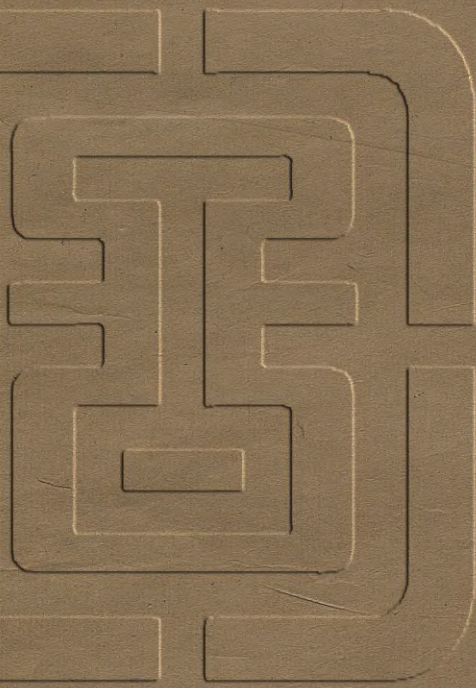


增訂格物入門 卷七



科10
9956.3
:7

16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45

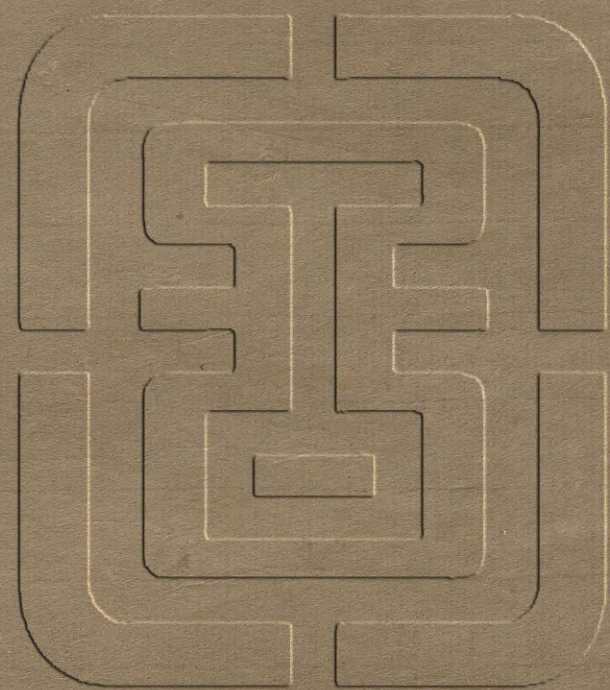
增訂格物入門卷七

測

算

圖

美國丁韋良著



光緒己丑仲夏
仲種同文
館集珍板

增訂格物入門測算舉隅卷七目錄

釋例

第三章測算力學

物行平速路

計物之動力

物受恒力動速

以面積明平速路

以面積明漸加速路

二力合一物行方向

以三邊形明合力

三力合一物行方向

以多邊形明合力

不等合力物行方向

一力分數力

分力方向和較合有定則

二分力直角相交

二分力成角有定度

二分力之和為定數

二分力之較為定數

合力功效必按方向

五力合起一重

三力按三角形順逆合用

數力不在一平面合用

吸力按遠近增減

計升高減重

空球中吸力皆等

地面內吸力

物重若盡聚於重心

直桿連二重求重心

直桿連數重求重心

求三邊形重心

求多邊形重心

二物反向直行重心不動

二物繞行重心隨之

二物順向相觸後速

二物逆向相觸後速

有躍力物相觸後速

有躍力等重觸後互速

物下墜之速遞加

物上行之速遞減

墜物按末速平行求二速比例

計物下擲之路

計物上擲之路

計物下墜公式

計物末數秒之路

計槓桿力

計曲桿力

計曲桿倚點受力

計輪軸力

計輪軸斜交之力

靜滑車不省力

動滑車省力按索數

動滑車另索繫梁之力

動滑車另索繫重之力

動靜二滑車索斜交之力

計斜面力

計力與斜面平行

計螺絲力

計尖劈力

計尖劈二面不均長之力

計尖劈力阻不聚一點之力

助力器具不能生力

第二章測算水學

辨水面之平

曲管水面仍平之理

水面非真平

計球面與平線之差

測地勢高低

計水下壓之力

方器壓力較水重

計壓櫃之力

壓櫃生力之理

計水旁壓之力

壓力按深遞加

重心上水深乘面積

物浮水中之理

計浮沈之力

浸水失重之理

以水權物之理

水權流質之法

水權求方積之法

管子滿流之速

計江河水流多寡

水自孔流之速

水面漸退之速

桶滿水流多寡

曲管上躍高低

水旁躍之遠近

水旁躍行拋物線

船被阻按速方正比

第三章測算氣學

水銀比天氣重

計天氣共重

天氣漸高遞減

天氣高界

測天氣稠稀如一

地下天氣之稠

計天氣壓力

天氣愈高愈冷

吸水管用力

提水管用力

壓水管用力

吸氣筒每抽遞減

計風雨表細差

乘氣球上升驗天氣

天氣所含濕氣多寡

蒸氣之力遞加

溫水化氣之力

蒸氣之力按稠遞加

第四章測算光學

光濃淡按遠近比例

視物大小亦按遠近自乘反比

天氣厚薄均勻透光等差

平鑑返照

來光返照俱平

來光不在一平面返照

來光返照聚散相同

地言博物門 卷七
球皮凹鑑返照聚點

半圓凹鑑返光聯成熱線

返照成熱線之證

拋物線鑑返照

物照平鑑成影

平鑑重返成影差度

鑑隨軸旋影移加倍

造紀限儀

鑑與形比

凹鑑聚熱

光透物被折之理

三稜折光之理

二面相平透光被折

凸鏡視物大小

凸鏡光不盡聚一處

令凸鏡成影真切

令球皮鏡光聚一處

令橢圓鏡光聚一處

令雙曲線鏡光聚一處

令橢圓鏡透光又法

物分各色之故

物隨厚薄變色

玻璃鑑驗色圈

第五章測算電學

電力按遠近增減

電聚物面隨形分濃淡

測電儲力之法

測電儲力有三

驗電儲力有三

測流電大旨

測電流有三法

測電流以分化爲本

以電表測通電

一球容電

二球感電容電

測電阻力捷法

電稱

電稱測儲力較

二 電路之儲力

電稱之理

測電線遠近

增訂格物八門測算舉隅卷七釋例

格物測算，另有成書，此卷不過舉其大旨，以補前諸卷議論所不足，故增訂此書，不事擴充，僅稍加潤色，以明其義，並增補電學數篇而已。書中所用代數諸色名目，一仍算學之例，第恐閱是書者，未必盡人熟讀各種算書，則名義或有未諳，用特附列數條於卷首以釋之。

一、整數下帶有奇零，或書子母數，或書小數，如五零

四分之一，即書

四一 或 五二五

皆同，蓋橫線所以分子母

誌點所以別整零也。

一、數中有幾萬幾千幾百幾十整數，而無單數者，則

用○以存其位，如四千五百，則書

四五〇〇

三萬六千，則書

三六〇〇〇是也。

一、書中和較諸等數，及角度為空者，則用等於○，如

若令 子一甲 或 子一甲二〇 是也。

一、各數加減乘除，用 \div \times \div 以代字，左數較右數小

則用 $<$ ，較右數大則用 $>$ ，相等則用 $=$ ，如

六 \perp 四 $=$ 一〇
六 \perp 四 $=$ 二
六 \times 四 $=$ 二四
六 \div 四 $=$ 三

以數字合一字，則於左右用○，謂之括弧，如餘仿

此。

一、所謂代數，即以字代數，如用春夏秋冬及天干地

支各字是也，義與數學同，而其用更廣，因以數沾沾

計算未免繁瑣以字代數則一字可賅多數故測算

格物而不用代數難臻精細如

甲₁丙₂丁₃
甲₁丙₂己₃
甲₁丙₂庚₃
甲₁丙₂辛₃

若甲為六

丙為四則丁為十己為二庚為二十四辛為三分之

二皆與上式合任以他數入之亦可

一以數自乘如甲₁ × 甲₁即書甲謂之甲平方甲₁ × 甲₁ × 甲₁即書甲謂

之甲立方甲₁ × 甲₁ × 甲₁ × 甲₁即書甲謂之甲三乘方無論若干次皆

準此厂為方根號如以甲而求甲謂之開方根或書

屮或書(甲)₂皆可

一以各數相比則以：代比字以：：代如字如由

此比例更可推得多式如

甲₁丙₂：丙₃：：
子₁丙₂：丑₃：：
甲₁丁₂：丑₃：：
子₁丁₂：丑₃：：
甲₁丙₂：：子₃：丑₄：

又字右

上角加人代次字如力：速：：力：速且可以比例變為等數

因二三率相乘等於一四率相乘如甲₁丑₂ = 丙₃子₄若知一二三

率，即可求第四率，如 $\frac{甲}{乙} = \frac{丙}{丁}$ 知丙子丑三數，可得甲數。

餘仿此，又所比二數同增同減，而比例仍同，則以 \times

字代之，如 $\frac{甲}{乙} = \frac{丙}{丁}$ 謂甲按丙。

一、幾何即形學，以比線之長短，角之分度，面之大小，

體之多寡，角有三種，曰銳，曰直，曰鈍，即 \sphericalangle 、 \perp 、 \sphericalangle 是也。

二、線相交，對角必等，如 \times 兩角皆銳，兩角皆鈍是也。

且一線左右二角，必合為二直角，上下左右四角，必

合為四直角，如 \times \times 四角共合是也。平圓二徑，縱橫

相交，分為四象限，各九十度，曲線一段，即謂之弧，以

直線連弧之兩端為通弦，平分為二正弦，圓周為三

百六十度，自圓心作線，截弧之一分為弧度若干，亦

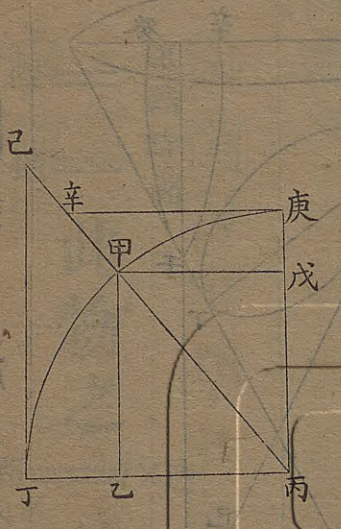
為角度若干，每角度有八線，名為割圓八線，如圖，甲

丙乙角，甲乙正弦，甲戊餘弦，

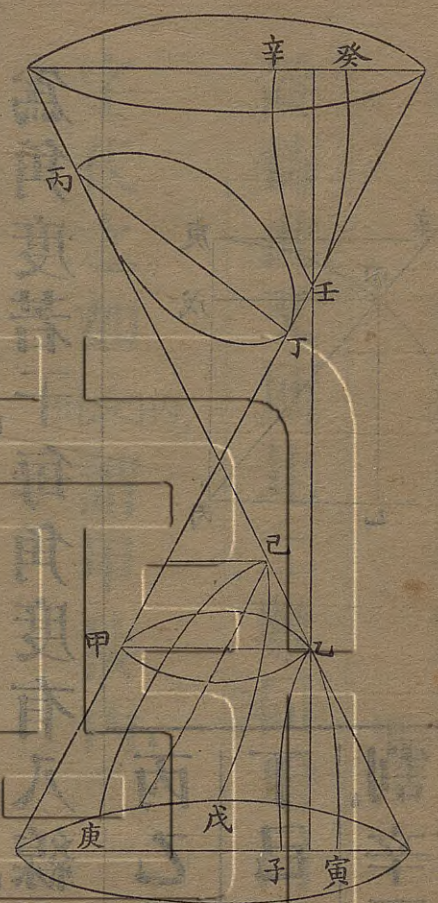
丁己正切，庚辛餘切，己丙正

割，辛丙餘割，丁乙正矢，庚戊

餘矢，即割圓之八線也。



一圓錐四線，均為截錐所成，如平圓、橢圓、拋物線、雙



曲線是也。如圖，依底平割得甲乙平圓，斜割得丙丁橢圓，依一邊平割得戊己庚拋

物線，依軸平割得辛壬癸子乙寅雙曲線，即割圓錐之四線也。

增訂格物入門測算舉隅卷七

美國丁韞良著

第一章測算力學

物行平速

問、物以平速而動，其路若何？
答、路必按時速相乘也。因速即初秒內所行之路，秒數

愈多，路亦遞加，故時速相乘而得共路，其式為
則

路 = 時 × 速

速路時路

時 = 路 / 速

此物之

路 = 時 × 速

彼物之

路 = 時 × 速

則

路 : 路 :: 時 × 速 : 時 × 速

故

路 × 時 = 速 × 路

時 × 速 = 速 × 時

時 × 速 = 速 × 時

時 × 速 = 速 × 時

路若為

指物之趣

計物之動
力

定數則

$$\begin{matrix} \text{時} \times \text{速} \\ \text{速} \times \text{時} \end{matrix}$$

即時速反比也凡平速而行者時速

與路皆可準此而求之

問物之動力何以計之

答重速相乘即得動力設二物重有大小之殊行有遲

答

問速之分則此物之

$$\text{力} = \text{重} \times \text{速}$$

彼物之

$$\text{力} = \text{重} \times \text{速}$$

故

$$\text{力} : \text{力} :: \text{重} \times \text{速} : \text{重} \times \text{速}$$

故

$$\text{力} \times \text{重} \times \text{速}$$

$$\begin{matrix} \text{重} \times \text{速} \\ \text{力} \times \text{重} \\ \text{速} \end{matrix}$$

若

二重相等則

$$\text{力} \times \text{速}$$

一一速相等則

$$\text{力} \times \text{重}$$

是重與速反比也

物受恒力
動速

凡物之力速與重互相比例皆可準此而求之

問物受恒力而動其速若何

答若無外阻速必漸加大凡物動所受之力有二一曰

陡力一曰恒力力之陡施於物雖一霎之間亦必令

物平速而行若力恒施於物則如陡力時時相加故

其速亦漸加設有二物俱受恒力受力之時皆等則

$$\text{速} : \text{速} :: \text{力} : \text{力}$$

若受力之時不等則

$$\text{速} : \text{速} :: \text{時} : \text{時}$$

故

$$\text{速} : \text{速} :: \text{力} \times \text{時} : \text{力} \times \text{時}$$

是知

$$\text{速} \times \text{力} \times \text{時}$$

如以二鐵

以面積明
平速路

丸同置平面，一以二十五斤力，推行十秒，一以十八斤力，推行七秒，則二末速之比，若二百五十與一百二十六比。

問，物行平速，以面積明之何如。

答，所行之路，可以四邊形明之也。因如圖，壬癸為速

路 = 時 × 速

率，甲壬為時率，則甲癸四邊形為共路，即等於

甲壬 / 癸

亦即設有物自甲至壬，須行甲丙丙戊戊庚庚壬

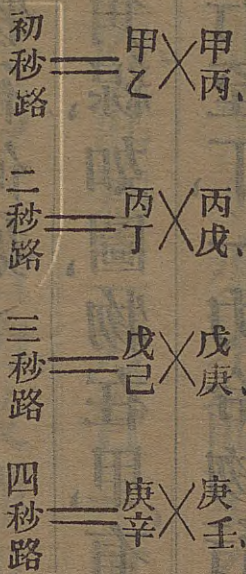
路 = 時 × 速

以面積明
漸加速路

以面積明
漸加速路



四秒，則



四秒共路

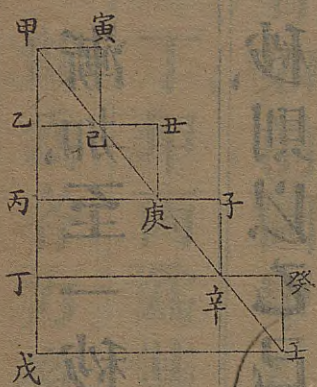
即為

甲壬 / 癸

問，物行漸加速，以面積明之何如。漸速其路可以三答，所行之路，可以三邊形明之也。如圖，甲戊壬為四秒

共路，甲乙為初秒，乙己為初秒末速。

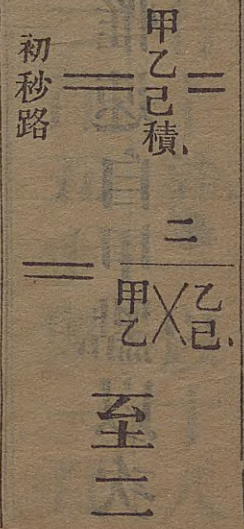
若為平速，則惟速自甲點，以次



初秒路

初秒路

漸加至一秒末始得乙己末速故



秒則以乙己為初速以次漸加其末速為丙寅三秒

之末速丁辛四秒之末速戊壬所以四秒共路為甲

戊壬三角形即是以物行漸加速其路可以三

邊形明之若以末速而行等時路必加倍

問二力並用於一物其物行何如

答物必行四邊形之對角線如圖物在甲有甲丁甲乙

二力合用一力令物行至丁一力令物行至乙因二

二力合一
物行方向

力皆有功效故物不能至丁亦不能至乙必循對角

線至丙此為二力合一甲丙即甲丁

甲乙二力之合力故僅用甲丙一力

令物至丙其功效與甲丁甲乙二力

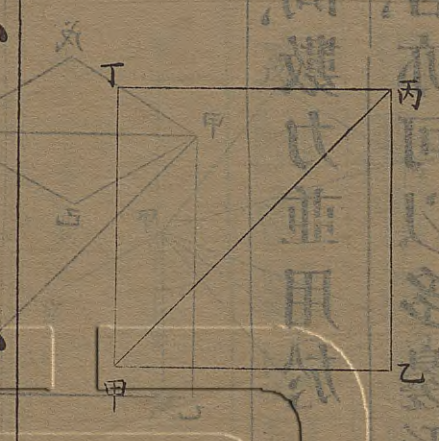
並用無異

問二力合一其三力以三邊形明之何如

答如前圖甲乙二力令物行至乙甲丁二力令物行至

丁甲丙為其合力是甲乙丙

即為各力率故二力與合力其三力可以三邊形明



甲合代
以三邊形

以三邊形
明合力

三力合一

三力合一
物行方向

四合代
以三邊

以多邊形
明合力

代
一合代

不等合力
物行方向

之、
三力合一、
物行方向、
三力合一、
物行方向、
三力合一、
物行方向、

問、三力並用於一物、其物行何如、

答、如圖、物在甲、有甲戊甲己甲乙三力合用、物必循甲

丙而行、準前論、甲戊甲己二力之合

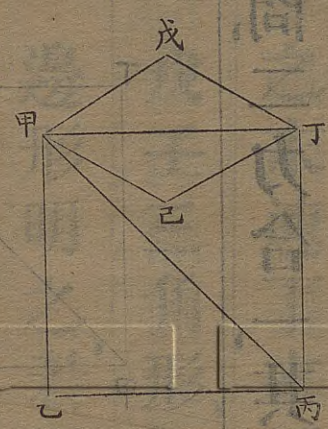
力為甲丁、甲丁甲乙之合力為甲丙、

甲丙邊即三力之合力、

問、數力並用於一物、其合力若何、

答、亦可以多邊形比之也、如圖、甲為物、有甲戊甲己甲

庚甲辛四力合用、甲己與戊丁、甲庚與丁丙、甲辛與



丙乙各平行相等、準前論、甲戊戊丁二力之合力甲

丁、甲丁丁丙二力之合力甲丙、甲丙

丙乙二力之合力甲乙、即四力之合

力、故四力合用、可以甲戊丁丙乙五

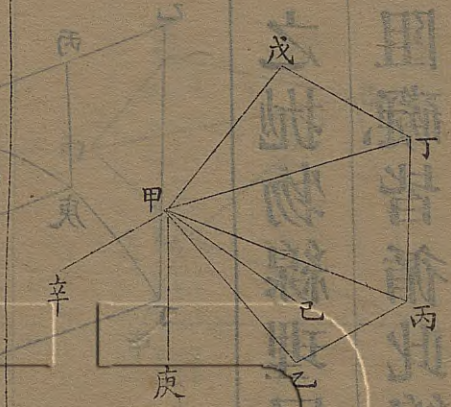
邊形明之、總之、無論若干力合用於

一物、均可以多邊形比之、惟邊必較力多一耳、

問、物受二力而動、惟一力漸增、其物行何如、

答、必循曲線而行也、惟曲線之式、必視其增力若何而

定、如圖、物擲空中、必循甲丁曲線而行、因甲乙為其

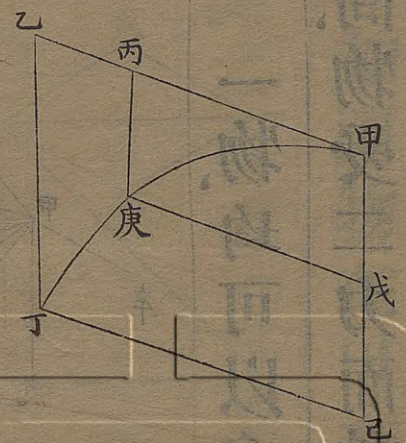


增訂格物八門 卷七 測算力學 五

不齊合式

一力分數

擲力甲己為地之吸力，令之節節下移，而行甲庚丁曲線，與物受二力而行對角線理同，物向乙而擲，本



應平速而行，則

故

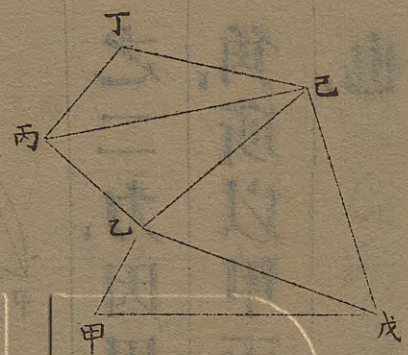
準墜物

之拋物線理同，故名拋物線。凡擲物空中，若無風氣

阻礙，皆循此線而行也。

問：以一力分為數力何如？

答：與數力合用相反。如圖，甲戊一力，分為甲乙乙丙丙



丁丁己己戊四力，法先以甲戊作甲

乙乙戊二力，次以乙戊作乙己己戊

二力，次以乙己作乙丙己二力，又以

己丙作丙丁丁己二力，則甲乙乙丙

丙丁丁己己戊，即所分之各力，亦各力之方向也。

問：一力分二，令方向有定度，和較有定數，其法若何？

答：其法不一，其理皆同，茲作圖以明於後。

問：一力分二，令二力直角相交，其法若何？

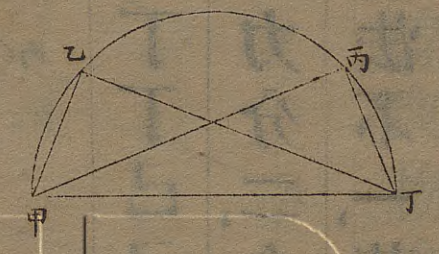
分力方向
和較令有
定則

二分力直
角相交

二分力成

角有定度

答、以本力為徑作圓、於圓上任取一點、作其力兩端之

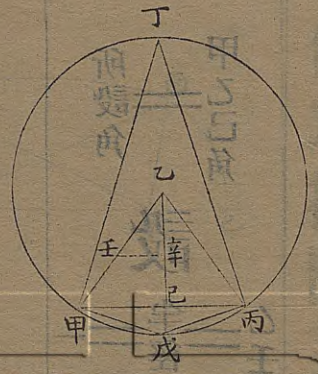


聯線、即所分之二力也。如圖、甲丁為力、以之為徑、作甲乙丙丁圓、任取圓上一點如丙如乙、作甲丁二端之聯線丙甲丙丁、或乙甲乙丁、皆為所分之二力、因甲丙丁甲乙丁二角皆乘半圓、故均為直角、所以甲丙與丙丁、甲乙與乙丁、均為所分之二力也。

問、一力分二、令二力成角為若干度、其法若何、

答、以本力為底、作等腰三角形、令頂角為所設角度之

或為所設度外角之倍、以一腰為半徑作圓、任於



圓上取一點、與底之兩端作聯線、即所求之二力也。如圖、甲丙一力、以之為底、作甲乙丙等腰三角形、令乙角為所設角度之倍、或為所設度外角

之倍、以甲乙為半徑、作甲丁丙戊圓、任取圓上丁點、

作甲丙兩端聯線丁甲丁丙、或取圓上戊點、亦作甲丙兩端聯線戊甲戊丙、皆為所求之二力、設二線等

長既知丁角可推餘二角則

丙角正弦
丁角正弦
甲丁
甲丙

若知戊角亦可

推餘二角則

至求圓之半徑則作乙己垂線

所設角
甲乙己角

設

半徑
乙壬

即

所設角正弦
甲乙己角正弦
甲丙
甲戊
壬辛

其比例為

甲乙
甲己
乙壬
壬辛

即

甲乙
甲己
所設角正弦

故

所設角正弦甲丙

所設角正弦甲己

甲乙

二分力之和為定數

問、一力分二、令二力之和恒為定數、其法若何、

答、以本力為橢圓之兩心差、任以一線為長徑作橢圓、

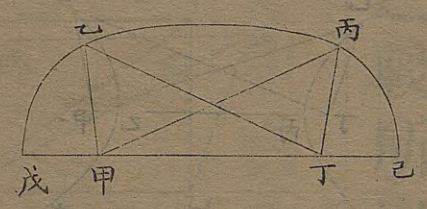
任於橢圓上取一點、作二心之聯線、即所分之二力

也、如圖、甲丁為一力、設戊己為橢圓長

徑、作戊乙丙己半橢圓、任取橢圓上

點如乙如丙、作甲丁二端之聯線乙甲

乙丁、或丙甲丙丁、皆所分之二力、準橢



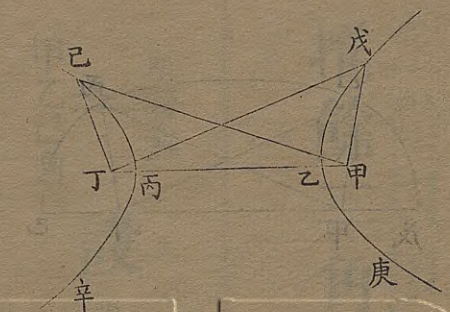
答、圓理、周上任一點之二帶徑和恒等、故所分二力之

問、和、恒為定數、

測算力學

二分力之
較爲定數

問、一力分二、令二力之較恒爲定數、其法若何、
答、以本力爲雙線之兩心距、任以一線爲兩雙線距、作



雙線、任於曲線上取一點、作二心之聯
線、卽所分之二力也、如圖、甲丁爲一力、
設丙乙爲雙線距、作戊乙庚己丙辛雙
線、任取雙線上一點如戊如己、作甲丁

二端之聯線戊甲戊丁、或己甲己丁、皆所分之二力、
準雙線理、曲線上任一點距二心線之較恒等、故所
問分二力之較、恒爲定數、

合力功效
必按方向

問、數力合用、其方向與功效相涉否、
答、功效與方向之交角大小相反、因力若同向而順施、

則功效如數力之和、若同向而逆施、則功效如數力
之較、所以銳角相交、則仍能助力、直角相交、則無阻

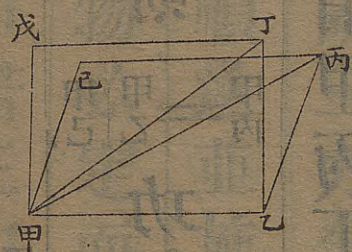
無助、鈍角相交、則相抵而生阻力、如圖、

甲乙一力、有甲戊力與之合用、其合力

甲丁、若有甲己力與之合用、其合力甲

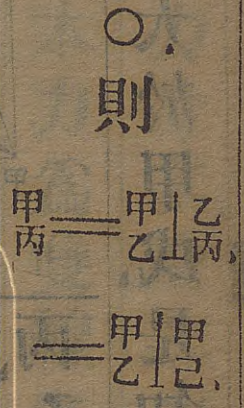
丙、乙甲己角小於乙甲戊角、而合力甲

丙大於甲戊、是知二力之交角與功效相反、若角等



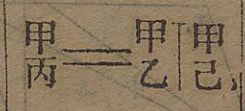
五力合起
一重

於○則



功效最大，如角大至一百八十度。

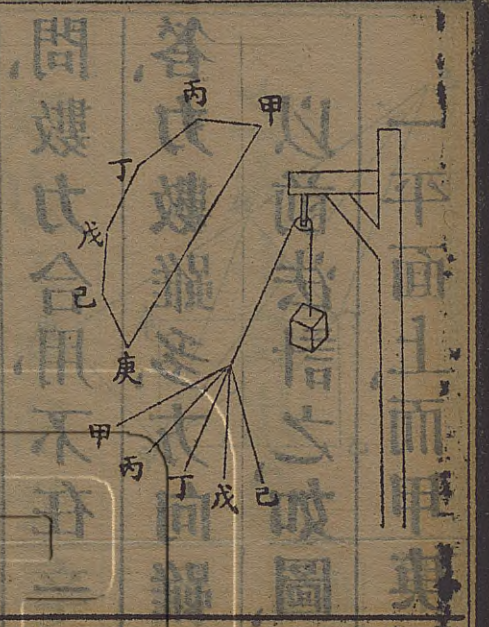
則功效最小。



問、有甲丙丁戊己五人，以滑車起重，各拽一索，用力百斤，其方向甲丙差二十度，丙丁差十九度，丁戊差二十一度半，戊己差二十五度，其合力若何。

答、如圖，甲丙丁戊己五索，與各索平行相等，作甲丙丙丁丁戊戊己己庚各線，其聯線甲庚，即為合力，庚甲

一平面合
三力按三
角形順逆
合用



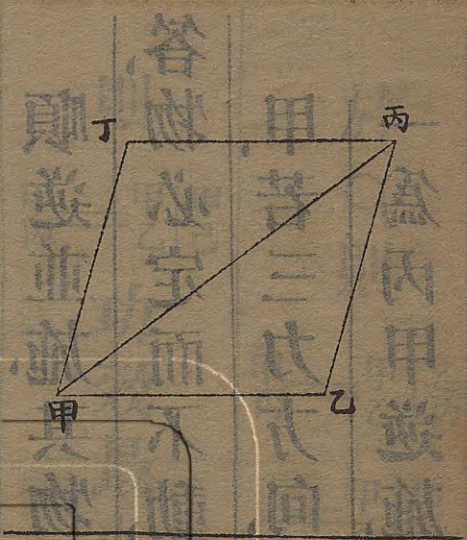
丙角四十六度三十三分二十秒，即知合力方向，必與甲繩成角四十六度三十三分二十秒，共力四百二十八斤。

問、設三力合用，其各力方向及大小，如三角形之各邊，順逆並施，其物行何如。

答、物必定而不動，如圖，甲乙甲丁三力，其合力既為丙

甲，若三力方向，一為甲丁順施，一為丁丙，一為丙甲順施，一為丙甲逆施，則與甲丁甲乙之合力甲丙相抵，物

合用
數力不在
一平面上
用

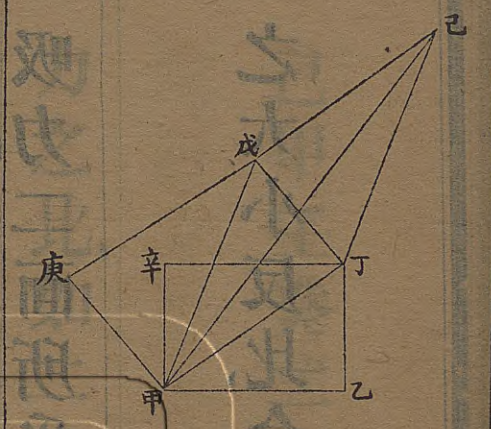


必定而不動，風箏定於空中，即地吸力、風吹力、繩牽力三者相抵。按此理，無論若干力合用，其各力方向及大小，如多邊形之各邊，順逆並施，物必

定而不動，因多邊形均能分為三角形也。
問：數力合用，不在一平面上，其合力何如？

答：力數雖多，方向雖不同一面，均可令之合為三力，而以前法計之，如圖，甲庚甲丁甲辛甲乙四力，雖不在一平面上，而甲庚甲丁同面，甲辛甲乙同面，準前論，

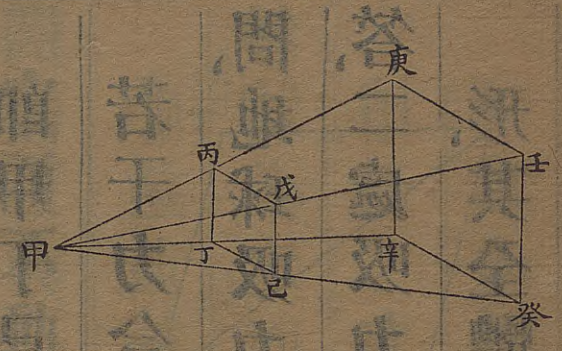
吸力按遠
近增減



甲庚甲丁二力之合力甲戊，甲辛甲乙二力之合力甲丁，甲戊甲丁又為同面，其合力甲己，即為甲庚甲丁甲辛甲乙四力之合力，其所合之三力，即甲丁己三邊形，與三力合用無異，無論不同面有若干力合用，均可合為三力以計之。

問：地球吸力，按遠近增減若何？
答：二處吸力之比，若二處距地心自乘反比，天地為球形，其全體吸力，正如盡聚於心，而散布六面，故距心

並會編
題代符數



愈遠其力愈小所以推測吸力必按距地
心遠近自乘反比如圖地心在甲設有丙
己庚癸平行二面四角各以直線聯於甲
則吸力自甲而發丙己小面必能全蔽庚
癸大面庚癸面上吸力必等於丙己面上
吸力二面所受之力既等則各面每點受力必與面

之大小反比命

庚癸面每點受力 $\frac{1}{2}$ 春
丙己面每點受力 $\frac{1}{2}$ 秋

則按甲戊

春 秋 己戊 癸壬

己甲壬癸二形同式則

癸甲 癸甲
己甲 己甲
癸壬 癸壬
己戊 己戊

故

春 秋 己甲 癸甲

是知二處吸

力之比如二處距地心自乘反比設有物距地與月

地距等則其重必為地上重

$\frac{3600}{1}$

因

春 秋 :: (一) : (六〇)
春 二 秋 x $\frac{3600}{1}$

故三千六

百斤之物升高至白道只重一斤矣

半 月 距 地 為 地
徑 六 十 倍

問凡物升高減重以何法計之較便

計升高減重

會訂格物八月 卷七

測算力學

十一

答，即按距地心遠近自乘反比也。物距地心為地半徑

數倍，則準前式計之。若所距不足半徑之倍，則設簡

式計之。如前圖，甲為地心，己為地面，設有物在癸，命

物在己重為秋，在癸重為春，則命甲己地半徑

為子，己癸物距地面為丑，則若丑較子極小，

$$\begin{aligned} & \text{秋：春：} :: (\text{子} \perp \text{丑}) : \text{子} \\ & :: (\text{子} \perp \text{二子丑} \perp \text{丑}) : \text{子} \quad \text{春：秋：} :: \text{己} : (\text{己} \perp \text{己癸}) \end{aligned}$$

則同左站

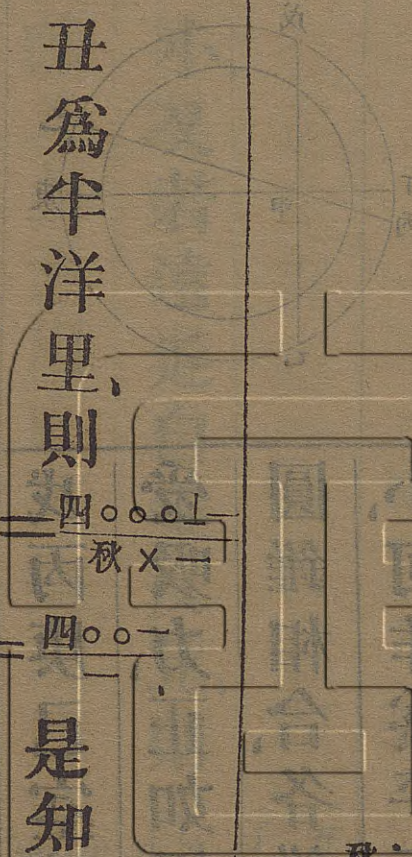
則丑方更小，可以不計，即

為簡式，設

$$\begin{aligned} & \text{秋：春：} :: \text{子} \perp \text{二子丑} : \text{子} \\ & :: \text{子} \perp \text{二丑} : \text{子} \\ & \text{秋：秋} \perp \text{春：} :: (\text{子} \perp \text{二丑}) : (\text{子} \perp \text{二丑} \perp \text{子}) \\ & :: (\text{子} \perp \text{二丑}) : \text{二丑} \\ & \text{秋} \perp \text{春} :: \frac{\text{子} \perp \text{二丑}}{\text{二丑} \times \text{秋}} \end{aligned}$$

丑為半洋里，則是知升高半洋里，物減重四

千分之一



問 千分之一

代書

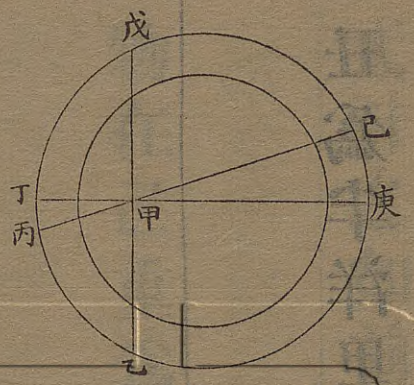
會訂格物八門 卷七 測算力學

十三

空球中吸力皆等

問、設地為空球、置物其中、其被吸若何、

答、無論物置何點、其被吸之力皆等、故定而不動、如圖、



戊丙庚己空球、置物於甲、則甲點所受吸力、正如甲丁丙甲己庚無數小圓錐相合、各錐底均為球面、惟底甚小、可作為平面、其積皆如其徑方正

比、丙丁己庚甚小、則可作甲丁、甲己、甲丙、甲庚丙甲丁己甲庚二

形同式、故庚己、丙丁、甲己、甲丙因吸力按積正比、命丙丁積為春、

己庚積為夏、甲丙為子、甲己為丑、甲丙丁吸力為寅、

甲己庚吸力為卯、則甲己、甲丙即甲己、甲丙又寅、卯、春、夏、寅、卯、春惟吸力大

答、小、又若遠近自乘反比、則子、丑、子、丑即子、丑惟子、春即子、春

又子、寅故子、寅是知寅為定數、不論子之大小、其力不

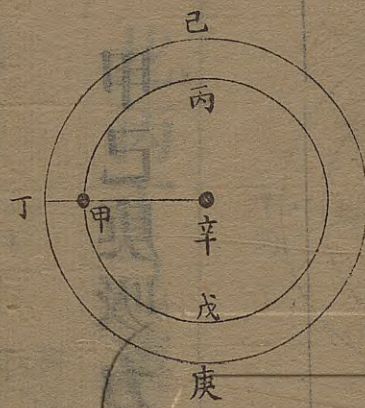
空球中吸力皆等

地面內吸力

變二錐如此，全球皆然，所以物置空球中，無論在何點，其被吸之力皆等，故定而不動。

問：物入地面以內，其被吸若何？

答：其吸力與距地心正比。準前論，設物置地面以內，所受外層吸力全消，其所受吸力，惟自物以下球積而發，故漸近地心，吸力漸少，所以在地面外，愈近地面，物愈重；若能入地面內，愈近地心，物愈輕。迨至地心，則其重全失矣。如圖，有物在甲，則甲丙戊



以外一層，正如空球皮積，吸力全消，物僅受甲丙戊以內一球之力，準吸力之理，按積正比，又按距反比，

故 $\text{力} \propto \frac{\text{半徑}^3}{\text{半徑}}$ 又 $\text{力} \propto \frac{\text{半徑}^3}{\text{半徑}}$ 故 $\text{力} \propto \frac{\text{半徑}^3}{\text{半徑}}$ 所以 $\text{力} \propto \frac{\text{半徑}^3}{\text{半徑}}$ 是吸力按距地

心正比也。若能鑽孔置物，移下一半，則較輕一倍，而升高反加重矣。

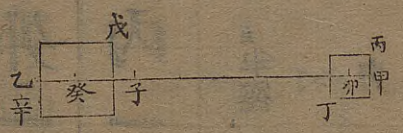
問：物重若盡聚於重心，其故何也？

答：因物之形體，無論大小，若倚其重心，必能平定。如圖，丙丁等重二鐵丸，以無重直桿聯之，則中點甲必為

物重若盡聚於重心

直桿連二
重求重心

問、二物以直桿相連，其重心安在。
答、重心距物之比，如二重反比。如圖，丙丁戊辛二物，以甲乙直桿連之，卯癸為二物之重心，子為二物之公重心。準前論，物重若盡聚於重心，其比例為



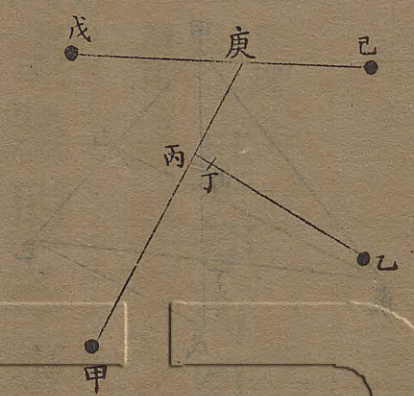
於重心，其比例為

子卯 卯癸 子癸

直桿連數
重求重心

問、數物以直桿相連，其重心安在。

答、準前法，以各物兩兩相比，各得其重心，再以各重心



兩兩相比，即得公重心。如圖，甲乙戊己四物，欲求其公重心，法先以戊己二重反比，求得戊己二物之重心在庚，次以庚甲二重反比，求得戊己甲

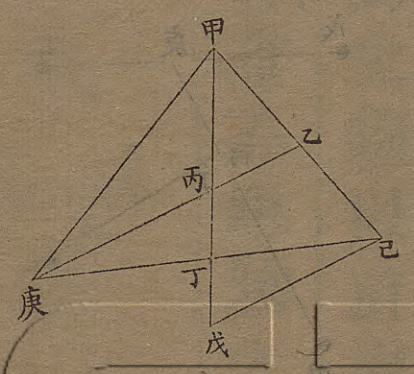
三物之重心在丙，再以丙乙二重反比，求得戊己甲

乙四物之重心在丁，故丁即四物之公重心也。

問、三邊形之重心，何以求之。

求三邊形
重心

答、任自一角、至對邊平分點作線、再自一角、亦至對邊平分點作線、二線相交之點、即重心、如圖、甲庚己三邊形、丁為庚己平分點、乙為甲己平分點、自甲作甲丁線、自庚作庚乙線、二線相交於丙、丙即甲庚己之重心、因積線成面、故甲庚己面內、凡與庚己平行之各線、均平分於甲丁線、各線重心皆在平分點、則面之重心必不出甲丁線、故甲丁為重心線、依顯庚乙亦為重心線、二重心線相交之點、必為本



形之重心、今求丙點所在、則自己作戊己線、與庚乙

平行、引長甲丁至戊、則 乙己 即 丙戊 而 戊丁己形 故 丁戊 即

甲丙 是知丙點距甲角為 $\frac{2}{3}$ 甲丁 距庚己邊為 $\frac{2}{3}$ 甲丁 也

問、多邊形之重心、何以求之、

答、分多邊形為若干三邊形、準前法、求得各三邊形之

重心、復以距重反比之例求之、即得公重心、如圖、子

丑寅卯辰午多邊形、分為子丑寅、子寅卯、子卯辰、子

求多邊形重心



心也。

二物反向
直行重心
不動

問、二物若同時循直線而行，其方向相反，速按重反比，

則重心不動，何也。

答、如圖，設有丙丁二物，其重心在甲，若二物均向甲而行，其速按重反比，則丙行至庚時，丁行至戊時，其比

二物繞行
重心隨之

二物繞行
重心隨之

例為 $\frac{丁重}{丁戊} = \frac{丙重}{丙庚}$ 即 $\frac{丁}{丁戊} = \frac{丙}{丙庚}$ 二動力相等，故其公重

問、二物若同時循直線而行，其方向相反，速按重反比，

乙皆然，

問、有二物一靜一動，動者繞靜者行，其重心之遷移若何。

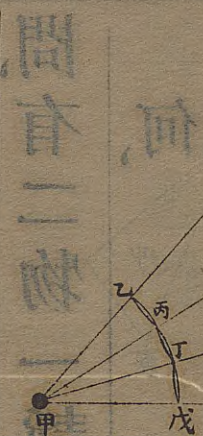
答、循動物同式線而行，如圖，甲壬二物，其公重心在戊。

甲靜而壬動，壬行至辛，則公重心隨行至丁，因重心

二物順向
相觸後速

二物順向
相觸後速

甲精而王庚王辛限公
距二物若三重反比則
物行至



庚至己皆然故戊丁丙乙線必與壬

辛庚己線同式

問二物順向相觸觸後其速何如

答二物若俱無躍力觸後二物必相附而行欲求其速

按觸物理以二重和除二動力之和即得二物之後

速設有丙丁二物命丙速為子丁速為丑則二動力

和為

$$\frac{\text{丙} \times \text{子} + \text{丁} \times \text{丑}}{\text{丙} + \text{丁}}$$

觸後之動力為

$$\frac{\text{丙} \times \text{丁}}{\text{丙} + \text{丁}}$$

$$\frac{\text{丙} \times \text{子} + \text{丁} \times \text{丑}}{\text{丙} + \text{丁}}$$

故

$$\frac{\text{丙} \times \text{丁}}{\text{丙} + \text{丁}}$$

若丁為靜則

$$\frac{\text{丙} \times \text{丁}}{\text{丙} + \text{子}}$$

若二物皆動而丙速較大則丙失速為

$$\frac{\text{丙} \times \text{丁}}{\text{丙} + \text{子} + \text{丁}}$$

$$\frac{\text{丙} \times \text{丁}}{(\text{子} + \text{丑}) \times \text{丁}}$$

丁得速為

$$\frac{\text{丙} \times \text{丁}}{\text{丙} + \text{子} + \text{丁}}$$

二物逆向
相觸後速

問、二物逆向相觸、觸後其速何如、

答、二物逆向相觸、即以二重和除二動力之較、得二物

之後速、因觸後之動力、即二物未觸本動力之較、其

式爲

$$\frac{\text{丙} \times \text{丁}}{\text{子} + \text{丑}}$$

$$= \frac{(\text{丙} + \text{丁}) \times \text{後速}}{\text{後速}}$$

故

$$\frac{\text{丙} \times \text{丁}}{\text{子} + \text{丑}}$$

所以丙失速爲

$$\frac{\text{丙} \times \text{丁}}{\text{丙} + \text{丁} + \text{丑}}$$

$$= \frac{\text{丙} \times \text{丁}}{(\text{子} + \text{丑}) \times \text{丁}}$$

丁得速

爲

$$\frac{\text{丙} \times \text{丁}}{\text{子} + \text{丑}}$$

$$= \frac{\text{丙} \times \text{丁}}{(\text{子} + \text{丑}) \times \text{丙}}$$

若二物重速皆等、則

$$\text{速} = \text{○}$$

因

$$\frac{\text{丙} \times \text{子}}{\text{子} + \text{丑}}$$

即

$$\text{丙} : \text{丁} :: \text{丑} : \text{子}$$

故二物逆

有躍力物
相觸後速

觸、其速若與重反比、其動力必相消、而二物皆靜、

問、二物皆有躍力相觸、觸後其速何如、

答、得速失速、皆較無躍力物加倍、因有躍力者、觸後縮

力與漲力相等、故得失加倍、準無躍力者順觸、

$$\frac{\text{丙} \times \text{丁}}{(\text{子} + \text{丑}) \times \text{丁}}$$

則有躍力者順觸、

$$\frac{\text{丙} \times \text{丁}}{(\text{子} + \text{丑}) \times \text{丁}}$$

觸後、

$$\frac{\text{丙} \times \text{丁}}{(\text{子} + \text{丑}) \times \text{丁}}$$

$$\frac{\text{丙} \times \text{丁}}{(\text{丙} + \text{丁}) \times \text{子} + \text{丑}}$$

又

$$\frac{\text{丙} \times \text{丁}}{(\text{子} + \text{丑}) \times \text{丙}}$$

觸後、

有躍力等
重觸後互
速

問、有躍力二物相等、觸後其速互易何也、

觸後、

$$\frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} = \frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} \times \frac{\text{二} \text{丙}}{\text{二} \text{丙}},$$

$$\frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} = \frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} \times \frac{\text{二} \text{丙}}{\text{二} \text{丙}},$$

$$\frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} = \frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} \times \frac{\text{二} \text{丙}}{\text{二} \text{丙}},$$

$$\frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} = \frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} \times \frac{\text{二} \text{丙}}{\text{二} \text{丙}},$$

又

$$\frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} = \frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} \times \frac{\text{二} \text{丙}}{\text{二} \text{丙}},$$

觸後

$$\frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} = \frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} \times \frac{\text{二} \text{丙}}{\text{二} \text{丙}},$$

$$\frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} = \frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} \times \frac{\text{二} \text{丙}}{\text{二} \text{丙}},$$

無躍力者逆觸、

$$\frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} \times \frac{\text{二} \text{丙}}{\text{二} \text{丙}},$$

則有躍力者逆觸、

$$\frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} \times \frac{\text{二} \text{丙}}{\text{二} \text{丙}},$$

答、二物既相等、則

$$\frac{\text{丙}}{\text{丁}} = \frac{\text{丁}}{\text{丙}},$$

$$\frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} = \frac{\text{丁} \perp \text{丙}}{\text{丑} \perp \text{子}},$$

準前順觸後、

$$\frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} = \frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} \times \frac{\text{二} \text{丙}}{\text{二} \text{丙}},$$

$$\frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} = \frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} \times \frac{\text{二} \text{丙}}{\text{二} \text{丙}},$$

是二速互易也、若逆觸後、則

$$\frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} = \frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} \times \frac{\text{二} \text{丙}}{\text{二} \text{丙}},$$

$$\frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} = \frac{\text{丙} \perp \text{丁}}{\text{子} \perp \text{丑}} \times \frac{\text{二} \text{丙}}{\text{二} \text{丙}},$$

丙速既爲

丁速、

丙必回行、丁速既爲子、丁亦回行、則二物不但易速、

物下墜之
速遞加

並且易向。設二物一動一靜，則動者必靜，靜者必動。

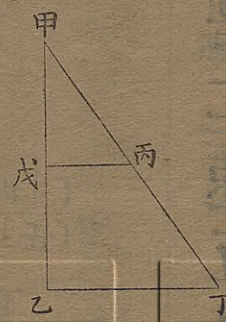
問物之下墜，其速以次遞加何如。

答亦因所受為恒力，故行漸加速，其路或按時自乘，或

按末速自乘，或按末速乘時之比，如

圖物自甲下墜，以甲戊為時率，地之

吸力既恒，如不已，則物行之路，即如



甲乙丁之三邊形，而乙丁為其末速，故

甲乙
甲戊
甲乙丁積
甲戊丙積
乙丁
戊丙

物上行之
速遞減

二級此同
速平行末
速神對末

問物之上行，其速以次遞減何如。

答加，則墜路按一四九十六遞加，而每時所墜之路，即

問按一三五七遞加，因

三
五
七
四
九
一六

也。

甲乙
甲乙
甲乙
甲乙

故

速速
時時
路路

惟

甲乙
甲乙
甲乙
甲乙

即

時
路

或

速
路

若時速按一二三四遞

蓋物按末

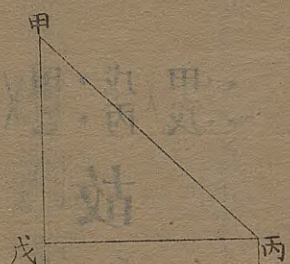
速平行求
二速比例

答、與物之下墜理同、惟路與末速之數、皆與下墜相反、

故為漸減速、

問、物下墜後、以末速平行、而時與墜時相等、其前後二
路之比何如、

答、二路之比、若一與二比、如圖、甲戊為墜時、戊丙為末
速、設戊乙等甲戊、為平行時、準前論、
下墜共路、可以甲戊丙三邊形明之、
其行平速之路、可以戊乙丁丙四邊
形明之、惟二形等底等高、故戊乙丁丙積、必倍於甲



計物下擲
之路

戊丙積、以代數明之、

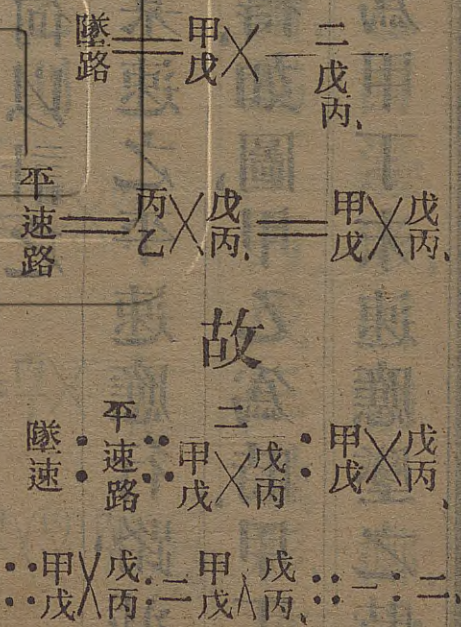
問、物以某速下擲、其路何以計之、

答、以某速之平速應行路、加自墜之路、即得、如圖、甲乙

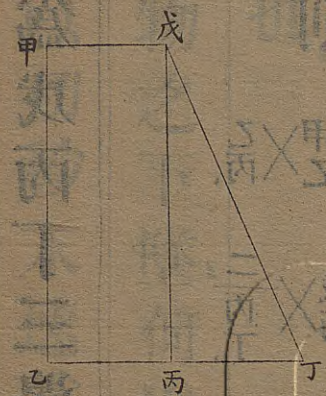
為時、甲戊為初速、則平速應行之

路、為甲乙丙戊四邊形、因物下擲、

受地吸力而漸加速、其所加之路、

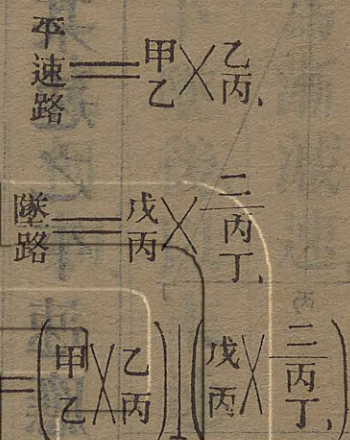


故



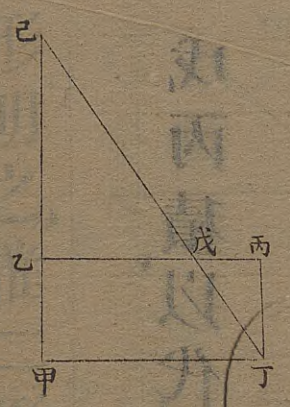
為戊丙丁三邊形，故下擲路，可以二形之和積明之。

則



問、物以某速上擲，其路何以計之。

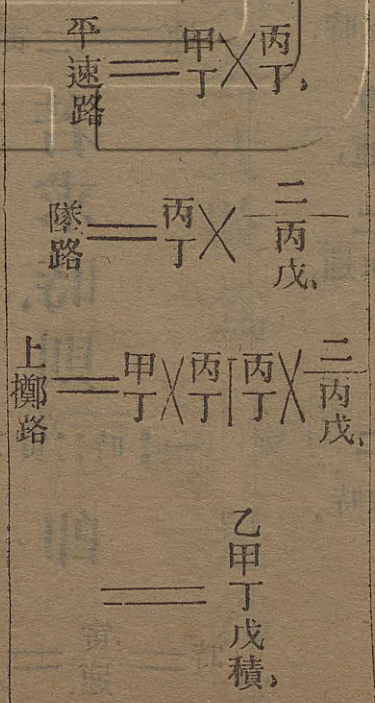
答、以某速之平速應行路，減自墜之路，即得。如圖，甲乙為時，甲丁為初速，甲己為甲丁末速，應墜之時，則平速



之計物上擲
信物下墜
之計物上擲

應行之路，為甲丁丙乙四邊形，因物上擲，受地吸力而漸減速，其所減之路，為丁丙戊三邊形，故上擲路，

可以二形之較積明之，則



若以甲丁初速行甲己時，其上擲路，必為平速之半也。

問、物之下墜，何以計之。

答、以初秒末速為則，命為寅，則初秒之路為二寅，無論

計物下墜
公式

信然

問何時何路何速皆以此推之準三角理

$$\text{路} = \frac{\text{寅}}{\text{寅}} :: \text{時} : \text{一}$$

$$\text{則}$$

$$\text{路} = \frac{\text{寅}}{\text{寅}} \times \text{時}$$

若求速則

$$\text{路} : \text{寅} :: \text{速} : \text{寅}$$

即

$$\text{速} = \frac{\text{寅} \times \text{路}}{\text{寅}}$$

亦即

$$\text{速} = \frac{\text{寅} \times \text{路}}{\text{寅}}$$

若求時則

$$\text{一} : \text{時} :: \text{寅} : \text{速}$$

即

$$\text{時} = \frac{\text{寅}}{\text{速}} = \frac{\text{寅}}{\text{路}}$$

又有捷法命地力為寅則

$$\text{速} = \text{寅} \times \text{時}$$

$$\text{時} = \frac{\text{寅}}{\text{速}}$$

$$\text{路} = \text{時} \times \text{速}$$

則

$$\text{路} = \frac{\text{寅}}{\text{寅}} \times \text{時}$$

計物末數秒之路

問物之下墜其末數秒之路何以計之

答準前公式

$$\text{路} = \frac{\text{寅}}{\text{寅}} \times \text{時}$$

命

所求秒數

則公式改為

$$\text{路} = \frac{\text{寅}}{\text{寅}} \times \left(\frac{\text{寅}}{\text{寅}} \times \text{時} \right)^2$$

是為求

末數秒之路公式

問槓桿之力何以計之

計槓桿力

答力與重比若力重二點距倚反比如圖丁丙二物懸於庚辛二點甲為倚所準重心理二重以一桿相連

必平定於重心，則甲卽丁丙之公重心，重心距二重。

既如二重反比，則

$$\begin{matrix} \text{甲} & \text{丁} & \text{丙} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \text{庚} & \text{辛} & \text{庚} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \text{重} & \text{力} & \text{重} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \text{甲} & \text{丙} & \text{甲} \\ \times & \times & \times \end{matrix}$$

故槓桿

力與重比，如力重距倚反比。若數物倚

於一槓而定，卽如各物力重距倚和，與各力重之和

反比，無論倚所在中，或在一端，皆準此理。故槓桿雖

有三種，其理皆同。至數槓連用，則以此槓之重爲彼

槓之力，節節比例，亦可得其增力倍數矣。

計曲桿力

問：曲桿力非正交，何以計之？

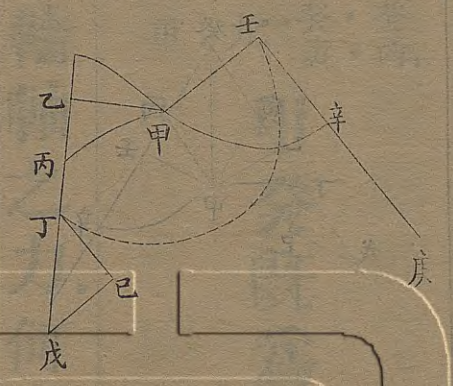
答：自倚點作力重方向線之正交線，則力與重比，若二

線反比，卽可平定。如圖，丙甲辛曲桿，

戊乙庚壬爲力重二方向，甲乙甲壬

二線，各與戊乙庚壬正交，則力重之

比，若甲乙甲壬反比，因甲乙爲力倚



距，甲壬爲重倚距，桿旣平定，則

$$\begin{matrix} \text{甲} & \text{甲} \\ \cdot & \cdot \\ \text{乙} & \text{壬} \\ \cdot & \cdot \\ \text{力} & \text{重} \\ \times & \times \end{matrix}$$

故

$$\begin{matrix} \text{甲} & \text{甲} \\ \cdot & \cdot \\ \text{乙} & \text{壬} \\ \cdot & \cdot \\ \text{重} & \text{力} \\ \cdot & \cdot \end{matrix}$$

卽力重

相比，如力重方向距倚反比。

問，曲桿倚點所受之力，何以計之。

答，引長力重方向線相交一點，此點距倚所，即其受力

率也，如圖，引長戊丁庚壬力重方向

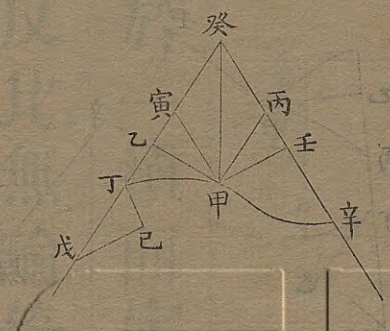
線，相遇於癸，作甲癸線，即倚所受力

率，準前論，甲乙力率，甲壬重率，試自

甲作甲寅甲丙二線，各與癸壬癸乙

平行，則甲壬等癸寅，甲乙等癸丙，甲癸即為甲壬甲

乙之合力，若以之為半徑率，甲壬即甲癸壬角正弦。



甲乙即甲癸乙角正弦，故

甲乙
甲壬

若

癸丙
癸寅

又若

正弦
甲癸乙
正弦
甲癸壬

故

癸丙
癸寅
力
重

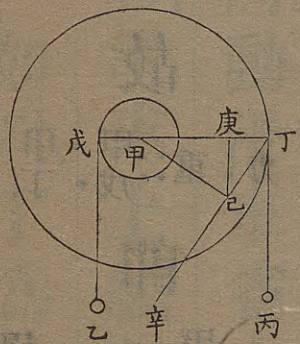
甲癸既為二力之合力，必為倚點所受之力。

問，輪軸之力，何以計之。

答，力與重比，若輪輻軸輻反比，即可平

定，如圖，甲為軸心，用力於丁，懸重於戊。

戊甲丁儼為槓桿，甲戊甲丁即為二臂。



計輪軸斜
交之力

故

$$\text{力} : \text{重} :: \frac{\text{甲} \cdot \text{甲}}{\text{戊} \cdot \text{丁}}$$

即

$$\text{力} \times \frac{\text{甲}}{\text{丁}} = \text{重} \times \frac{\text{甲}}{\text{戊}}$$

是力與重比，若輪輻軸輻反比，輪即平

定

問、若用力方向不與輪輻正交，何以計之。

答、力與重比，若軸輻與用力方向正交之距軸心線反

比，如前圖，丁辛為用力方向，甲己為與用力方向正

交之距心線，戊甲己儼如曲桿，故

$$\text{力} : \text{重} :: \frac{\text{甲} \cdot \text{甲}}{\text{戊} \cdot \text{己}} \quad \text{即} \quad \text{力} \times \frac{\text{甲}}{\text{己}} = \text{重} \times \frac{\text{甲}}{\text{戊}}$$

所以力與重比，若軸輻與用力方向正交之距心線
反比。

靜滑車不
省力

問、靜滑車省力否。

答、不能省力，惟施力之方向較便，如圖。

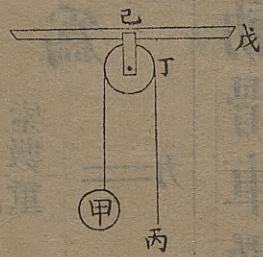
丁為靜滑車，懸於己以起重，上繞丙甲

索，則兩端喫力均勻，故不能省力也。

問、動滑車省力何如。

答、滑車上繞數索，力與重分倚之，故索愈多，其力愈省。

如圖，丁為動滑車，戊為靜滑車，丙為重物，用力於甲。



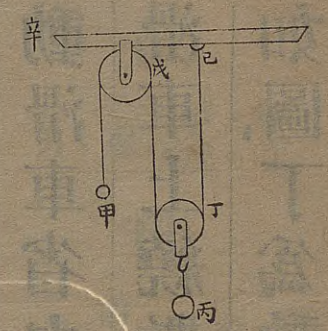
動滑車省
力按索數

式與家運
應前車書

動滑車另
索繫梁之
力

式與家運
應前車書

動滑車另
索繫重之
力



為
索數重
力 =

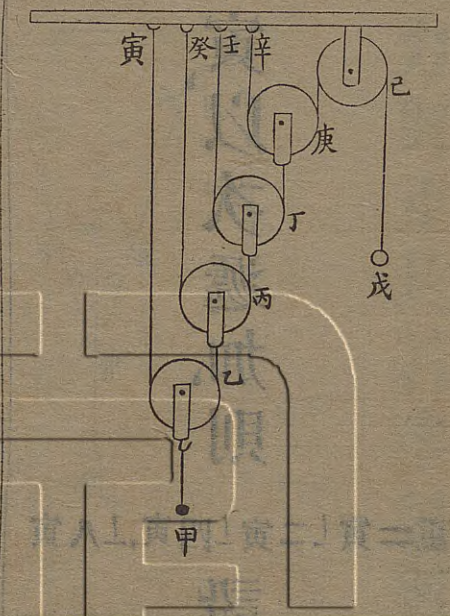
則丙隨丁而上其重分倚左右二索
省力一半若數具相連同貫一索則
分倚若干索即增力若干倍其公式

問動滑車數具相連各以另索上繫於梁其力何以計

問之

答以具數為二之乘方指數得數再以用力乘之即得
共力如圖己為靜滑車乙丙丁庚動滑車四具相連

問各以另索上繫於梁設用力於戊以起甲重則庚力



其公式為

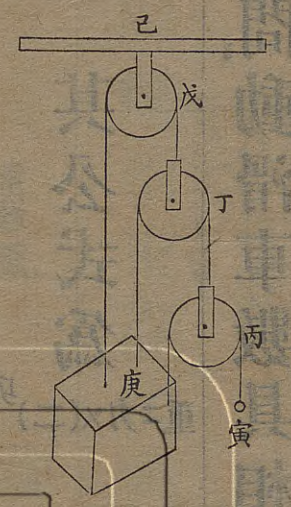
重 = 力 × (二)^卯

必倍於己力丁力必倍於庚力
丙力必倍於丁力乙力必倍於
丙力故在戊用力一斤即能上
起甲重十六斤矣設卯為具數

問動滑車數具相連各以另索下繫於重其力何以計

問之

答、以索數為二之乘方指數、得數減一、再以用力乘之、



即得共力、如圖、丙丁戊三滑車、各繞

一索、下繫庚重、用力於寅、則丙勝力

為二寅、丁勝力為四寅、戊勝力為八

寅、以次遞加、則

設卯為索數、其公式為

重二寅 二寅 四寅 八寅

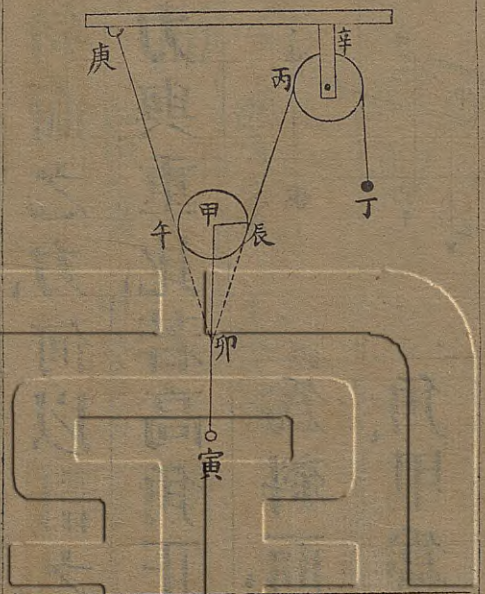
重二寅 (二) 卯 丁 一

問、用動靜滑車各一具、其索左右方向均斜、其力何以

動靜二滑
車索斜交
之力

計之、

答、力與重比、若半徑與二索方向半交角餘弦之倍比、



如圖、丙為靜滑車、甲為動滑車、

索自丙繞甲而繫於庚、下懸寅

重、丁為用力、引長丙辰與庚午

二方向線、相遇於卯、設卯辰為

力率、分為甲卯甲辰二力、甲辰與地平平行、其力相

消、惟甲卯一力可以起重、庚午索亦然、即二索共效

為 甲卯 二 若以卯辰為半徑、則甲卯即甲卯辰角餘弦、

故 力：重 若 $\frac{\text{甲卯辰}}{\text{餘弦}} \times \frac{1}{2}$ 是為公例

問、斜面之力、何以計之、

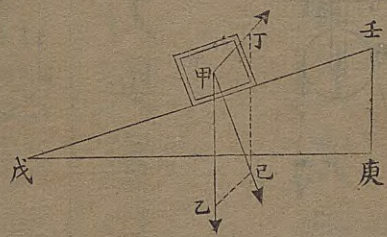
答、力與重比、若高角正弦與方向角正弦比、如圖、戊壬

為斜面、戊庚為地平、壬戊庚為斜面高

角、甲為物、甲丁為用力方向、甲必受三

力、一重力、一拽力、一斜面抵力、物既定

於一點、其三力必成三角形、而三力必



如三邊比、故

力：重：甲乙

各邊又如其對角正弦比、則

力：重：甲乙

而

庚戌壬角、丁甲己角、
己甲乙角、甲己乙角

所以

力：重：高角 正弦 方向角

問、拽力與斜面平行、其力何以計之、

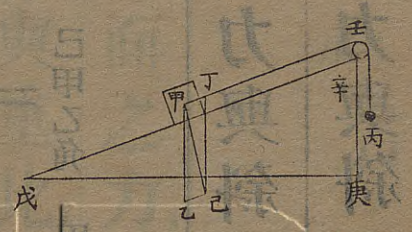
答、拽力與斜面平行、則力與重比、若斜面高與長比、如

圖、甲為物、以索過壬滑車、用力於丙、甲壬索與斜面

平行三力既如三邊比而甲乙己己甲丁二形同式

相等亦與戊辛庚同式故其比

力:重::辛:庚::辛:戊



例為 即力與重比若斜面高與

力:重::甲:丁::甲:乙

長比又用力與斜面抵力比若斜面高與底長比用力與斜面平行其力最省用力與底平行斜面受力

最大

問螺絲之力何以計之

計螺絲力

答力與重比若紋距與螺周比因螺絲與斜面同理紋

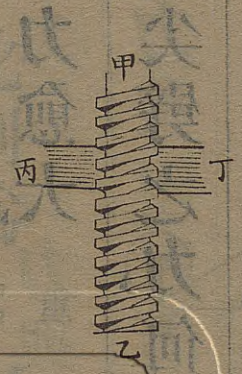
距即斜面之高螺周即斜面之長螺

紋繞軸斜旋而上自一周圍繞多而

正如斜面數具相連如圖甲乙為螺

絲外有陽紋丙丁木板內有陰紋與

螺絲陽紋吻合甲乙定則丙丁動丙丁定則甲乙動



其比例為

力:重::紋:螺周::紋:距

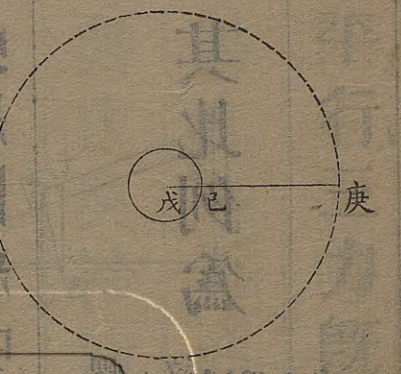
又如圖戊己為螺絲截積戊庚為柄

精尖變代

面不平
信式與條

面不平
信式與條

計尖劈力



用力於庚，則

力：力 戊·戊

柄路 螺周

故

力：重 柄路·紋距

即

力 × 柄路 = 重 × 紋距

無論上起下壓，所得之力，比所用之

力，必若柄端所過之路，比紋距，故紋愈密，柄愈長，其

力愈大。

問、尖劈之力，何以計之。

答、力與重比，若厚與長比。如圖，有重石於甲，以劈下入

而起之，儼若石隨斜面上，準斜面理，用力與底平

謂之代
用不渠一
信尖變代

計尖劈二
面不均長
之力

行著，力與重比，若面高與底長比，故
尖劈力與重比，若厚與長比。雙面尖
劈，若二面均長，即單面二具相合，其

比例為

力：重

若

厚：長

故

力：重

所以劈愈薄愈長，其力

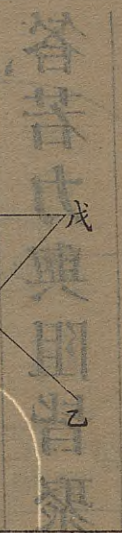
愈大。

問、尖劈二面不均長，其力何以計之。

答、若力與阻皆聚一點，則力與阻比，若厚與二面共長

比。如圖，己丙戊二面不均長，庚甲為用力率，甲丁甲

乙為二面阻力率，三力各與面正交，則三力之比，若



三邊形之各邊比，故

$$\begin{array}{l}
 \text{力} : \text{阻} :: \text{己戊} : \text{己丙} \\
 \text{力} : \text{阻} :: \text{己戊} : \text{己丙} \\
 \text{力} : \text{阻} :: \text{己戊} : \text{己丙}
 \end{array}$$



亦即厚與二面共長比

問、尖劈若力與阻不聚於一點，其力何以計之。

答、力與阻三者各分為二，其用力與劈首正交者，等於

二面阻力和，其劈即定，如圖，甲乙丙為力阻不聚於

一點尖劈，子寅為用力率，亥申己庚為二阻，試分子

計尖劈力
阻不聚一
點之力

面不與
力尖與二

寅為寅壬子壬二力，分亥申為亥卯卯申二力，分己

庚為己辛辛庚二力，寅壬與乙丙申

卯與乙甲庚辛與丙甲各平行，其力

相消，即子壬為力率，亥卯己辛為二

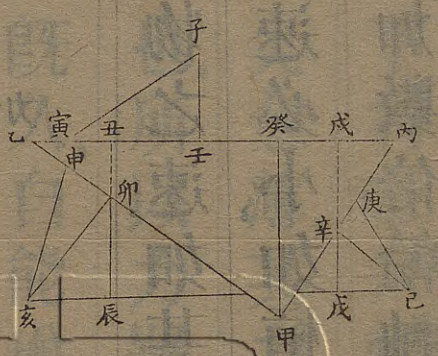
阻率，而亥卯又分為亥辰辰卯己辛

又分為己戊戊辛，亥辰己戊又與乙丙平行，其力亦

相消，若子壬力等於辰卯戊辛二阻，則

若劈即定，須再增力，劈始前進，然必須二阻多寡之比

若方向距用力方向反比，否則劈將偏而不定。



不並坐代
問代器具

助力器具
不能生力

增諸格物力門

卷七

三十一

問、助力器具六種、能生力否、
答、只能通力、不能生力也、其所以能通力、則由於物動、

因

$力 = \frac{速 \times 重}{}$

設另有一物、

$力 = \frac{速 \times 重}{}$

如二物力等、則

$速 \times 重 = 速 \times 重$

即

$速 : 速 :: 重 : 重$

是二

物之速、如其重反比、其力即等、所以小力勝大重、其
速必小、如槓桿增力數倍、此端較彼端所行之路必
加數倍、輪軸增力數倍、輪邊較軸邊亦加速數倍、滑
車增力數倍、索須牽拽數尺、重物始行一尺、斜面上

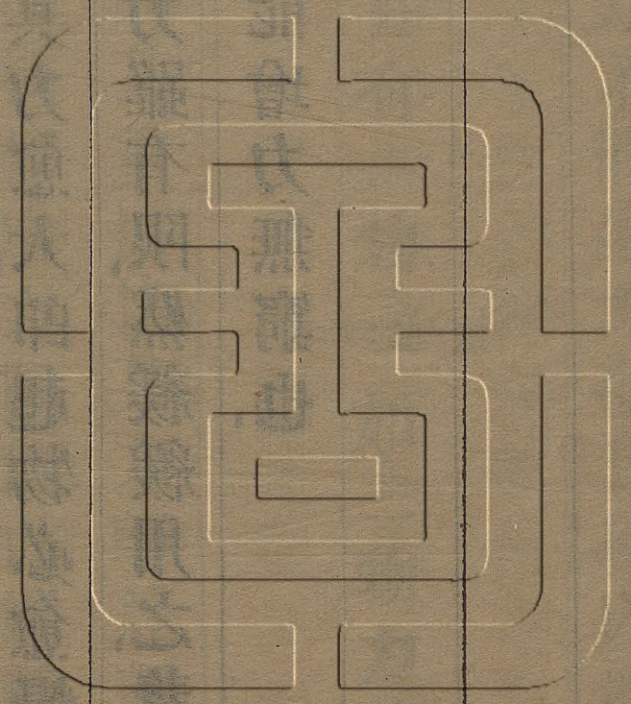
若墜一錘、以牽重物、其物於斜面升高一尺、其錘必
下行數尺、螺絲起重一層、其柄必運轉一周、尖劈愈
尖愈薄、其力愈大、即起物必愈慢、凡此皆以時兌力
也、所以力雖有限、然緩緩用之、兼以精妙機器、積時
既久、自能增力無窮也、

增諸格物力門

卷七

測算力學

三十一



問水面必平何以辨之
答如圖丁桶盛水甲丙為水面其重心在壬若以戊己板斜壓之則水必高出如己乙丙積其重必與板之壓力等而重心移至辛忽去其板則己乙丙積下落對面高起而重心移至庚忽起忽落上下如起波浪旋因磨阻之力漸起漸低水面必漸平重心仍定於壬是知若無外力相逼水面固自平也

辨水面之平

第二章測算水學

問水面必平何以辨之

答如圖丁桶盛水甲丙為水面其重心在壬若以戊己

板斜壓之則水必高出如己乙丙積其重必與板之

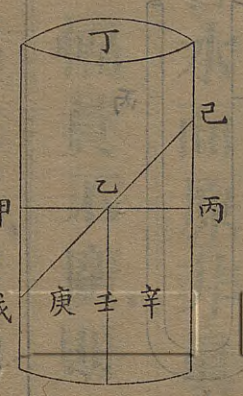
壓力等而重心移至辛忽去其板則

己乙丙積下落對面高起而重心移

至庚忽起忽落上下如起波浪旋因

磨阻之力漸起漸低水面必漸平重心仍定於壬是

知若無外力相逼水面固自平也



前管水面

曲管水面
仍平之理

問、曲管兩端粗細不等、而水面仍平、其理何也、

答、水壓力六面皆同、則力之大小、惟視水之深淺、不分

積之多寡、若以動力明之、如圖、甲乙丙兩端粗細不

等、曲管內盛以水、準動力理、水自甲

口入、至丙口出、則細管之力被逼、水

流較速、因流速與管粗細反比、故兩

端動力相等、命粗端截面為甲、細端截面為丙、甲水

流速為子、丙水流速為丑、則
即
水流、其動力既

甲丙
子丑
甲子
丙丑

第二章 測量水學

水面非真
平

問、水面自平、何謂也、

答、水面原非真平、所謂平者、係與地球面相平也、地之

幅員不廣、則目視似平、若細測之、則凸如球面、故洋

海水面、亦如球面、所謂水面自平者、言其各處距地

心遠近相等也、

問、洋海球面與平線所差、何以計之、

計球面與
平線之差

平線之差
水面與

答、每洋里須差八寸也、命春為相距洋里數、秋為所差

之數、其公式為

$$\text{秋} = \frac{\text{三}}{\text{二}} \text{春}$$

如圖、甲丁為球徑、丙丁為平線、

與球面相切、乙己為高低所差、戊丁等於乙己、若乙

己相距不遠、則弧弦所差甚微、可以不計、而戊乙丁

問水面自平

水面與

與甲乙丁二形同式、則

$$\text{戊丁} : \text{乙丁} :: \text{乙丁} : \text{甲丁}$$

即

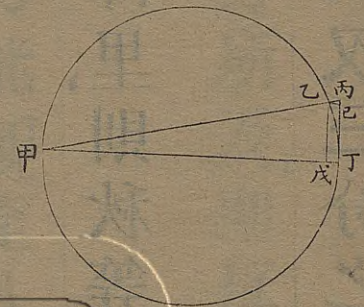
$$\text{秋} : \text{春} :: \text{春} : \text{甲丁}$$

則

$$\text{秋} = \frac{\text{甲丁}}{\text{春}} = \frac{\text{地徑}}{\text{春}}$$

因

$$\text{地徑} = \frac{\text{七九一二}}{\text{洋里}}$$



$$\text{洋里} = \frac{\text{五二八〇}}{\text{洋尺}}$$

則

$$\text{秋} = \frac{\text{甲丁}}{\text{春}} = \frac{\text{五二八〇}}{\text{五二八〇}}$$

$$= \frac{\text{七九一二}}{\text{五二八〇}} \text{春}$$

故

$$\text{秋} = \frac{\text{三}}{\text{二}} \text{春}$$

設春為一洋

里、則與平線差八寸、約華尺六寸半、是知以水平開

河、每洋里須低八寸、水面始平、再低一二寸、水始暢

流、河道若長、則不必變尺、即以洋里按式計之、

問、以上式測地勢高低若何、

答、如前圖、乙丁為兩地距、乙丙為山高、設人在山頂、目

測地勢高
低

力僅視至丁、人在丁、僅見山頂丙、因丙丁為球面切線也、若兩地相距不過數百洋里、則乙丙山高可作

為乙己、命為秋、準前式

設春為三百里、等於百

洋里、則秋等於

$$\frac{3}{20000}$$

即得山高六千六百六十六洋

尺又三分之二、如山高五千洋尺、人立其上、欲知目

力所及、則反上式而求之、

$$\text{春} = \sqrt{\frac{2}{3} \text{秋}}$$

$$= \sqrt{\frac{2}{3 \times 5000}}$$

$$= \sqrt{7500}$$

$$= 87 \text{ 里弱}$$

即知目

力能視至八十七洋里弱、餘可類推、

問、水下壓之力、何以計之、

答、下壓與水深正比、如圖、戊己為正立水桶、水面甲乙、

若平分為數層、則第二層壓力、較第一層加倍、第四

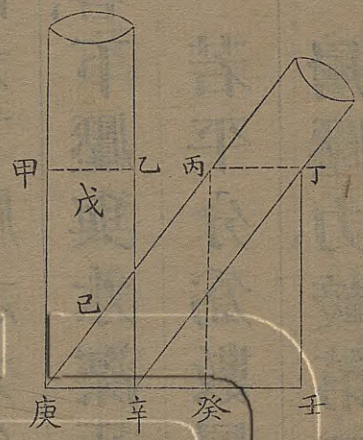
層壓力、較第二層加倍、故水下壓之力與水深正比

也、若器為斜立、其理亦同、設以戊己水桶斜至丙辛、

計水下壓之力

神木重
式器類代

須再加水，始令水面與前同高，然水雖加，其下壓力，



仍與正立相等，因丁庚水，斜倚丁辛，器旁其力被分，而下壓仍為丙癸水深，故與正立者無異，又二桶一正一斜，令水由底相通，斜桶之水雖多，其水面仍與正桶同高，即下壓力相等之證也。

問：正方器所受全體壓力，較水重若何？

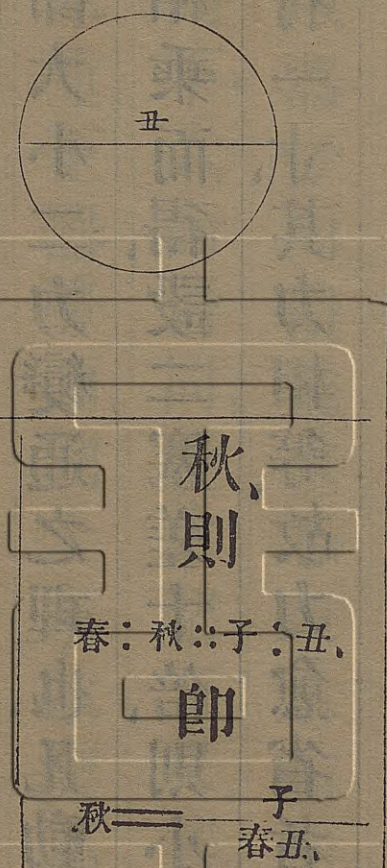
答：準前論，旁壓力既為底面之半，則四旁及底面之共

壓力，即等於水重之三倍。

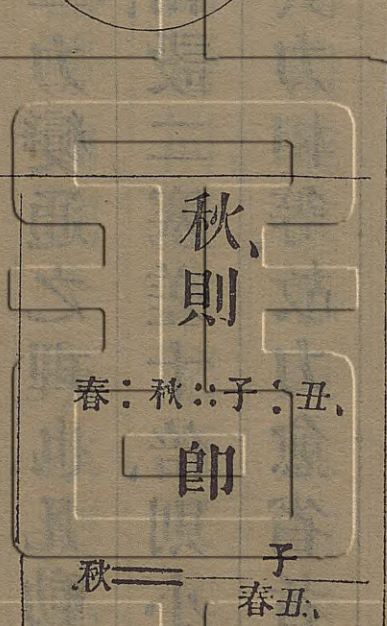
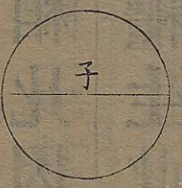
計壓櫃之力

問：壓櫃之力，何以計之？

答：大小二塞面之比，若用力與得力比，如圖，子為小塞，截面積，丑為大塞截面積，命用力等於春，得力等於



若子為五寸，丑為百



寸，春為十斤，則

$$\frac{\text{秋}}{\text{春}} = \frac{\text{子}}{\text{丑}}$$

$$\frac{\text{秋}}{10} = \frac{5}{100}$$

$$\text{秋} = 0.5$$

是得力二百

壓櫃生力之理

斤爲用力之二十倍。塞面若爲圓形，則以其半徑自乘相比。因平圓面積之比，如其半徑自乘相比。

問：壓櫃生此大力，其理何如？

答：卽大小二力變通之理也。凡動物之力，皆由其重速

相乘而得。設二塞差十倍，則小塞下行十寸，大塞上

行一寸，其力相等。故力愈省者，速愈小。所謂以時兌

力也。命寅爲小塞行速，卯爲大塞行速，則

$$\begin{matrix} \text{子寅} & = & \text{丑卯} \\ & & \text{卽} \\ & & \text{卯} = \frac{\text{丑}}{\text{子寅}} \end{matrix}$$

子爲十，丑爲百，則卯爲寅十分之一，所以小塞必下

行十尺，大塞方起一尺。

問：水旁壓之力，何以計之？

答：以器旁面積乘重心距水面，卽得。夫水之壓力，不僅

向下，六面皆同。設水深五尺，其底受力，卽爲五尺之

水重。至器旁面，則上下水深不等，卽壓力逐層有差。

故以重心上之水深乘旁面積，卽得旁壓力。無論器

之斜正，其受力皆等。如前圖，斜倚之桶，丙辛面雖長，

其壓力仍與丁壬面無異。

計水旁壓之力

蓋賦 題氏楚案

壓力按深遞加

問、水之壓力、按深遞加何如、

答、準前論、壓力既按水深正比、則其力係由水之層疊而生、故遞加倍數、亦按水深倍數平增、準前式、以方寸水重乘底面積、再以水深乘之、即得底面所受壓力、如器高十三丈、盛水令滿、則器底每方尺受力七千五百五十六斤有奇、是知水愈深、力愈大、故築隄禦水、水愈深、愈宜堅厚也、物之入水、亦水愈深、受力愈大、故小魚不能下至極深處、惟鯨鯢大魚、每引鈎索直下、至三四里之深、其力亦可想矣、

重心上水
深乘面積

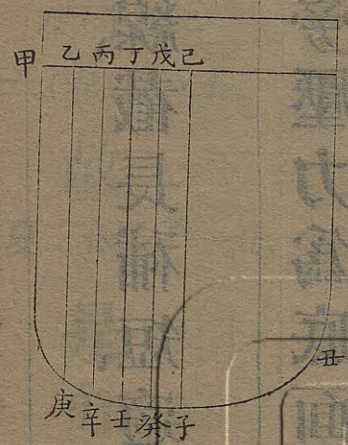
問、計水旁壓之力、用重心上水深乘面積、何也、

答、如圖、甲丑圓底器盛水、子點為底、子甲曲形為旁面、自子向甲、逐點漸淺、庚辛壬癸子各點、所受壓力為

庚乙、辛丙、壬丁、癸戊、
庚辛壬癸

其壓力即各點壓力之和、與旁面積乘

重心距水面相等、命旁面積為春、重心距水面為秋、



則

庚乙、辛丙、壬丁、癸戊、
庚辛壬癸

春×秋、

是為公式、庚辛壬癸、

物浮水中
之理

：各點之和，即底面和庚乙辛丙壬丁癸戊……各

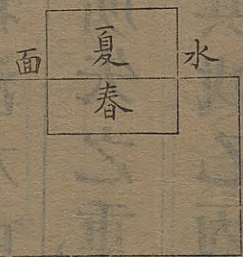
線，截長補短，適與重心距水面相稱，故

$\frac{\text{春} \times \text{秋}}{\text{底面}}$ 重心距水面

旁壓力為底面壓力之半也。

問，物浮水中，其理何也？

答，按物入水中所失之重，即為同體水重，則物浮水中，其所壓開之水，必與物重相等，如圖，命物入水之一分為春，浮水上之一分為夏，二者既皆被水上托，而下沈上托二力均勻，故所壓開之水積必與春同，而



水力上托之重，復與物同，故春積水

重，等於 $\frac{\text{春} \times \text{夏}}{\text{春} + \text{夏}}$ 以秋代之，其式為 $\frac{\text{秋} \times \text{春}}{\text{秋} + \text{春}}$ 命寸

水重為子，寸物重為丑，共物重為 $\frac{\text{春} \times \text{夏}}{\text{春} + \text{夏}}$ 壓開水重為

$\frac{\text{春} \times \text{夏}}{\text{春} + \text{夏}}$

故是知物重與壓開之水比，若同體之重反

$\frac{\text{春} \times \text{子}}{\text{春} + \text{子}}$
 $\frac{\text{春} \times \text{夏}}{\text{春} + \text{夏}}$
故

春：夏：子：丑

計浮沈之力

比

問、物之浮沈、其力何以計之、

答、物重與壓開水重二數之較、即下沈或上浮之力也、

命物重為子、水重為丑、物較水輕、則上浮之力為

丑丁子

物較水重、則下沈之力為

子丁丑

設有船沈海底、設法令

之上浮、即可按此式計算以出之也、

問、物浸水中而失重、其理何也、

答、所失之重、即同體之水重、如圖、以甲乙丙丁物入水、

其戊乙丙己一段水積、均有上托之力、而甲戊己丁

浸水失重之理

文起木對流買

以水權物之理

一段水積、則有下壓之力、二積之較為甲丙水積、乃

上托之水力、與甲丙物積相等、故物

入水所失之重、必與同體之水重相

等、所以物在水外權之、復在水中權

之、二數之較、以水重率約之、即得物

積、是為水權、物若輕於水、則加重浸於水中權之、亦

可計算、

問、以水權物、其理何也、

答、比其同體之重也、因物體輕重不等、欲測其輕重倍



水權流質之法

之法

答數恒以水為則，如以寸金之重為實，寸水之重為法，

問以法除實，即得金較水重十九倍有奇，以水比其輕

重，故謂之水權，其恒式為

寸水重寸物重

水權

問物為流質，以水權之，其法何如？

答其法有二，設欲以水權油，則置一物浸於油中權之，

復浸於水中權之，則油與水二重之比，即若物在油

在水二重之反比，而物之失重，則若油與水之二重

正比，命物浸油中之重為子，物浸水中之重為丑，則

水重油重

若丑：子

此一法也。又如圖，甲丙丁曲管，中隔水銀少

許，令兩端之流質不能攙和，設甲端盛水，丁端盛酒，

水重於酒，則甲端微低，而酒與水

三重之比，即若二管高之反比，命

水高為春，水重為子，酒高為秋，酒

重為丑，則故是為公式，此又一法也。

春：秋：丑：子

秋：春

水權求方積之法

問以水權求方積，其法若何？

會訂格物八明

卷七

測算水學

四十五

辭之
水龍未式

管水滿流
之速

計江河水
流多寡

答、金石等物、若為無法形、不能計其方積、則浸於水中

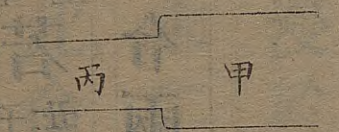
權之、因所失之重、即其同體之水重、故置所失之重、

以水重定率、除之、得壓開水積、即與物積相等、又如

冰山浮水、量其入水尺寸、即可計其方積、亦可核其

輕重矣、察甜水每方尺重五十八斤若鹹水則五十九斤十兩有奇

問、管水滿流、其速何如、



答、水流之速、與管之粗細反比、如圖、甲

丙二管相接、水自甲入、向丙流出、則丙

細於甲、其流必速於甲、命甲丙為二管

橫截面積、甲流速為子、丙流速為丑、則

甲：丙::丑：子

問、江河水流之多寡、何以計之、

答、統計河身寬深及水流之速、即得、夫水流管中、與管

邊相接者、因有磨阻、其流不若管心之速、江河亦然、

故計江河水流多寡、必察河心河底河邊三處水流

之速、截長補短、而總計之、如察得河心水流每刻四

里、河底水流每刻三里、河邊水流每刻二里、統計其

水自孔流
之速

流其中數為每刻三里設每分時其流速統計十丈
河深一丈河寬五十丈則以三數相乘得每分時水
流五百立方丈

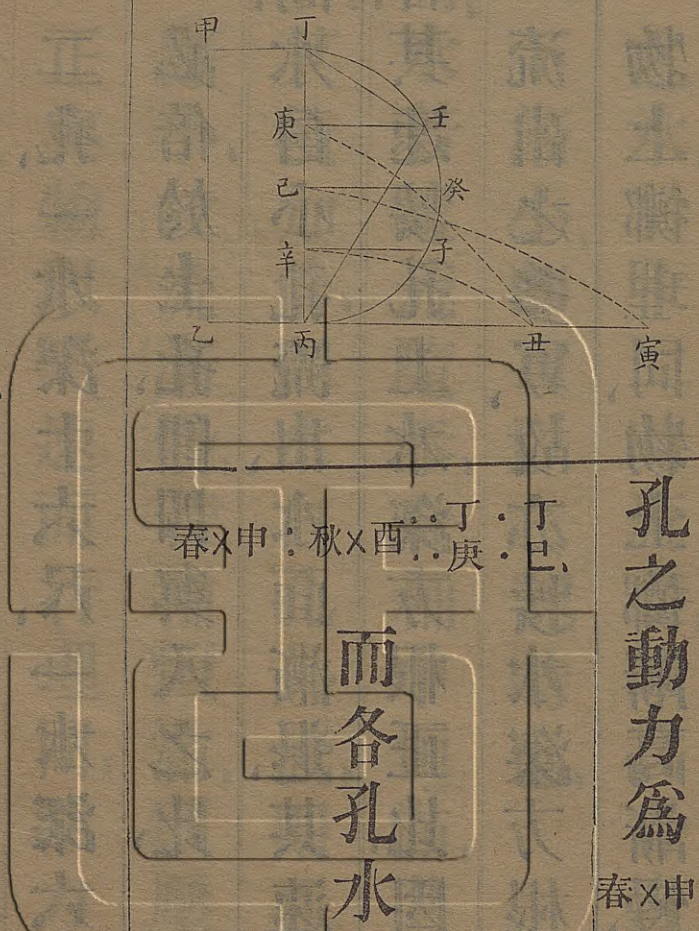
問水自小孔流出其速何如

答其速按孔上水深方根正比如圖甲丙高桶盛水令
滿旁開庚己辛三孔則庚孔上之水積甲庚己孔上
之水積甲己辛孔上之水積甲辛其自各孔外流正
如細管與粗管相接有甲庚等粗管之水自庚己辛
各細管流出無異故各動力必等命甲庚水重為春

甲己水重為秋庚孔流速為申己孔流速為酉則庚

孔之動力為 春×申 己孔之動力為 秋×酉 則

而各孔水流之多寡必按其速



故式申春秋可以申酉代之得

故 丁·庚 辛孔亦然

丁·己 丁·庚 申·西 申·西

水面漸退
之速

所以各孔之速比，如水深方根正比，亦若物自水面下墜之速正比，而各水流之多寡比例亦同，故上下二孔，一水深十六尺，一水深六十四尺，則下孔水流必倍於上孔，即四與八之比。

問、水自小孔流出，水面漸退，其速何如。

答、其速按孔上水深方根正比，因水面下退之速，視其流出之多寡，故亦按水深方根正比，且水面下退，與物上擲理同，物上擲漸高漸慢，水面下退，則漸低漸慢，擲物每秒上行尺寸如七五三一奇數，水面下退

桶滿水流
多寡

亦如之，設用上下相等之高桶，其下穿孔，令內所容之水，於十二時流盡，即按各奇數層次，外畫度數，漸下漸小，即可以之記時也。

問、水若隨流隨添，令桶中恒滿，其流出之水，多寡何如。
答、其積加倍，因水自孔外流，則孔上之水漸淺，而壓力漸小，故流漸慢，若桶恒滿，則壓力不變，而流速均勻，正與物以平速而行理同，準力學理，物行漸減速之共路，為行平速之半，故孔水以均速外流，其多必加倍也。

曲管上躍
高低

問、水由曲管上躍、其高低何如、

答、管插桶旁、向上彎曲、若無風氣阻礙、上躍應與水面

齊、因

丁巳
丁庚
西
申

如前圖、設有物自丁下墜至庚至己、其各

墜路即按速平方正比、是以各孔水流之速、與物下

墜之路相等、準力學理、若能以物下墜之末力上擲、

物必仍升至原高之處、其力始盡、故水自曲管上躍、

應與水面等高、按此理、用水自高處灌輪作工、不如

水旁躍之
遠近

蓄水使深、自低處放出之力大、因水自低處放出、其
速不啻下墜、且少風氣阻礙也、

問、水自孔旁躍、其遠近何如、

答、以水深為圓徑、自孔畫橫線至圓界、則水躍之遠、較

橫線必加倍、按水自庚流、較物墜至庚、其速加倍、即

水自庚流之路為丁庚、水落至地時、與物自庚落地時

相等、命水流之路為春、自庚墜至丙時為秋、則

丁庚
丙庚
春：秋

然 丁庚 卽以此代式中之春，求秋所流之速，其旁躍

落地必至丑，卽以丙丑代式中之秋，其比例爲

$$\frac{\text{丁庚}}{\text{丙庚}} = \frac{\text{丙丑}}{\text{丁庚}}$$

因壬丁庚壬丙庚二形同式，準句

$$\frac{\text{丁庚}}{\text{庚丙}} = \frac{\text{丁庚}}{\text{庚丙}} = \frac{\text{丙丑}}{\text{丁庚}} = \frac{\text{庚壬}}{\text{庚丙}}$$

水旁躍行
拋物線

股理

$$\frac{\text{庚丙}}{\text{庚壬}} = \frac{\text{庚壬}}{\text{丁庚}}$$

則

$$\frac{\text{庚丙}}{\text{庚壬}} = \frac{\text{丁庚}}{\text{庚壬}}$$

故水旁躍之遠，爲庚壬橫線之倍

若二孔距桶底桶面相等，則旁躍之遠亦等，孔適居中，則旁躍最遠，以庚壬爲平圓之半徑也。

問、水自孔旁躍，應行何線。

答、水既旁躍，必受二力，一爲壓力，使之橫躍，一爲吸力，

使之下墜，因與物之旁擲理同，故亦行拋物線也。

線見
力學

船被阻按
速方正比

問、船行水中、其被水阻何如、

答、平面橫行水中、阻力按速方正比、因物行水中、必掣

水與之俱動、而水所得動力、即為物所失、命水重為

春、子為速、秋為動力、則然物行愈速、其所遇水愈

秋二春×子、

多、則故所以水之阻力、必按物之速方正比也、

春×子、

秋×子、

欲發明之、其速加倍、則所遇水點加倍、每點相擊力亦加倍、故阻力按速方、若物行極速、則阻力遞加更

大、所以船行水中、其速有限制、欲令其加速無窮不能也、設火輪機、馬力二十匹、能令舟每小時行十二里、若馬力一百八十匹、能令舟每小時行三十六里、是速加三倍、力必加九倍也、至船之形狀、首尖身長、其阻力雖可減、其比例與此無大差別、

其則代錫... 其則代錫... 其則代錫...

景數賦三... 景數賦三... 景數賦三...

里苦濕... 里苦濕... 里苦濕...

銷世... 銷世... 銷世...

大池... 大池... 大池...

第三章測算氣學

水銀比天氣重

問、以水銀比天氣之重若何、

答、按水銀表自海面升高八十七尺、水銀下退一分、則

一分水銀、足抵八十七尺天氣之重、即一寸水銀、足

抵一萬零四百四十寸天氣重矣、至水則較水銀輕

其數... 其數... 其數...

卽水銀較海面天氣重七百七十

倍也、書中恒用八百倍取其整數易於入算

問、三倍也、書中恒用八百倍取其整數易於入算

重指天際共

計天氣共重

問天氣共重何以計之

答按每寸全高天氣之壓力與二尺四寸水銀等重則統地球上天氣之共重即與二尺四寸深水銀海包裏地球無異命水銀高為丙地半徑為甲周徑定率

一命水銀全積為夏則命水銀全積為夏則

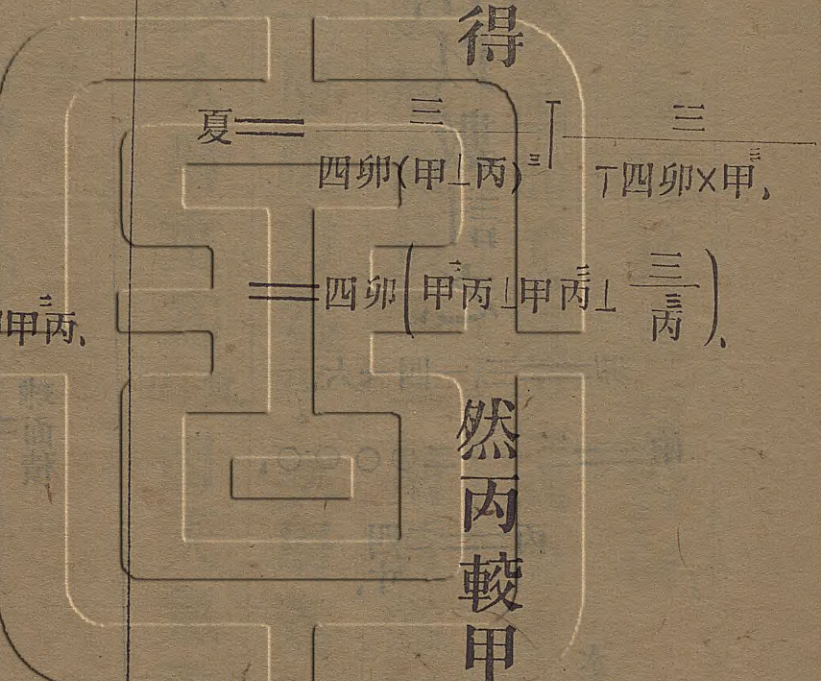
本題此天

第三章

春 夏

四卯(甲丙)

式相減得



然丙較甲甚小式第二項第

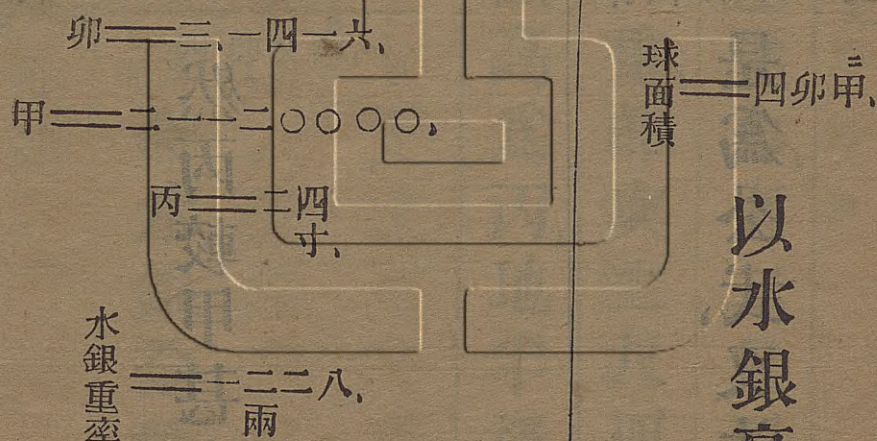
三項皆可不計則

是為公式又法凡圓球面積等

於同徑之四平圓，即

以水銀高乘之，得

與前式合，以數計之。



則

即天氣

夏 = 五四〇五一〇八七九七四四〇〇〇噸

天氣漸高
遞減

共重也。

問、天氣漸高漸稀，其遞減若何。

答、升高之路遞加，天氣之稠按連比例遞減，設分全天

氣為無數層，命最下一層質為甲，次層為乙，三層為

丙，最下一層壓力為子，次層為丑，三層為寅，最下一

層重為子，次層重為丑，因天氣重與質正比，重與壓

力反比，則然天氣稠稀，亦按被壓之重正比，則

甲：丙：：丑：寅、

地言... 卷七... 測算氣學... 五十一

即故即所以即按連比例遞減也以此

子丑：丑寅：丑：寅，
子寅：丑寅——丑：丑寅，
子寅——丑——丑丑，
子：丑：丑：寅，

計之，升高二十里，天氣之稠為四分之一，升高四十里，天氣之稠為十六分之一，列表如左：

升高里數	天氣之稠
二〇	$\frac{4}{1}$
四〇	$\frac{16}{1}$
六〇	$\frac{64}{1}$
八〇	$\frac{256}{1}$
一〇〇	$\frac{1024}{1}$
一二〇	$\frac{4096}{1}$
一四〇	$\frac{16384}{1}$
一六〇	$\frac{65536}{1}$
一八〇	$\frac{262144}{1}$
二〇〇	$\frac{1048576}{1}$

觀表即知升高至二百里，天氣較海面上輕百餘萬倍矣。

天氣高界

問：天氣之高，有界限否？

答：準前表遞減，雖升高至無窮，天氣亦薄至無窮，終不能盡，應無界限。然氣質極薄，復加高處之冷，則相驅之力甚少，即與地之吸力相抵，不復散漫，儼然若有界限，所以星宿之間，空如無物，始能運行無阻，出沒無差也。

測天氣稠稀如一

問：天氣稠稀，若能上下如一，其高何以測之？

會訂格物... 卷七... 測算氣學... 五十一

測算氣學

地下天氣之稠

計天氣壓力

力

天氣愈高愈冷

答、以水銀表測之、按海面上升高八十七尺、表中水銀下退一分、若稠稀如一、則升高八百七十尺、水銀下退一寸、而表中三十洋寸水銀與天氣等重、以乘八百七十尺、得二萬六千零一百尺、即稠稀如一之天氣全高、以此計之、天氣尙不及大山之高、與大海之深也。

問、地面以下、其天氣稠稀若何、

答、其稠亦按連比例遞加、正與升高相反、若能下至百里、則氣重如水、下至百五十里、則氣重如黃金矣。

問、天氣壓力、何以計之、

答、以水或水銀比之皆可、按水為三丈二尺高、與天氣等重、水銀為二尺四寸高、亦與天氣等重、故用水比較、不若用水銀便、設有水銀柱、截面積方寸、其二尺四寸高之重、為十八斤六兩有奇、

算也

書中每用十八斤取其整數易於入

問、天氣愈高愈冷、其高至結冰、按南北度數所差若何、

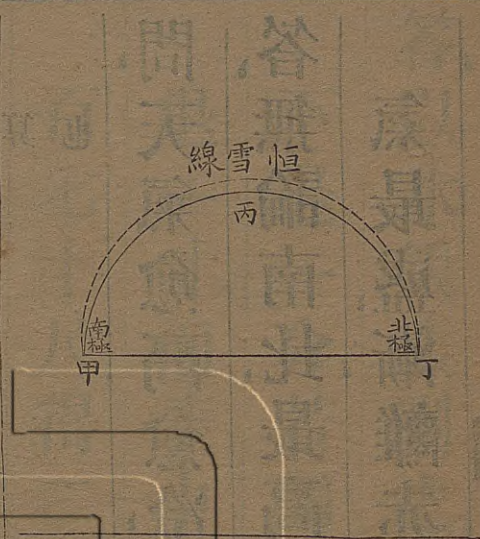
答、無論南北、最高山頂、常年恒有積雪、惟赤道之下、熱氣最盛、漸離赤道南北、熱氣漸少、故常年積雪、赤道

愈命
天深愈高

力
吸水管用

信天深愈

氏
到水管用



下最高，以次漸低，至南北兩極，則緊
依地面，此線謂之恒雪線，如圖甲丙
丁為地面，虛線即恒雪線，其各度高
低，列表如左。

赤道南	北度數	恒雪線	高低
○度	一○	二丈	一
一○	二○	二丈	一〇七六
二○	三〇	二丈	九七九
三〇	四〇	二丈	八二八
四〇	五〇	二丈	四四四
五〇	六〇	二丈	四四七
六〇	七〇	二丈	二六二
七〇	八〇	二丈	一〇
八〇	九〇	二丈	九
九〇		二丈	一〇

問、吸水管用力若何。

吸水管本應歸水學因其力由天氣故屬氣學

答、吸水上升，雖藉天氣下壓，然吸空天氣，所用之力，仍

與提水無異，故用力必與重等，因三丈二尺水與天
氣壓力等，用提三丈二尺水之
力，上移其塞，始能吸空管中天
氣，而令外氣壓水上升，故所用



之力，必與上提三丈二尺水相等，試以算式證之，如
圖，命甲丙為子，夫水所以至丙，因丙甲管中之氣漲

入丙己，而外氣下壓使上，其力為
然活塞上提之

增訂格物入門 卷七 測算氣學 五十一

力為三、二力之較為 三二丁(三二丁子)二子 正與丙甲一段水重相等故

吸出管中之氣與提升若干水之力無異是知吸水

管不能省力但取其用力方向較便耳

問、提水管用力若何

答、既云提水則塞上之水與活塞等件共重若干須用

力若干如前圖吸水管上節即為提水管雖覺費力

若水深過三丈二尺則兼用二者為便

力 提水管用

力 壓水管用

問、壓水管用力若何

答、較提水管少省力因提水管必將活塞鐵條等件一

並上提而壓水管則活壓等件自然下壓機器有若

干重即能省若干力如圖戊為壓水管其下節丙甲

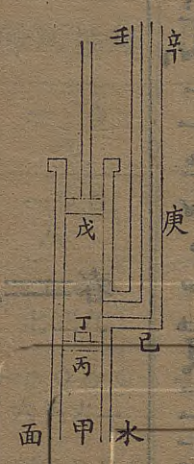
即為吸水管故壓水必與吸水管

並行命上節活塞等件共重為寅

活塞半徑為辰周徑定率為卯尺

水定率為己丙甲管中水高為子提水須用之力為

春水升入辛己管之高為丑下壓之力為秋則上提



增訂格物入門 卷七 測算氣學

之力為

下壓之力為

二力之和為

是為公

春 = 辰 × 卯 × 子 × 己 + 寅

秋 = 辰 × 卯 × 丑 × 己 + 寅

春 + 秋 = (子 + 丑) (辰 卯 己)

式、二式之寅正負相消、故力仍無所省也、以數明之、

設

卯 = 三 - 四 - 六

辰 = 一

巳 = 一 ○ ○ ○

則

春 + 秋 =

(子 + 丑) (- × 三 - 四 - 六 × 一 ○ ○ ○)

水龍之力即按此計算

吸氣筒每抽遞減

問、吸氣筒吸氣、每抽遞減若何、

答、設筒積為單積十分之一、則第一抽必減氣質十分

之一、第二抽必減第一抽餘氣

質十分之一、即原氣質百分之

九、第三四抽以至多抽、雖單內

氣質以次遞減、然必留少許、不

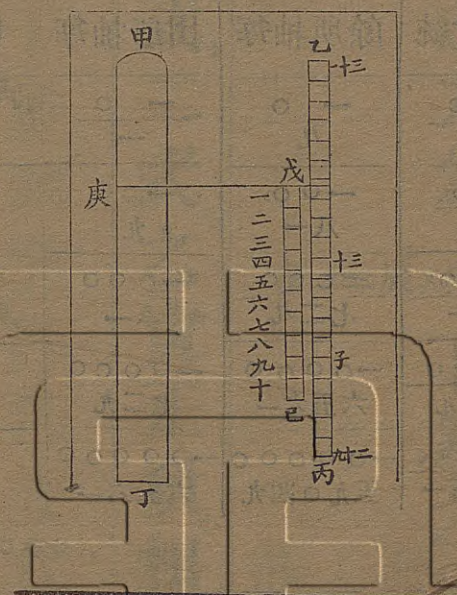
能盡出也、列表如上、

出所計統	餘所抽每	出所抽每	數 抽
一 ○	一 ○	一 ○	一
一 ○ ○	一 ○ ○	一 ○ ○	二
一 ○ ○ ○	一 ○ ○ ○	一 ○ ○ ○	三
一 ○ ○ ○ ○	一 ○ ○ ○ ○	一 ○ ○ ○ ○	四
一 ○ ○ ○ ○ ○	一 ○ ○ ○ ○ ○	一 ○ ○ ○ ○ ○	五

計風雨表細差

問、風雨表細差、何以計之、

答、如圖、甲丁為風雨表管上段、乙丙為記度格、長二寸、



每寸分為十分、戊己為細差格、每格大於乙丙格十分之一、設水銀高至庚戊、即為三十寸三分有奇、欲求奇數若干、則以戊己格上移至戊、視第八格、與乙丙格之子格相齊、即知奇數為百分之八、其共數為三十寸三分又百分之八、表內水銀高低、各國無甚差別、至忽變而差至一二寸者、即為預報大風大雨、不可不細察也。

風雨表度

乘氣球上升驗天氣

數皆按洋尺洋寸

問、有人乘氣球上升、表中水銀退至十二洋寸、其上下天氣之多寡若何、

答、按表內水銀、在海面上應高三十洋寸、今退至十二寸、其壓力已減五分之三、是知在上天氣僅餘五分之二也、

天氣所含濕氣多寡

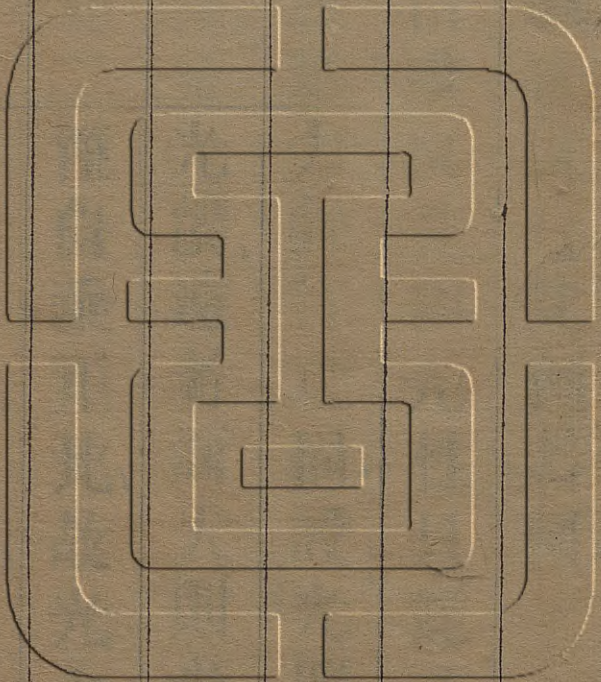
問、天氣中所含濕氣多寡若何、

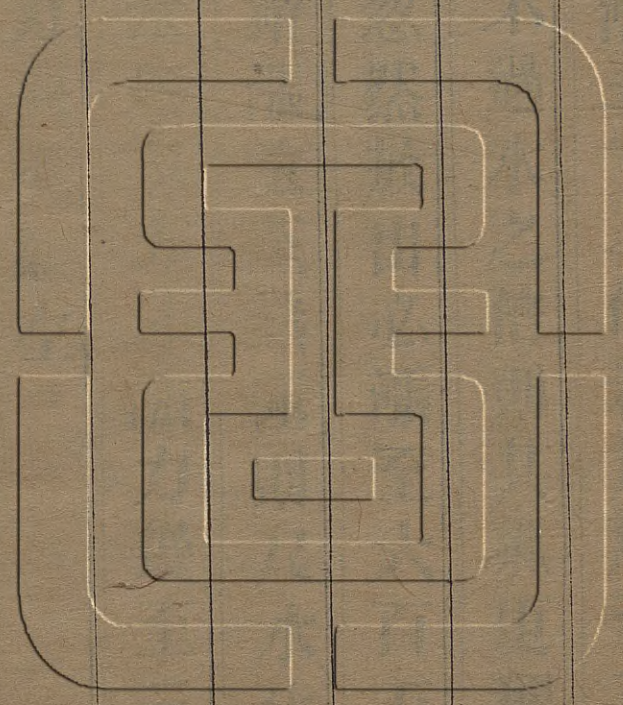
答、天氣愈熱、水氣愈多、因水必遇熱、始能化氣上升、而天氣愈熱愈稀、故能多容水氣、迨熱風與冷風相遇、

增力、加稠亦增力、二者並加、所以熱至四百十九度、
氣較水漲三十七倍、若加熱至五百度、以大力壓之、
令加漲不過水之倍、則其氣更稠、漲力甚大、幾與火
藥相等、忽然放出、必漲至六百五十倍、若加熱能壓
之不令稍漲、迨至熱極、則尺水化汽之力、足抵一里
半高之水銀、每方寸漲力幾至三萬斤矣、茲將蒸氣
按稠加力、列表如左、

天氣 倍數	法倫表 熱度
一	二二
二	二五〇
三	二七五
四	二九三
五	三〇七
六	三二〇
七	三三一
八	三四一
十	三五八
一二	三七四
一四	三八七
一五	三九三
二〇	四一八
二五	四三九
三〇	四五七
三五	四七三
四〇	四八六
四五	四九九
五〇	五一〇

表中倍數、以天氣為則、如二倍天氣、即為三十磅重、
餘可類推、





第四章測算光學

按火學論熱論光茲只測算光學因熱氣發散直射返照與光

同理也

光濃淡按遠近比例

問、光之濃淡、按遠近比例若何、

答、按遠近自乘反比、因光性只能直射、散布六面、與吸

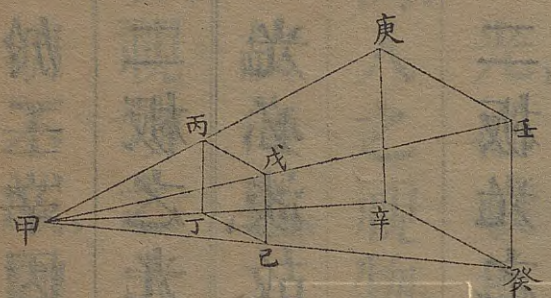
力聲音理同、設光照球面、近者面小則

光濃、遠者面大則光淡、因球面如其半

徑自乘正比、故光之濃淡必如其遠近

自乘反比、如圖設燭於甲、置壬辛戊丁

大小二方板、則光射於戊丁者、必盡射

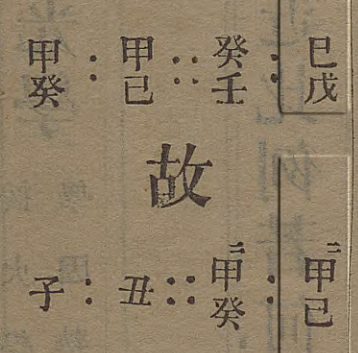


並或註附
火為光發

視物大小
亦按遠近
自乘反比

於壬辛因光只按甲癸甲辛等線直射故戊丁壬辛
 二板之光必等壬辛面積大於戊丁面積其所受之
 光必淡故二板受光濃淡之比必若二面積反比命
 二板光之濃淡為子丑則
 惟甲戌己甲壬癸為

同式三邊形即



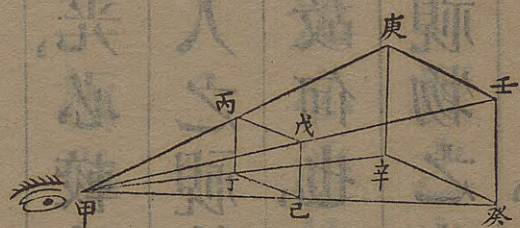
故

即二板受光濃淡之比

如其遠近自乘反比所以距遠一倍其光為四分之
 一距遠四倍必為十六分之一距遠八倍必為六十
 四分之一若距近一倍即加濃四倍距近千倍即加
 濃百萬倍水星距日較地球近三分之一其所受之
 光必較地面濃九倍其明熱當何如哉
 問人之視物按遠近有大小之別而光之明暗無殊其
 故何也
 答視物之大小亦按遠近自乘反比故於目中成影其
 明不減如圖目在甲視壬辛方板則光由板返照入

自乘又此
亦能數倍
斯疎大小

天氣厚薄
均勻透光
等差



目若隔以戊丁小板其光盡蔽設戊丁
小於壬辛四倍則其距必近日加倍否
則不能障嚴因戊丁板返照入目之光
僅有壬辛板四分之一故明暗無殊若
將板移近十倍其光即減少百倍成影
亦收小百倍明亦無殊空中若無天氣
阻礙實有是理惟天氣略能阻光所以視物漸遠漸
覺模糊但日之視物與藉光視他物有別蓋視物雖
略遠明仍無差藉光讀書稍遠則難朗徹皆由於濃

淡按自乘反比二者理同而事反也

問天氣厚薄若能上下均勻其透光等差若何
答其等差按乘方遞減也設天氣上下厚薄如一平分

為無數層則光透上層所減之阻為 $\frac{1}{2}$ 所透為 $\frac{1}{2}$

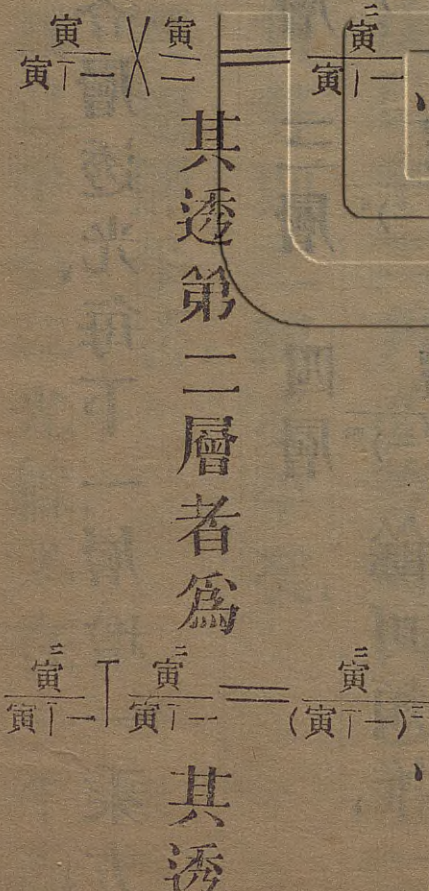
第二層復減

$\frac{1}{2}$

即

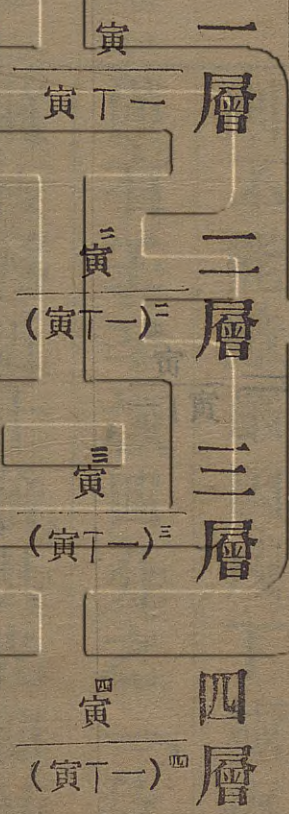
其透第二層者為

其透



第三層者為 $(\text{寅}^{-1})^3$ 是各層透光每下一層增一乘方

列式如左



以光之層數為 $(\text{寅}^{-1})^n$ 乘方指數即透過某層之光也

至光透體質均勻之物 如水與玻璃 皆按此理惟各質之

阻光各有定率也

問光照平鑑其返照何如

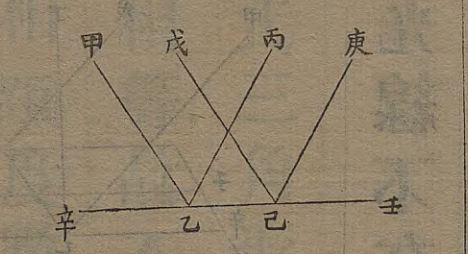
平鑑返照

答來光若平返光必平來光或散或聚返照之散聚亦

問同長返照其來光何如

來光返照俱平

問來光平而返照亦平何以明之



答如圖辛壬平鑑甲乙戊己為二光線乙丙己庚即其返照甲乙戊己既平則甲乙辛戊己辛二角必等而丙乙壬二角亦等角等則二線必平矣

來光不在一平面返照

問來光若不在一平面其返照平否

答返照亦平如圖甲乙戊己平行二光線不在一平面

照一平面
來光不並

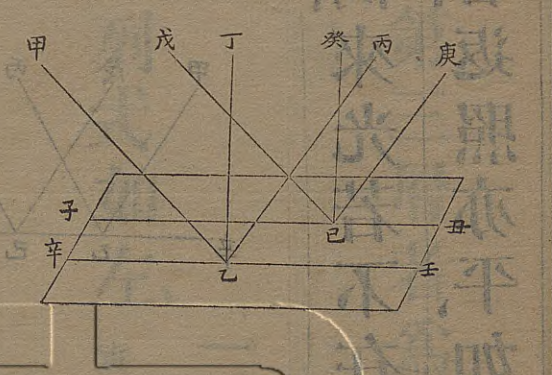
身平
來光返照
聚散相同

增訂格物入門

卷七

六十七

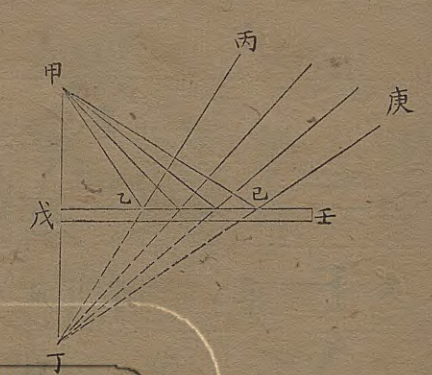
答、照一平面
來光不並



上、自乙己二點各作垂線、則丁乙癸己
 二線平行、即甲乙丁、戊己癸、二角相等、
 準來光返光二角均勻理、則丙乙丁、庚
 己癸、二角亦等、是甲乙與戊己、丁乙與
 癸己、丙乙與庚己、皆為平行線、故二來
 光線不在一平面上者、若二線平行、其返照二線亦
 平行也、

問、來光返照、其聚散相同、何以明之、

答、如圖、二光線自甲照於乙於己、返照於丙於庚、則甲



乙甲己相距度數若干、乙丙己庚相距
 度數亦若干、若引長丙乙庚己、與甲戊
 引長線相遇於丁、則甲乙戊丙乙壬戊
 乙丁三角相等、即甲乙戊戊乙丁為同

式三角形、戊乙為二形同用之句、則甲戊戊丁二股
 相等、故乙丙己庚之返照方向、正如光自丁而發、其
 相距度數、與自甲發光無異、故來光之真源距鑑若
 干、其返光之虛源亦入鑑若干、至二光線之方向相
 聚而照、則返照方向與此相反、設二光自丙自庚而

增訂格物入門

卷七

六十七

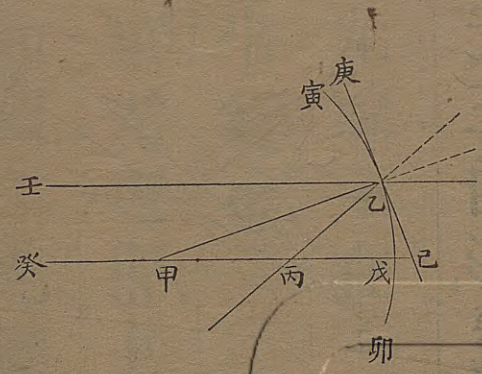
測算光學

發照於乙己二點其返照必歸至甲其斜度仍與歸
至丁無異

球皮凹鑑
返照聚點

問、凹鑑形若球皮其平光返照何如
答、平光若距鑑軸不遠則返照必聚於鑑軸上半徑之

中點是為大光心如圖寅卯為球皮
形凹鑑面甲為鑑心甲戊鑑軸設光
自癸經甲至戊必仍返照經甲至癸
若平光自壬照乙必返照至丙丙即
為大光心準來光返光二角均勻理



則 甲乙壬 壬乙既為平光則 甲乙丙 乙丙
即 甲乙壬 乙甲戊 即 甲丙 乙丙
試作庚己切線

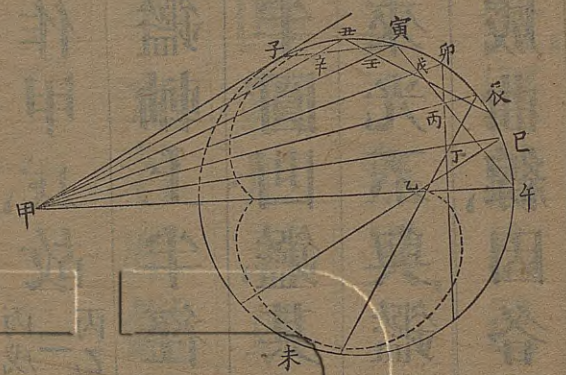
則 甲乙丙 甲乙壬 甲乙庚 丙乙己 丙乙庚 庚己丙
即 壬乙庚 惟乙戊鑑面之曲率甚小則甲己可
作甲戊故 丙乙 丙戊 甲丙 所以平光距軸不遠其返照必聚於

鑑軸上半徑之中點也

問、半圓凹鑑其返光各點聯成熱線若何

半圓凹鑑
返光聯成
熱線

答、來光不與鑑軸平行則聚光點必多以線聯各點即
成曲線因各點聚光必較他處倍熱故名熱線如圖



子午未半圓凹鑑，光自甲發，照於子丑寅卯辰巳各點，返照至辛壬戌丙丁乙各點。因甲子各光線不與鑑軸平行，則必大於半徑之半，而辛壬戌丙丁各點距鑑面漸近，聯各返光點，即成辛壬戌丙丁乙曲線。鑑下端之返光各點亦成曲線，故此曲線雙環合抱，甚為美觀。若以圓球為透鏡，其光亦折成熱線，其理與此相似。

問：凹鑑返光成熱線，何以驗之？

返照成熱線之證

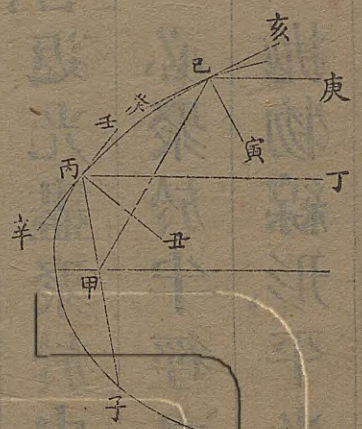
拋物線鑑返照



答：如圖，子丑平臥方板，以磨擦極光之甲乙圓弧鋼條，立於板上，令其凹面向日，則光線返照，相交即成甲丙乙丙熱線，與凹鑑返照無異。

問：鑑面若拋物線，其平光返照何如？

答：返光盡聚於中心也。準前鑑若球皮，平光之近軸者，必聚於半徑之中，若距軸稍遠，則不歸一處，惟鑑若拋物線形，平光照之，無論距軸遠近，皆歸一處。如圖，子丙己鑑面，庚己丁丙二平光照於己丙二點，必皆

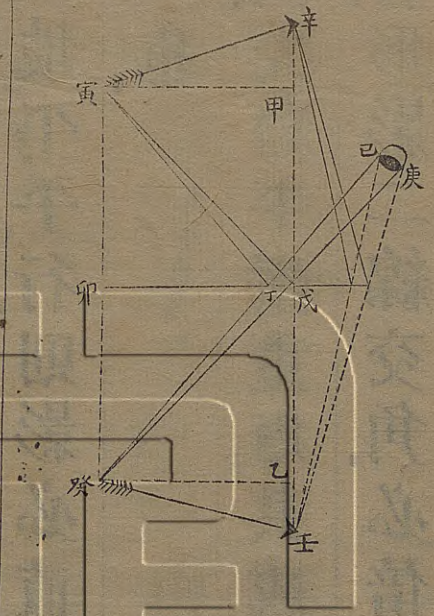


返照於甲，準拋物線理，切線與軸及切點之帶線交，成角必等，則丁丙壬與甲丙辛等，庚己亥與甲己癸亦等，均與來光返照二角相等之理合，故丁丙庚己二光，必皆返照於甲，凡平光照於子丙己鑑面者，其返照莫不歸於甲點，若設燈光於甲，其返照亦平行射遠，海涯建造燈樓，每用拋物線鑑，職是故也。

物照平鑑成影

問，物照平鑑，其成影若何。

答，物距鑑若干遠，影即入鑑若干深，而形影之大小相



等，且物與鑑成角若干度，其影亦成角若干度，如圖，卯戊為鑑，寅辛為物，寅端成影於癸，辛端成影於壬，寅卯與癸卯，辛戊與

壬戊，其距各等，寅辛二端之間各點皆然，故寅辛距

鑑若干遠，癸壬亦入鑑若干深也，夫壬戊既等辛戊，

癸卯既等寅卯，而辛壬寅癸平行，則寅辛必等癸壬，

故形影大小相等，自寅癸二點，作寅甲癸乙二線，與

平鑑重返
成影差度

鑑平行則辛甲與乙壬必等，即壬癸乙甲寅辛，兩三角形亦等，故壬癸乙甲寅辛，二角必等，所以物與鑑成角若干度，影亦與鑑成角若干度，至於物若直立，影即顛倒相對，若鑑與地平成角四十五度，物即與地平平行，則影必直立，是形影與鑑面成角仍相等也。

問：光自平鑑重返，其成影差度若何。

答：形影二線交角，必倍於二鑑成角也。如圖，甲癸庚壬為二平鑑，設物在辛，二次返照成影於戊，戊丙辛為

形影二線交角，甲己庚為二鑑交角，夫丙乙己與甲

乙辛等，而甲乙辛，丁乙己，為來光

返照，二角必等，則丙乙丁角倍於

丙乙己角，戊丁庚與丙丁己等，而

丙丁己，乙丁庚，亦為來光返照，二

角又等，則乙丁戊角倍於乙丁庚

丁乙己、乙丁庚

乙丁丙、乙丁戊

乙丁戊

角是

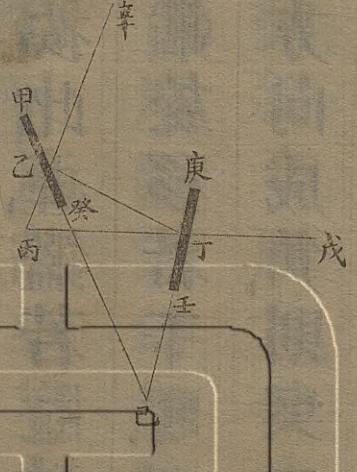
而

左右各減乙丁丙角，則

丙乙丁、乙丁戊

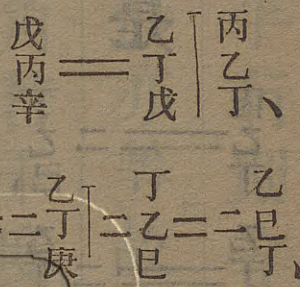
丙乙丁、戊丙辛

丙乙丁、戊丙辛



鑑隨軸旋影移加倍

卽



故

所以形影二線交角倍於二

鑑所成之角也

問按此理鑑若隨軸旋轉其影何如

答鑑旋移若干度則影之旋移加倍因鑑既旋移與原

方向成角則與二鑑無異故鑑與物相對影亦直立

鑑旋移四十五度直立即成平臥平臥反成直立與

上理同

造紀限儀

問按此理造有何器

答所造為紀限儀測天之器也法以平鑑二面一靜一

動斜交成角令此接星光彼接返光則重返成影所

差度數加倍如鏡轉二十度見星於平地即知星高

四十度故返星光四十五度之器即可測量九十度

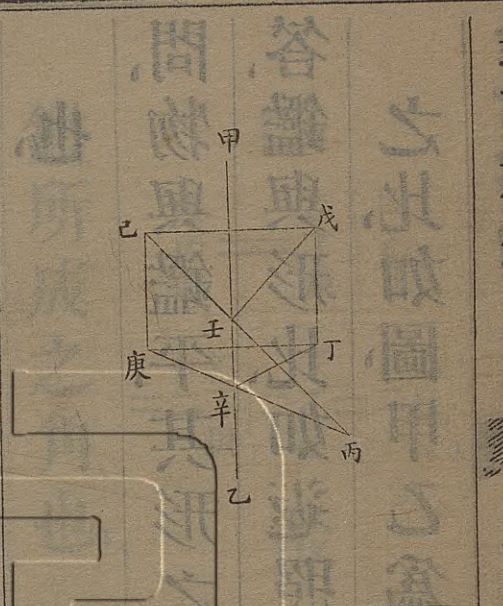
也

問物與鑑平其形之大小與鏡相比若何

答鑑與形比如返照一線之長與直照返照二線共長

之比如圖甲乙為鑑物在戊丁成影己庚作戊壬丁

鑑與形比



辛二光線，交鑑面於壬辛二點，壬丙辛丙為二返光線，引長二線，令交於己庚二點，則丙己 丙壬 己庚 壬辛惟己庚等戊

丁壬己等壬戊，故壬戊 丙壬 丙壬 壬辛壬戊為直照光線，丙壬為返光線，丙己即直照返照二線之共長，所以鑑與形比，若返照線長與直照返照二線共長比，設丙壬為丙己之半，壬辛即為戊丁之半，故平鑑為人半，即能顯

全身，移近即不全見，移遠，鑑雖更小，亦能全見，以小鏡顯大物，即按此比例也。

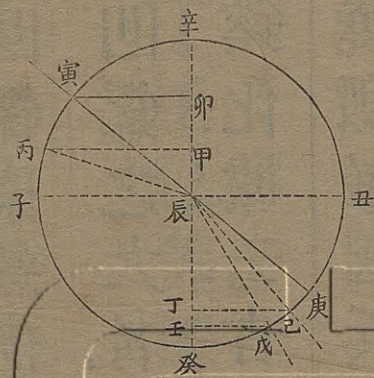
問，凹鑑聚熱何如。

答，凹鑑之大者，其光心聚熱極烈，雖金類最堅者，皆可鎔化，據云，古有博物家亞奇默德者，曾以凹鑑返光，燒燬敵國兵船，按其鑑面，必非拋物線及球皮形者，因此二種凹鑑，其光心距鑑面，不過數尺，意其凹鑑，係平鏡數十面相合，使光聚一處而遠射者，法國步方氏曾驗之，以方平鑑一百五十餘面，砌成凹式，以

之燒物、雖距物二百五十尺、仍可焚之、

問、光之透物被折、其理何如、

答、二物體質、若有稠稀之別、其光出此入彼、必改易方向、各光線與垂線所成各角正弦、恒有比例、如圖、子丑為水面、寅辰丙辰為水面上二光線、入水後、被折至戊至己、則辰戌辰己為入水二光線、寅



卯、丙、甲、戊、壬、己、丁、為各角正弦、則

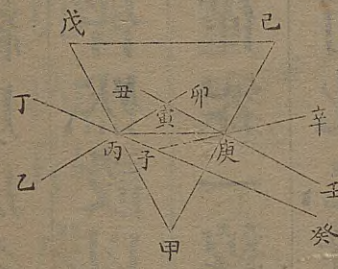
戊壬 寅卯 己丁 丙甲

即各光線與垂

線所成各角正弦、恒有比例、無論光自若干度射入、皆然、設以玻璃球盛水半滿、外設度數圈、球上蓋嚴、僅容一線之光入水、即可量二光線所成二角正弦、而比之、惟各質之折光不等、驗得由天氣入水、二角正弦、如 $\frac{四}{三}$ 、入玻璃、如 $\frac{三}{二}$ 、入硫磺、如 $\frac{二}{一}$ 、若以原光線所成角正弦為 $\frac{一}{一}$ 、則入水成角正弦為 $\frac{三}{二}$ 、入玻璃成角正弦為 $\frac{二}{一}$ 、此即各質折光之力、若光線直照、則左右皆成直角、不論透過何物、皆不被折、茲將各質折光之力、列表如左、

三棱折光之理

問、以三棱物驗折光其理若何、

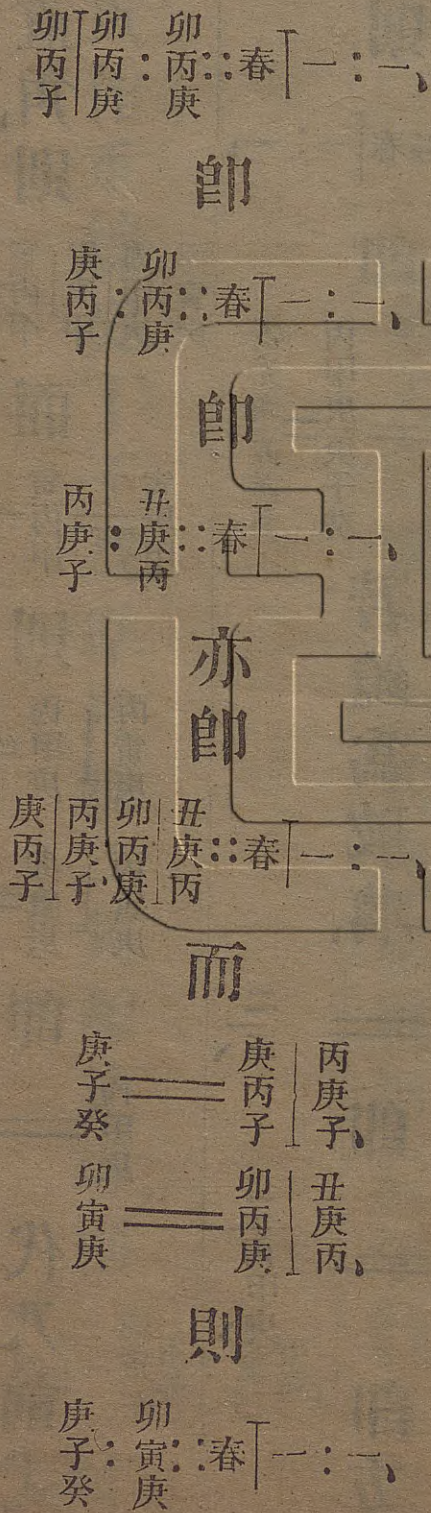


答、如圖、以甲戊己三棱形透光物、令一棱向下、卽爲折光角、設光自丙入、被折至庚、透出復折至辛、引長丁丙辛庚二線、相交於子、則庚子癸爲方差角、命折

琥珀	一、三〇
水晶	一、三三
硫磺	一、三七
光藥	一、四一
金鋼鑽	一、四五
紅銀石	一、四七
鉛丹	一、五三
冰	一、五四
水	一、五四
酒精	二、一五
硝酸	二、二二
各酸	二、二二
明礬	二、四三
橄欖油	二、五六
玻璃	二、九七

光度爲春、自丙作甲戊垂線乙卯、自庚作甲己垂線

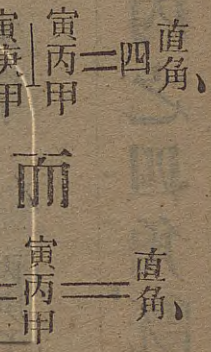
壬丑、相交於寅、準光線二角之理、則 卽 因



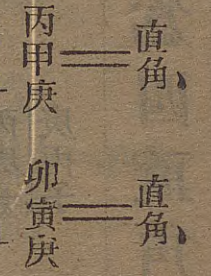
四邊形內之四角、既合爲四直角、其左右二角、既皆

增訂格物九月 卷七 測算光學 七二五

直角，則



而

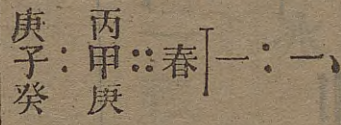


則

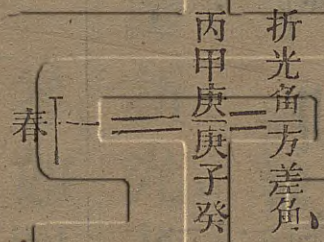


代入前式

則



即



若鏡為玻璃

春

即



即方

差角為折光角之半，欲求某質折光度，量方差角，以

折光角約之，加一即得，因



為公式故也

二面相平
透光被折

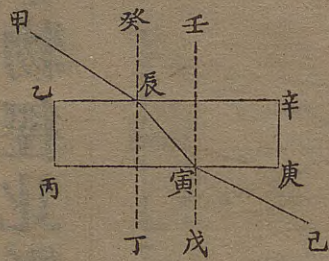
問物二面相平，其透光被折何如。

答出路與入路亦相平也，因光線射入，雖被折改向，及

其射出，復被折回，與原向仍平，如圖，丙辛

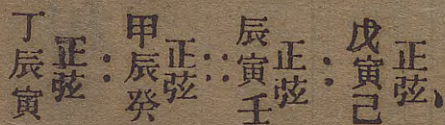
玻璃，乙辛丙庚二面相平，甲辰光線，自辰

射入，自寅射出，寅己必與甲辰平行，自辰



寅作垂線，癸丁壬戌，準光線二角相比理，則

而

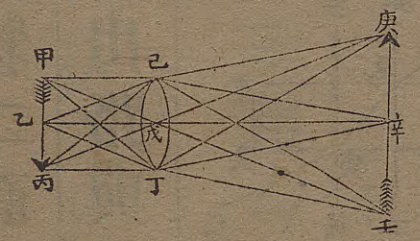


凸鏡視物
大小

辰寅壬、戊寅己、
 卽 卽 光線出入二路，既與二平面成角相等，其
 丁辰寅 甲辰癸
 二線必平行矣。

問、凸鏡視物，其大小何法計算。

答、物徑比影徑，若物距鏡比影距鏡也。如圖，庚壬物照



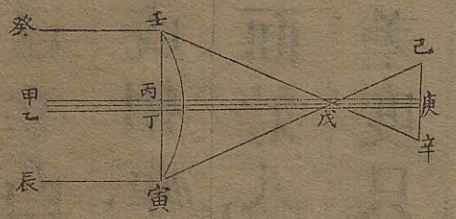
於己丁凸鏡，必成影甲丙，而庚戌辛甲戊
 乙、二形同式，則 卽 惟物徑與影徑
 乙戊、辛戊、甲乙、庚辛、
 乙戊、辛戊、甲丙、庚壬、
 比，如其距比，卽形影二面積比，如其距鏡

凸鏡光不
盡聚一處

平方之比，故物距鏡愈近，其影愈大，此無關鏡之大
 小，若二鏡面凸率不同，則折光有異，其形影遠近大
 小之比例亦不同矣。

問、光透凸鏡，不盡聚於一處，其何故也。

答、因光透凸鏡，其各光線之被折不等也。如圖，壬寅凸



鏡，光自甲乙二點射入，距軸不遠，其光線
 與凸面相交，幾成直角，而聚於庚，若光自
 癸辰二點射入，其光線與凸面相交愈斜，
 被折愈多，其透出二光線相交於戊，散至

令凸鏡成影真切

己辛凸鏡成影中間甚明而外邊模糊職是故也庚戌相距即為光差度若鏡為一面平一面凸光自平面射入其差度為鏡厚四倍半若光自凸面射入其差度只一倍有奇故用單面凸鏡令凸面向物差度較小至雙面凸鏡其差度則為鏡厚倍半有奇矣問凸鏡既生光差令成影真切其法若何

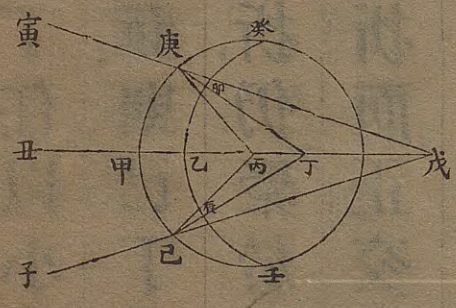
答製鏡凸面或如球皮形或如橢圓形或如雙曲線形皆可設法令光被折盡聚一處不生光差則成影真切惟橢圓雙曲線鏡難於琢磨故千里顯微鏡中所

令球皮鏡光聚一處

用凸鏡恒以球皮形者配合用之

問鏡為球皮令光被折盡聚一處其法若何

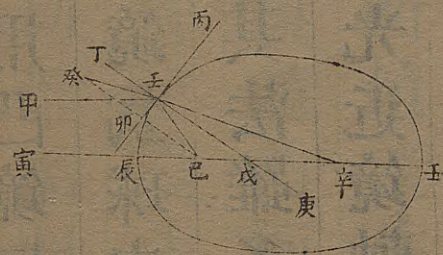
答其法雖多而最易者有二一鏡質極薄蔽其外邊令光近鏡軸射入則被折較少其影較真此法仍不能全無光差一鏡形為外凸內凹皆若球皮則光差可



令全無如圖己甲庚為鏡之凸面丙為其心設子寅二光由己庚射入若不被折二線相交於戊惟子己寅庚二光線既為斜交按折光定率必被折相交於

令橢圓鏡
光聚一處

丁任以小於丙甲之丁乙為半徑，作癸乙壬鏡之凹面，則己丁庚丁皆與之正交，光由辰卯透出，則不被折，仍聚於丁，故按此式造凸鏡，凡光斜照外面者，被折而正交內面，其光必盡聚於一處，而無光差矣。



問、鏡為橢圓弧，令光被折盡聚一處，其法若何？
答、令橢圓長徑與兩心距比，若來光線折光線與鏡面垂線所成二角正弦比，則光盡聚一處，如圖，辰壬為橢圓弧鏡面，辛己為其二心，設來光與長徑平行，

自甲照於壬，自壬作壬辛壬己二帶徑，及丙卯切線，正交丙卯，作丁庚癸己二線，又引長辛壬，遇癸己於

癸，準橢圓理，

丙壬辛角

而

卯壬癸角

壬卯癸，壬卯己，又皆為

卯壬己角

丙壬辛角

直角，則壬卯己壬卯癸二勾股左右之形同式相等，

卽一惟

壬癸 辰乙

故

壬己 辛癸

又丁庚與癸己平行，則辛壬戊與

辛癸己，二形必同式，故

辛癸 辛己 辛壬 辛戊

然

正弦 正弦 辛己癸辛壬戊 辛癸 辛己

而

正弦 寅己癸 辛己癸

又

甲壬丁角 寅己癸角

增訂格物八月
卷七
測算光學
十一

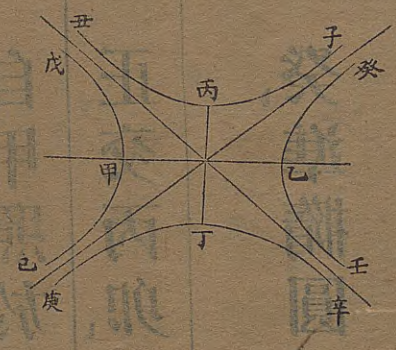
令雙曲線
鏡光聚一
處

故正弦、甲壬、辛壬、辛壬、辛壬、辛壬準此光自甲照壬必被折至辛若作橢圓弧

鏡光線無論照於何點必盡聚一處而無光差也

問鏡為雙曲線弧令光被折盡聚一處其法若何

答理與橢圓弧鏡相似如圖戊甲己癸
乙壬同式二曲線丑丙子庚丁辛同式
二曲線皆方向相反故名雙曲線此四
線中任取一線按其曲率造鏡亦能令

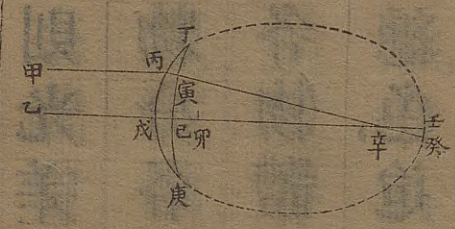


令橢圓鏡
透光又法

光線被折盡聚一處而無光差也

問橢圓凸鏡透光更有何法令無光差

答令凹面如球皮形光即盡聚一處而無光差如圖丁



丙戊庚為橢圓弧鏡外面隨外面畫成橢
圓卯辛為其二心丁寅己庚為平圓弧鏡
內面以辛為心設有甲丙光線被折至寅
與丁寅己庚平圓面正交不復再折必直

射至辛因光線無論自橢圓面上何點射入其被折
之光線皆與平圓面正交故皆直射至辛若按此式

物分各色之故

物隨厚薄變色

物隨厚薄變色

玻璃鑑驗色圈

造鏡光必盡聚一處而影現真切惟此式之鏡最難磨成故不易得其常用者仍用球皮形按前法製之

則光差度亦可消矣

鏡之內外曲率不同謂月牙鏡

問物分各色其故何也

答各物體質不同則返光有異始分各色因白為光之

總色迨照於各質其返光入目始見分為各色有返

答今色光者有返數色光者故視物不但見紅黃綠各

問色即一物亦能兼有數色化學中常以無色物攪和

生色也且各質亦有隨冷熱而變色者一物亦有隨

厚薄而變色者蓋色外而體內色變而體常也

問物隨厚薄變色何以見之

答水沫起泡沫常現五色小兒嬉戲以水和松香吹作泡

形令其上浮則外面眩成五采又雲母石白為薄片

呈現各色此皆物薄生色者也

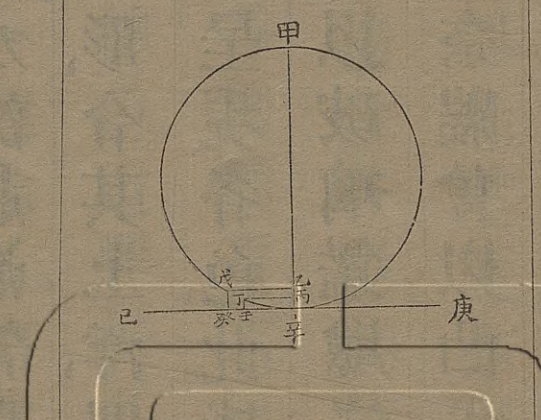
問以玻璃鑑驗之何如

答奈端曾以凸平二鑑驗之法以球形凸鑑壓平鑑上

則相接處即現各色之光層層圍繞壓之愈緊色圈

愈多居中相依處微黑各圈之色近則明遠則淡漸

至於白，奈端云，二鑑問之，所以現色，因中隔天氣一層，內外厚薄不等，所以逐層現出各色，量各圈之徑，



各自乘之，其比例如一三五七遞加，因知二鏡之間，其各層氣厚亦如是遞加也。如圖，甲戊辛為凸鑑，己庚為平鑑，相接於辛，辛癸辛壬為各色圈。

半徑，丙辛乙辛為各層氣厚，則

$$\frac{\text{甲乙}}{\text{乙辛}} = \frac{\text{甲丙}}{\text{丙辛}} \quad \text{即} \quad \frac{\text{甲乙}}{\text{乙辛}} = \frac{\text{甲丙}}{\text{丙辛}}$$

惟乙

辛丙辛較甲辛甚小，即可以甲辛代甲乙甲丙，其比

例為

$$\frac{\text{甲辛}}{\text{丙辛}} = \frac{\text{甲乙}}{\text{乙辛}} \quad \text{即} \quad \frac{\text{甲辛}}{\text{丙辛}} = \frac{\text{甲乙}}{\text{乙辛}}$$

按此，即可計各層天氣之厚薄，因算

得天氣之厚，若不及百萬分之一，不能返光，即不生色。天氣之厚，若過百萬分之七十二，則返全色而為白。其厚在二數之間者，擇色而返之，故現色不同。水與玻璃等物，其理皆同，因各物之質不同，其現色之數亦異，故極薄之物，按返光定率，即可由其色以辨。

其厚此返光之生色也。至透光之物，其相成之色，則與此相反。如凸鏡平面相倚處，對面視之，則白。各色圈之外邊，反見黑。返光物現各色圈之厚，為一三五七之奇數，透光物現各色之厚，為二四六八之偶數。

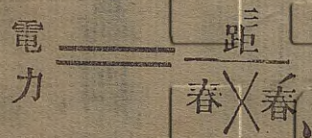
電力按遠
近增減

第五章測算電學

問、電力按遠近增減若何、

答、與力學之吸力、火學之熱氣相似、蓋電有吸驅二力、即陰陽二種、同則相驅、異則相吸、無論吸驅、其力按距自乘反比、設有二物、命此物所受之電為春、彼物

所受之電為春、則



若春為三、春為四、距為二、則

電聚物面
隨形分濃
淡

$$\frac{\text{電力}}{\text{電力}} = \frac{(二)^2}{三 \times 四} = \frac{四}{三}$$

若又距為四則

$$\frac{\text{電力}}{\text{電力}} = \frac{(四)^2}{三 \times 四} = \frac{四}{三}$$

此力三與彼力

四三比若彼距四自乘與此距二自乘比即力按遠

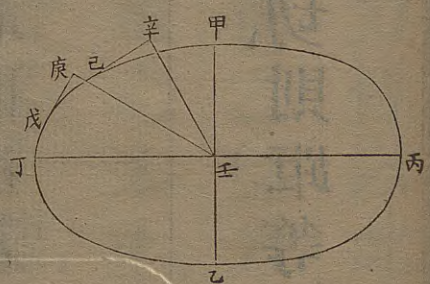
近增減若二距自乘反比

問電聚物面隨形而分濃淡若何

答電聚外面而不聚於內體可以方寸面積相比不但

問二物面積電有濃淡之別即一物面積電亦有濃淡

之殊物之長形者電歸兩端而濃物之扁形者電向



邊聚而濃物之橢圓形者近長徑之兩

端其電較濃近短徑之兩端其電較淡

如圖甲乙為短徑丙丁為長徑甲丁二

點濃淡之比如甲壬丁壬二半徑之比

欲任求戊己二點之濃淡作戊庚己辛二切線則戊

己二點濃淡之比如庚壬辛壬二割線之比物之尖

錐形者電歸尖端然尖端無處可儲若不隔以阻電

之物必從尖端而出物之球形者其面積之各點距

心相等故球若小其面積之電濃淡無殊以方寸面

積計之，則半徑球若大，如地其面積之冷熱不等，則

不從此理，按球面之全電，等於面積乘濃，而力自球

心而出，若計球之全電力，則距設一點與球面相

切，則距等於半徑，相消得濃球面以外，無論吸驅，其

力皆以此式計之，力 = 四 × 周率 × 濃 × 半徑 × 面積

測電儲力之法

問，電之儲力，何以測之，力 = 四 × 周率 × 濃 × 半徑 × 面積

答，電之未生，如水在海，面平不流，電之既生，如水在山，

勢必下趨，水蓄愈高，其力愈大，電儲愈濃，其力亦愈

大，所測儲力，非電之本力，係測其二電之較，或測所

儲電力，與地球電力之較，或測所儲電力，與他物電

力之較，如水學以蓄水論儲力，視水深淺為度，若問

門內外皆有水，則以內外深淺之較為度，又如力學以物墜論儲力，以應墜路為度，若有大小二物，以索

過滑車而繫之。則升降之速。視其輕重之較為度。若以三角形度其儲力。則如圖。甲乙為物之全電。乙丙為電之儲力。其力係由漸而得。力之漸增。如子丑寅卯。諸線漸長。諸線之和。等於三角全面。即等



於所用全力。故

$$\text{工力} = \frac{\text{甲乙} \times \text{乙丙}}{2}$$

此工力。非運機

既離復合。其生力與此相反。設二處之電無阻。力大

三
測電儲力

有三

者必向力小者而流。俟平則止。故電之或流或靜。皆視其儲力之較。

問。測電之儲力。以何為則。

答。按儲力與電流正比。與阻力反比。若電線阻力為一

歐穆。每秒電流為一安培。其兩端儲力較。名為福爾。

計算儲力。即以此為則。

問。驗電之儲力。其法有三。何也。

答。以探電近之。視金片離合若何。一也。以測電機度之。

其儲力較雖極微。亦可辨而得之。二也。平面二物。相

驗電儲力
有三

測流電大

距甚近其儲力較大可以天平權其吸力三也

問測流電大旨其要有三何也

答電必有儲力始能流動一也物雖引電皆有阻力可

計二也電流之力與儲力正比與阻力反比三也命

儲力為未阻力為午電流之力為申則

$$\begin{matrix} \text{申} & = & \frac{\text{午未申未}}{\text{午} \times \text{申}} \\ \text{午} & = & \\ \text{未} & = & \end{matrix}$$

是為

公式

問測電流之力可以三法度之何也

答電既無重可權無形可見必以其功效而測之或度

測電流有三法

測電流以分化為本

其所生之熱或度其吸驅之力或度其分化之功三

者任取其一無不可測要以分化為本

問測電流之力每以分化為本何也

答非電流不能分化各質其質之分化多寡與電流之

力正比故求極微之電流以此為則設電流分化硝

銀則純銀凝結而硝氣散出計每秒凝結一克蘭之

○○一一八一五以此測極微電流名為安培

按法

權一斤即中國二斤克

若分化磺銅水每秒凝結一

克蘭之○○○三二九五九分化磺白鉛每秒凝結

以電表測通電

一克蘭之。〇〇〇三三九二。分化磺强水。每秒分化一克蘭之。〇〇〇九三二六。

問、物之通電有殊。何以測之。

答、通電既與阻電相反。即可以電表測電流之多寡。而

比其阻力之大小。以電流因阻而減。一安培為則。設

有一水銀柱。長一法尺。其截面為法尺千分之一。自

乘。得百萬分之一面積。電流經過。必減少一安培。以

此水銀阻力。名為歐穆。即用為測阻力之本。按阻力

與線長正比。與截面反比。通電則與線長反比。與截

面正比。

問、一球容電。以何為度。

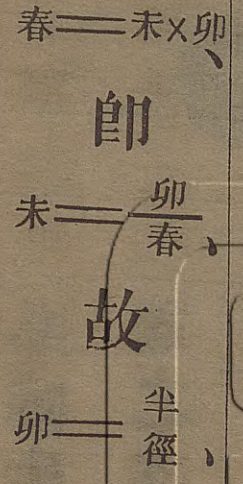
答、以半徑為度。因移電一分。其儲力公式為

電為春。則

物為球形。則力由心出。而

即

按



即

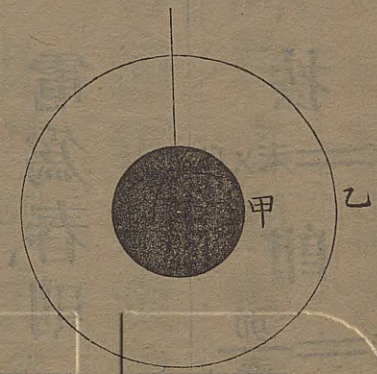
故

問、大小二球相容。其感電與容電若何。

二球感電容電

一球容電

答、如圖、乙為空球、甲為實球、若甲球受陽電、乙球內面



必感生陰電、而外面復感生陽電、其全電之多寡、各與甲球相等、若乙球外再增若干空球、其逐層相感、各內生陰電、外生陽電、各面之電、仍與甲球相等、至

二球容電之量、則按二半徑之較反比、準上式、惟

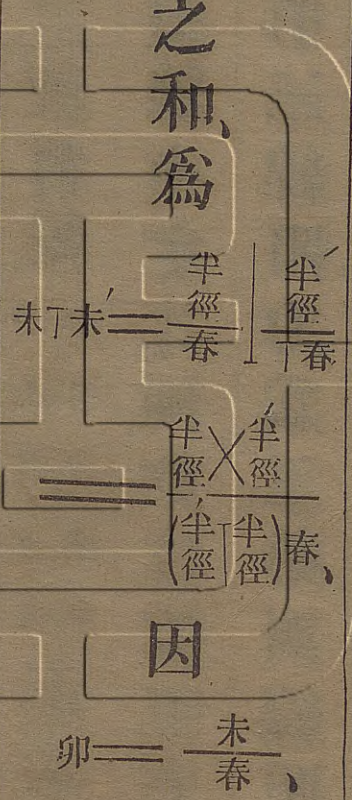
物為球形、則故此內球儲力之式、設外

$$\begin{aligned} \text{卯} &= \frac{\text{半徑}}{\text{未}} \\ \text{春} &= \frac{\text{未}}{\text{半徑}} \\ \text{未} &= \frac{\text{半徑}}{\text{春}} \end{aligned}$$

球儲力為未、其內面之

$\frac{\text{半徑}}{\text{未}} = \text{春}$ 此設內球所受為陽電、若受陰電、則此春為正、上式之春為負

二儲力之和、為因故全容之量為



由此式觀之、二半徑之較愈小、二球

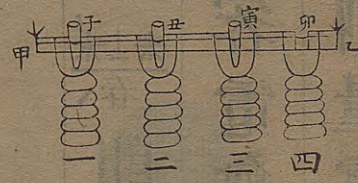
容電愈多、故二球互感、其容電按二半徑之較反比、

問、測量電線之阻力、其捷法若何、

答、有器名阻力衡、其阻力可以任意增減、以之聯入電

測電阻力捷法

答路、則電氣經過、即知所勝之阻力為若干、如圖、甲乙



木板上釘銅條於子丑寅卯四處、截斷板上作孔、貫以銅塞、板下各繫盤旋銅線、上與銅條相接、銅塞入、則電由銅條而通、不經盤線、因銅條截面大銅塞出、則電由盤線

而通、四盤線有定比例、如首線阻力為一、第二線阻力為二、第三線阻力為三、第四線阻力為四、設銅塞皆入、則無阻可計、銅塞皆出、則電由四盤線而通、其阻力為四盤線之和、若任去一塞、則阻力可即此度

量、此阻力衡之理也、

問、何為電稱、

答、英國惠子敦所創、又名電橋、用以測量二電流儲力

之較、法以阻力衡二具與二電路相聯、式如曲桿之二臂、相接之處、置以電表、視表鍼指度、即知二電儲力之較、

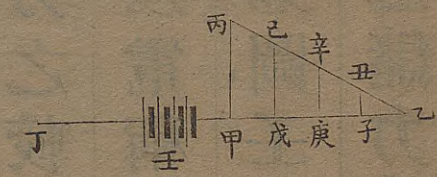
問、以電稱測儲力較、有定比例、其理若何、

答、如圖、壬為電池、丁乙為電路、兩端入地、則丁乙二點之儲力較為○、設甲點儲力為甲丙、作丙乙聯線、則

電稱

力電稱測儲較

二電路之儲力

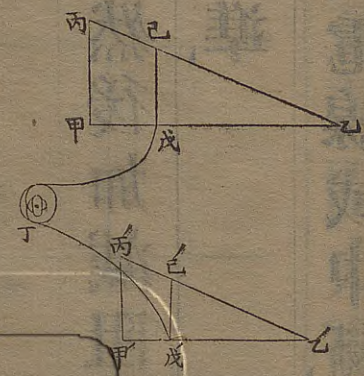


戊點儲力為戊己，庚點儲力為庚辛，子點儲力為子丑，以乙為原點，任一點之距為橫線，其縱線即為本點之儲力，故測量有定比例。

問、此理用於二電路何如。

答、如圖、甲乙甲乙為一電路、戊己為戊點儲力、甲乙線上取戊點、令甲戊與戊乙、若甲戊與戊乙、作戊己、為戊點儲力、設甲乙等於甲乙、則戊己必等於戊己、丁為電表、以戊丁戊線相聯、戊戊儲力既等、則表鍼不

電稱之理



動、若以線之一端、左右移動、則儲力不等、電氣流行、即表鍼動轉、設移戊近乙、戊己儲力小、電必由戊向戊流、行、移戊近甲、戊己儲力大、電必由戊向戊流行、其比例仍與乙戊相距之橫線正比同。

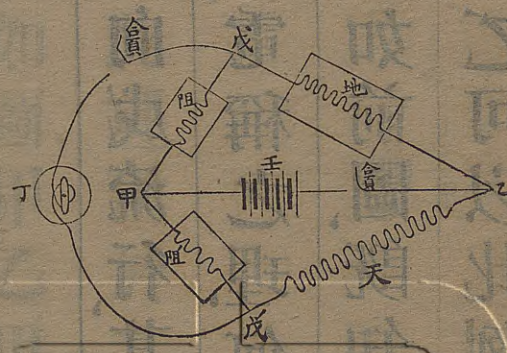
問、電稱之理、何以明之。

電稱之理

答、如前圖、既知甲戊戊乙及二阻力、若再知甲戊、則戊乙可以比例求得、設不知戊點所在、乃移戊丁戊線之戊端、至電不流行、即得戊點、因可得戊乙矣、如圖。

壬為電池，丁為電表，甲戊為電稱之二臂，阻阻

為二阻力衡，若知戊乙電線之阻力，即可按前比例，得戊乙，因阻比阻，若地阻比天阻，既得天阻，因可得天線矣。又設兩合頁，以隨意通塞電路，蓋電路通，可藉電表，辨電氣流行方向，

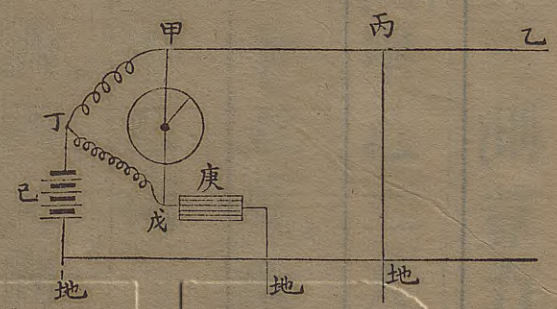


然後加減阻力，衡之盤線，令表鍼恰指空度，比例始進。

問，電線或中斷，或洩氣，其相距之遠近，何以測之。

答，量其阻力而測之。如圖，己為電堆，電線通於甲乙二

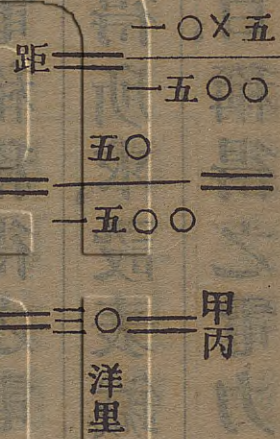
城，設丙處線斷，電氣入地，其量阻力之法，於庚處設阻力衡，於戊處設電表，於丁處設雙臂電稱，先視電表，表鍼旁指若干度，乃以阻力衡或增其阻力，或減其阻力，令表鍼恰指〇度，以所增減之阻力為實，以電稱稱得之電力，與電線阻力率相乘為



法除之，即得所求。設表鍼指〇度時，阻力衡之阻力為一千五百，稱得之電力為十，電線每洋里阻力率

測電線遠近

爲五求得



欲一千五百里

欲一千五百里

欲一千五百里

欲一千五百里

欲一千五百里

欲一千五百里

欲一千五百里

欲一千五百里

欲一千五百里

附題

測算力學

問、甲乙二人同用力於一物、各用力百斤、方向相差四十五度、求合力若干、

問、甲乙丙三人同用力於一物、甲力向西北、乙力向正西、丙力向正北、求三力功效比一力若何、

問、馬於平地拉車、能拽千斤、若自平地上坡、坡高四十五度、求費力若干、

問、人在地面、身重百斤、若能升高四千洋里、求身重若

干。

問、其人若能入地二千洋里、與四千洋里、求身重各若干。

問、有力士在平地、能負重五百斤、若在六洋里高之山頂、求能負重若干。

問、有人自崇巖墜石、歷時十五秒聞聲、求巖高若干。

問、有甲乙丙三桿相連、甲桿兩臂、如一與三比、乙桿兩臂、如二與五比、丙桿兩臂、如三與七比、求增力倍數。

力倍數

問、輪軸三具、軸輻輪輻如一與五比、輪柄與輪輻相等、求增力倍數。

問、以定滑車一具、動滑車三具、各有索繫於上起重、求增力倍數。

問、前題之動滑車、各有索繫於下、即繫於上求增力倍數。

問、斜面長三丈、高五尺、拽物上行、較直提增力倍數。

問、螺絲圓徑四寸、螺紋相距半寸、柄長二尺、求增力倍數。

問、尖劈長一尺、厚二寸、求增力倍數、

測算水學

問、洞庭湖長一百二十洋里、求湖之兩端與地平相距若干尺、

問、欲開挖新河、長三十里、一 三華里為一洋里此端距彼端地平

六十六洋尺又三分尺之二、而水不流、其故何也、

問、欲開挖新河、長三百六十里、此端正在地平、求彼端

應低低若干即距地平若干、水始能流、

問、有船被難、一人乘板浮水、遠望天邊、僅見他船桅頂、

桅頂距水面二百五十洋尺、求人船相距若干洋里、

問、有水手登前船桅頂、遠望天邊、僅見他船桅頂、設二

桅高低相等、求二船相距若干、

問、日本有火山、自海面望之、雖距一百三十洋里、仍見

山頂、求山高若干、

問、前火山、自前船桅頂望之、求相距若干、

問、山水蓄深七百尺、自下放出、求每方寸之力若干、

問、河深十尺、隄底寬二尺、始能抵壓力、若水深九十六

尺、求隄底應寬若干、

問、尺水重五十八斤、有鯨魚被漁人叉攪、牽繩下至海底而復上、量繩長八海二千尺、求鯨魚面積每方尺受過力若干、

問、設鯨魚面積等於長百尺徑二十尺之圓筒、求共受壓力若干、

問、水中有一點、上下之水相等、四面之水亦相等、試言其點為何點、

問、器如球形、盛滿清水、求水之重心、

問、有方木、邊四尺、質較水輕四分之一、此木浮水、求其

出水入水各若干、

問、有器盛水平滿、以石入之、稱其所溢出之水、重二百三十二斤、求石積若干、

問、前題以鐵易之、求鐵積與重各若干、

問、有石積一尺、木積六尺、二者相附入水、而木出水五分之一、求石之重率若干、
木較水輕四分之

問、開門水深六十四尺、門穿三孔、一距水面九尺、一距水面四十九尺、一距水面六十四尺、求三孔流水多寡比例、

問、前題若無風氣阻礙、中上二孔之水、旁躍若干遠、

測算氣學

問、水銀較水重十三倍又十分之六、設以水作風雨表、求管須若干長、

問、某人全身面積十八方尺、求所受壓力若干、

問、前題之人、入水六十四尺、求身上所受全壓力、

問、以輕氣作氣球、球徑二丈、空中上浮、求勝重若干、
輕氣

重為天氣重
十四分之一

問、前題球徑三丈、盛以煤氣、求勝重若干、
煤氣重為天氣重十分之一

九

問、以管吸水、其活塞五方寸、求能吸水全重若干、

問、前題改為提水管、能提三丈二尺之水、求提力若干、

問、水龍活塞、每方寸下壓十八斤、若無天氣阻礙、求水

上躍若干、

問、汽筒活塞、圓徑三尺、若汽放空中、而不入箱化水、求

費力若干、

問、近來有火山出火、聲聞三千里之遙、求歷時若干、

測算光學

問、水星距日、為地距日百分之三十七、金星距日、為地

距日百分之六十六、求二星所受日光濃淡、較地上

所受日光濃淡比例、

問、地上放礮、求須歷若干時、月中始見礮光、

問、凹鑑為球面積四分之一、球徑三尺、聚光處方寸面

積、求光熱所增倍數、

問、光透凸鏡被折、交角比原視角大三倍、求以此鏡視

物放大若干倍、

測算電學

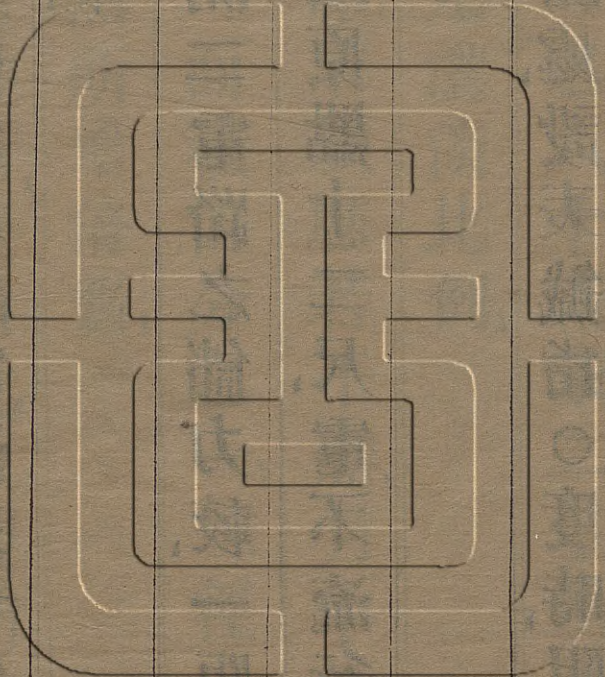
問、以電分化硝酸銀、設電流十安培、求每分時凝結純銀若干、

問、以電分化礮銅水、設電流三十安培、求每秒時凝結純銅若干、

問、以電稱測二電路之儲力較、一距原點八尺、共儲力為十、一距原點十二尺、電不流行、求二電路之儲力較若干、

問、測電路斷處、設表鍼指○度時、阻力衡之阻力二十八百、稱得電力為八、電線每洋里阻力率為五、求斷

處相距若干里



增訂格物入門卷七終

