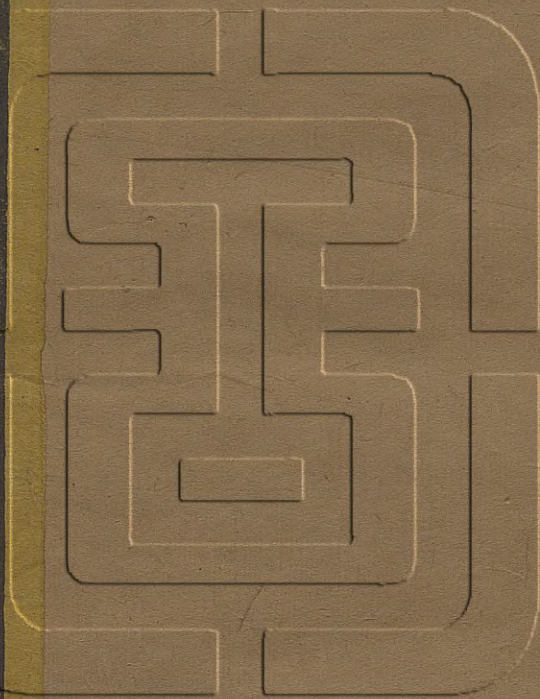


增訂格物入門

卷四

科10
9956.3
=4

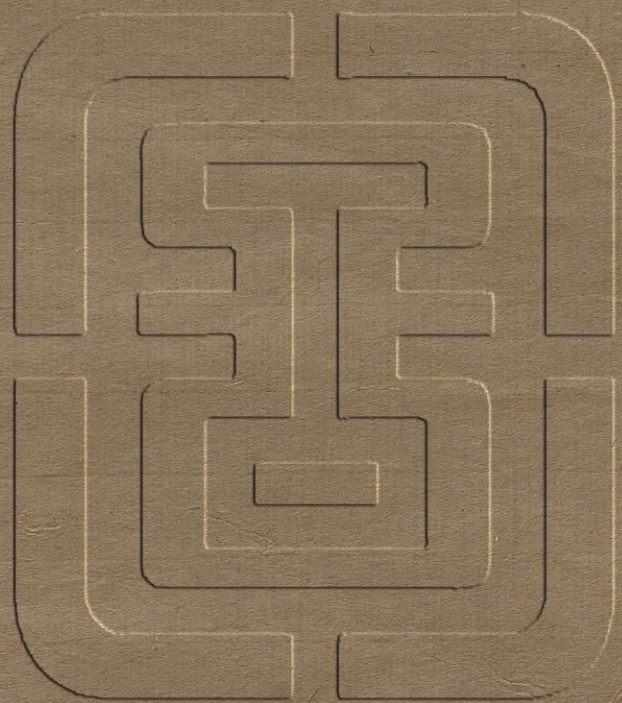


17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45

增訂格物入門卷四

人
文
字

美國丁韋良著



炎緒己丑
仲穉同文
館集瓊板

增訂格物入門火學卷四目錄

上章論熱氣

論火學

熱氣體物不遺

熱氣大原

熱生於電

熱生於二物磨擊

熱生於相合變化

拆分光熱顯著

火即熱之顯著

物分冷熱之故

各質遇熱增漲

鐵遇熱增漲

冷熱漲縮之度

防鐘擺漲縮

寒暑表

水銀寒暑表

酒精寒暑表

天氣寒暑表

雙頭寒暑表

自記寒暑表

自記寒暑表又式

百度表

八旬表

法倫表

寒極

熱表

物不能皆熱漲冷縮

金屬凝結增漲之用

水凝結增漲利益

物引熱不同

引熱之物

不引熱之物

引熱不引熱之別

衣分冷煖之故

熱氣發散之理

熱氣發散三端

熱氣發散六面皆同

受熱在火上下難易

熱氣發散直射之理

熱氣發散返照之理

熱氣發散難易

地與水散熱之速

物受熱散熱之速

物受熱散熱按顏色分難易

物質分三形

三形加增熱氣

三形減少熱氣

實質鎔流質需熱

流質化虛質需熱

各質不加熱化氣

不加減熱令物變化

令物變化本熱增減

熱有隱顯

以鹽化雪驗之

以礬精令水結冰驗之

以礬精令水銀結冰驗之

以水令水結冰驗之

夏日令水結冰之法

冰令水沸之法

蒸氣凝水驗之

水澆石灰驗之

白鉛浸礬強水驗之

物之熱量不同

熱量因變化加減

以受熱驗之

以散熱驗之

以攪和驗之

熱量多寡等差

水熱量之利益

冬夏冷熱懸殊之故

夏至後仍熱冬至後仍冷之故

直照熱於斜射之故

五帶冷熱懸殊之故

各地冷熱之故

地勢高低分冷熱

海岸東西分冷熱

距海遠近分冷熱

井水冬溫夏冷之故

積雪高低

地中有火之證

增訂格物入門 卷四
地面下增熱定率

地中火所由生

地中熱氣歷久不變

地熱盡失情形

力熱互生

物墜生熱之證

因力增減熱有隱顯

物力大原

熱有二說

熱非物之說較確

五行水居火後

熱氣與濕氣不同

太終全球冷如兩極

下章論光

論光學

光分五類

物因光分四類

光之行速

增訂格物入門 卷四
測光速三法

窺測木星得光速

懸鑑返照得光速

光過旋輪得光速

行星之光至地

恒星之光至地

星光忽滅不能即知

人目與星位有差

光分濃淡之理

驗光濃淡三法

以影之深淺驗之

以光之明暗驗之

以滅影驗之

光行之路

光之返照方向

物影倒置之故

明影暗影之別

人目視物方向

增訂博物紀原 卷四
鏡分二類

鑑分三類

鑑有光心

平鑑光心

平鑑成影

二鑑相交成影

三鑑相交成影

二鑑平列成影

接影筒

凹鑑之用

凹鑑光心

凹鑑返照成影

奇鑑

凹鑑通信遠方

凸鑑之用

凸鑑光心

凸鑑返照

驗物之折光

折光方向

度折光之力

各質折光不同

折光之速少有等差

折光之理

天氣折光

分影鏡

透光鏡

凸鏡視物

火鏡之理

冰鏡取火

凹鏡視物

顯微鏡

計顯微鏡之力

顯微鏡之用

遠鏡

小遠鏡

大遠鏡

增訂格物入門 卷四 目録
九

返光遠鏡

折光遠鏡

折光返光各有所長

大遠鏡視日

大遠鏡視月

大遠鏡視行星

大遠鏡視恆星

射影燈

映畫幕

照畫之法

照畫之益

目能視物之理

目中有水之用

白睛

黑睛

驗影成目底

目視不能兼收之故

目鏡助視之理

夜視鏡

水視鏡

辨視物之大小

目視物之倒正

畫分物之遠近

獸夜視魚水視之理

物有色之理

光分各色

驗光分七色

驗七色合成白色

形容各色分合

光有熱明感之別

光透鏡生色之故

除凸鏡生色之弊

光透物生色之理

分光鏡

分光辨質之理

色帶間橫線之故

分光鏡視日

分光鏡視月星

光成虹之理

二虹並見之理

虹形如弓之理

成虹時與方向

瀑布蒸氣成虹

空中成影之理

海市蜃樓之理

驗物折光倒影

光有二說

二說以無質為是

形容光行之理

光藉元氣以傳

元氣充滿天地

以彗星證元氣

以寶石透光證元氣

以光中暗線證元氣

暗影有光之故

薄片返光現色之故

光與音相似

光動快慢

冷光

冷光微有熱氣

夜光漆

增訂格物入門火學卷四 美國丁韞良著全外

上章論熱氣

問、何為火學、

答、究察熱氣之功力、以利於用、因光熱皆生於火、故名

火學、

問、熱氣何物、

答、非氣也、實力之所幻也、故視之無形、聽之無聲、雖為

無體之物、然其力可察、其理可究、且散布萬物中、凡

風之動盪、水之流行、人物所以生、草木所以長、皆賴

論火學

熱氣體物

不遺

熱氣體物

熱氣大原

熱氣爲之，否則天地亦塊然死物，而無生機，故熱氣體物而不可遺者也。

問、熱氣大原約分幾類、

答、熱氣隱具宇宙內，無物不賅，其顯著者約分四類，一、

由日而生，一、由電而生，一、由二物磨擊而生，一、由二

物相合變化而生、

問、熱由電生，何以驗之、

答、放電氣過細白金絲，或細鐵絲，則絲立熱，若電氣甚

多，白金絲熱極發光，鐵絲且能燃著如燭、詳見電學至於

熱生於電

磁火學

熱生於二物磨擊

答、樹木屋宇被雷擊而焚，亦電氣生熱之驗也、

問、熱生於二物磨擊，何以驗之、

答、兩手相搓，便覺發熱，鑽木取火，擊石取火，皆其驗也、

問、熱生於二物相合變化，何以驗之、

答、冷水澆石灰而生熱，物受潮濕腐爛而生熱，人之飲

食呼吸，化爲血液而生熱，皆其驗也，然常見者，莫如

炭薪生火，其熱由於天空養氣，與之相合變化而生、

理與呼吸生熱無異、

問、光熱同生於火，二者可拆分否、

熱生於相合變化

拆分光熱

答、光熱雖同生於火、然不必相依也、無光之熱有之、無熱之光亦有之、即二者並行、亦可設法以拆分之、如以玻璃片隔火光、則光透而熱阻、以鐵片隔火光、則熱透而光阻、以白礬片隔日光、則透光如琉璃、而熱被阻、以玻璃片隔日光、則光熱並透、以三稜玻璃隔日光、則光分七色、紅色之外雖無光、較有光處、其熱尤甚、是光熱拆分之驗也、

火即熱之顯著

問、火為何物、

答、凡物熱極生光、即謂之火、故火為熱之顯者、熱為火

物分冷熱之故

之隱者、惟火之所以生、乃二物相合變化而成也、金石之類、雖本質不能生火、亦能藉火煨紅、問有能燃者、如瓶盛養氣、入以醮硫磺鐵絲、見火即燃、若燈心、養氣若淡、則不能燃、又有物見水即生火者、亦藉水中養氣也、

問、物分冷熱、何故、

答、以人身之熱氣為則、物較身冷、則身中熱氣傳於物、而熱減、故覺冷、物較身熱、則物中熱氣傳於身而熱增、故覺熱、蓋天地間只有一熱、失熱即冷矣、

論熱氣

各質遇熱
增漲

問、各質遇熱增漲、何以驗之、

答、準氣學理、牛脬繫口、置火旁則凸、熱甚必裂、又小瓶繫石塊、倒浸冷水中、若沉若浮、澆以熱水、則瓶上浮、此皆氣遇熱增漲之證也、又玻璃瓶盛冷水、外畫記號、置熱水中、則瓶內水必高起、此水遇熱增漲之證也、又玻璃管盛水銀、外畫記號、置熱水中、則管內水銀必高起、此水銀遇熱增漲之證也、又熱水浸玻璃瓶、入以冷塞、因瓶口微漲、可以深入、冷則塞緊難出、甚至瓶口迸碎、此玻璃遇熱增漲之證也、大抵無論

鐵遇熱增
漲

問、鐵遇熱增漲、何以驗之、

虛質流質實質、各體遇熱、其積無不增漲也、

答、曾驗得八尺鐵條、熱至二百十二度、加長二寸、故以

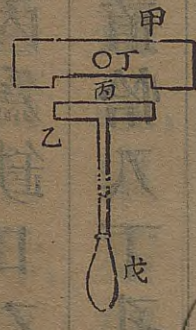
鐵造舟橋、須預防漲縮、否則鐵板接處過緊、遇熱增

漲、板必凸起、釘亦被拔、惟計準應漲分度、接處稍留縫隙、庶無此弊、如圖、

甲為鐵球、令球徑恰過鐵圈、下燃乙

燈以熱之、球熱則依於鐵圈、冷則穿

圈而落、又如圖、甲為鐵塊、丁為圓孔、



各質遇熱
增漲

冷熱漲縮之度

丙為缺口，乙為圓形鐵條，戊為柄，乙條橫恰入丙缺，直恰入丁孔，設加熱，則不能入，若既入加熱，亦不能出，此皆鐵遇熱增漲之證也。

問：凡物遇冷熱，其漲縮之度若何？
答：各物之質不同，故漲縮之度不等，茲將五金與流質之屬，自結冰起，加熱至二百十二度驗之，列表如左。

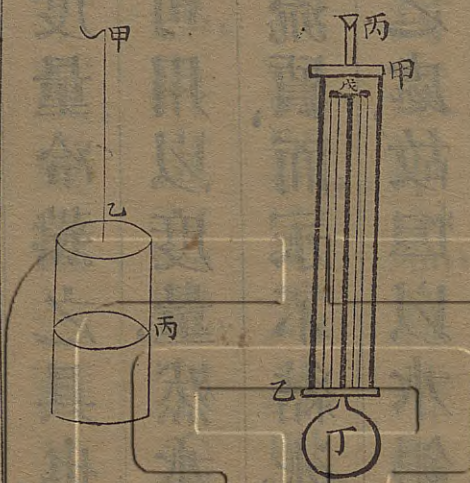
金屬	一寸之長	增漲
鉛白	三	二
銀白	五	二
銅	五	八
金黃	六	八
鐵	八	〇
金白	一	〇

流質	分度	增漲
精酒	九	一
油	一	二
水	二	三
銀水	五	五

防鐘擺漲縮

問：五金既遇熱增漲，鐘擺若有漲縮，則時刻不準，何以防之？

答：其法有二，如圖，丙戊丁擺條，戊丁一段，左右附二白



鉛條，外用甲乙鐵架，令二鉛條上聯於戊橫梁，下聯於架，鐵熱漲而下墜，鉛即熱漲而上提，此一法也。又如圖，甲乙擺條，丙為

擺錘，中空如杯，盛以水銀，若擺條熱漲下墜，則水銀遇熱上升，此又一法也。兩法均令上下相濟，其重心

寒暑表

點仍不易地，則擺動自無快慢之差矣。

問、寒暑表何物。

答、度量冷熱之具也。凡物之質，皆隨冷熱有漲縮，雖皆可用以度量，然水銀為流質，而不易化氣，酒精亦為流質，而永不結冰，天氣則漲縮最易。三者各有合用之處，故但以水銀酒精天氣造寒暑表，水因染色易見，雖亦常用，惟冷則結冰，熱則化氣，故不能徧地盡合用也。

問、以水銀造寒暑表，其法若何。

答、如圖，甲乙細玻璃管，乙端小球內盛水銀，挂於丙丁



架上，以便畫度，法先令水銀

加熱漲滿，則管內天氣催盡

封嚴甲端，將球置冰水內，視水銀縮至何點，管外畫

以記號，定為冰點，再將球置沸水內，視水銀升至何

點，再畫記號，定為沸點，二點之間，或畫百度，或畫八

谷，或畫一百八十度，此三者，皆各國所常用也。

問、以酒精造寒暑表，其法若何。

答、式與水銀表無異，因酒精易於漲縮，不能成冰，故極

酒精寒暑表

水銀寒暑表

天氣寒暑
表

答冷之地以之造表較水銀尤為適用
問以天氣造寒暑表其法若何

答如圖甲乙玻璃管開其甲端或以口吸出半天氣



或置戊球於熱水中催出一半
天氣然後倒浸丙丁紅水確內

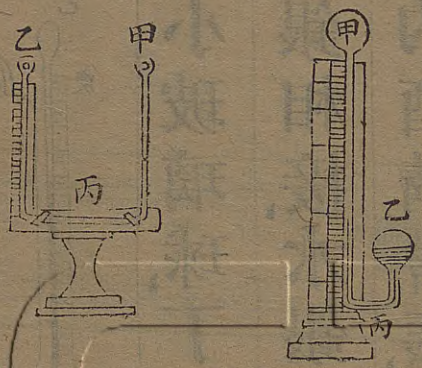
紅水即上流入管戊球遇熱則氣漲而水下降戊球
遇冷則氣縮而水上升亦於冰水沸水中定其度數
惟熱退冷升與水銀表相反雖亦可用然不能無弊
因升降不僅由於冷熱天氣每有輕重則水面壓力

雙頭寒暑
表

改易管中之水亦隨之升降畧如風雨表然

問雙頭寒暑表何如

答如圖甲丙乙曲玻璃管兩端為小球甲端盛天氣乙



端半氣半水視二球冷熱相等時水
升至何點外畫記號為冷熱定點甲
球遇冷氣縮則乙球水漲甲球遇熱
氣漲則乙球水退又圖亦然設二物
冷熱微差以此表試之毫釐不爽也

自記寒暑
表

問自記寒暑表何如

會訂格物入門

論熱氣

七

答、人或寢息、或無暇看表、此表能自記極熱極冷之度、



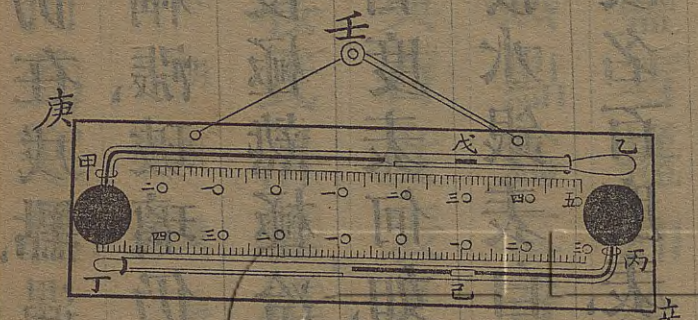
以便察驗、如圖、庚戊丙丁曲玻璃管、盛水銀半滿、如黑線、庚端有己

小玻璃球、丁端有甲乙玻璃筒、皆盛酒精、與管內水銀相接、水銀兩端、各置小塊玻璃、上嵌鐵絲、遇熱、筒內酒精增漲、壓於丁丙端水銀、令戊庚端水銀上升、將庚管內玻璃托起、遇冷、筒內酒精即縮、庚管內玻璃、因鐵絲撐住、不能隨水銀下退、即記極熱之度、庚端水銀既退、丁端水銀即升、將丁管內玻璃托起、即

記極冷之度、迨察驗後、欲令玻璃下退、以磁石引之、即復歸水銀面上矣、

問、自記寒暑表、更有何式、

八
自記寒暑表又式



答、如圖、甲乙丙丁寒暑表二具、橫釘庚辛架上、懸於壬、甲乙管盛水銀、丙丁管盛酒精、戊己為管內小塊玻璃、中空如環、上嵌鐵絲、戊能升、不能自降、己能降、不能自升、遇熱、甲乙管內水銀漲、玻璃上升至戊、水銀縮、玻璃

百製表

百度表

仍在戊點遇冷丙丁管內酒精縮玻璃下降至己酒
精漲玻璃仍在己點視兩管玻璃升降之點即知晝
夜極熱極冷之度此式較前尤便

問、百度表何如、

答、按水銀表自結冰冷點起至水沸熱點止中分百度、
故名百度表此百度即八旬表之八十度、法倫表之
一百八十度、諸國恒用、以為測量冷熱之具、

問、八旬表何如、

答、與百度表同、惟自結冰冷點起至水沸熱點止中分

八旬表

法倫表

八十度、故名八旬表、俄國恒用之、

問、法倫表何如、

答、德國格物家法倫海所造之表也、

用水銀作寒暑表自法倫氏始

自

鹽雪攙和冷點起至結冰冷點為三十二度、至水沸

熱點為二百十二度、冰點沸點之間、共一百八十度、

與百度表之百度、八旬表之八十度無異、各度均可

按式計算、英美兩國恒用之、

書中所言熱度恒用法倫表間有用他表者必

註明百度表或八旬表

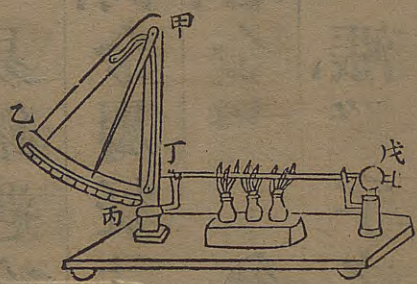
問、何為寒極、

寒極

答、百度表結冰以下二百七十三度、即法倫表結冰以下四百六十度、但此點無法考驗、須由推算得之、按百度表、沸點以上、天氣每加熱一度、增漲千分度之三百六十六、冰點以下、退縮亦然、至氣積因寒極應縮至無之處、即為寒極之度、

問、熱表何物、

答、酒精熱至二百度化氣、水銀熱至六百度化氣、因二者皆不能測極熱之度、故設法另造熱表、可測二三千以上熱度、如圖、甲乙丙三角形、乙丙邊畫度數、甲



丙二角各懸長鍼、以戊丁鐵條之丁端、依丙鍼尾、鐵條遇熱增漲、即撥動丙鍼、丙鍼尖復撥動甲鍼尾、甲鍼尖移指熱度、設丙鍼尖較甲鍼尾所移多十倍、則甲鍼尖必較丙鍼尾所移多百倍、鐵條微漲、人目難辨、至鍼移百度、則顯而易見、故熱度雖極高、亦易考察、又有用黃土燒條、以代鐵條、令加熱愈乾愈縮、其指度與鐵條相反、其用則同、耐火雖勝於鐵、然究不若鐵條之準也、

物不能皆
熱漲冷縮

問、凡物皆熱漲冷縮否、

金屬凝結
增漲之用

答、大抵物性遇熱漲大、遇冷縮小、惟間有流質凝為實質、冷至結冰、其體反覺微漲者、如水漸冷漸縮、迨冷至結冰、驟然增漲、其原積九分之一、且力甚大、堅器因漲而損傷、石隙因漲而迸裂、更有鉛錫之類、遇熱易鎔、遇冷易凝、自流質凝為實質、其體亦有稍漲者、

問、金屬凝結增漲、其用若何、

答、金屬有鈹鉗二種、與鉛攪和、鎔冶傾於字模、迨冷微漲、雖字之一點一畫、無微不入、則毫無缺欠矣、今聚

水凝結增
漲利益

珍鉛板廣行海內、咸賴此也、

問、水凝結增漲、其利益若何、

答、其利益最大、結冰若不微漲、則冰沉水下、層層堅結、必至積久不融、而地上無水、人物何以為生、江海水面結冰如蓋、其下之水仍冷在三十二度以上、所以護之不令全結為冰、而春融亦易者、咸賴增漲之力也、故物之常情、所以明不易之定理、物之權宜、更可顯造化之妙用、顧可習焉不察哉、

問、凡物引熱相同否、

物引熱不
同

引熱之物

不引熱之物

引熱不引熱之別

答、不同也。因物質引熱遲速不一，甚有不能引熱者。設

用尺餘鐵條，此端置火中，彼端立即炙手，此引熱之

最速者。若用木條，此端雖燃著，彼端仍不覺熱，此不

善引熱者也。

問、引熱者何物。

答、如五金之屬，並堅實土石，皆能引熱。

問、不引熱者何物。

答、如木炭、棉毛、皮革，並水與氣，皆不能引熱。

問、凡物引熱與否，何以別之。

答、冬日以手捫之，覺冷者，即能引熱。不覺冷者，即不能

引熱。因手覺冷與否，係由於物之能引熱與不能引

熱而分。故金屬、土石之類，捫之覺冷。木炭、棉毛之類，

捫之若煖也。

問、衣分冷煖，其故何也。

答、亦引熱不引熱之分也。不引熱各物，葛不如棉，棉不

如羊毛，羊毛又不如皮革。非皮革中藏熱氣，因皮革

能護人身熱氣，使不外散。人第知衣服禦身外之寒，

使不得入，實則存身內之熱，使不能出。若以金屬為

衣分冷煖之故

蘇東坡

熱氣發散
之理

裏衣貼身著之。雖外加皮革。仍引熱外散。人必凍僵。設不緊依肌膚。中蓄天氣少許。仍可覺溫。裏衣寬大。則煖。職是故也。

問、熱氣發散其理何也。

答、萬物皆含熱氣。而有多寡之分。因熱之本性發散。無微不入。故熱物皆有熱氣外溢。如水向低凹之處而流。氣向稀薄之處而聚。此熱氣發散之理也。又如二物冷熱不均。則熱向冷物傳過。故置熱鐵於冷鐵上。冷鐵漸熱。熱鐵漸冷。少頃二鐵冷熱均勻矣。設二鐵

土不離長
受熱五火

熱氣發散
三端

等重。二熱之較二十度。相依後。熱氣若不於空中散漫。則熱鐵必減十度。冷鐵必加十度。如冷鐵重一倍。則加熱五度。因知天地間熱氣自古迄今。不增不減。彼盈則此絀。彼絀則此盈。一如水與力之循環不已也。

問、熱氣發散有區別否。

答、熱氣發散約分爲吸引直射返照三端。熱物與冷物相依。傳引熱氣。一如相吸。謂之引熱。熱物於空中發散。若光之遠射。謂之直射。熱氣觸物而回。若光之迴

六面皆同
撥麻發熱

熱氣發散
六面皆同

照謂之返照

問熱氣發散分上下否

答常言火炎上者以為火性當然不知實天氣上托之

力也至熱氣發散六面皆同故無分乎上下設以鐵

條此端置火中無論火上火下彼端加熱必等即此

理也

問水與氣受熱在火上易在火下難其故何也

答準前論散熱無分上下然火因天氣托之上炎故受

熱有難易又水與氣實不能引熱惟在火上近火一

受熱在火
上下難易

層遇熱增漲輕而上浮遂將冷者換下又升又換故

受熱較易若在火下近火一層雖熱不能下移互換

故受熱較難如玻璃瓶盛水投以黑豆炭屑下熱以

火則見熱水由中上升冷水從旁繞下黑屑隨之歷

歷如環故置爐上者較置爐旁者其熱加倍即其證

也

問熱氣發散直射其理何如

答與光相似由一點散布六面故愈遠愈散遠近二處

之熱相比若二距遠近自乘反比如距火二尺與距

熱氣發散
直射之理

論熱氣

熱氣發散
返照之理

火四尺比其熱若四與十六反比

問熱氣發散返照其理何如

答亦與光相似凸鏡對日其光必聚一處而甚明其熱

亦聚一處而甚烈故可映日取火名爲火鏡此光熱

之並行者無光之熱亦能令聚一處如以凹鑑背置



爐前雖不見光而中心熱甚發火因熱

之返照聚於心也又有凹鑑能令熱平

行返照者如圖甲乙二鑑遙遙相對甲

心置火藥乙心置紅鐵丸少頃火藥卽

燃矣

熱氣發散
難易

問熱氣發散與物質粗細有相涉否

答細者散熱慢粗者散熱快因發散與返照二者相反

故凡物之熱易發散者必不易返照易返照者必不

易發散也

地與水散
熱之速

問地與水發散熱氣其速若何

答地之散熱較水尤速故南方海濱早風由岸向海而

吹晚風由海向岸而吹卽其證也

物受熱散
熱之速

問物受熱散熱其速若何

物受熱散
熱按顏色
分難易

答凡物受熱快者散熱亦快受熱慢者散熱亦慢其速
大抵相等如以糙光二鐵並置爐前糙者受熱快移
開後散熱亦快因糙鐵返照較少也所以物之善於
返照者受熱必慢

問物受熱散熱與顏色有相涉否

答黑色之物光之返照少即熱之返照亦少故受熱較
快白色之物光之返照多即熱之返照亦多故受熱
較慢設以等體二冰塊一包黑布一包白布同曬日
中其黑布之冰消化必速又寒暑表二具一包黑布

物質分三
形

勝氣
三形加增

三形加增
熱氣

一包白布同曬日中其黑布之表熱度必多近見鐵
船兩旁恒飾白油據云艙內受熱可減少四度也

問物質分三形其故何也

答凡物體質之微點皆有相吸之力使之堅實又各含
熱氣相驅使之流動故吸力勝驅力者其體堅實為
實質吸驅二力均勻者其體不實不虛為流質驅力
勝吸力者其體虛浮為虛質

問此三形加增熱氣何如

答準前論加增熱氣則物質微點漸離體積漸漲迨吸

三形減少

熱氣

實質

實質鎔流

質需熱

流質化虛

問、驅二力均勻，則實質鎔為流質，再加熱氣，驅力勝吸
 力，則流質化為虛質，如冰化水，水化氣，硫磺化水化
 氣，蠟油化水化氣是也。五金體質雖堅，若加極大熱
 力，亦能化為流虛各質也。

問、此三形減少，熱氣何如？

答、物體加熱，驅力亦加，而體漲，物體減熱，驅力亦減，而

體縮，故虛質減熱，凝為流質，流質減熱，結為實質，理

雖如此，然未能互相變化之物尚多。

如輕氣未見凝
為流質酒精未

見結為或因機器尚未盡精，人力有所不逮也。

實質也

問、令實質鎔為流質，需熱若干？

答、實質各有不同，故變化之熱度不等。曾驗得冰須加

熱三十二度而鎔，蠟油須加熱九十二度而鎔，硫磺

須加熱二百三十二度而鎔，銀須加熱一千八百七

十度而鎔，黃金須加熱二千度而鎔，鐵須加熱二千

八百度而鎔，以上各物，若令流質結為實質，其減熱

之度亦同。

問、令流質化為虛質，需熱若干？

答、流質各有不同，故變化之熱度亦不等。曾驗得磺精

實需熱
熱質分銀

沸而化氣，須熱至七八十度。水沸化氣，須熱至二百

十二度。水銀沸而化氣，須熱至六百度。此皆論有天

氣壓力者，因有壓力，故需熱較多。始能滾沸。以上各

物，若令虛質凝為流質，其減熱之度亦同。前實質鎔
流質與天

氣壓力無涉
故不計之

問：流質各質，不加熱而化氣若何？

答：無論天氣冷暖，凡流質之物，莫不自行化氣。故冬日

之水，漸散漸減。濕物亦漸散漸乾。實質之物，雖不加

熱，亦漸自行化氣。惟不如流質之速。故樟腦置於櫃

實需熱
實質鎔流

中，久必消散。冰雪雖不見日，久必融化。即金屬亦自

行化氣，因所化極少，可以不計。

不加減熱
令物變化

問：不加減熱氣，令各物變化何如？

答：其法極多，要不外乎用力令物體漲縮，或以他質交

感而變形也。

問：設法令物變化，其本物之熱增減若何？

答：與加熱減熱之變化相反。因令實質鎔流質化虛質，

本應加熱，以他法為之，熱反減少。令虛質凝流質結

實質，本應減熱，以他法為之，熱反加增。蓋以熱有隱

令物變化
本熱增減

論熱氣

顯也

熱有隱顯

問、熱有隱顯、何謂也、

答、寒暑表所能覺者、謂之顯熱、所不能覺者、謂之隱熱、

問、如水化氣、若以力為之、既無外加之熱、必有若干熱、

出水入氣、故水減熱、氣化水、若以力為之、既無外減、

之熱、必有若干熱、出氣入水、故水加熱、若以水與氣、

二者合計之、熱仍無加減、惟出此入彼、有隱有顯而

已、

問、強令實質融流質、流質化虛質、熱反減少、何以驗之、

以鹽化雪
驗之

答、其法有四、一、以鹽化雪驗之也、法以食鹽與雪、一實

質攪和、即化為水、較本物尤冷、且能令水結冰、其減

少之熱度、與用熱氣化若干雪之度、無甚差別、

問、其二何也、

答、以磺精令水結冰驗之也、法以架隔上下三盤、上盤

盛水、下盤盛磺精、並置罩內吸空、磺精化氣、散開甚

問、速、即能退熱成冷、而上盤之水結冰矣、

問、其三何也、

答、以磺精令水銀結冰驗之也、法以磺精浸透之棉、包

以磺精令
水結冰驗
之

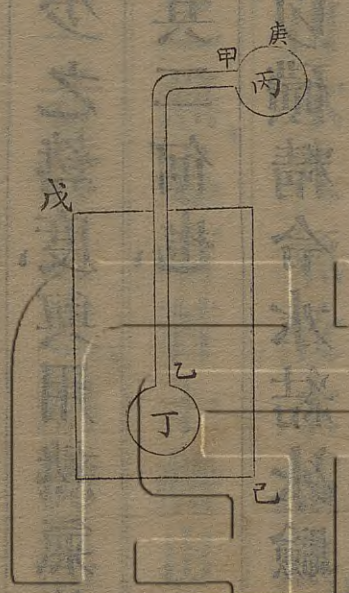
以磺精令
水銀結冰
驗之

以水令水
結冰驗之

答水銀表下端置於罩內吸空，礦精化氣散開甚速，熱
度隨之減少，即見表內水銀下退，頃刻成冰矣。

問其四何也。

答以水令水結冰驗之也。如圖甲乙曲玻璃管兩端連



丙丁二球，丙球上開庚小孔，內
盛以水，置火上煮沸，將天氣催
出，封嚴小孔，埋丁球於戊己鹽

雪桶內，則管中蒸氣遇冷凝水，丙球之水，即化氣以
補其空，水既化氣，則熱隱而生冷，丁球外又有鹽雪

水令水
結冰驗之

夏日令水
結冰之法

生冷以助之，二者並行，則結冰甚速。

問夏日令水結冰，其法若何。

答炎熱之地，冬日既無藏冰，又不能由遠方載至，則設

法以造之，大抵不外減熱變形之理，如以大小二鐵

桶，內桶盛水，外桶盛碎冰，攪以食鹽，攪其碎冰，則化

水生冷，而內桶水即結冰矣。若內桶盛牛乳，亦易結

冰，即造冰積凌之法，如外桶盛礦精，吸空天氣，則內

桶之水結冰更速，因礦精化氣減熱也。近年每用造

冰之法，載鮮肉過海，日久不腐，法將鮮肉置鐵箱內，

冰令水沸之法

用阿磨尼以代礪精者

問、以冰令水沸、其法若何、

答、如圖、甲瓶煮水令沸、塞嚴瓶口、離火、則水不沸、若以



乙瓶冰水澆甲瓶肩下、其水又沸、惟甲

瓶下半、勿令冰水澆上、其法方驗、瓶離

火而水不沸者、非由熱氣之減少也、因

所化之蒸氣、壓於水面、亦能止沸、迨以冰水澆之、則

瓶上半之蒸氣、遇冷凝結、水上空虛、故熱氣雖少、仍
能滾沸也。

蒸氣凝水驗之

問、強令虛質凝流質、流質結實質、熱反加增、何以驗之、

答、其法有三、一、以蒸氣凝水驗之也、法將壺水煮沸、氣

從壺嘴沖出、懸盆於上以承之、氣即凝為水點、而盆

漸熱、以手捫之、熱與壺水無大差別、因氣凝水時、其

餘熱溢出、傳於盆上也。

問、其二何也、

答、以水澆石灰驗之也、法將冰水浸生石灰、水即滾沸、

水澆石灰驗之

蒸水凝水

不同

冰令水沸

白鉛浸磺
強水驗之

或以燒石成灰，火氣蓄於內，以水澆之，火即溢出，不知熱不出於石灰，而出於水，因水與灰相合，變為實質，其熱自出矣。

白鉛浸磺
強水驗之

問：其三何也？

答：以白鉛浸磺，強水驗之也。法將白鉛置磺強水內，即能滾沸，如灰浸於水然，因磺強水與白鉛相合，變為實質，其熱自出矣。

物之熱量
不同

問：物之熱量各有不同，其義何也？

答：亦係乎熱之隱顯也。如甲乙二物，同向一火，甲受熱

熱量因變
化加減

快，乙受熱慢，捫之，則甲炙手，乙僅覺溫，非甲受熱多也，乃乙容熱多也。猶之甲乙二桶，同接簷滴，甲桶小而水深，乙桶大而水淺，非接水有多寡，實二桶之容量不同也。

問：物之熱量，因變化而加減若何？

答：凡物變形漲大，則熱量加增，變形縮小，則熱量減少。如以天氣入於鐵管，此端封嚴，彼端以活塞驟擊之，氣必加熱，昔有用此法取火者。凡物由大變小，其熱力量減少，而本熱溢出；由小變大，其熱加增，而本熱不

以受熱驗之

足與皮袋盛水令滿收小水即有餘放大水即不足相似也

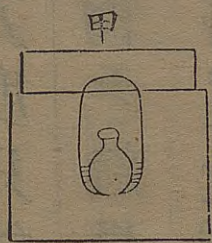
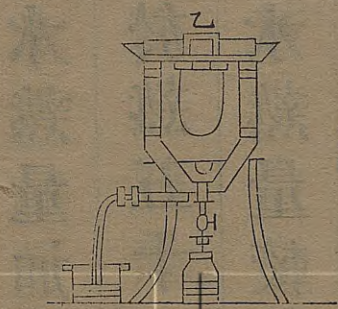
以散熱驗之

問物之熱量各質不同何以驗之
答其法有三一以受熱驗之也如以相等二瓶一盛水一盛水銀並置爐前少頃以寒暑表試之水銀熱度較水加倍二者等積相比則水之熱量加倍也

問其二何也
答以散熱驗之也如以二瓶一盛一斤水一盛一斤水銀並浸滾水中俟熱又置冰雪中則水瓶所化之水

以攪和驗之

者之熱量易於比較矣



必較水銀瓶多三十倍二者等重相比則水之熱量大三十倍也如圖甲為冰塊穴孔並置二瓶視所化之水若干即知熱量倍數但此法未見甚精莫如又圖乙為冰桶下有管以洩水旁有器以接水並置二瓶視所化之水若干則二者之熱量易於比較矣

問其三何也
答以攪和驗之也如以一升水令熱至百度一升水令

熱至五十度、相和、必熱七十五度、若以一升水銀令
 熱至百度、一升水令熱至四十度、相和、只熱至六十
 度、是水銀失熱四十度、只能令水加熱二十度、此亦
 水熱量加倍之驗也、如以一斤銅、令熱至三百度、浸
 於熱五十度之一斤水內、水只熱至七十二度、即知
 水熱量較銅熱量加十倍有奇、因銅失熱二百二十
 八度、只能令水加熱二十二度也、

熱量多寡
等差

問、物之熱量、各質不同、其多寡等差若何、
 答、略述數種、設以水熱量一萬為則、松香為四千二百

水熱量之
利益

六十、硫磺為二千零二十六、玻璃為一千九百七十
 六、熟鐵為一千一百三十八、白鉛為九百五十五、銅
 為九百五十一、銀為五百七十、水銀為三百三十三、
 黃金白金俱為三百二十四、此皆常見之物也、

問、物之熱量、水為最大、其利益若何、

答、水之熱量較大、能容熱、亦能蓄熱、故洋海冷熱、四時

無大差別、設水與水銀同量、則白晝必熱至滾沸、黑

夜必冷至結冰、天氣隨之忽冷忽熱、萬物不易生矣、

問、冬夏冷熱懸殊、其故何也、

冬夏冷熱
懸殊之故

夏至後仍
熱冬至後
仍冷之故

答其故有二、一夏令日行軌道高其光直照冬令日行
軌道偏南其光斜射、一夏令晝長日間積蓄之熱較
夜間發散之熱多冬令夜長夜間發散之熱較日間
積蓄之熱多故冬夏冷熱懸殊也

問夏至後晝漸短而仍熱冬至後夜漸短而仍冷其故
何也

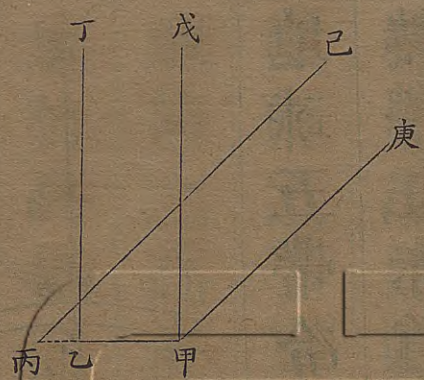
答夏至後晝雖漸短較夜則長且日間積蓄之熱仍多
於夜間發散是以仍熱冬至後夜雖漸短較晝則長
且夜間發散之熱仍多於日間積蓄是以仍冷

直照熱於
斜射之故

問日光直照熱於斜射其故何也

答其故有二、一直照則光不散而密斜射則光散而疎

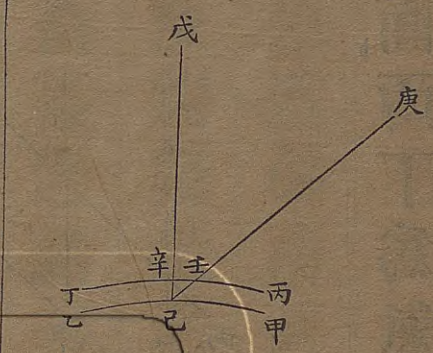
如圖甲乙為方尺地面日在上直照則受甲乙丁戊



之光斜至四十五度移丁戊於己庚
空中截積雖仍為方尺而地面上之
光散成甲丙故疎而不密一直照則
所經之路短光被阻少斜射則所經
之路長光被阻多如又圖甲乙為地

面丙丁為氣面日在上直照戊己光線與地面正交

五帶冷熱
懸殊之故



辛己為所經之天氣，斜至四十五度，
移戊己於庚己，壬己為所經之天氣，
長於辛己，光之被阻較多，至早晚與
正午冷熱不同，亦此二理也。

問、地球五帶冷暖懸殊其故何也。

答、熱帶在赤道左右二十三度半以內，二冷帶在南北
兩極二十三度半以內，冷熱二帶之間，有二溫帶，五
帶之分冷熱者，與冬夏早午理同，因日行軌道，雖冬
夏有南北之移，然不出赤道左右二十三度半以外，

各地冷熱
之故

日光直照，故為熱帶，至赤道左右二十三度半以外，
日光斜射，故為溫帶，近南北兩極，日光更斜，甚至有
半年不見日光者，故為冷帶。

問、各地冷熱，除南北度數外，更有何故。

答、風雨之多寡，沙土之有別，皆分冷熱，其最要者，莫若
地勢之高低，海岸之東西，距海之遠近也。

地勢高低
分冷熱

問、地勢高低而分冷暖，其故何也。

答、日曬牆壁，近則覺有熱氣，遠則不覺，此牆受光熱返
照也，地球亦然，故最近地面一層天氣，受日光熱較

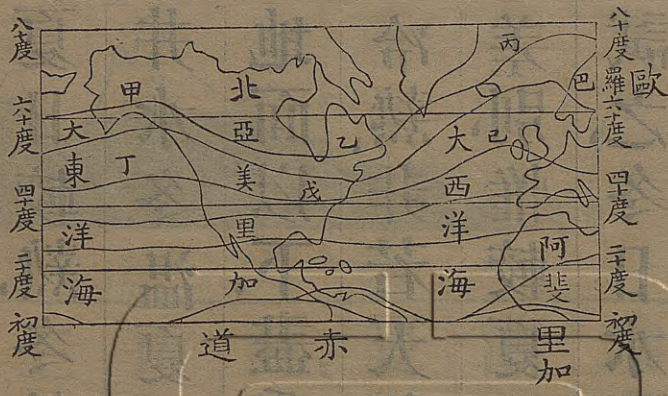
多距地面漸遠逐層天氣受日光熱漸少所以極高山上無論冬夏南北山巔恒有積雪而赤道下高山由麓及巔草木果蔬逐層應冷暖而生者與赤道迤南迤北無異是一山之上已備五帶氣候可以一覽無餘矣

海岸東西
分冷熱

問海岸東西而分冷暖其故何也

答地圖每畫等熱線令各處冷暖可以一目了然以北半球論之其線自亞細亞過東洋迤北自北亞美里加過西洋迤北因赤道熱水向東北流行黑道冷水

谷向西南流行故海東口岸距赤道五六十度恒不凍結海西口岸距赤道四五十度則結冰漸厚矣如圖



甲乙丙曲線甲丙兩點距赤道稍遠所經各地按四季中數比之冷熱相同故名等熱線丁戊己曲線亦然戊點與美國博斯敦相近距赤道四十五度己點在英國之北距赤道五十五度南北差十度其冷熱仍等

距海遠近
分冷熱

問距海遠近而分冷暖其故何也

地氣

井水冬溫
夏冷之故

積雪高低

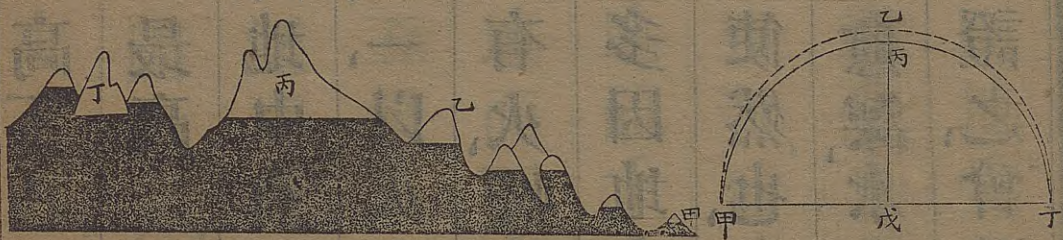
答、海水善藏熱氣，故海島海岸冬暖夏涼，距海稍遠，則夏日較熱，冬日較冷，有冬熱較海邊大相懸殊者。

問、井水冬溫夏冷，其故何也。

答、地面以下，盡為土石合成，傳熱之得失較慢，故地下冷熱，非若天氣冷熱，時有變遷，深井熱度，冬夏無大差別，惟較夏日天氣冷，較冬日天氣溫，若以寒暑表試之，冬日水不加溫，夏日水不加冷也。

問、山之積雪，按赤道南北，其高低何如。

答、近兩極之處，雖係平地，冬夏恒有積雪，漸離兩極，地



須較高，方見積雪。至溫熱二帶，非極高山，不能積雪。如圖甲丁為南北兩極，丙戊為赤道，甲乙丁為恒雪線，由甲至丙，逐度漸高，由丙至丁，逐度漸低，故在赤道之下，夏日結冰之冷，約距地面高十里，漸南漸北，則雪線漸低矣。如又圖甲山雖不甚高，山頂常年積雪，因距北極近也。乙山距極三四十度，故山頂較甲山須高，方能積雪。丙為崑崙山一帶，距極五十度，故雪線又

地中百火

地中有火
之證

最高

高丁之三山，皆與赤道相近，距極八九十度，故雪線
問、地中有火，何以證之。
答、一、以火山證之，火山皆係中空，通入地中，設非地中
有火，煙焰何以外透。一、以地震證之，地震之故不一，
多因地中之氣，梗塞不通，是以偶有地震，地中之火
使然也。一、以溫泉證之，溫泉係由地之深處湧源
愈深，水愈熱，亦地中之火使然也。一、以地面下冷熱
證之，曾驗得入地數丈，則漸冷，至十丈下，則又漸熱，

地面下增
熱定率

因地受日熱，逐層漸少，故愈下愈冷，至十丈下，既不
能受日之熱，而其熱反增，非地中有火，焉能若是。此
四者，皆地中有火之確據也。

問、地面十丈以下，逐層增熱之率若何。

答、地面下十一丈五尺之處，為最冷，其上下每加六丈
五尺五寸，增熱一度，故井深百丈，皆為溫水，若能掘
深至百里，當盡為火，各國曾屢驗之，如光緒初年，德
國鑿井，深至五千四百零五尺，驗得自井口至十一
丈五尺，其熱漸減，再下則熱又漸增，而上下增熱之

地中火所
由生

率幾等，察得每六丈四尺五寸，增熱一度。又光緒十四年，美國鑿井，深至四千一百二十三尺，察得每六丈六尺五寸，增熱一度。考兩井增熱之率，稍有差別。殆由於土脈不同所致。取二增率之中數，得六丈五尺五寸，以為定率可也。

問、地中之火，何自而生。

答、據格物家推得，地球之始，係由虛質凝成。初時極熱，後漸溫漸冷，人物始生面上，而中心仍為虛質。是火生於太初之始也。

地中熱氣
歷久不變

問、地中熱氣，歷久減少否。

答、地球面上，由虛質凝為流質，由流質結為實質。初時失熱甚速，歷久結皮愈厚，愈阻熱氣散失，而面上受日之熱，幾足補其自內散出者。故數萬年來，各處冷暖，無大變易也。

問、設地中之熱盡失，地上情形若何。

地熱盡失
情形

答、洋海之水，必盡結冰，空中之氣，必盡入地，即成塊然一物。萬物不能生存。格物家測得月上無水無風，推原其故，因月體小，所受光熱，不足以補其熱之發散。

漸致月心失熱，此即地球失熱之鑒也。然不知歷幾萬劫，方至如此。

問：力熱互生，何謂也？

答：準前論，熱原非氣，實有力動盪萬物之微質，發見而為熱，所以熱即力也。有若干熱，即生若干力，有若干力，亦能生若干熱。英國格物家茹里，曾驗得一斤水加熱一度，其所生之力，能令一斤重起七百七十二尺。英尺高，又驗得一斤重，由七百七十二尺高下墜，其所生之熱，能令一斤水加熱一度。此力熱互生之定

率也。

問：物之下墜生熱，何以證之？

答：凡物下墜，惟極高始生極熱，否則生熱有限。天之隕石，光若流星，迨至墜地，其熱尤甚，非石生熱，因自高下墜，與天氣互相磨擊，故能生此大熱。又鐵匠擊砧，時久，其砧必熱，磨玉若不加水，其玉必熱，火車陡然停止，輪下必生火焰，皆其證也。

問：按此理於熱之隱顯，何解？

答：熱之隱者，因自具之力減少，熱之顯者，因自具之力

物力大原

加增、如各氣自行漲開、既未受外力、而本力少有耗費、必至於冷、若用力強令縮小、則其熱仍復、因所失之熱、復由外力以補之也。

問、地上物力之大原、由何而生、

答、生於日也、蓋日不獨為光之原、準力熱互生理、因熱由日生、故日亦為力之原也、如水流有力、因熱氣不至凝結、風動有力、因熱氣令能漲升、至蒸氣有力、雖出人力製造、然必藉日暖以生草木、始有柴薪可用、煤產深山、亦草木之精凝聚而生、詳見化學人物之力、雖

熱有二說

正行本目

由本體之熱而生、然必藉日暖以生食物、始能飲食、以生熱、故力之大原、生於日也、

問、熱氣有二說、何也、

答、一、以熱為一物、雖稀而不可搏、輕而不可權、然度之

多寡可量也、力之大小可計也、若以熱為非物、不過

因物之微動以傳播也、

問、二說孰是、

答、以熱為物之說、以為熱若極輕流質、能浸入物體、令之加漲、至強令其物縮小、則熱復顯、若流質之被壓

熱非物之說較確

溢出此一說也。以熱為非物之說，則與辨光之非物

答無異。光有二說以為熱氣與聲音相似，音藉天氣動

問盪觸耳成聲，是聲不過為氣之顫動，熱亦不過為物

之微動，惟通音賴乎天氣，通熱則另有一種元氣。此係

口氣因敬充塞兩間，光熱電三者皆賴此元氣以傳

答也。此說較確。

問古人云五行之質水為先，又云火為先，二說孰是。

答按力熱互變之理，當以火為先。夫太初之時，聚六合

之散質成團，動而生熱，熱甚生光，是為太陽。太陽旋

熱氣動

五行水居
火後二

轉極速，其外皮剖分，團成諸行星與地球。亦一行本

皆熱而有光，嗣因地球熱漸失散，體積較小，浮面結

成堅質，是以無光。因地心仍有火，故鑿井開礦，愈深

愈熱，約六丈餘，熱增一度，推至四五十里，則銅鐵悉

化，玉石俱焚。初時地面無水，因空中熱氣減少，養輕

問二氣合成水質，始降地面，是水居火之後也。

問濕氣升為雲霧，降為河海，運行不息，無少增損，火之

熱氣與此同否。

答不同也。因濕氣為有質之物，故能循環不已。熱氣既

熱氣與濕
氣不同

變不同
機康與樂

太終全球
冷如兩極

答非一物，故散於六合而不返。地面雖有太陽光熱以補之，然其所受者，不過太陽所出全熱二十萬分之一，餘皆散失矣。

問：太初既以火為先，不知太終當若何。

答：日光漸失漸滅，數百萬年後，地球所受之熱，不足以成四季，徧地漸冷，馴至如南北兩極，則不成世界矣。

下章論光

論光學

問：何為光學。

答：究察光性，以發明光之功用，並明人目所以能視之理，製各鏡以助之，此其大旨也。

問：光之發源，約分幾類。

答：發源約分五類，日為光之大原，故名太陽，是為日光。

恒星亦自發光，與日光同類。月藉日光返照有光，是

為月光，各行星亦藉日光返照，與月同類。他若火焰

所生，是為火光，電氣所生，是為電光，又有燐火。

俗名
鬼火

光分五類

物因光分
四類

是為冷光

問、地上各物、即光而分之、約為幾類、

答、約分四類、物之自明者、為發光物、借光而明者、為返
光物、光經物而過者、為透光物、光經物而不過者、為

阻光物、

光之行速

問、光之行速若何、

答、昔常用之光率、每秒行速十九萬二千洋里、近考得
光速每秒十八萬五千八百洋里、約中國五十五萬
里、較音之速率快九十萬倍有奇、

測光速三
法

問、光之行速、何以知之、

答、其法有三、一、由窺測木星之四月而得之、一、由懸鑑
返照而得之、一、由光過旋輪而得之、

窺測木星
得光速

問、窺測木星而得光速若何、

答、木星有四小星隨行、如月之隨地、名為木星四月、其
中常有繞於木星後、而被遮不見者、木星距地最近
時、以遠鏡察其出沒時刻、俟木星距地最遠時、復察
其出沒、二時之較、為十六分三十六秒、木星兩距之
差、即黃道之闊、計一萬八千五百萬洋里、太陽居黃

道之中，故日光至地，須八分十八秒，由此計之，光速

每秒行十八萬五千餘洋里。

如圖，丁為日，丙為地球，丙己

為地球運行軌道，甲庚為木

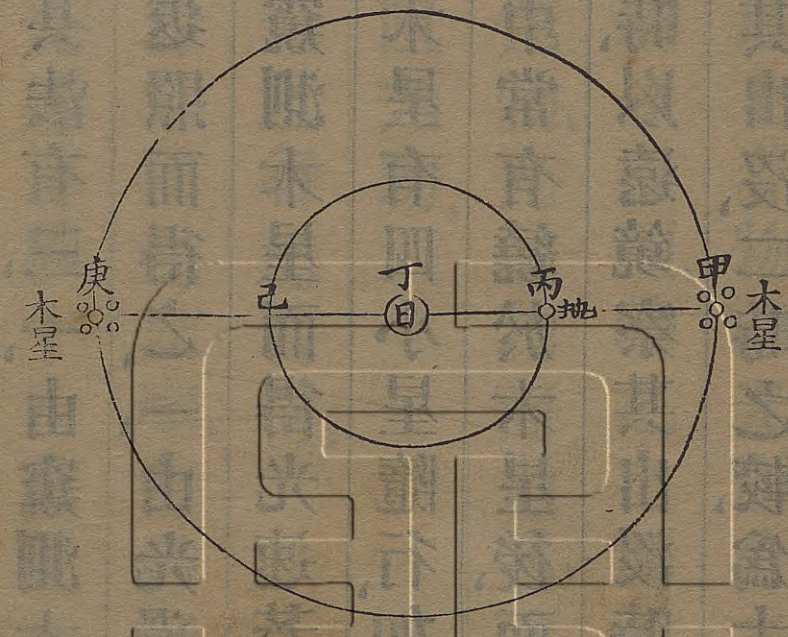
星運行軌道，木星在甲，距地

最近，在庚，距地最遠，測得光

自甲至丙，與自庚至丙二時

之較，為十六分三十六秒，兩

距之差，即丙己黃道之闊，故知日光自丁至丙，需時



八分十八秒也。

問、懸鑑返照而得光速若何、

答、暗室懸鑑、對面用一線之光射入、令鑑旋極速、則返

光之影旁移、察其偏度、與室闊、旋速、三者相比、即可

答、推得光之行速矣、

問、光過旋輪而得光速若何、

答、在相距數十里對面二山上、一設旋轉齒輪、一設返

照光鑑、若輪靜時、光由輪之某齒隙穿過射鑑、則返

光亦由某齒隙回射、若輪轉極速、則光由某齒隙穿

光過旋輪

懸返鑑照

得光速

過、迨返光回射、則已移過一齒、或移過數齒、以旁移
度數、與相距遠近核之、亦可推得光之行速矣、以上
二法

詳見格
物測算

行星之光
至地

問、最遠行星之光至地、需時若干、

答、行星最遠者為海王星、距地較日地距遠三十倍、以

光之行速計之、需四小時有奇、其光始能至地也、

恒星之光
至地

問、最近恒星之光至地、需時若干、

答、恒星最近者、距日較海王星遠七千倍、其光至地、約

需三年有奇、若織女星之光至地、則需二十餘年、至

星光忽滅
不能即知

最遠恒星之光至地、或需時數千年者、亦有之也、

問、星光忽滅、地上立時能知否、

答、準前論、恒星最近者、亦需三年始知、最遠者、或需數

千年始知也、因光之傳播、畧如水之流行然、設西省

決河、其水雖涸、迨達至東省、必須相隔數日始知、故

光雖忽滅、尚有餘光未盡、亦必逾其光應行之時刻、

始見其滅也、

人目與星
位有差

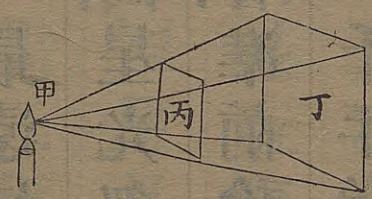
問、人目所及、與星之準位有差否、

答、光行雖速、亦須經若干時、始射入人目、故日甫見、而

光分濃淡之理

星已易地，如騎馬射箭，馬駛箭亦隨之，必指的旁而發，箭始命中也。如木星距地最遠時，其光至地，需時三刻，經此三刻，木星已行數萬里，焉能見其準位，故各星部位，天文家必設法推測，不能全憑目視也。

問：光隨遠近而分濃淡，其理何如？



答：光自一點而發，散布六面，與聲熱電及地球吸力相同，故愈近愈濃，愈遠愈淡。如圖，甲為燭光，丙距燭一尺，其方面亦一尺，丁距燭二尺，其方面四尺，則丙方一尺之

驗光濃淡三法

以影之深淺驗之

板遮蔽燭光，能令丁方四尺之板全身黑暗，故光之濃淡，即按其遠近自乘反比，亦若聲熱電及地球吸力之按遠近自乘反比也。

問：光之濃淡，何以驗之？

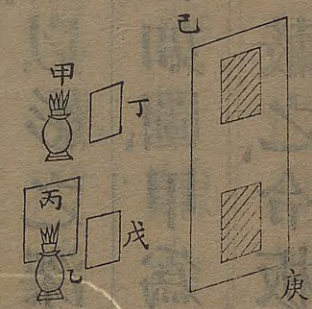
答：其法有三：一、以影之深淺分之；一、以光之明暗分之；

一、以減影分之；

問：以影之深淺分之若何？

答：如圖，甲為油燈，乙為酒燈，中隔丙板，再以丁戊二板蔽之，令板影射己庚壁上，視影之深淺，便知光之濃

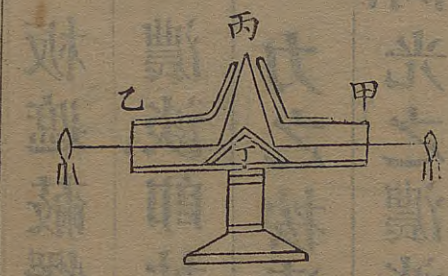
以光之明
暗驗之



問、以光之明暗分之若何、

淡、復將濃者移遠、令二影深淺均勻、以遠近自乘反比計之、即知濃淡倍數、如油燈距壁遠三倍、即知光濃九倍也、

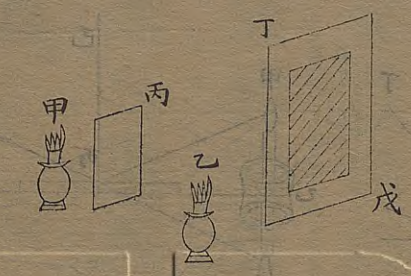
答、如圖、甲乙外管、中隔三角木如丁、兩面鋪白紙、管上



丙處有孔、以便目視、置二光於管兩端、令光射紙上、由丙孔窺之、以辨二光明暗、復以濃淡遠近移之、俟二光均勻、仍以前法計之、即知濃淡倍數矣、

以減影驗
之

問、以減影分之若何、



答、如圖、甲光置几上、以丙板隔之、令板影射丁戊壁上、

再以乙光自旁照之、則壁影漸淡、移近其光、浸至影滅、則二光濃淡均勻、以遠近自乘反比計之、即知濃淡倍數、較量各物之光、此法較便、

問、光行之路何如、

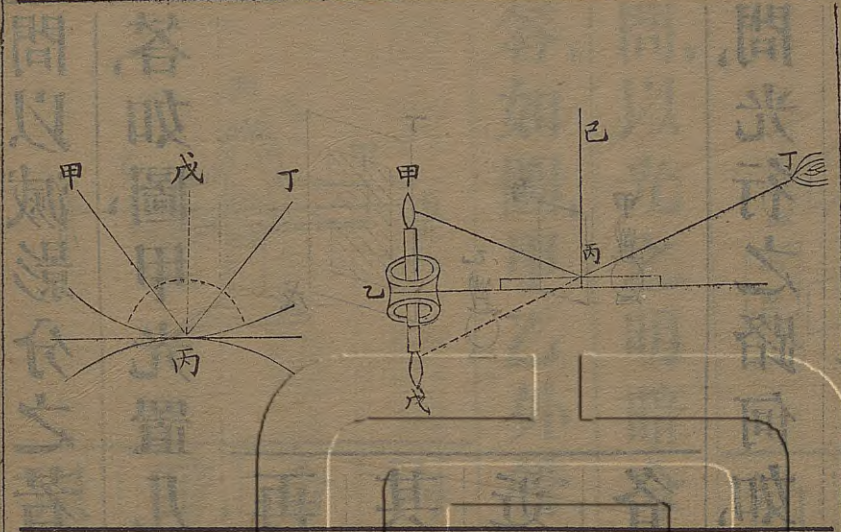
光行之路

答、光惟直行、遇物被折而返照、改道仍係直行、故但能曲折、不能行圓線、所以射箭放槍、必對準苗頭、方能

式向
光之

光之返照
方向

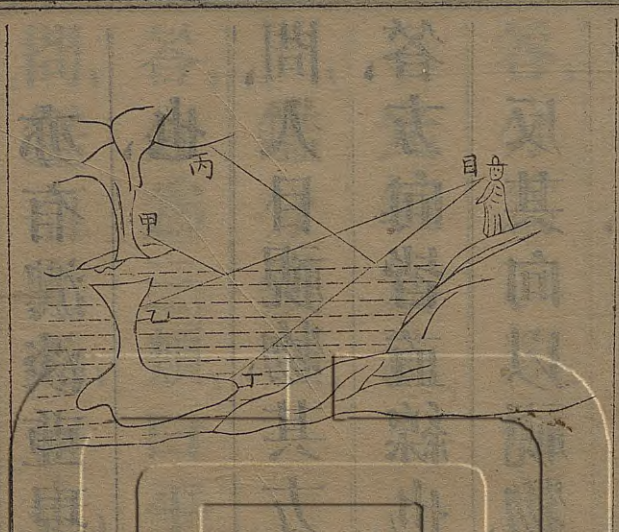
令矢丸中目視之處，可見光之直行也。
問：光之返照，其方向何如？



答：來光返光必二角均勻也。如圖，以鑑平放於地，燭光在甲，甲丙為來光，丙丁為返光，人目在丁，則見燭倒置於戊，甲乙乙戊二高必等，則甲丙乙戊丙乙二角亦等，即甲丙己丁丙己二角均勻，無論鑑為何形，其理無異。又如圖，置平凹凸三鑑於丙，光自甲

物影倒置
之故

問：物映水中，其影倒置，何故？
照丙，皆返照於丁，而甲丙戊丁丙戊二角必等。



答：亦來光返光二角均勻，與平鑑映物之理無異。因樹根距水面近，故影入水淺，樹頂距水面遠，故影入水深。如圖，甲光自水面返照入目，視之在乙，丙光自水面返照入目，視之在丁。

所以影成倒置也。

明影暗影
之別

問：影有何別？

人目視物
方向

答、光直射返照，皆成明影。光被物遮，即成暗影。暗影又分濃淡，因濃者光自一點而發，淡者光自一面而發，亦有濃淡並現者，如日食濃影在中，淡影環繞於外也。

問、人目視物，其方向何如？

答、方向皆直線也。目既藉光能見，則光直射入目，目必反其向以視物，如前圖樹影自水面返照，其光向上入目，目即下視，而影在水中，皆成直線。惟光返照被折，目之所見，非物之實相，如音之回響，耳之所聞，亦

鏡分二類

非發聲之本向也。

問、鏡分幾類？

答、分爲二類，曰返光鏡，曰透光鏡。茲別返光鏡爲鑑，透光鏡爲鏡。

鑑分三類

問、鑑分幾類？

答、分爲三類，曰平鑑，曰凹鑑，曰凸鑑。

鑑有光心

問、鑑有光心，何也？

答、聚光成影之所也。有光聚鑑前而成影者，即光心在前，有成影視如鑑後者，即光心在後，因目所見，儼如

平鑑光心

問、平鑑光心何在、

答、光心在鑑後、不能有定點、因物距鑑前若干遠、影必入鑑後若干深、二距必等、

平鑑成影

問、平鑑成影若何、

答、物直立鑑前、鑑若直、則影亦直、鑑若微側、則影側加倍、如圖、戊丁鑑面、物在甲乙、必成影於辛壬、庚壬己角既等於戊丁丙角、辛壬庚角又等於庚壬己角、則辛壬己角必倍於戊



二鑑相交成影

問、二平鑑相交、成影若何、

答、平鑑二面相合、若交角九十度、照物皆成雙影、因此其影倒置、故水面映物必倒也、

三鑑相交成影

問、三平鑑相交、成影若何、

答、平鑑三面相合、成三角形、若各角皆六十度、以置筒內、物映其間、交照共成六影、儼如花之六出、若物微

交照愈多、成影愈衆矣、

二鑑平列
成影

動則幻影更多戲具萬花筒即此理也

問三壁皆列平鑑一人立其間成影若何

答人影層見迭出排列兩行漸遠漸淡因二鑑返照交

丁影五尺

互不已即物在鑑前成影鑑後二距必

丙影三尺

等之理如圖戊己二平鑑相距二尺物

乙影一尺

在中甲點照於戊鑑影必距戊後一尺

甲鑑距二尺

如乙迨返照於己影必距己三尺如丙

戊

乙影一尺

丙影三尺

又返照於戊影又距戊五尺如丁己鑑

丁影五尺

交照亦然故在乙丙丁皆成影若箱內

接影筒

問接影筒何物

答兩面列鑑中設花卉由穴窺之燦爛堆錦甚可觀也

丁

內置子丑寅卯四平鑑丙處隔以鐵石木

丙

板各堅物燭置丁端自甲端視之仍見燭

子

光其接影入目與直筒無異因光照於寅

甲

返照於卯又返照於丑再返照於子而影



四鑑之用

問達入目若將筒下截遮蔽不知者以為筒中有力能

破堅物殊不知仍節節返照也有人按此理造屋多

凹鑑之用

置鑑以接影，客立門外，主人已於室內窺其影矣。

問，凹鑑何用。

答，遠鏡每用凹鑑，返照星辰，以便觀察，居室每用凹鑑，

返照燈燭，以令光明，海島危險之區，設高塔燃巨燈，

名爲燈樓，內設凹鑑，燈置大光心，令光返照平行，可

以遠射，亦有用凹鑑聚熱燒物，及鎔化金類，若火鏡

答，然惟火鏡光聚於後，凹鑑光聚於前也。

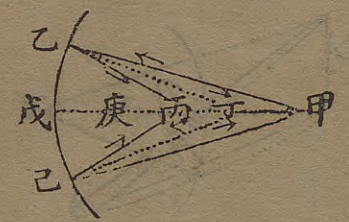
問，凹鑑光心何在。

答，凹鑑形如球皮，鑑軸左右相近平光，必聚於半徑之

凹鑑光心

中點是爲大光心，照星宿與極遠之物，其光線皆可
作與軸平行，光俱聚於此點，若所照之物漸近，則光
線不與軸平行，光心距鑑亦漸遠，總之，無論物距遠

近，其光心俱可按來光返光二角均勻
之理作線，與鑑軸相交而得，如圖，乙戊
己鑑面，丁戊鑑軸，卽鑑之半徑，設物在
甲，光線甲乙，則按甲乙丁角，作丁乙丙

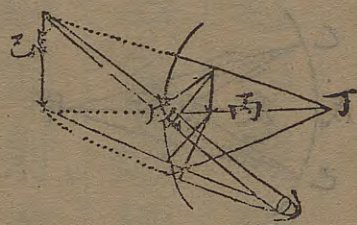


角，交軸於丙，卽其光心，惟凹鑑之式不一，若鑑面非
球皮形，理與此異。

論光

問、凹鑑返照、成影若何、

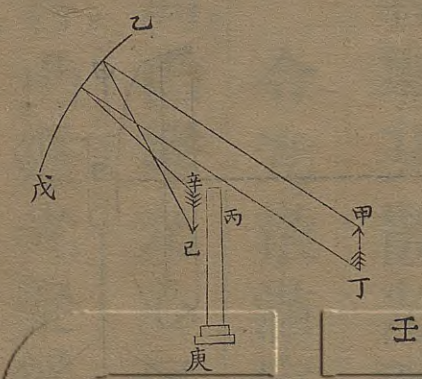
答、如圖、戊為鑑面、半徑戊丁、平分於丙、物置丙戊之間、



則影深入而放大、成影鑑後如己、物置丙點、則光線平行返照、不能成影、物置丁丙之間、則成影在丁點以外、物置丁點以外、則成影在丁點以內、故凹鑑無論何式、凡成影於鑑前者、物影二點、可以互換、物在此則影在彼、物在彼則影在此也、

問、奇鑑何物、

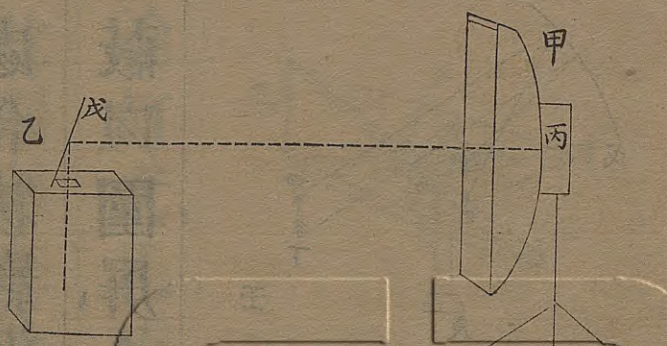
答、亦凹鑑也、或平置低處、令物影返照於上、或側懸高處、令物影返照於下、如以物置高處、鑑前、聚光於內、蔽以圍屏、令人不見、其光返照、成影空中、惟須煙氣



稠密、影始附麗而現、如在雲霧中也、如圖、置乙戊凹鑑於屋上、物在己辛、照於鑑面、返照成影於甲丁、人目在壬、因有丙庚圍屏遮蔽、不見物與鑑、僅見甲丁

物影、不知者咸以為異、且有繪牛鬼蛇神之狀、令現室中以駭人者、人恒訝為幻術、不知實凹鑑為之也、

問、以光通信遠方、其法若何、
答、如圖、甲乙兩高阜處、遙遙相對、甲處置凹鑑於三足



架上、丙處有輪機、令鑑隨日旋轉、受
光遠射、鑑前有木蓋、以便啟閉、乙處
設幕、令凹鑑返照、戊鑑、又返照、由孔
入幕、按鑑蓋啟閉、以視光之隱現、由
此記數作號、與電報按號稽字無異、
天朗氣清、光力能達百餘里、若節節
置鑑遞傳、光力能達千里之外、此名光報、無電報之

處、各國恒用之、惟遇陰雨、則報不能傳、然以電光代
日光、亦可通信也、

問、凸鑑何用、

答、取其散光而已、常見堂宇懸燈、多綴金球、面如凸鑑、
令光散滿室中、人物咸映球面矣、

問、凸鑑光心何在、

答、凸鑑光聚鑑後、與凹鑑相反、如前凹鑑圖、兩面若皆
能返照、則凹鑑背面、即為凸鑑、準前論、凹鑑物在丙、
成影於己、若為凸鑑、則物在己、必成影於丙、二鑑適

凸鑑之用

凸鑑光心

地論格物八門 卷四

四十一

論光

四十一

凸鑑返照

凸鑑光心

驗物之折光

凸鑑之用

相反也。

問、凸鑑返照，成影若何。

答、成影如在鑑後，而較本物收小，嘗見市間店肆，懸凸

問、鑑於屋頂下，命車馬人物影映於上，小如傀儡，而所

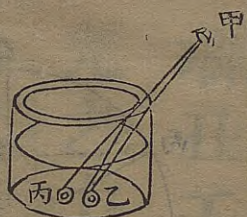
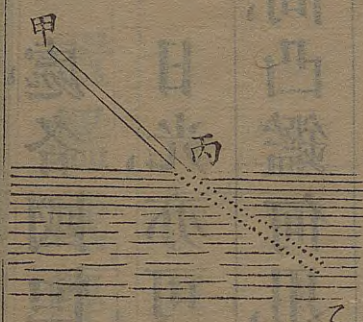
趨之向相反。

問、物之折光，何以驗之。

答、如圖，甲乙直竿，斜入水中，視之若中

折於丙然，實非竿折也，乃光被折耳，且

折處必向上曲，如又圖，以錢一枚，置空



桶中，如乙，人目在甲視之，錢為桶邊所掩，若桶中盛水，則錢可見於丙，非錢被水移也，乃光出水中，被折而曲，故達於目，溪水

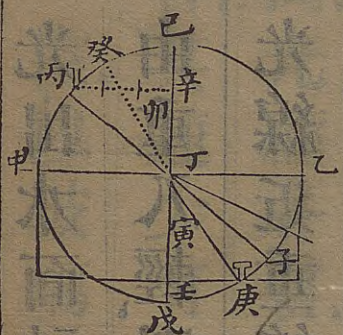
有清澈見底者，望之似淺，探之實深，即此理也。

問、物之折光，其方向何如。

答、如圖，甲乙水桶，置物於庚，其光線必直射至癸，若桶

中盛水，則光線透出水面，被折至丙，視

之若物在子矣，試作己戊垂線，無水時，則戊丁庚己丁癸二角相等，有水時，則



折光方向

光之折

力度折光之

待光式向

光出水面被折成己丁丙角大於戊丁庚角總之光
由重入輕則光線遠垂線而角變大光由輕入重則
光線近垂線而角變小也

問物之折光其力何以度之

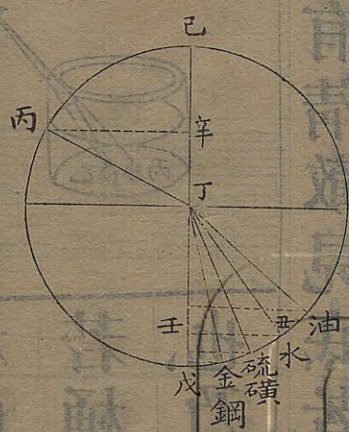
答以被折所成各角相比即得如圖丙丁光線入水被

折至丑則丑壬爲丑丁戊角正弦

丙辛爲己丁丙角正弦二正弦之

較即爲折光之力設丙辛四尺若

光入水則丑壬必爲三尺光入玻



璃丑壬必爲二尺六寸六分光入硫磺金剛石則折
光之力愈大而丑壬愈小矣

問物之折光於質之輕重有別否

答物爲實質其質愈重折光愈多惟流質中油酒二物

雖較水輕而折光反多故水與油酒各一層以直竿

入之若三處被折然

問光經各質其行速何如

答其速少有等差法國格物家福格氏曾置旋鑑於暗

室以玻璃管數具盛水與油酒等質令外光經過直

各質折光
不同

折光之速
少有等差

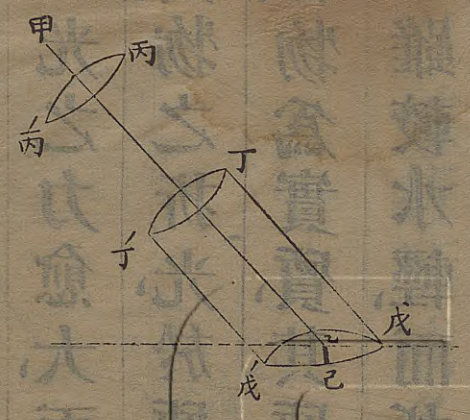
折光之理

不同

射鑑面返照復經而出，驗得光經各質，其速少有等差也。

問：光之被折，其理何解？

答：準前光經各質，其行速既少有等差，則光線斜照水



線正交，甲乙光線全在天氣中，則丙丙與丁丁平行，

面其入水之光浪，必被水少阻，比水面以上行速較小，故方向改易，如圖，乙為水面，甲乙為光線，丙丙丁丁戊戊均為光浪，形如圓球，其軸各與光

天氣折光

故直乙點以下光線入水被阻，則戊戊不與丙丙丁丁平行，故甲乙己光線被折於己，此出氣入水之被折，若出水入氣則反是。

問：天氣折光何如？

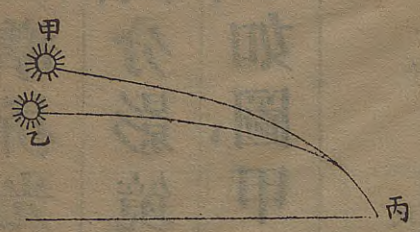
答：天氣若能厚薄如一，則光線經過必直而不曲，但氣

質漸高漸稀，若分為無數層，故光線下射，

每層被折，幾成曲線，如圖，甲為星，光線經

天氣被折，目視若見於乙，而光因被折易

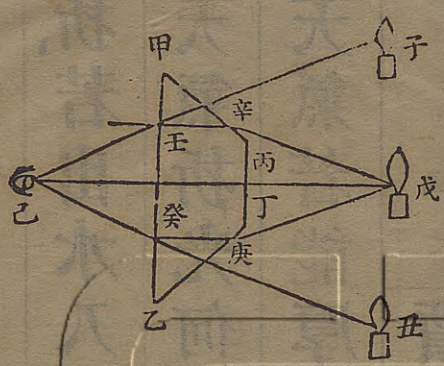
位，按各星高低有定率，故天文家測星，必



準折光定率較核始得其準位也

問、分影鏡何物、

答、如圖、甲丙丁乙丑五面分影鏡、一平面、四側面、戊為燭、

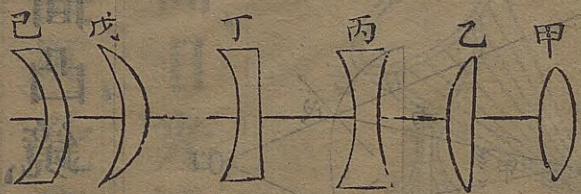


其光直射一平面、斜射四側面、故光線由辛庚各點斜入、被折而曲、復由壬癸各點斜出、被折而又曲、四側面之光線、俱被折入目、故視之成影於子丑各點、所以一燭分為五影、即前論由輕入重、光線被折而角變小、由重入輕、光線被

折而角變大之理、因光出入之路改易方向、故鏡面

問、愈多、分影亦愈多也、

問、透光鏡何物、



答、恒用玻璃為之、形有數種、如圖、甲為二面凸者、乙為一面平一面凸者、丙為二面凹者、丁為一面平一面凹者、戊己均為一面凸一面凹者、鏡雖多用玻璃、然凡透光之物、皆可為之也、

問、凸鏡視物若何、

答、視物放大、顯微測遠、皆藉凸鏡之力、如圖、丙戊為單

面凸鏡、物在甲、光照於丙、因光線入鏡、被折至戊、光

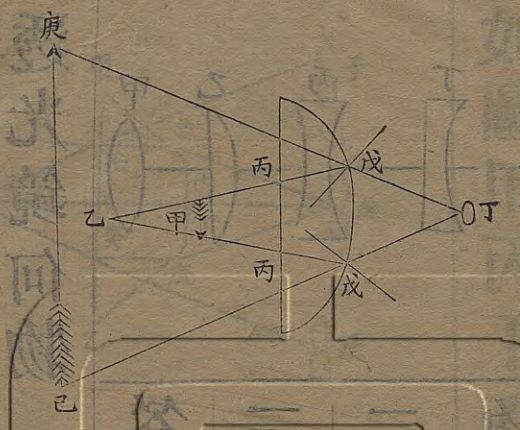
線出鏡、又被折至丁、故目在丁視甲、

如在庚己、所以其物放大、丁角大於

乙角若干倍、即視物放大若干倍、因

光路相交、故視物倒置、若用雙面凸

鏡、兩面被折、則視物愈放大矣、



問、火鏡之理若何、

答、火鏡即雙面凸鏡也、因光經兩凸面、被折使歸一點、

能聚光、亦能聚熱、日光滿照凸面、則有無數光線經
過、歸至光心一點、其光甚明、氣亦甚熱、設以方尺之

光、聚於方寸之地、則明與熱均加百倍、

小者能焚柴薪、大者能鎔金類、昔養淡

二氣交燒之法、未作以前、恒用徑三四

尺凸鏡、置於架上、以聚熱、如圖、甲乙鏡



面、日光透過而聚於丙、其熱甚烈、雖極熱之火、亦無

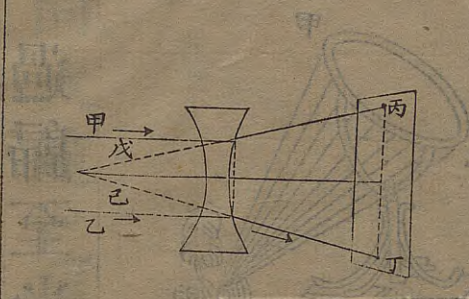
其匹、化學家恒用以煨煉各物、

問、火鏡取火、其玻璃熱否、

增訂格物入門 卷四

答、玻璃不熱、因光出鏡後、始聚一處而覺熱、故玻璃不熱、若以冰製成凸鏡、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、

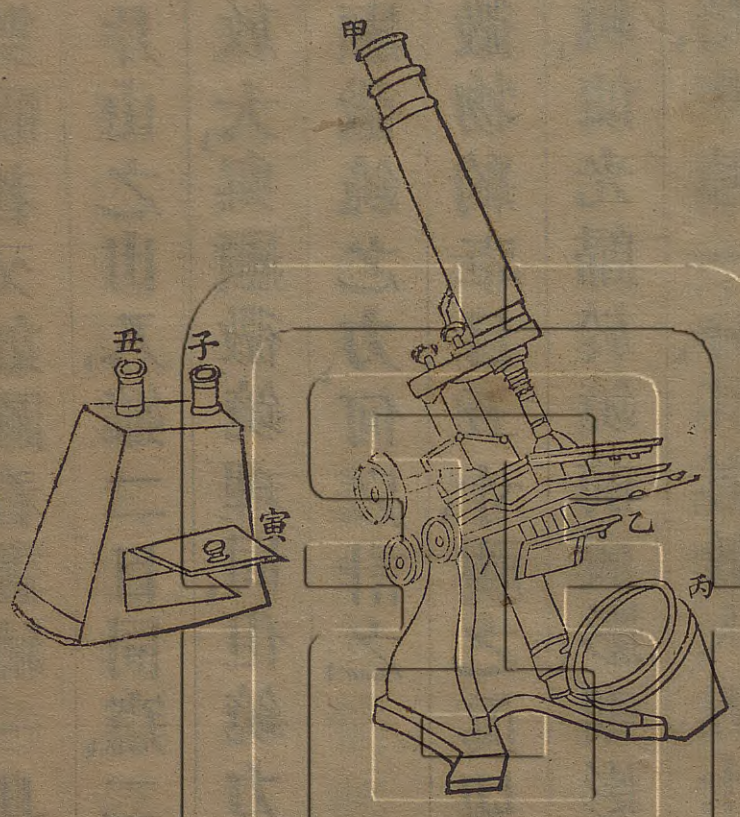
問、凹鏡視物若何、



答、視物收小、與凸鏡相反、考察折光之路、法與凸鏡同、如圖、設光自甲乙發、透鏡而折至丙丁、則目視方向、如丙戊丁己、故視物收小也、

問、顯微鏡何物、

答、鏡力能將微物放大、顯露真切、如滴水草葉之上、目視中如無物、以鏡窺之、則見無數小蟲、蠕蠕而動、可謂無微不顯矣、如圖、顯



微鏡一具、乙為平玻璃、置物於上、安設鏡底、丙為鏡或鑑、令聚光於乙、自甲視之、物雖極微、亦能放大、有用一鏡者、有用兩鏡者、有單眼者、有

增訂格物入門 卷四 論光

五十一

雙眼者，又如圖，看畫鏡一具，子丑二筒，寅為小門，畫片由之出入，雖二目同窺，二畫並置，則視為合一而放大，與顯微鏡理同，但鏡力較小耳。

計顯微鏡之力

問、顯微鏡之力，何以計之。

答、微物約距目五寸，視之真切，再近反覺模糊，若用凸鏡，使光歸於鏡前成影，則影距鏡半寸，其影放大十倍，距鏡一分，其影放大五十倍，故面積距半寸者，放大百倍，距一分者，放大二千五百倍也。

用顯微鏡之

問、顯微鏡之用若何。

答、最大之用，在增廣識見，凡至微之物，目力不能察者，以鏡窺之，無不瞭如掌紋，格物家每用以察物之體質，商賈每用以辨貨之優劣，醫士每用以索病之根原，有司偶用以決獄之疑似，如昔有殺人而逃者，所佩小刀沾染血跡，詢之以牛血對，嗣以顯微鏡察之，知為人血，嚴鞫遂得其情，此顯微鏡之用也。

遠鏡

問、遠鏡何物。

答、令極遠物影，放大若近，易於窺測，小遠鏡名千里眼，以視地上諸物，及航海之用，大遠鏡名萬里鏡，又名

小遠鏡

天文鏡用以測日月星辰

問小遠鏡之式何如

答常用之式筒中設玻璃鏡四具畧與顯微鏡相似但

鏡不甚凸相距稍遠有於筒兩端設凸鏡

二具者有單筒雙筒之別其理均同惟雙

筒者如圖甲乙二筒合用則二目並視一



物益覺真切也

問大遠鏡之式何如

答其式有二一用凹鏡返照名返光遠鏡一用凸鏡直

大遠鏡

返光遠鏡

窺名折光遠鏡置於高架下設機關令隨意運動以便觀察每有架上設轉輪法條如自鳴鐘令自行旋轉恒隨星宿運行終日視之不易位也

問侯氏返光遠鏡其式何如

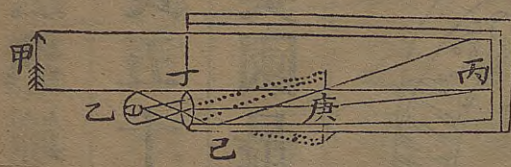
答英國天文家侯失勒善造天文遠鏡如

圖丙為凹鏡其徑四尺丁丙相距四十餘

尺物在甲其光返照成影於己丁設凸鏡

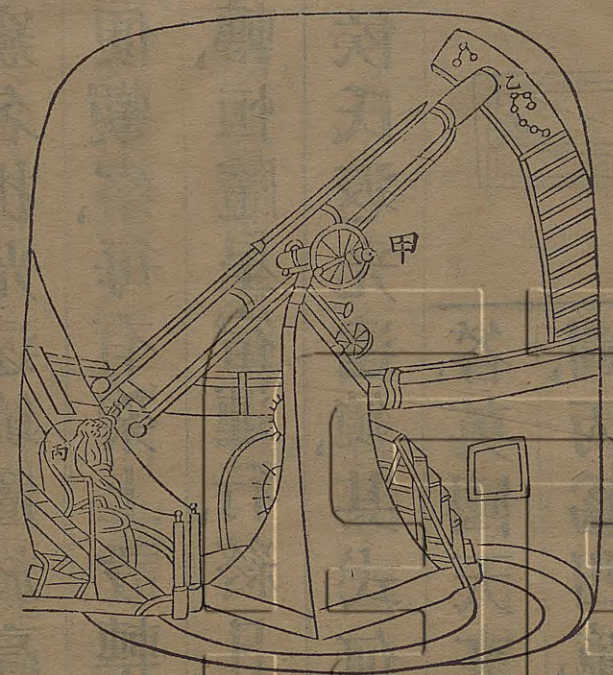
令影放大復折至庚自乙視之則見甲物

成影於庚近日英國伯爵羅斯仿侯氏之



折光遠鏡

法造鏡尤巨其凹鏡徑六尺距成影處五十四尺筒長五十六尺重二萬二千四百斤問美國最大折光遠鏡其式何如



答美京星臺有遠鏡一具如圖甲為鏡之倚所乙處有活窗與筒口相對丙為高椅以便坐視凸鏡厚十五寸距成影處二十二尺六寸另備小凸鏡十八具

折光返光
各有所長

更換用之力小者能放大百倍力大者能放大二千倍鏡筒重五千斤架有輪機易於運轉一手之力即可令改易方向近又造遠鏡一具於西省海濱漢爾敦山頂建臺置之其幾倍於前式山高出雲鏡力極大故測量天象更明也

問鏡之返光折光二式孰善

答各有所長返光鏡易製價廉雖極大者不難造成惟鑑背鍍水銀每致損壞折光鏡其體必整鎔石鑄成欲無瑕疵實為難得其大者百中選一尙出望外况

日 大遠鏡視

其質堅實，琢磨尤屬不易。故每有售至數十萬金者，洵可謂寶器矣。

問、大遠鏡視日若何。

答、日面有黑子，人目亦偶能見之。若以遠鏡窺之，則歷歷可辨，且能繪其形狀，計其多寡。因知日自轉如磨，每二十五日運行一周，且日爲火體，因熱甚，故金木水土四者，均不能成形也。

問、大遠鏡視月若何。

答、體若地球而小，上有高山，形如火山而無火。又初七

月 大遠鏡視

行星 大遠鏡視

八日，月上弦時，目視似平，以遠鏡窺之，弦如鋸齒。因知月面無湖海大澤，又星光經過月輪，毫無被折，更知月外無天氣包裹，推原其始，當有水有氣，旋因體小，失熱較速，水滅而水與氣潛入體中，故不外露也。

問、大遠鏡視行星若何。

答、準前論，行星本自無光，不能奪日，且距地較近，故視之真切，其大小可以測量。如木星、土星、火星、天王星、海王星，目視只有一星，以遠鏡窺之，皆有小星數箇，隨之運行。土星更有二帶纏繞，式如雙環。火星南北

大遠鏡視
恒星

二極白光如雪返照，意其上有風霜雨雪，如地球然。金星二百二十五日運行一周，有朔望形狀，如月之盈虧消長。天文家早已道及此理，至以遠鏡窺之，其言果驗。

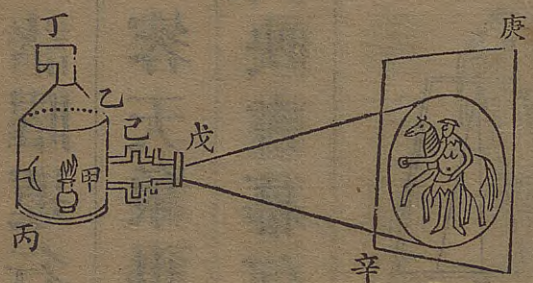
問、大遠鏡視恒星若何。

答、準前論，恒星本自有光，以遠鏡窺之，光雖增明，仍不能見其真體，其大小不能測量，惟須以太陽為則，按星之遠近，光之大小，比例而得之。至於天河，目視渾如白雲，以遠鏡窺之，皆為小星，顆粒分明，歷歷可數也。

射影燈

問、射影燈何物。

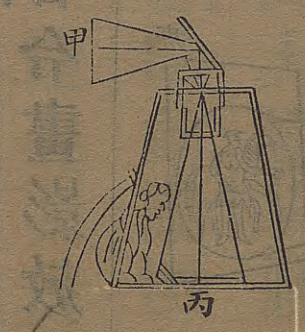
答、令畫影放大，射於壁上，視之極其生動，如圖甲為燈。



外覆乙丙鐵罩，令光不能外散，上有丁曲筒，能出氣，不能露光，罩旁管口戊處，置雙面凸鏡，其後有己隙，以彩色繪花卉人物於玻璃片上，夾入隙中，影藉鏡力放大，射於庚辛壁上，顯而易見，惟畫片四圍，必須漆黑，僅令畫處透光，其影始顯，且畫必

倒置其影始正不但射畫影於壁令人悅目又能射諸曜運行之影旋轉如在天空故天文家恒用此形容天象也

問映畫幕何物



答映物影描而繪之也如圖四圍設幕以蔽光令幕中黑暗僅留頂上小窗隔以透鏡上設斜覆照鑑如有物在甲影返照於丙即可按影以繪之也

問今之照畫者何法

答凡有色之物被光照久每致退色此人所共知也近代化學家製藥數種令見光即時變色道光年間法國人達吉爾創照畫之法將銀片置箱中薰以海藍

見化學

置映畫幕中映物影於上因藥感光變化成影

取出視之初不能見薰以水銀氣其影始顯再洗以礮礮水則影常存不滅嗣有人設法照於玻璃或照紙上雖間有用他藥為之者其理無異邇來又創乾片照畫之法因藥料咸備片上便於攜帶且工省而效速因見光不待一秒即成也

映畫幕

照畫之法

照畫之法

問、照畫之益若何、

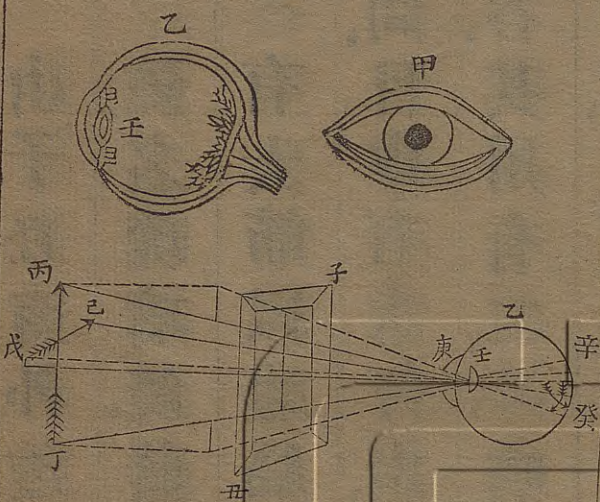
答、畫工之巧、全在肖形、然精心結構、猶難得其彷彿、照畫則法簡而神肖、自照畫之法興、凡宇宙所有之物、無不可映影畫圖、以鏡窺之、恍若親臨其地、人君雖端拱深宮、可作蒐苗獮狩觀、等而下之、官民藉此、亦可廣見聞而資多識、西國每釋獄囚、必將其像照出、儻怙惡不悛、再犯則緝捕較易、此有益於國政者也、書籍照出、字字真切、勝於謄錄、名人筆跡照出、神完氣足、無殊手墨、蠅頭小楷、筆不能書、令影縮小照出、

問、目能視物、其理若何、

以鏡窺之、則放大而真切、此有益於文墨者也、至極大之用、如勳臣圖形、以留後世、祖父遺像、以傳子孫、雖代遠年湮、猶之覲面、能令後人敬而慕之也、

答、如圖甲為帶眶人目、乙為取出

睛球、係生成雙面凸鏡、較水晶尤能透光、底有極細筋絡、縱橫交錯、如織成紗縠、鏡照外物、則收小聚影於上、如又圖丙丁戊己為物、光



目中有水
之用

由于丑窗外透入射於目前稍凸處庚點內含壬小鏡名琉璃鏡藉以接光入目而成影於腦後辛癸外有大筋以通腦髓而有知覺所以目視而能見也

問目中有水何用

答其用有二一睛球前後皆賴此水滋潤則目珠充實

一此水前清後綠藉以折光映影如凸鏡然

白睛

問白睛何物

答厚皮一層以蔽睛球四圍令光不能亂入如顯微鏡之有筒也

黑睛

問黑睛何物

答透亮之皮四圍有細筋聯絡可以收放光大則收小

光小則放大使之聚而能見猫睛隨時改易或為圓

形或成一線非睛球之改易亦皮收放之故人目色

雖不一而居中皆黑因日後黑色由黑睛外露也

問視物成影目底何以驗之

答設將初死牛目取出揭其底皮映日窺之其臨死所

見之物必映影於上或云遇人暴卒用照畫之法立

時照其目中之影即察出致死之由可作檢驗妙法

驗影成目
底

目鏡

目鏡

目視不能
兼收之故

解遠目

目鏡助視
之理

黑齋

然雖有是理，而爲之殊難措手也。由是於對物，

問：目視不能兼收，其故何也？

答：目之受光，如鏡照物，巨細畢現，凡一時在其目前者，

問：無論高山大澤，草木之繁，人物之衆，以及渺若塵沙，

皆呈象於目底，然心不在焉，雖視不見，心若專出，則

餘若無物，是目雖司視，而限制仍係於心也。人目

問：目鏡助視，其理若何？

答：睛球既爲生成凸鏡，其光心又適在目底，故視物成

問：影見之甚明，若睛球太凸，則光心近而不能至底，故

視物模糊，愈遠愈覺迷離，此爲近視眼，須用凹鏡以

抑有餘，若精力少衰，睛球稍扁，則光心遠而出於底

後，故視物多昏，愈近愈覺瞶亂，此爲花眼，須用凸鏡

以補不足也。

問：夜視鏡何物？

答：用雙面凸鏡，安設筒中，如千里鏡，則旁光不得亂入，

所視之光，總歸於目，夜間視之，卽能見也。

問：水視鏡何物？

答：或用平面鏡，或用凸面鏡，安設筒中，下口入水，自上

水視鏡

夜視鏡

論光

論光

六十一

辨視物之大小

答、口窺之、雖深處目亦能見、水中視物不明者、不但因
 問、水中光少、水面返光、亦能奪目、以筒禦之、故入水能
 見、如坐入水鐘、水內作工、先用水視鏡窺之、則覓地
 答、較易、而水底各物胥能見矣、

問、目視物之大小、何以辨之、

答、外光入目成角之大小、由於物距目之遠近、故物近
 目、光線角大、則視之較大、蠅蚋飛近、或誤為鷹鷂、物
 遠、光線角小、則視之若小、星斗高懸、或誤為螢火、
 故由光角大小而視者、非物之真體也、至由遠近以

目視物之倒正

辨大小者、仍須操之自心、幼而習之、揆度既熟、庶不
 致誤、常見孩童欲攫星月、此未習其遠近之證也、

問、目視物之倒正、何以明之、

答、物影入目倒置、而視之則正、按凸鏡理、光線相交、則
 影成倒置、然目視方向、與入目光線相反、故視物仍
 正、此乃理之必然、非由於習慣也、

問、畫分物之遠近、其理若何、

答、揆度外光入目成角之理、由心體察、雖尺幅可作山
 海巨觀、如寫物書景、遠者小而模糊、近者大而真切、

畫分物之遠近

獸夜視魚
水視之理

陰面令暗、陽面令明、卽畫家胸中之邱壑也、如壁隔
數層、分畫人物、常見有此畫一半、彼畫一半、近觀亂
不成形、遠望全形畢肖矣、所以畫師善於測算者、其
技尤精也、

問、獸能夜視、魚能水視、其理若何、

答、準前論、黑睛隨光明暗收放、人獸昆蟲皆然、故暗室
窺物、陡燃巨光、目覺微痛、因不能立時收小、蔽光也、
至日之視暗、人不如畜、畜又不如夜捕之獸、貓睛夜
則放大、故能視暗、正午收小、以蔽日光、魚在水中、因

物有色之
理

光分各色

日光入水無多、目大凸出、故收光亦易見也、

問、物之有色、其理何解、

答、色亦由光化成也、因白光本含各色、隨物返照、始有
紅黃藍綠各光之分、卽視爲紅黃藍綠各色、白物光
全返照、故成白色、黑物全不返照、故成黑色、

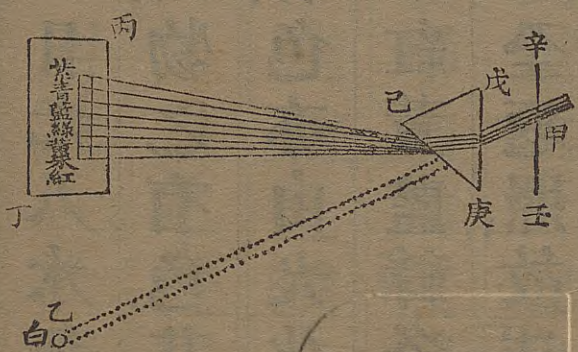
問、光分幾色、

答、中國分五色、爲青黃赤白黑、西國分七色、爲紅朱黃
綠藍青紫、西國七色、大端不外紅黃藍三色、餘皆二
色合成、中國五色、除白爲日光本色、無光則爲黑、餘

驗光分七色

亦為三色，理同而名異，雖皆以三色為本，然互相配合，千變萬化，幾無窮盡。凡鳥獸之羽毛，花卉之豔冶，莫不由此各色相合而成也。

問：光分七色，何以驗之？



答：如圖，辛壬為暗室之牖，令外光由甲小孔透入，直射至乙，仍為白色。若以戊己庚三稜玻璃蔽之，則光透玻璃，照於丙丁壁上，即分七色。如以紙置壁前，光射紙上，亦分七色。若另以三稜玻璃置

驗七色合成白色

紙前隔之，則紙上之光又為白色。因白光本含七色，各色透過玻璃，被折多寡不等，故分為七色。再透復折而回，故又為白色也。

問：白色為七色合成，何以驗之？

答：其法有二：一、用七色細砂，置白中研勻，仍為白色。一、



旋輪各按度數，依次繪成七色。輪旋極速，但見一片白色。如圖，輪面上作正交二徑線，分為四象限，每象限再分為七，計二十八分圓面。

形容各色分合

依次填色，輪旋慢，仍為七色。速則合成白色。設輪面僅分為七分，旋速須加四倍，始成白色。此奈端之理也。

問、光之各色分合，何法形容。

答、如圖，三圈互相套接，令三圈心點皆在餘一圈邊上。設上圈紅色，左圈黃色，右圈藍色，則三圈相套之居

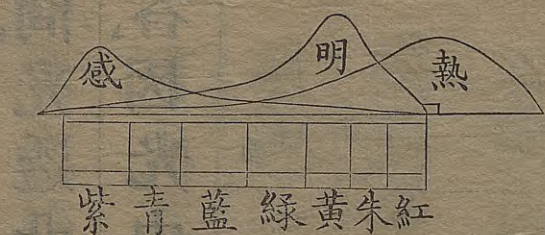


中一塊，即紅黃藍三色合成，而為白色。其紅藍相合之塊，即為紫色。紅黃相合之塊，即為朱色。黃藍相合之塊，即為綠色。

光有熱明感之別

色，推之，紅綠再合，藍朱再合，黃紫再合，均成白色。故白色為相合之總色。紅黃藍為正色，朱綠紫為閒色。問、光除分色外，更有何別。

答、以熱明感三者別之。如七色中紅為最熱，黃為最明，藍青紫最能相感也。如圖，紅朱黃綠藍青紫七色格上，作三曲線，以高低顯熱



明感之多寡。雖紅為最熱，黃為最明，紫為最感。然七色中均含有熱明感三者，且紅以外

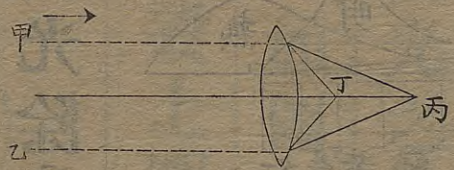
雖無光，以寒暑表驗之，實為最熱。紫以外雖無光，若

光透鏡生色之故

用藥料驗之，仍相感而變色也。

問：光透凸鏡生色，其故何也？

答：因光中七色被折不等，故光線透鏡而散，不能聚於



一點，遂分各色，如圖甲乙二光線，透過凸鏡被折，紅色被折最少，聚點在丙，紫色被折最多，聚點在丁，朱黃綠藍青五色，聚點皆在丁丙之間，若人目在丙，或視之皆紅，或見七色

迷離，而視物不明也。

問：凸鏡生色之弊，何以除之？

除凸鏡生色之弊

答：其法不一，而常用者如圖甲乙雙面凸鏡，後附以丙



丁乙甲凸面凹鏡，令光透凸鏡，分爲七色，復透凹鏡，則又合爲一色。又法，凸鏡製成

空體，內實鹽強磺強二水，令水與玻璃折光各力相消，則不生色。惟凸鏡折光，距軸愈遠，其力愈大，其最簡之法，蔽其鏡周，使不透光，只留與軸相近光路，亦可免其生色也。

光透物生色之理

問：光之透物生色，其理若何？

答：按光中各色，既被折不等，故入爲一線，出爲數線，且

分光鏡

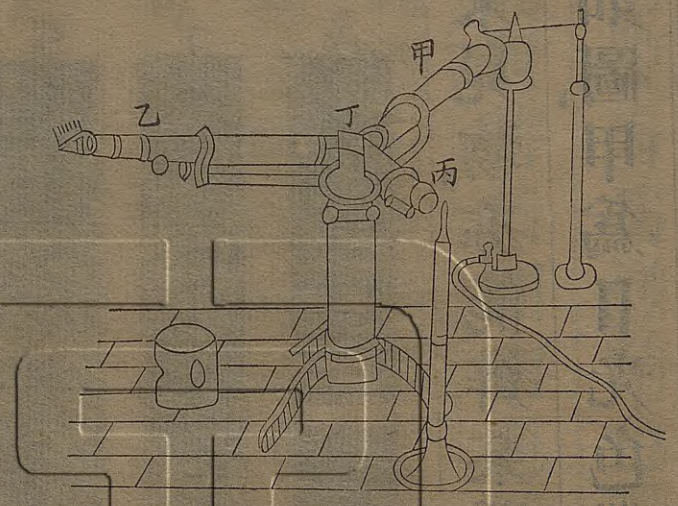
物質有厚薄之分，則光路亦有長短之別。三稜玻璃能分光者，職是故也。不但玻璃能分光，凡透光物，製成薄片，皆能顯出各色。若雲母石，又名千層石等之顯色也。天氣亦能顯色，以平面玻璃二塊，重疊相依，因中間天氣厚薄不等，即顯各色。水面滴油一點，即顯各色。又童子每以雨水和松香等藥，吹出氣泡，則顯七色。此皆質薄透光被折之故也。

問、分光鏡何物、

答、三稜玻璃一塊、置於三筒千里眼之間、可驗光線而

分光辨質之理

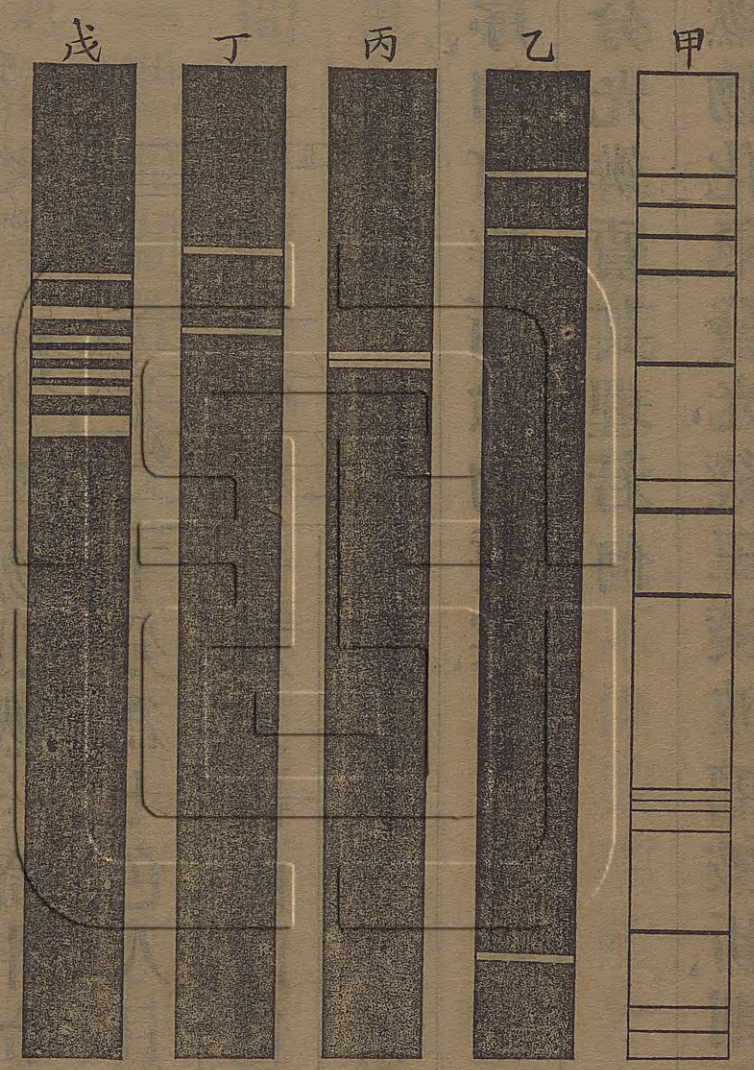
序、即可辨所驗物質矣、



辨物質、如圖、丁為三稜玻璃、甲乙丙千里眼三筒、同置架上、欲驗某物、則燃於筒外、令光由甲筒射於丁、分為七色、人目由乙筒視之、則光放大、再由丙筒視之、測得各色光線之廣狹、並計其多寡、察其次

問、分光辨質、其理若何、

答、燃物化氣發光、經三稜玻璃被折、則光線分而成色



帶因各質之
光不同故色
帶不同其色
帶中所間橫
線或黑線或
或色線次
序亦不同故
察其色帶雖

未見物亦能辨某質含金銀銅鐵某質含養硝等氣
如圖甲為日光色帶七色俱全間有黑線乙為灰精

日光

色帶丙為礪精色帶丁為石精色帶戊為礪精色帶
此四帶均間有色線多寡不等位置不同若某物質
內攙有灰精燃之視其色帶必有橫線如乙攙有礪
精石精礪精必有橫線如丙如丁如戊欲驗某物含
有何質燃之比其色帶無不顯露近年化學家多用
此法以輔其分拆之術其法最易其驗最真有以之
覓得金類數種為向所未識者洵搜奇之秘鑰也

色帶間橫
線之故

問色帶內間橫線其故何也

答與二光相滅之理相似設燃某物成色帶若隔同質

答之焰視之，則橫線皆黑，因光之同色被阻而成暗也。

問，分光鏡視日若何。

答，太陽色帶，如前圖甲，七色俱全，間有數百黑線。

於圖限幅

未及畫全

與各質色帶對視，一一相符，有乙之三線，丙之

二線，丁之二線，戊之七線，是知日體兼有此各質，且

察得日體又有地上金類氣類多種，因日體熱甚，各

質化氣包裹日面，故光經此氣，同色被阻，而成爲黑

線也。

問，分光鏡視月星若何。

答，月及行星色帶，與日光無異，因日光返照也。恒星色

帶，與日光不同，因恒星自發光也。細察之，恒星色帶

黑線，與太陽色帶黑線，有同有異，是知恒星體中之

質，與太陽體中之質，亦有同有異，且知星體熱甚，光

經本星熱氣，同色被阻，成爲黑線。雖星距地較日距

地遠萬萬倍，察其光即可辨其質。分光鏡之用，不亦

偉哉。至於彗星，雖藉日光返照，然其體虛浮，故色帶

與日光少異，因察得體中多含輕氣，且體熱微有自

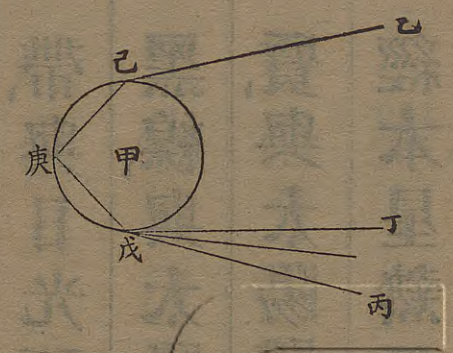
發之光也。恒星天偶有白處，視如雲霧，名爲星氣，以

分光鏡察其色帶其質虛浮而熱甚意其漸凝未成之星體歟

光成虹之理

問光之成虹其理何解

答落雨時若日光在東雲映於西則水點受光返照即



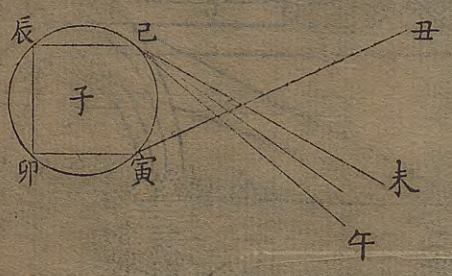
現各色成虹若日光在西雲映於東亦然與玻璃折光薄片返照而分各色理同如圖甲為雨點乙己光線由己照入被折至庚返照至戊而出因光之被折不等故分為七色紫色折多其線丁戊紅色折少其

二虹並見之理

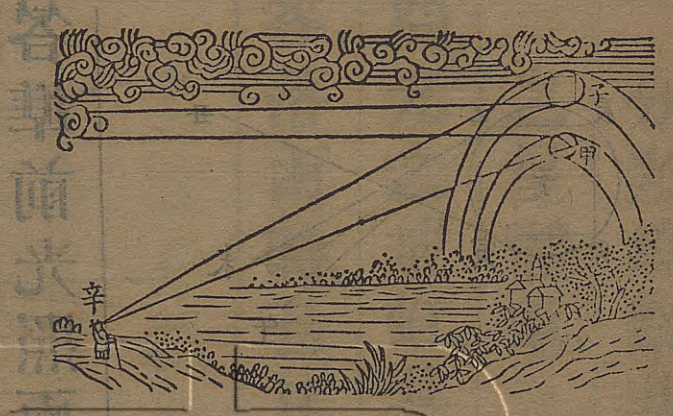
線丙戊其餘各色均在丁丙之間點點皆然滿天光現七色然不能盡歸人目故所見只一條也

問二虹並見其理何解

答準前光照雨點自上而入自下而出所成爲正虹其



光照雨點有自下而入自上而出者亦能成虹而與正虹相反謂之副虹如圖子爲雨點丑寅光線自寅而入被折至卯返照至辰復返照至己而出亦因被折不等分為七色紫色折多其線己午



紅色折少，其線已未，其餘各色均在午未之間，次序與前相反，故為副虹，或名為霓。因光由上入而成正虹，被折二次，返照一次，光由下入而成副虹，被折二次，返照二次，二線並入人目，故二虹並見。如又圖，人目在辛，甲子二雨點之光並入，餘點亦然。副虹之光，因多返照一次，故色較淡也。

虹形如弓之理

問、虹形如弓，其理何解、

答、濃雲平鋪，雨點直下，返光生色，徧滿天空，而虹之視如弓者，非真有是形也。因人目視遠不明，以目力所及為半徑，則見天形如球皮，而虹即為其截弧，故視如弓形。彼蒼蒼者天，雖無雲無雨，望如球皮，亦非天真有是形也。目視使然耳。

問、成虹之時，及其方向何如、

答、無雨無日無雲，皆不成虹。正南方及天頂，日光不能對照，亦不能成虹。冬令日行南陸，正北午正雨後，間有射影成虹者，然不多見。所以成虹多在東西方向。

成虹時與方向

瀑布蒸氣成虹

空中成影之理

海市蜃樓之理

午前在西，午後在東，月下亦有成虹之時，惟影淡而不明也。

問：除作雲下雨外，尚有成虹者否？

答：瀑布沖激，上蒸如雲，下濺如雨，日光映射，亦能成虹。

又輪船放出蒸氣，遇冷凝結如雨，日光映射，每見有

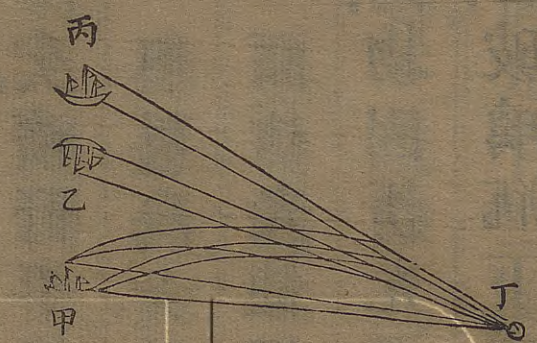
虹隨行，足證虹非天地淫氣，亦無關休咎也。

問：地上之物，成影天空，其理何解？

答：即天氣返照折光也。昔北冰洋海面，有父子各駕一

舟，相距百里，子見父舟成雙影於空際，一正一倒，駭

以為怪，不知即天氣返照折光成影也。凡物折光，隨



體質之稠稀，設海面忽有一層溫和之氣，其上氣質較稠，則與懸鑑無異，物光射入，返照被折，自遠望之，其影宛在空際。如圖，船在甲，人目在丁，則見空際乙丙二影，光線相交，一正一倒也。

問：海市蜃樓，其理何解？

答：亦折光成影之理也。嘗見海面忽現城市車馬人物之形，倏起倏滅，亦有經久始滅者。山東蓬萊山，義國

海市蜃樓之理

那伯里城，往往遇之，俗謂海市蜃樓，其實皆幻境也。
答：近海岸之島嶼，上有村落，遙望不見，俟海面天氣偶
有厚薄，則若懸鑑返照，其光被折，成影空際而見之
矣。曠野平原，亦每見空際忽現江河車馬人物之形，
俱甚高大，俗以為地中風水，不知亦天氣冷熱不等，
而折光使然也。

驗物折光
倒影

問：物因折光不等，其影倒置，何以驗之？
答：玻璃瓶下盛稠糖水，上盛清水，以紙書大字，隔糖隔
水窺之，字體俱正。隔糖與水相接處窺之，其字倒置。

光有二說

矣。此即物質稠稀不等，而折光有多寡之證也。
問：光有二說，何也？
答：一說以光為有質，謂光由日星而發，如水之有源，水
無泉源不出，光無本原不生也。一說以光為無質，謂
光之射，如聲之行，聲藉天氣以颺，光藉元氣以傳也。
問：二說孰是？

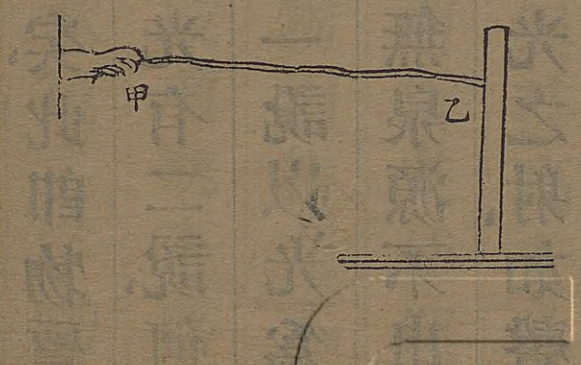
二說以無
質為是

答：若謂光為有質，則千萬年來，地面聚少成多，應有積
蓄，今則不然，是二說當以無質為是。夫光藉元氣以
傳，與水揚波相似，僅有起伏之勢，其水仍居原處，不

形容光行之理

與偕行，且光熱電三輕物，既皆無質可辨，必附他物始能傳行，若不藉此元氣，則三者之性實有不可解者矣。

問：此理何以形容？



答：如圖以甲乙長繩繫於乙，手持甲端而搖之，則繩若波之起伏，由此達彼，實非質之由此至彼，惟因人力藉繩以遞傳也。光之此感彼應，其所以傳行者，理亦相似。

光藉元氣以傳

問：光藉元氣以傳，何以能透各物？
答：此種元氣異乎天氣，不但能透流虛各質，凡物之通光者，無不透過，靜則為暗，動則為光。

元氣充滿天地

問：天地間有此元氣，何以知之？
答：由己見者，推及而知也。夫光既非有質，必有所附以行之，且光無遠弗屆，則此元氣必充滿天地間，無處不有矣。

以彗星證元氣

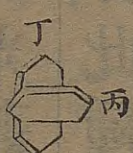
問：以彗星證元氣若何？
答：星宿運行，毫無阻滯，自古迄今，未見稍差，人咸謂天

空太虛無物，不知元氣質極微渺，不能阻星宿之巨體。至若彗星之薄質，亦能阻之。近考得二彗星行度，每周有差至數日者，即元氣之阻滯使然。此其證也。

以寶石透光證元氣

問，以寶石透光證元氣若何。

答，西國有透光寶石，名杜瑪玲，如圖，甲乙二石順疊，光



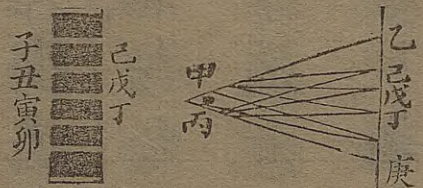
仍透過。若丁丙縱橫相依，則光被阻而暗。因光藉元氣動盪而透，石中隱具紋理，元氣由紋隙穿過，故二石順疊，元氣仍可動盪成光。若縱橫相依，其紋不順，元氣格阻不能透光。

此亦元氣之證也。

以光中暗線證元氣

問，以光中暗線證元氣若何。

答，如圖，甲丙為暗室之牖，令日光由小孔射入乙庚壁



上，以銅絲橫蔽孔前，則影放大，黑白相間。如又圖，黑線見於己戊丁，白線見於子丑寅卯。因元氣動盪傳光，銅絲上下各光浪之起伏，互相觸阻，彼此相滅，故

成黑線，謂之二光成暗，與二音成啞，二浪成平理同。此又元氣之證也。

暗影有光之故

問、以物蔽光、暗影仍少有光、其故何也、

答、其故有二、一、光線經過物邊而曲、略如透物被折、因光浪之裏邊、被物之外邊少阻、故向裏曲、一、四面天氣、返光散入影中、所以光雖直射被蔽、而影中仍不盡黑也、

薄片返光現色之故

問、薄片返光現色、其故何也、

答、亦光線相觸相滅之故也、因各色光被折不同、即光路長短不等、所以此色光相觸被滅、彼色光返照而顯也、

光與音相似

問、光與音相似若何、

答、不但二光成暗、與二音成啞相似、光有七色、聲有七音、同數同理、惟音藉天氣而颺、光藉元氣而傳、由動盪之快慢、是以分為七色也、

光動快慢

問、各色光之動盪、快慢若何、

答、如前圖、己戊丁為暗處、子丑寅卯為明處、其相距即光浪之長、計各色光浪之長、自紅光起、至紫光止、其數亦如二十五、二十四、二十一、十九、十八、十七之比、光浪愈短、動盪愈速、如紫光動盪二十五次、紅光則

冷光

動盪十七次，餘可類推。若以一寸分為百萬小分，以顯微鏡考之，紅光之浪占二十五小分，紫光之浪只占十七小分也。

問、冷光出自何物、

答、螢火明珠之類，皆生冷光。至腐草朽木，潮濕處之枯骨，亦有冷光，名為燐火。化學家每以枯骨等物，煉成光藥，擦之輒亮。置藥屑於瓶中，搖之亦能發光。即造自來火之藥料，南方海面，夜間波浪激動，宛如火焰。因水有小蟲似螢，體中隱蓄光藥，故動盪而生冷光。

冷光微有熱氣

也、

問、冷光有熱氣否、

答、因熱氣甚少，故謂冷光。其實亦含有微熱。因腐草朽木，及各物受濕潮變化，皆生微熱。可以寒暑表驗之。曝光藥於日中俟熱，置暗處則發光。若先烘熱，雖曝烈日，亦不發光。因體冷始能受光也。置夜光壁於冰上，再曝日中，雖發光而倏滅。旋浸百度熱水中，則又發光。繼而又滅。取出俟冷，仍浸原水中，即無光。若以較前倍熱之水浸之，則又發光。物曝日中令熱，置暗

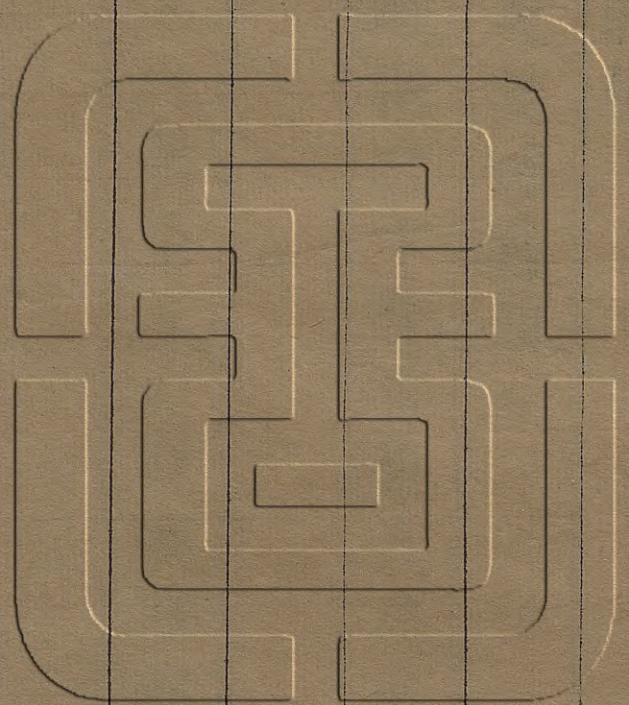
論光

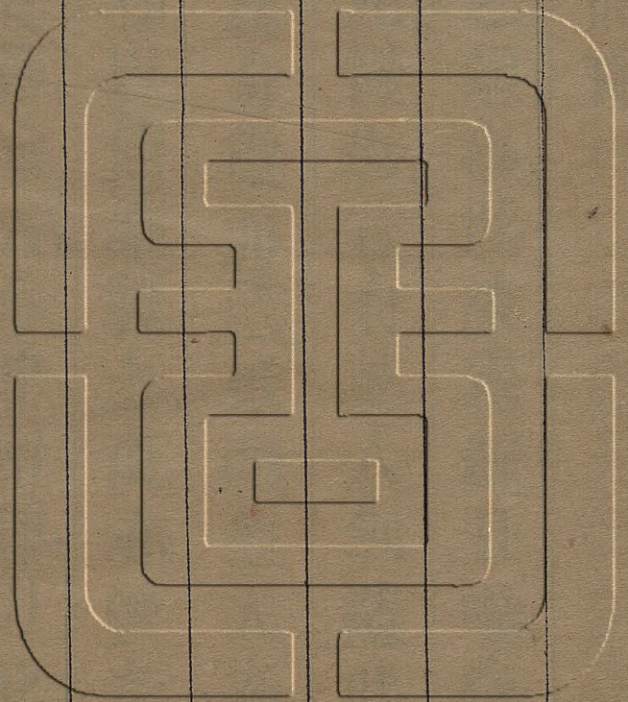
七十七

夜光漆

處而發光者不可枚舉，是冷光亦含有微熱也。置
 問、夜光漆何物、
 答、亦冷光之類也。此漆晝經日曝，夜自發光，因其受光
 速而散光慢也。昔有英人創造此漆，因價昂不能暢
 行，僅居為奇貨而已。近聞德人新創捷法，用礮強水
 化蚌壳，和以他藥製之，夜亦發光，且其價甚廉，每斤
 只售銀五錢。據云，市肆招牌，以此漆書字，雖無路燈，
 亦能識認。火車裏面，以此漆塗壁，雖不燃燭，亦可觀
 書。園亭四壁，若塗此漆，入夜則朗如明月，無須秉燭

遊矣。





附題

問、火由何而生、

問、火石生火、其理若何、

問、正月買酒精二十升、存至六月、多至二十一升、其故

何也、

問、物距火一尺、熱至六十四度、移開距火八尺、應熱至

若干度、

問、熱氣只分多寡、不分輕重、何以驗之、

問、用湯壺盛熱水、煖衾、而不用熱鐵煖之、其故何也、

問、冬令手冷、以口呵之輒熱、茶湯過熱、以口吹之輒涼、

問、其故何也、

問、絨衣鐵器、在一室中、以寒暑表試之、冷熱無殊、以手

問、捫之、則絨似煖而鐵似冷、其故何也、

問、熱既無分上下、天氣又不引熱、室中在上氣熱、在下

問、氣冷、其故何也、

問、水既不引熱、衣濕則覺冷、其故何也、

問、溫水洗面覺涼、其故何也、

問、冬令降雪、浸入石隙、迨遇冷結冰、能令巨石漲裂、其

故何也、

問、張家口距京師偏北無幾、冬時冷甚、其故何也、

問、北方海島冷、並無同度大洲之冷、南方海島熱、亦無

問、同度大洲之熱、其故何也、

問、天之隕石、初落必熱、其故何也、

問、地震之理何解、

問、設地球改道、距太陽過遠、地上情形若何、

問、日月出入之時、望之似大、及中似小、其故何也、

問、望月比星加大、其故何也、

增訂格物入門 附題 八十一

問、傳云、古人有目力甚大、能透石見物、何以辨其言之謬、

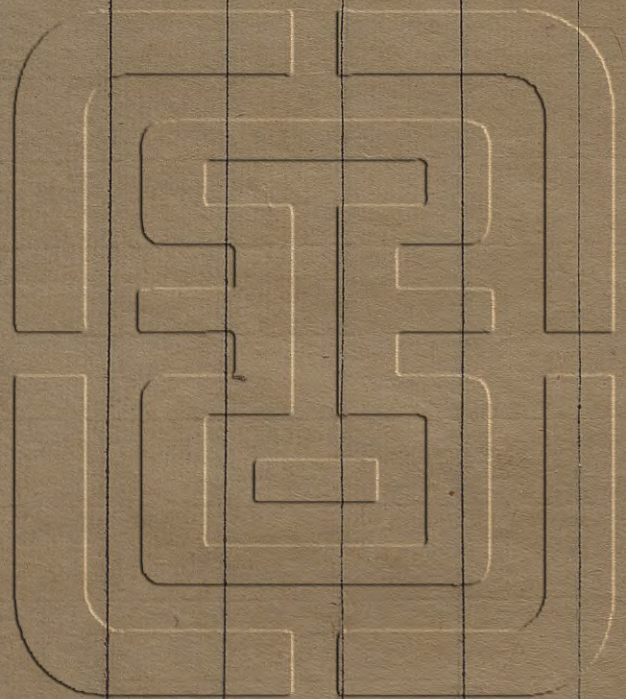
問、傳云、古人有目能轉隅而視、牆不能阻、何以辨其言之謬、

問、以物蔽光、影射於壁、近光則影大、遠光則影小、其故何也、

問、以鑑照容、易左為右、易右為左、其故何也、

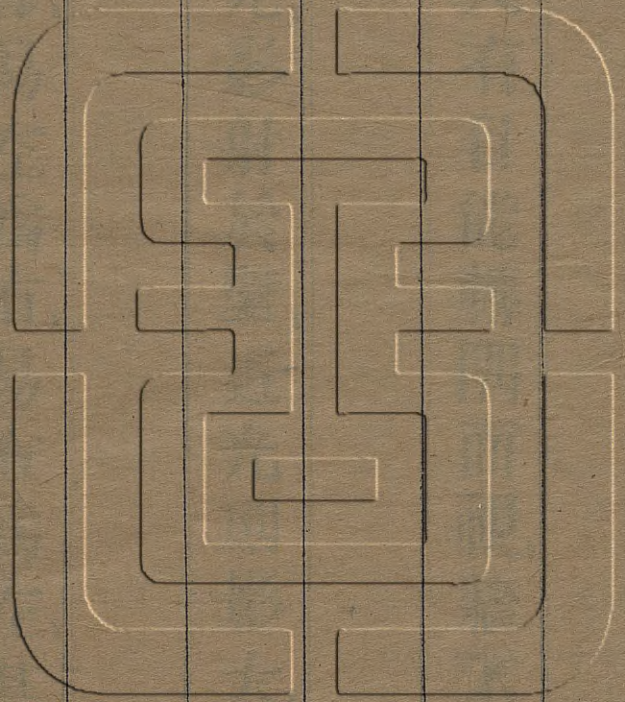
問、鑑平放於地上、則人影倒置、其故何也、

問、遠鏡令物放大收小、如照鏡然、其故何也、



增訂格物入門卷四終

創信蘇麻八門香四錄



周白洪論台少色其姑阿出

