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即為白色其三圈之內尚有三處係二色合成紅黃為朱黃藍為綠紅藍為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閒色見三十四圖

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即如

七色之內熱氣惟紅為甚黃為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

問虹為何物

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即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即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鏡盞油一滴令浮水面即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

論虹

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

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

空中成影

冰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
而折之則自人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

問此理何法試驗

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

隔瓶
倒影

海市
蜃樓

九十五
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為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為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即見其影在空也類如陸路郊行平原曠野之地遙望

陸地
假水

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為地中風水使然不知亦折光放大之故耳

問以光為有質者其說何也

答以為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

問以光為無質之說何謂也

答以為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為暗

光由
微氣

動則為光、此種微氣係由臆度、抑有實據否、

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

者以為、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、斯為微氣之據而已、

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

似水揚波

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

光之無質、實有證驗

透光寶石、致阻光

動盪而為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

二光相合反致成暗

答二光相合則益明盡人而知之矣有時二光相觸反滅而為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即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為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即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為止其光浪愈短動盪愈疾即如紫光動盪二十

論冷光

五次紅光動盪十七次矣其餘仿此蓋以一寸分而為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即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為光也

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即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
冷暖
有別

問早晚與正午夏日與冬令冷暖差甚何也

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冷暖懸殊

卷三火學下章凡一百七問二章共一百八十九問

火學雜問

一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

問冬時手冷以口呵之輒熱茶湯過熱以口吹之輒涼其故何也

五問正月買酒精二十升存至六月多至二十一升其故何也

問一室之內有毳衣有鐵器以寒暑表試之其冷熱無

殊也、以手捫之、則毳似暖而鐵似冷、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、為百度表之若干度、

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、易左為右、易右為左、何故、

問、平鑑放平於地、則人影顛倒、何故、

問、以物遮鏡、影射於壁、近鏡則影大、離鏡則影小、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

火季錄曰其三十

問白長踏衣子色研好

問發難之好研好大外小取照難然其好研也

