

格物入門

力學

五

叔 1

1612

5



二奴1
1612
5

第五卷力學目錄

上章論力推原

論物之行止

動之力

漸動漸靜

力熱互易

動有三阻

物力有三

物之軟硬

論地球吸力

此

備

行之速

力可變通

被載借力

物不分於動靜

無自行之器

物之漲縮

物之輕重

物之升降

詒

合

二物相吸

吸力通例

物之輕重按地心遠近

始論吸力

月被地吸繞地而行

地被月吸致有潮汎

論潮汎

向背皆潮

日亦成潮

潮分大小

大潮之故

小潮之故

潮汎疾徐

潮汎高低

月不失位之故

論離中吡中之力

地不失位之故

地形如匾球之故

論重心

重心偏則不穩

測重心之法

動物三綱

推論第一綱

推論第二綱

推論第三綱

論物相觸

測砲子之疾徐

斜觸觸回二角均勻

有無躍力相觸有殊

闡明躍力

有躍力者相觸之理

論力之分合

二力合一

星宿運行之故

一力分二

藉風航海之理

二力一用

論物之墜地

因輕重有疾徐

漸快之故

下墜之理

比疾徐之法

墜物架

其疾徐之通例

擲物上行之理

遞減之差

平擲落下

測砲子遠近高低

苗頭高低

砲子被天氣所阻

他物亦有所阻

雖行甚疾仍有限制

極速則費大而危甚

火藥數種

力由化氣

槍式宜省藥力

下章論助力器具

力具分類

論槓桿

槓桿三種

計力通例

靠頭在中

重物在中

用力在中

稱秤之理

自來槓桿

數具相連

省力需時

論輪軸

與槓桿同理

計力通例

數具相連

論滑車

滑車二種

計力通例

數具相連

以滑車升高

鶴頸稱

論斜面

釋其用明其理

省力需時

論尖劈

釋其用明其理

計力通例

省力需時以時兌力

論螺絲

計力通例

力具合用

六種歸二

不以輪通力

鐘表動無快慢是以紀時

其力有二

鐘擺之理

起落高低均勻

其道長短時刻無殊

鐘擺之用

鐘錘之用

隨長短有疾徐

隨高低有疾徐

無擺無錘之鐘表

本力有三

死物吸驅之力

生物自具之力

於血驗之

於筋驗之

力在善用

器能助力不能生力

力能預儲以待用時

於水驗之

於地之吸力驗之

於物之張力驗之

計力之法

計力通例

於車馬驗之

計力之用

摩措阻礙

摩阻有益

材力不同

物形與力相涉

空管之式致能勝力

於物驗之

外直繩之

外直繩之

無異其驗之

主味自具之

測其效存於

木之存三

驗其效存於

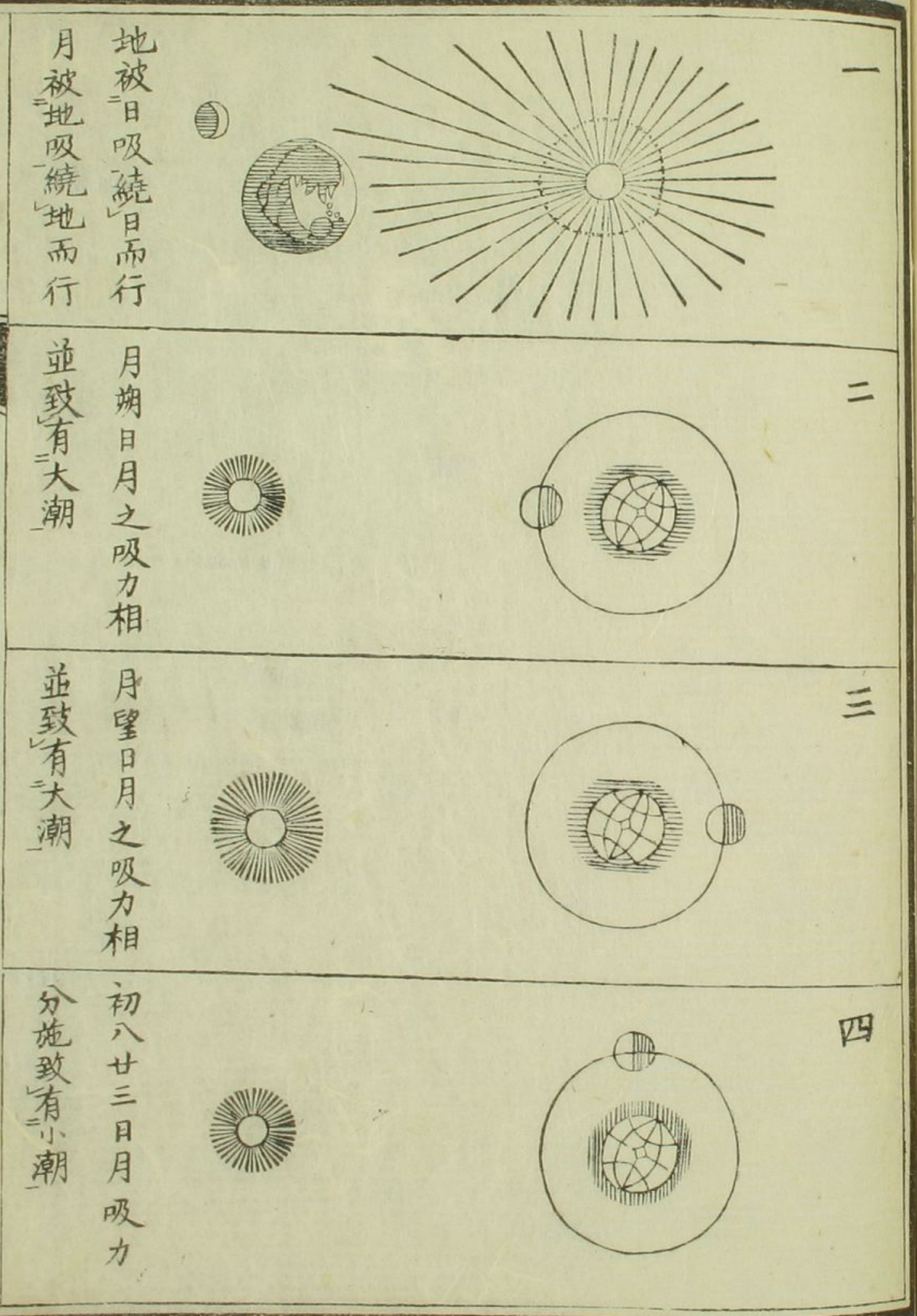
測高為存於

驗其效存於

驗其效存於

驗其效存於

其效其效其效



地被日吸繞日而行
月被地吸繞地而行

月朔日月之吸力相
並致有大潮

月望日月之吸力相
並致有大潮

初八廿三日月吸力
分施致有小潮

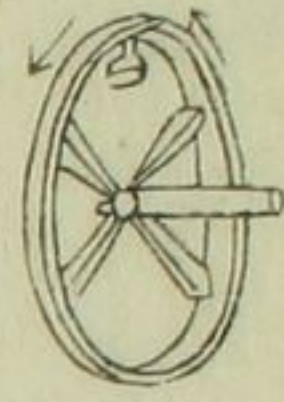
各物入月

力學上章

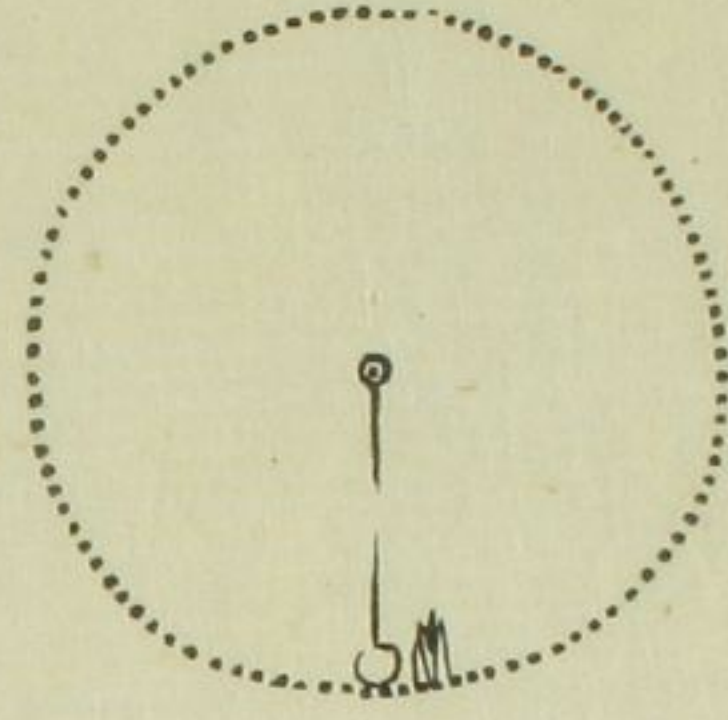
論力推原

一

五 盆水隨輪而轉蓋離中之力與吸力相抵也

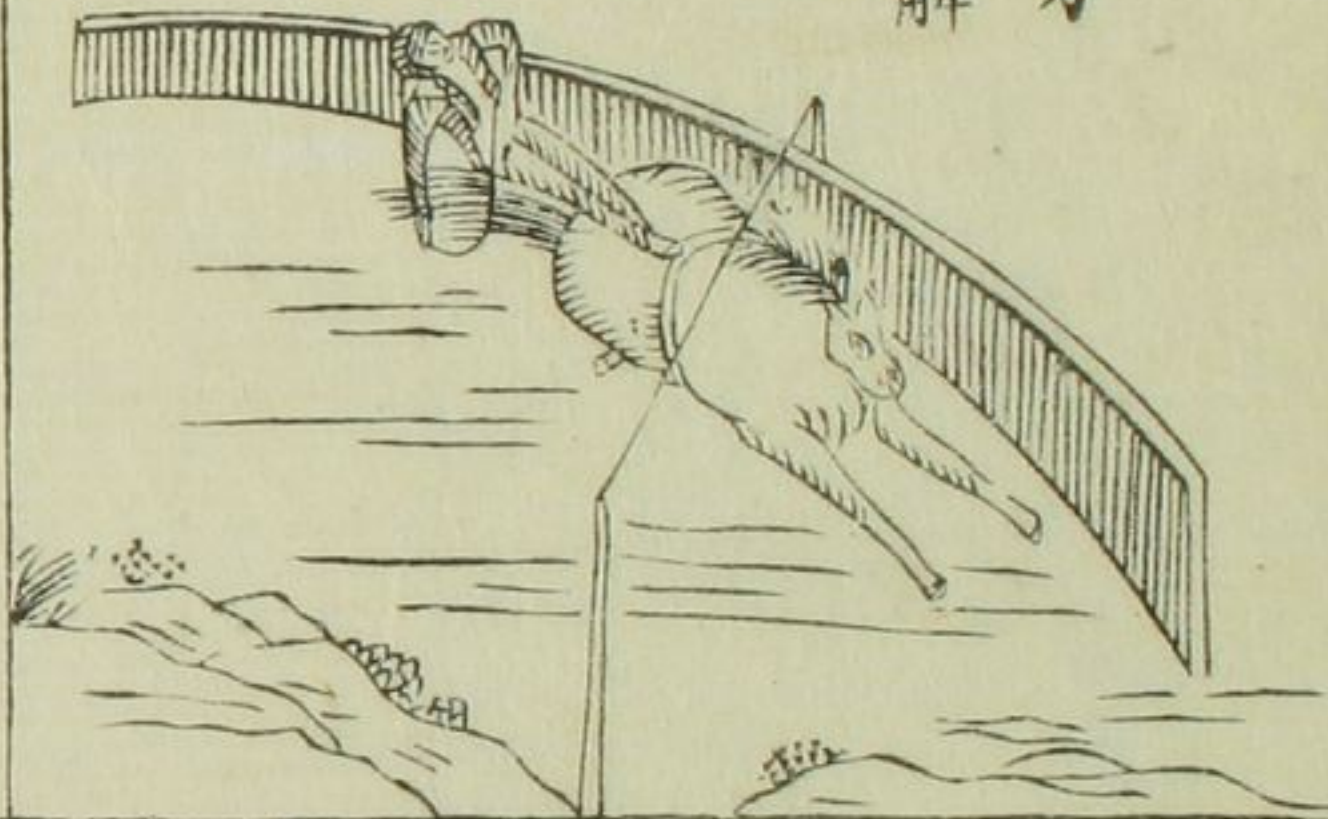


六

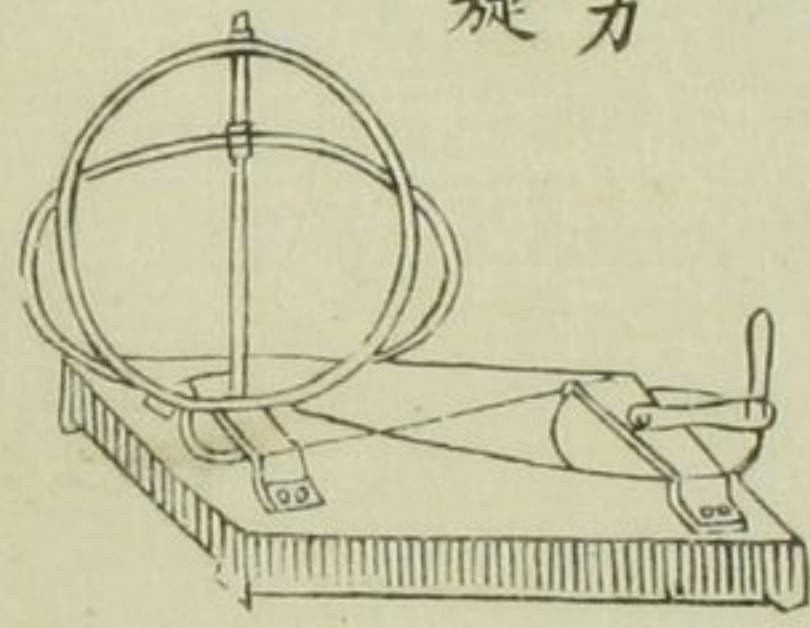


離毗二力均勻圖

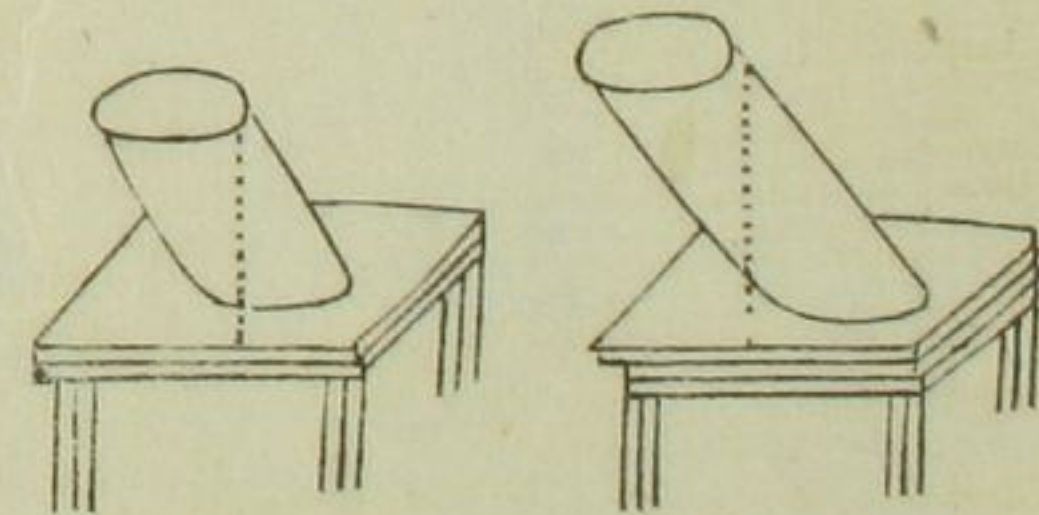
七 離毗二力均勻馬解可驗



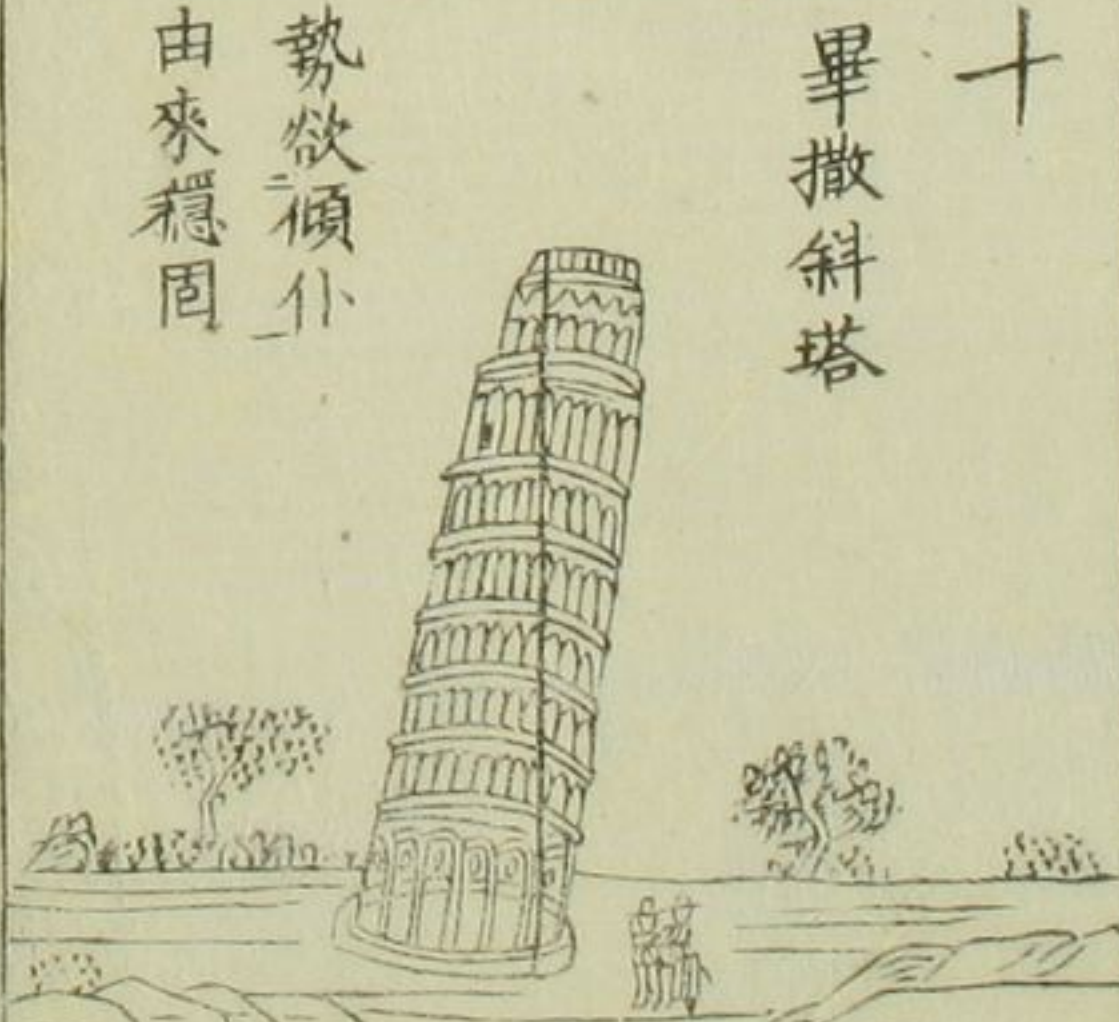
八 離中之力於活圈旋轉可驗



九 重心於底內則立底外則仆

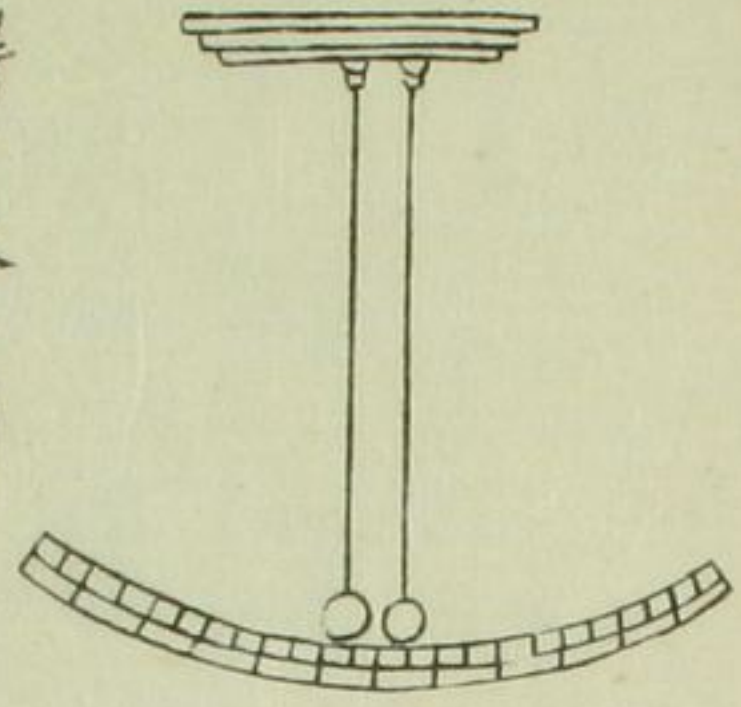


十 畢撒斜塔



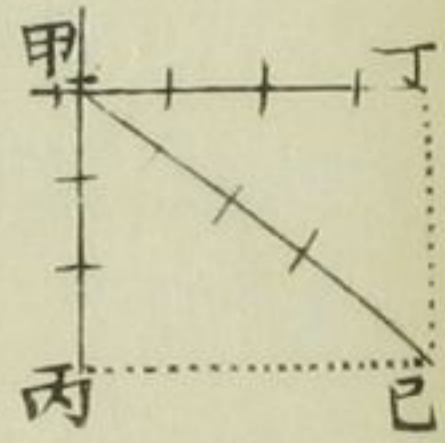
勢欲傾仆由來穩固

十一

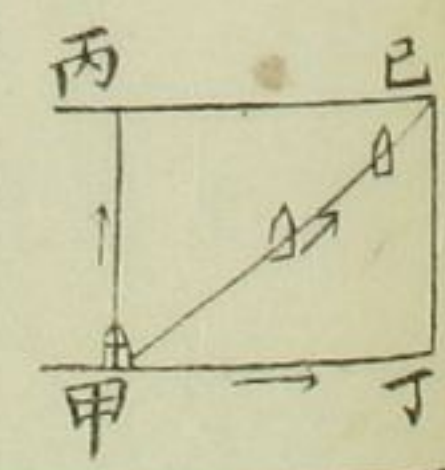


得力失力圖

十二 分力合力圖

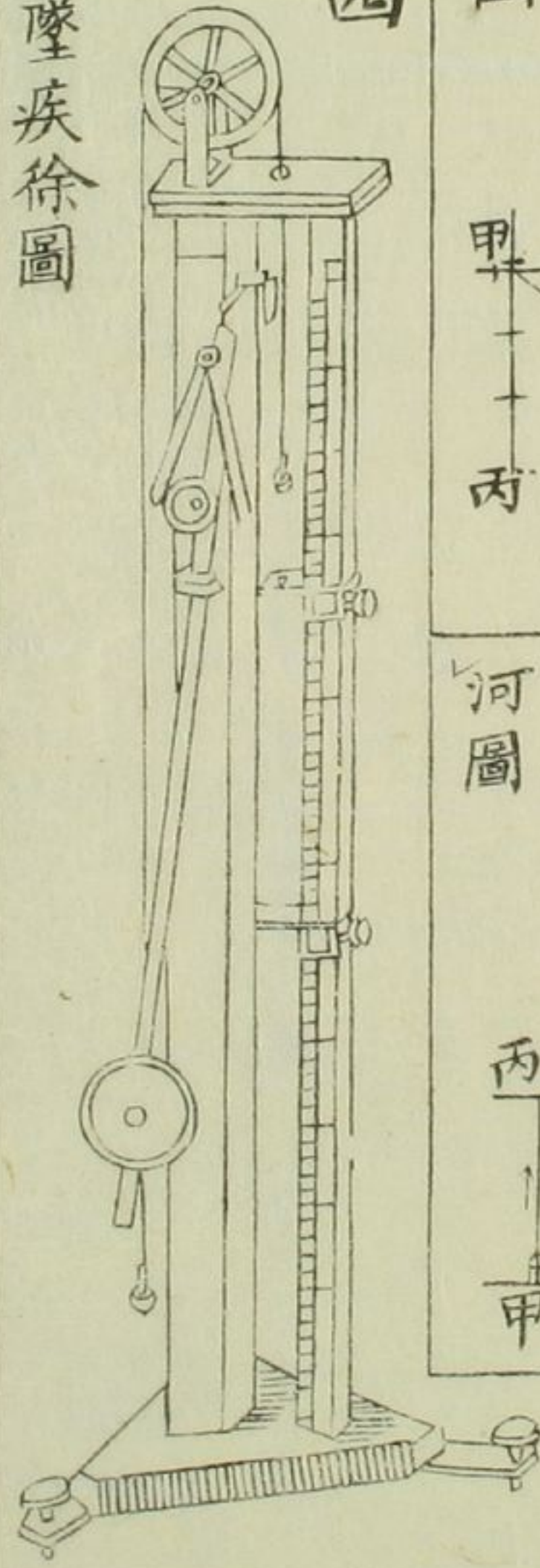


十三 渡船過河圖

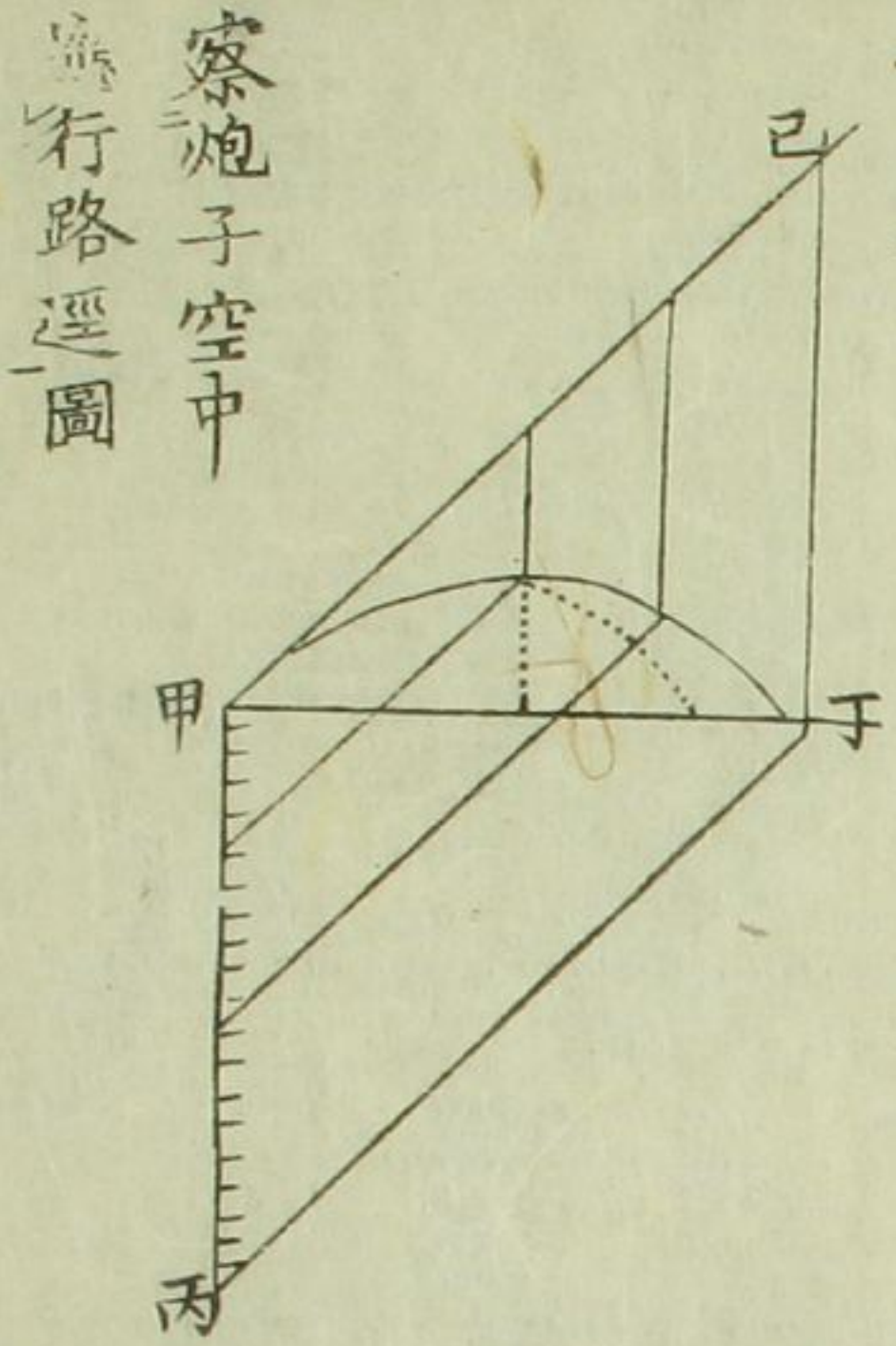


十四

物墜疾徐圖



十五



察炮子空中飛行路徑圖

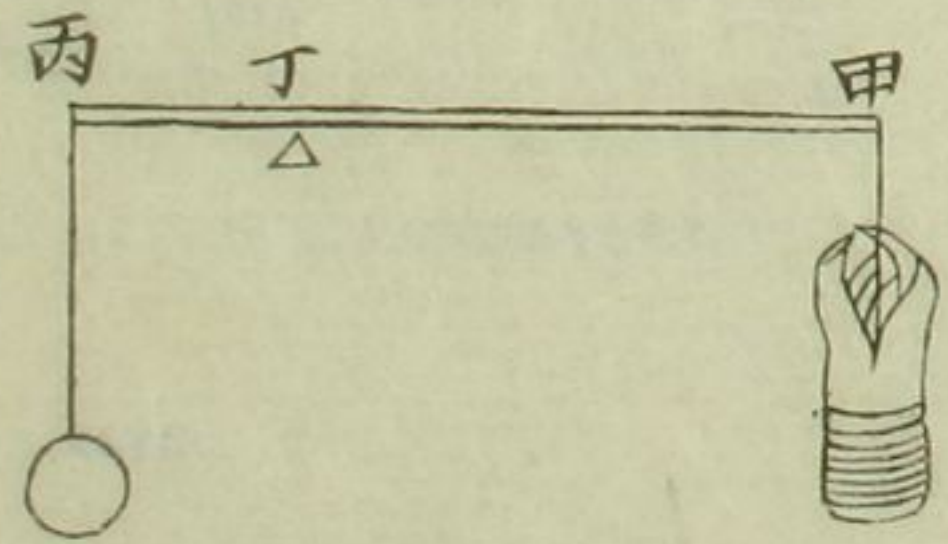
十六

炸炮轟城圖



十七 槓桿

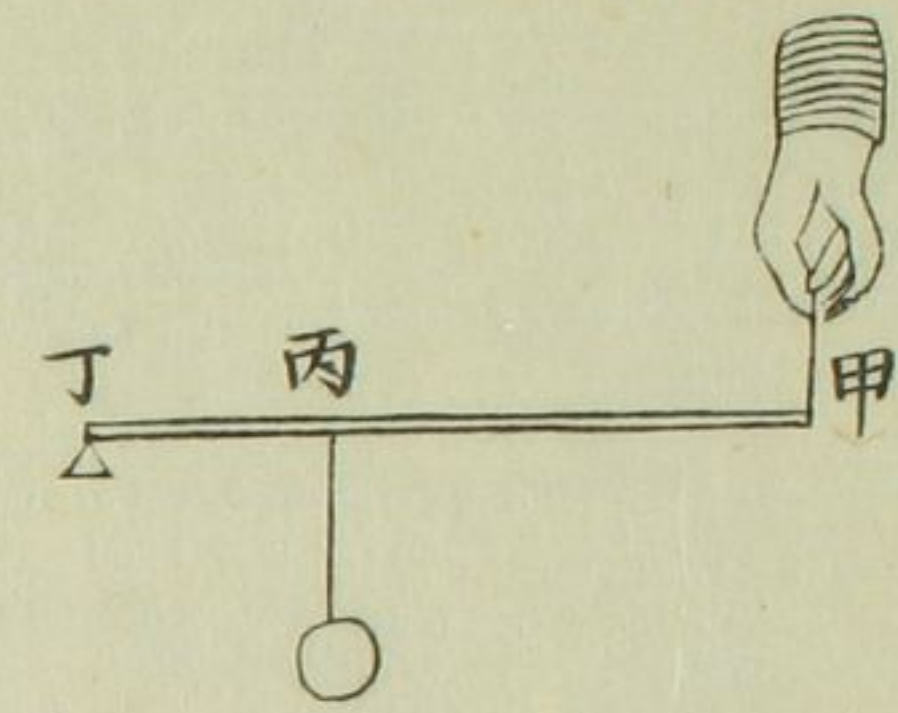
靠頭在中圖



六

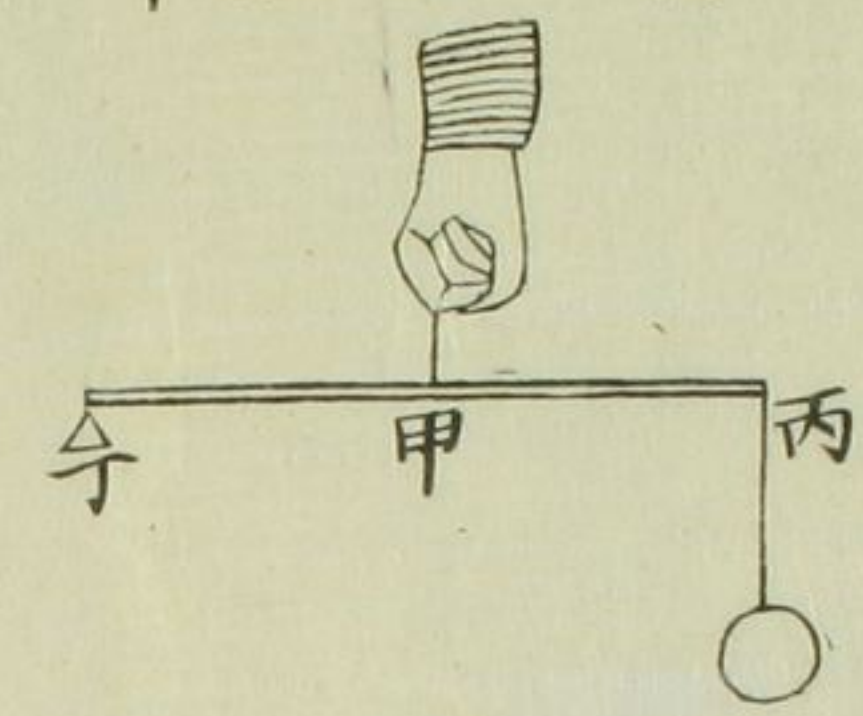
槓桿

圖在中重物



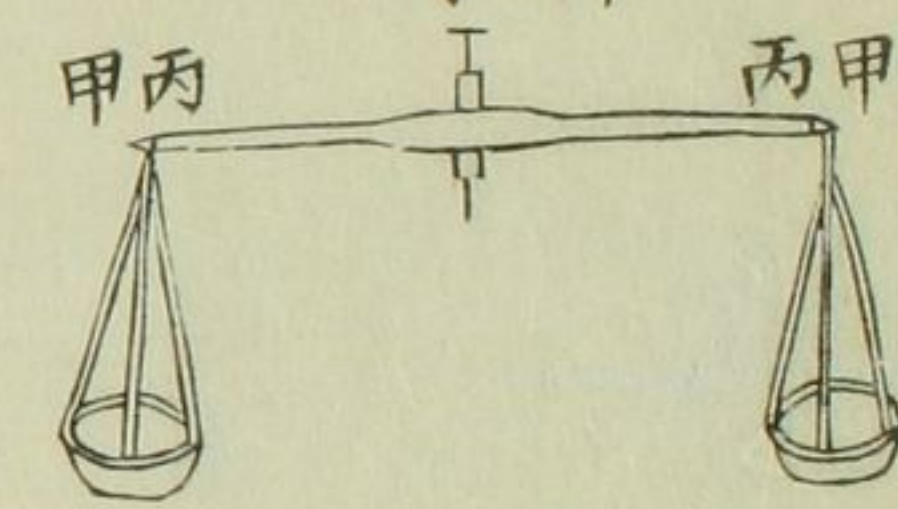
十九 槓桿

圖在中用力

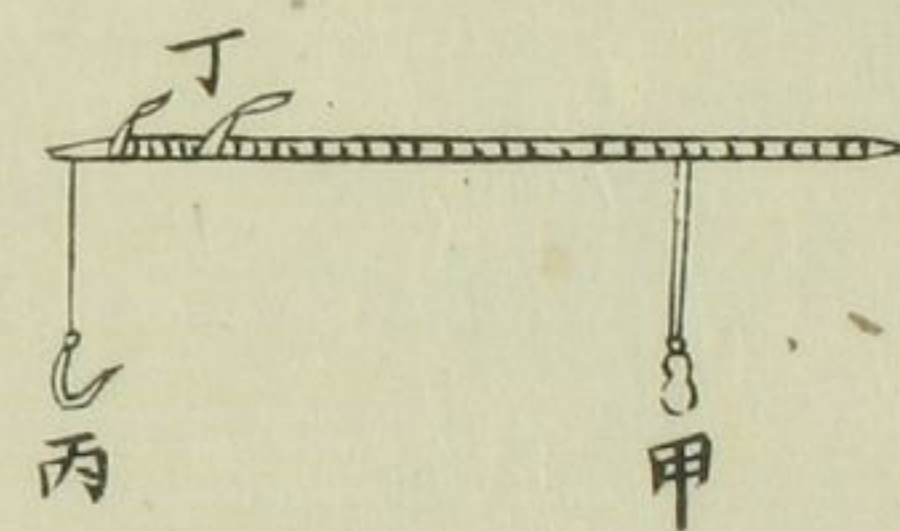


二十

天枰

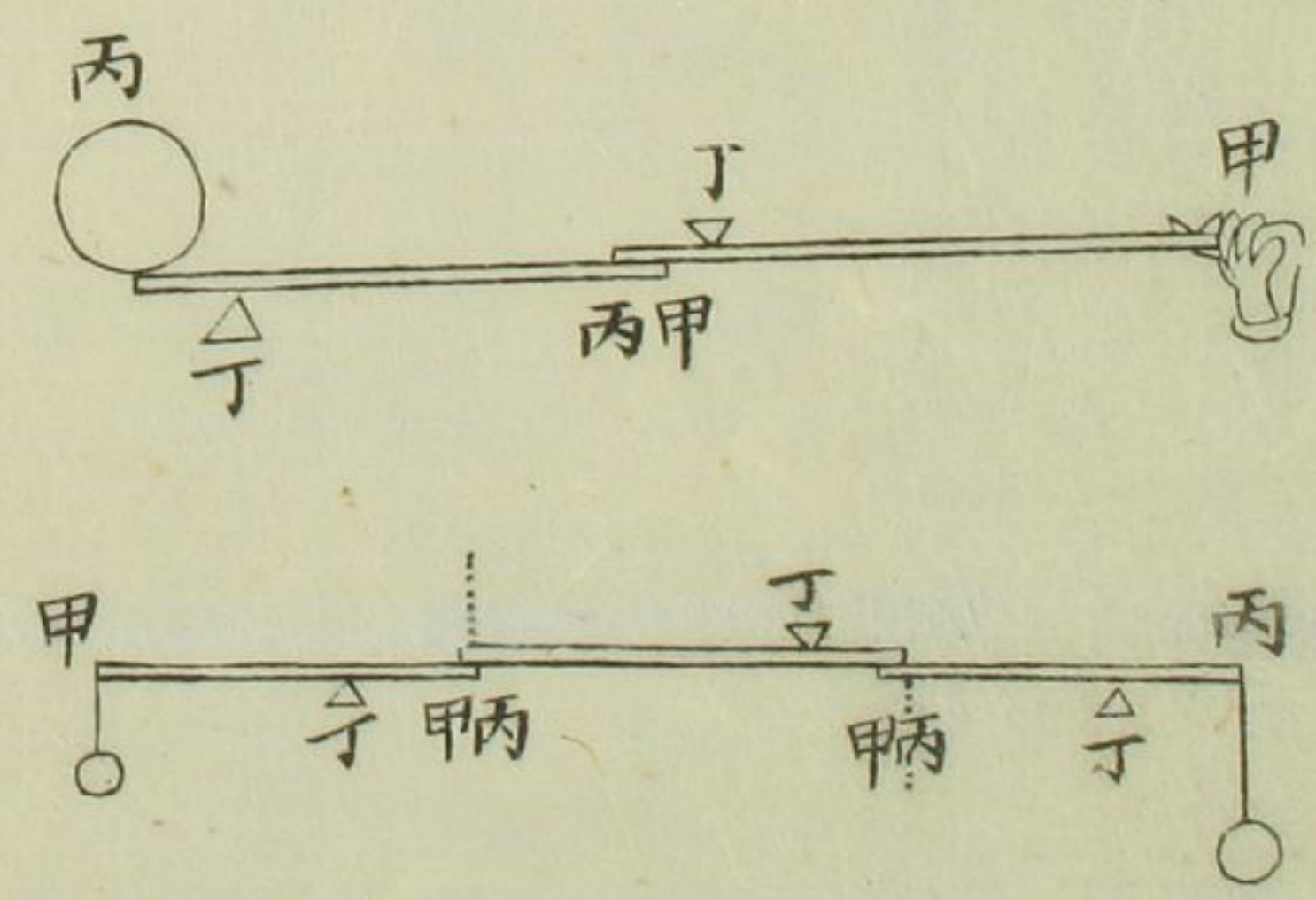


稱



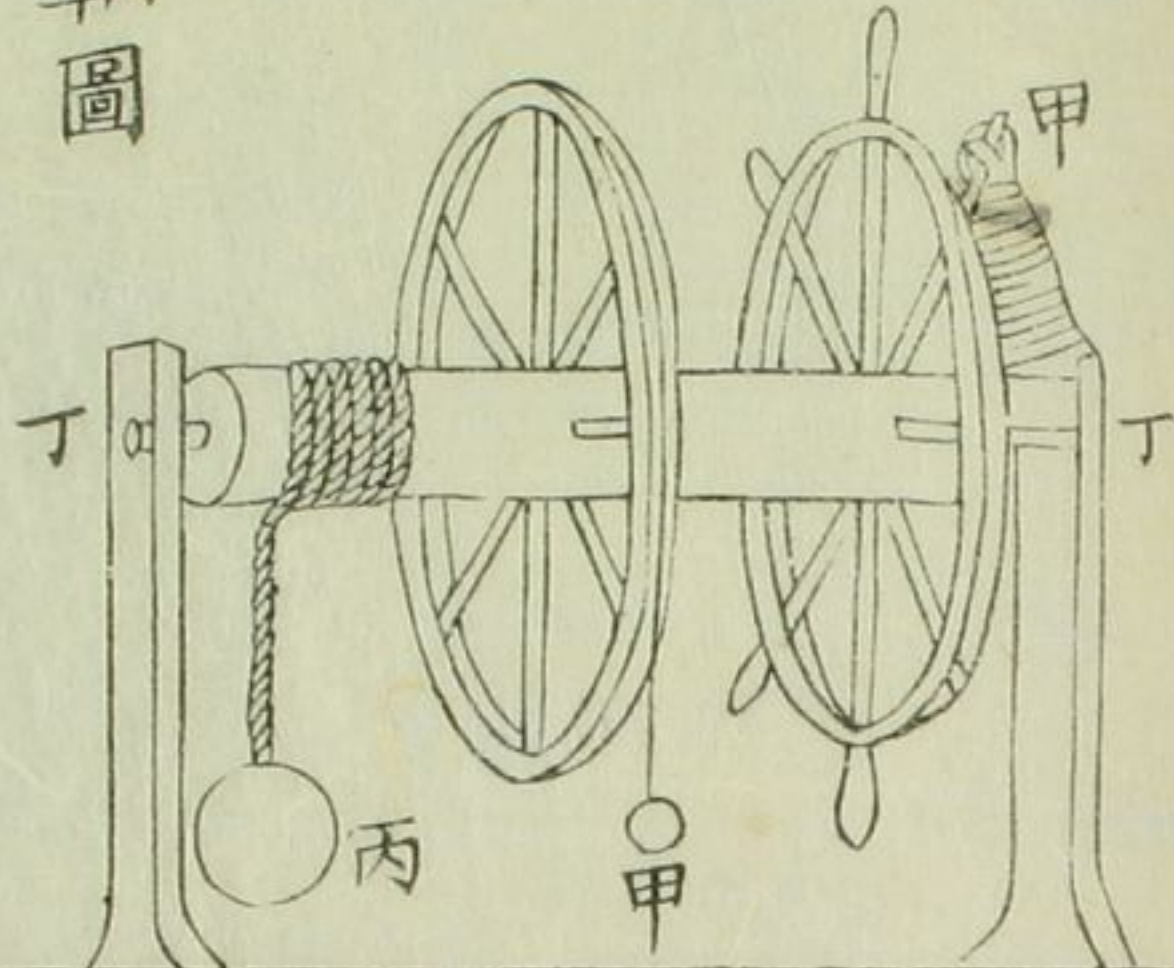
二十一

數槓相連圖



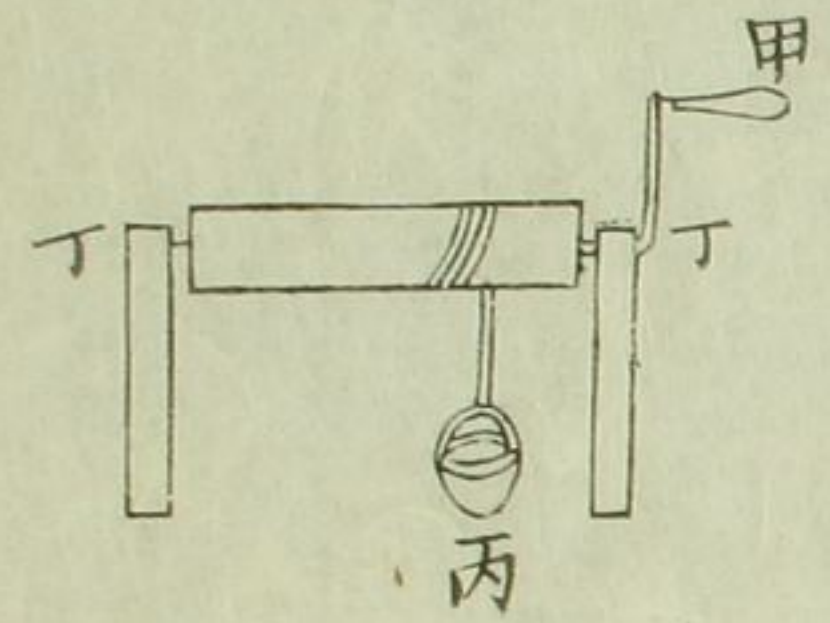
廿二

輪軸圖



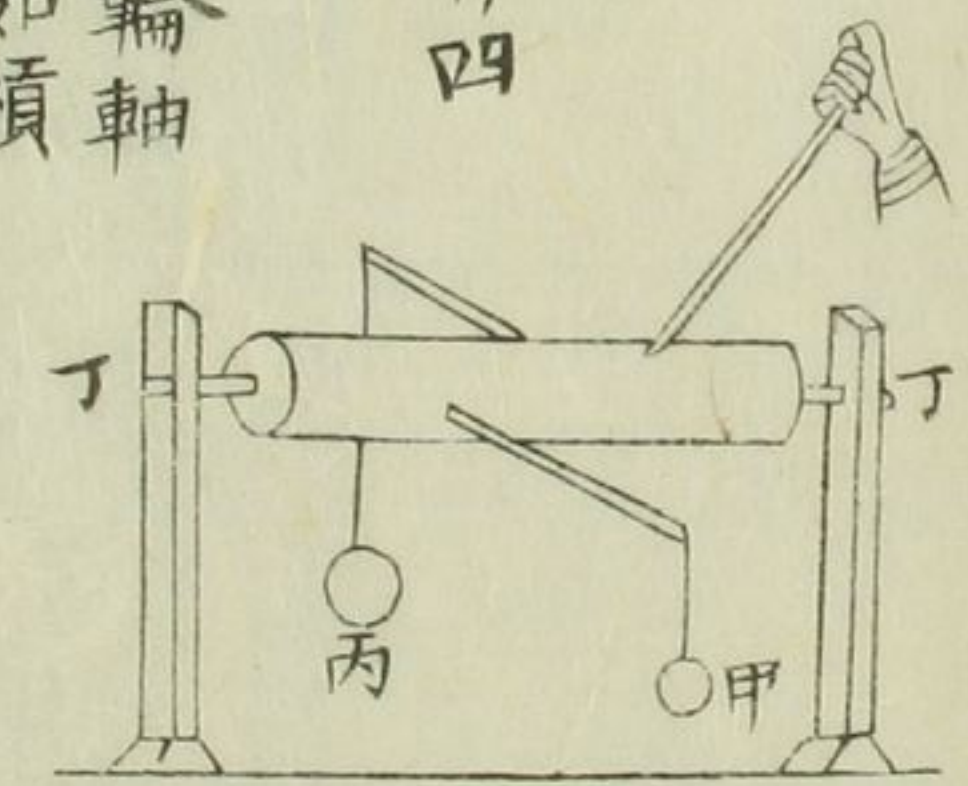
廿三

輪軸柄如圖



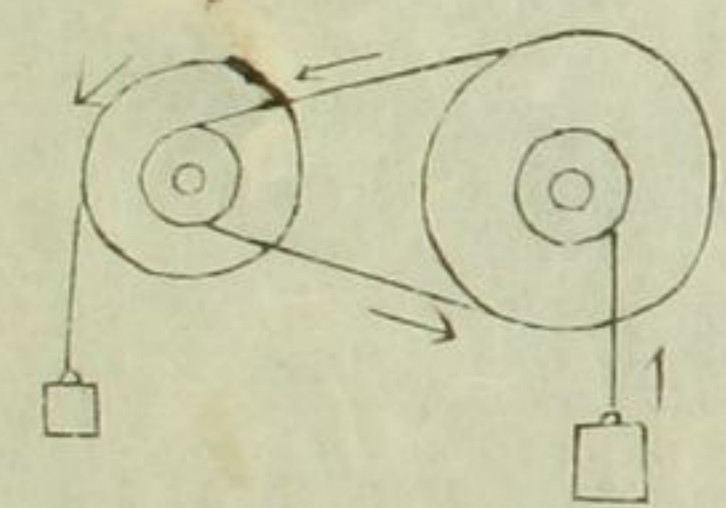
廿四

槓如輪軸



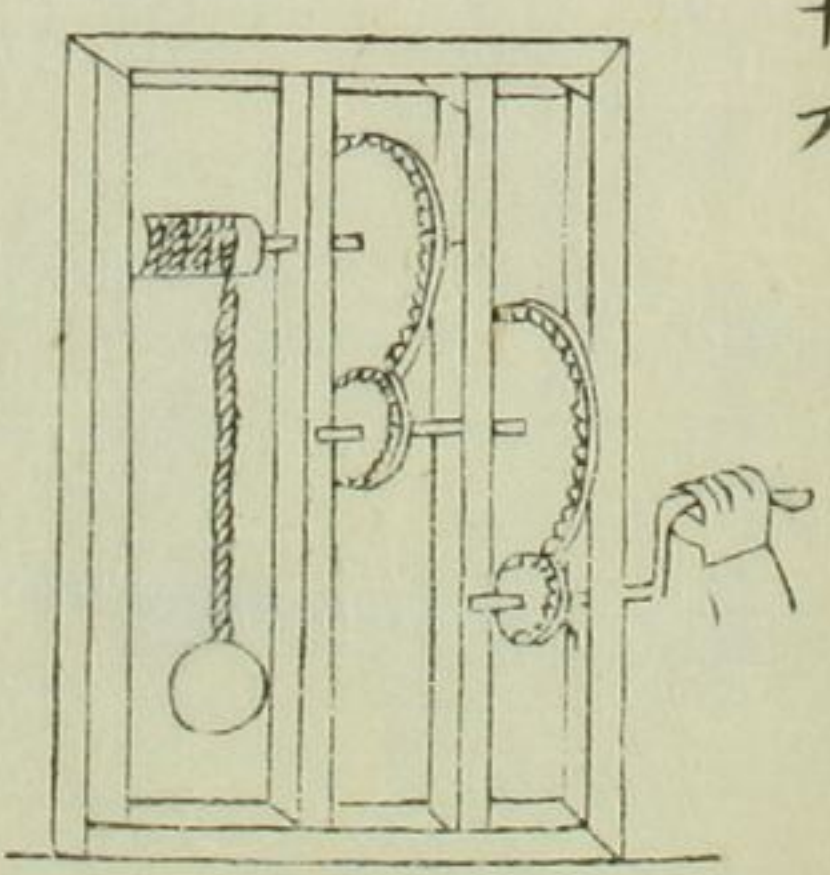
廿五

以輪軸相連



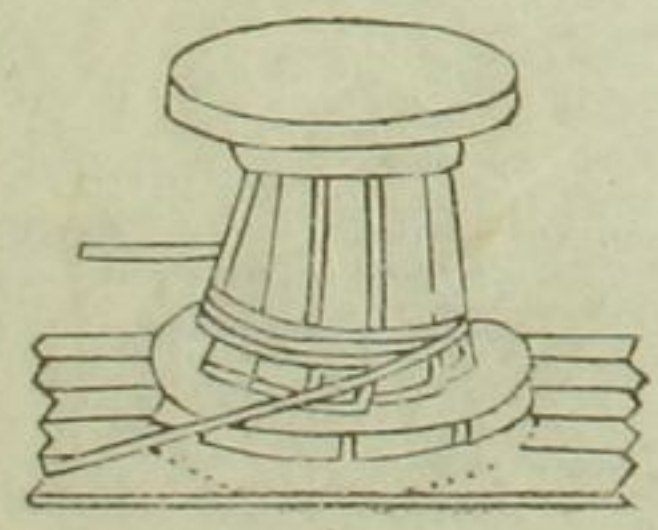
廿六

輪軸以鋸齒相連圖



廿七

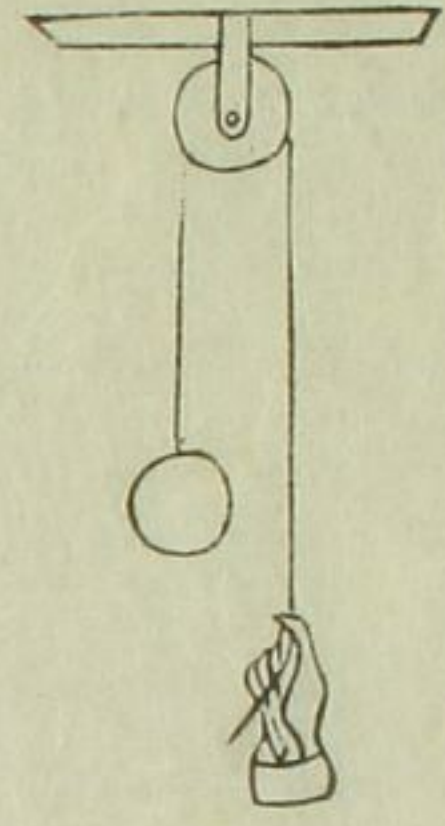
攪關如輪軸圖



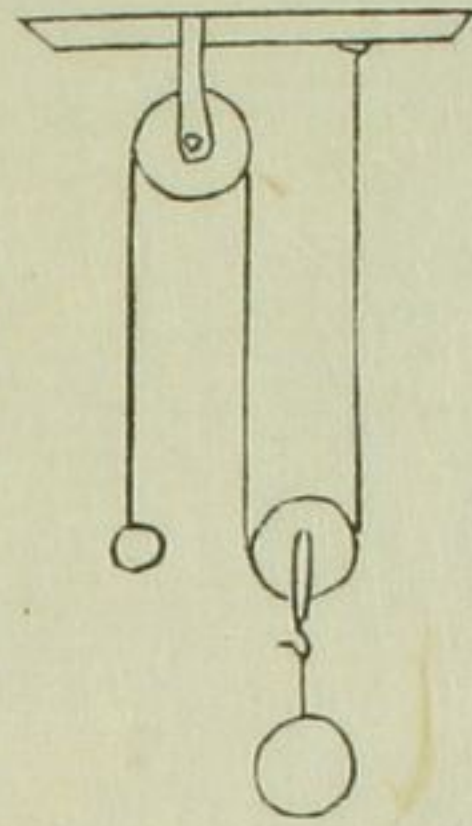
力學下章

助力器具

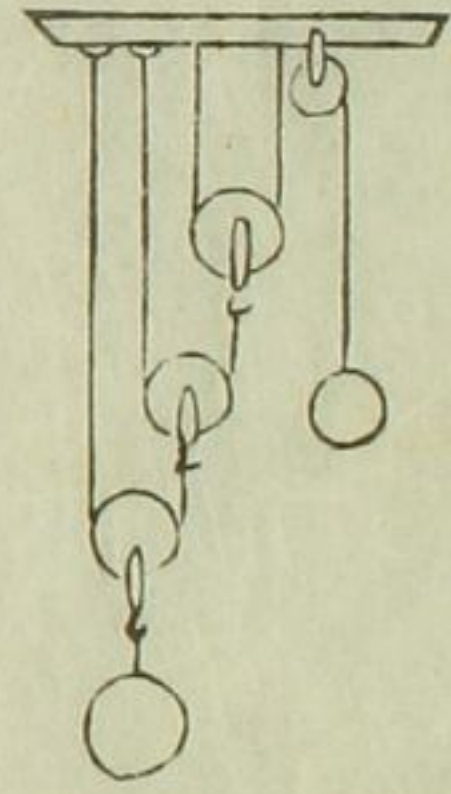
廿八 死滑車圖



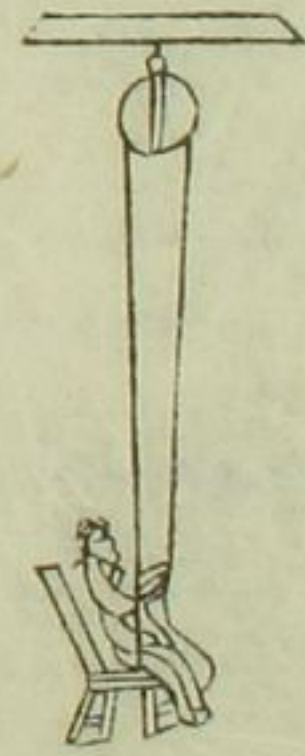
廿九 活滑車圖



三十 滑車相連圖



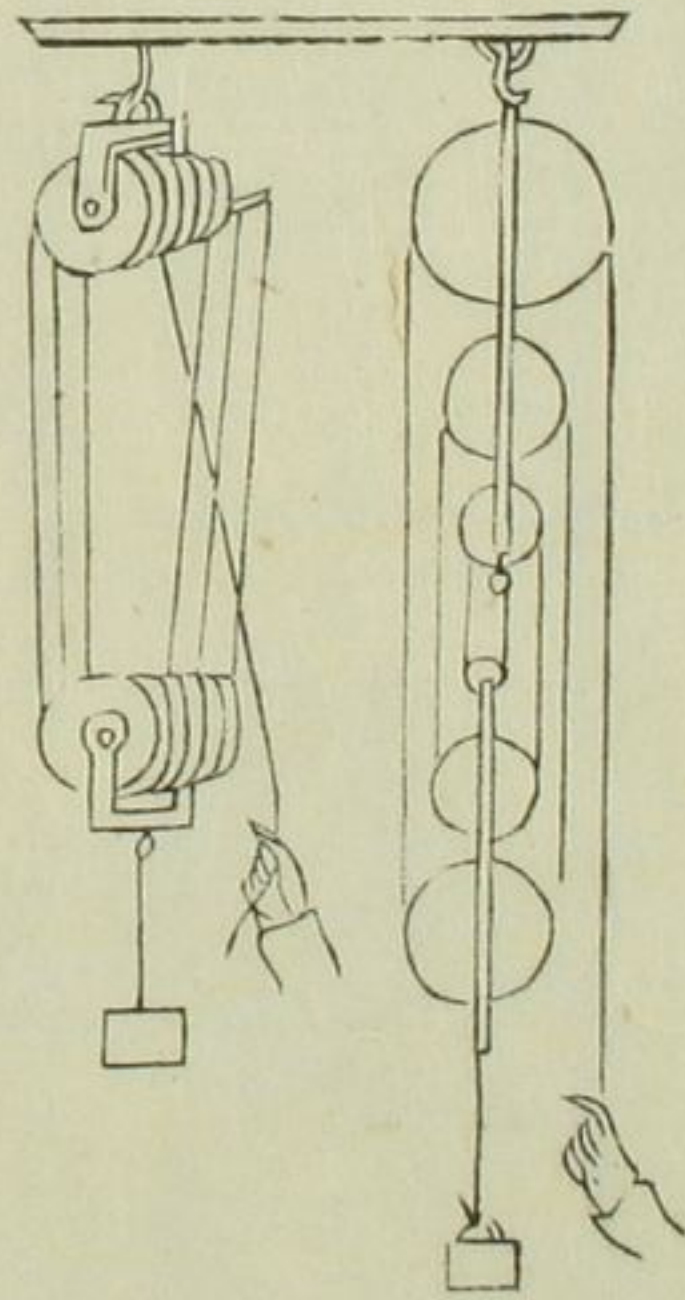
三十二



滑車自拽
上升圖

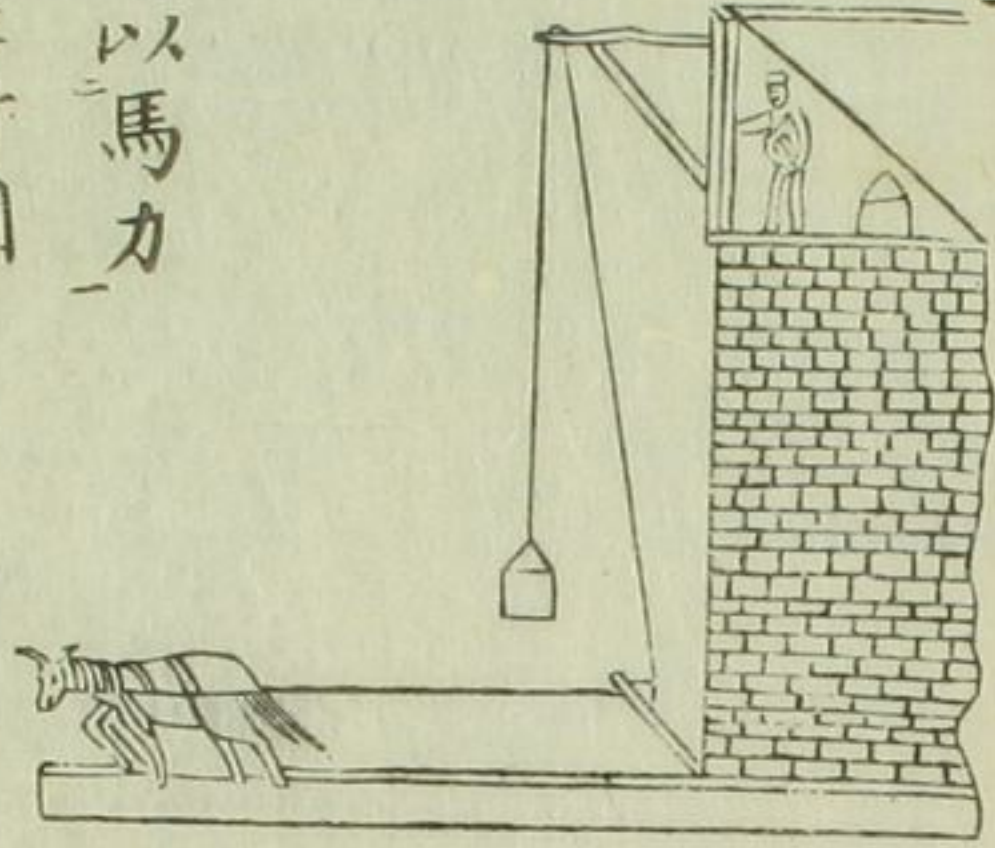
三十一

滑車四
槽數如
數輪圖



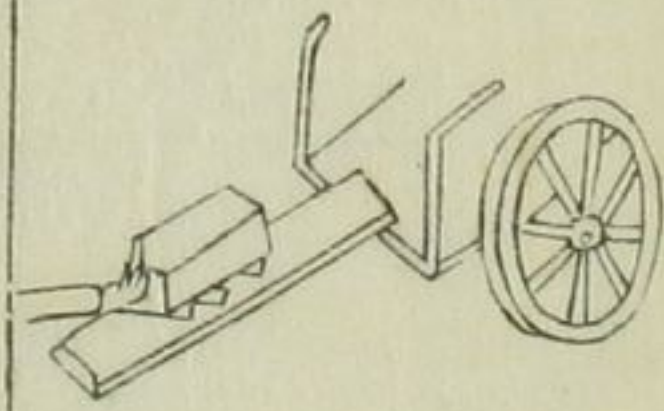
三十三

滑車以馬力
運物上升圖



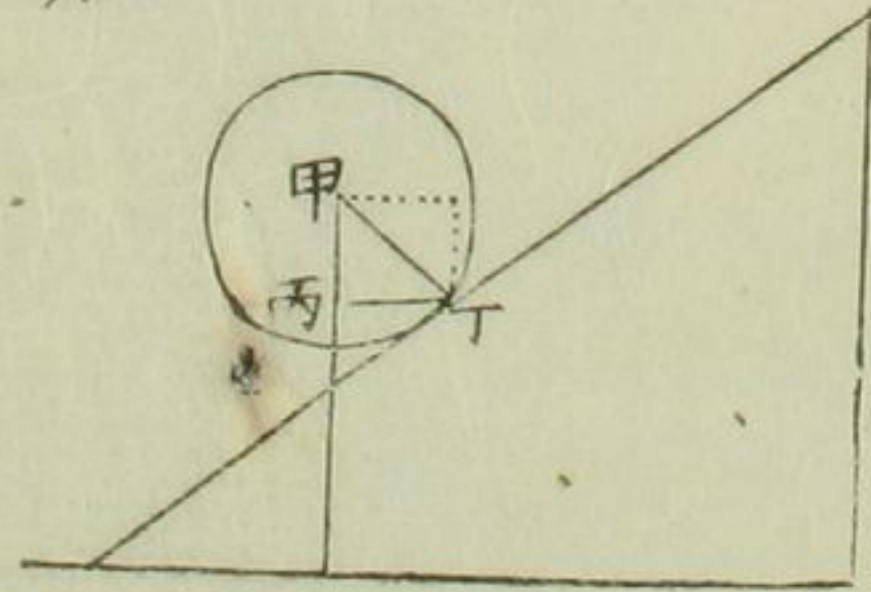
三十五

斜面
運物圖



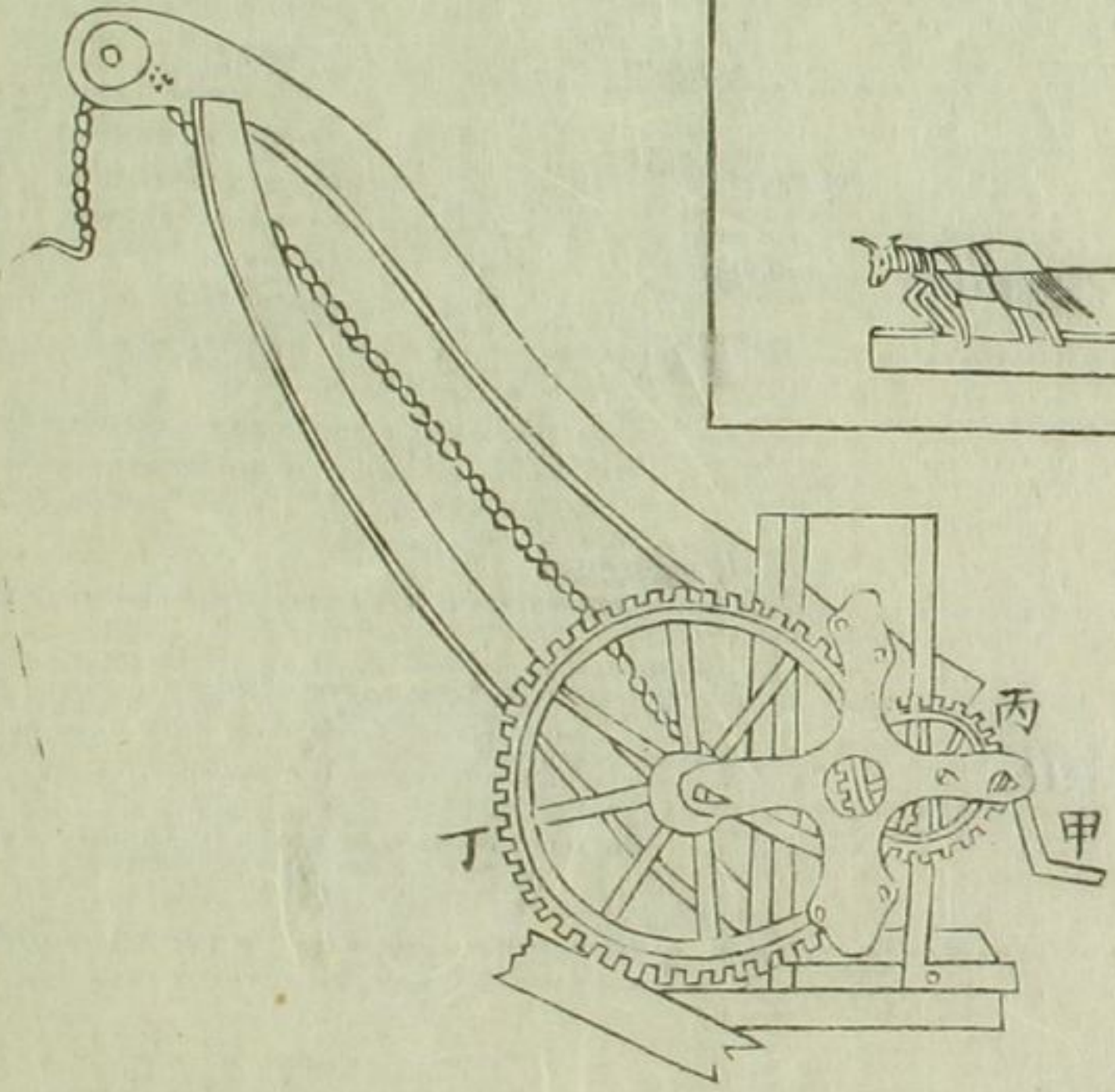
三十六

斜面分
力圖



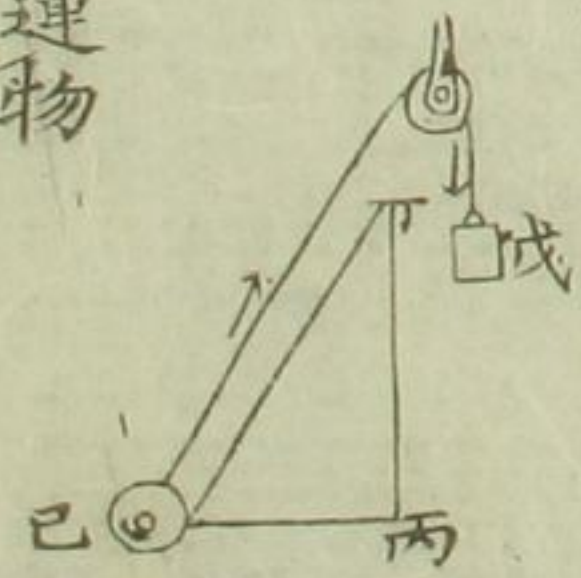
三十四

鶴頸
天稱



三十七

斜面運物
疾徐圖



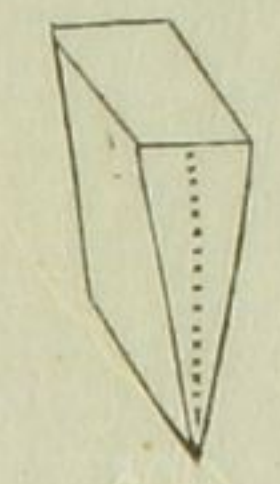
木牛之月

三十八尖劈劈木圖



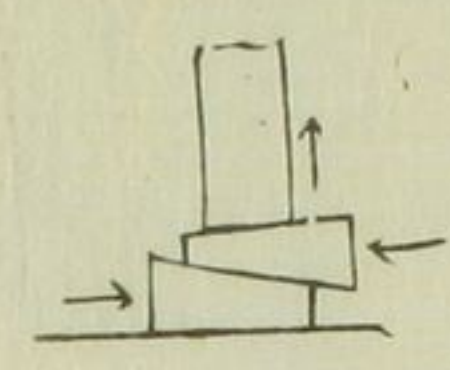
三十九

平面尖
劈以二
合一圖

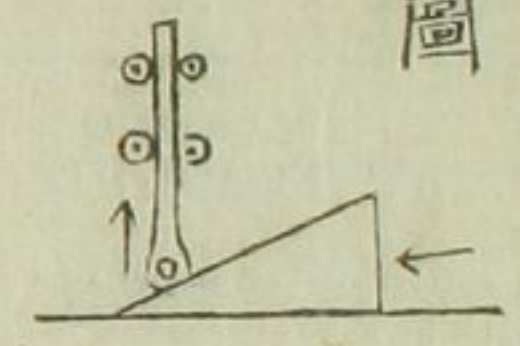


四十

尖劈起
在圖

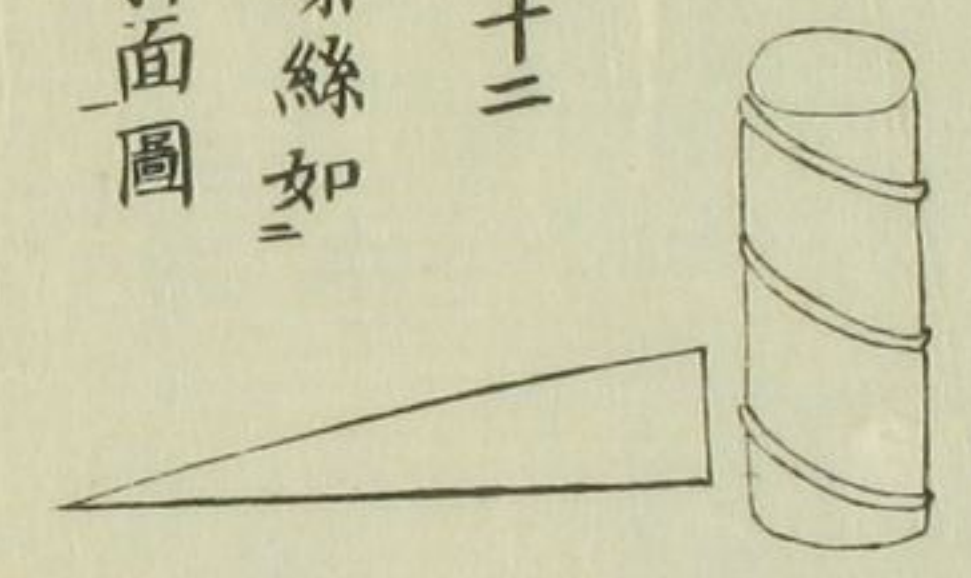


四十一
尖劈如
斜面圖

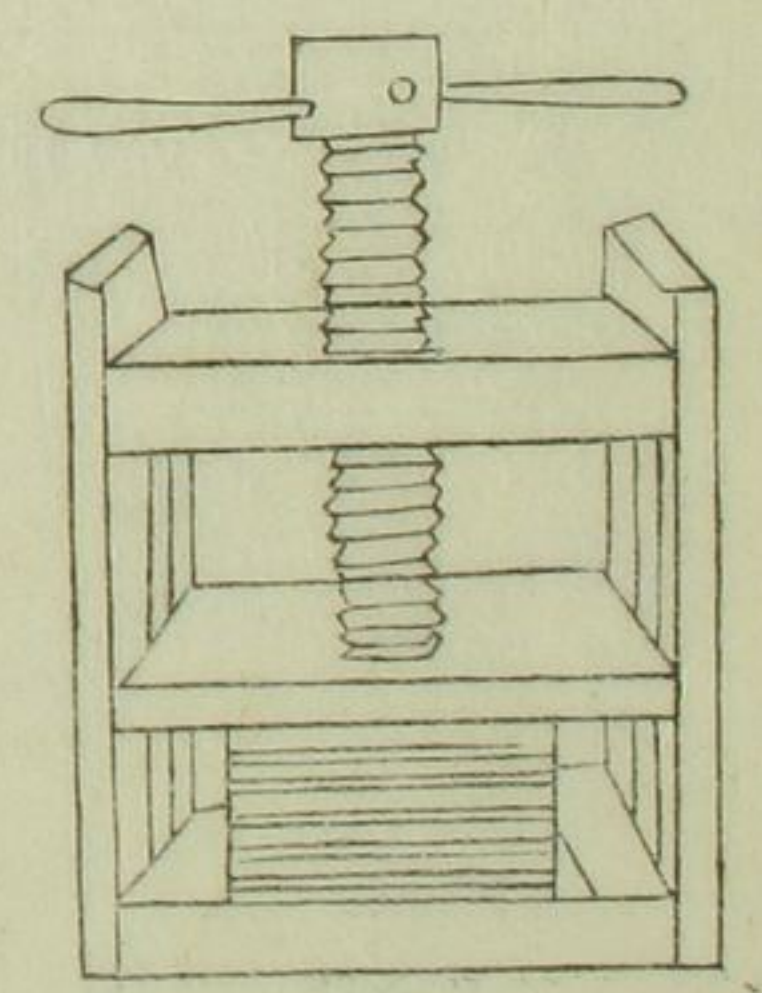


四十二

螺絲如
斜面圖

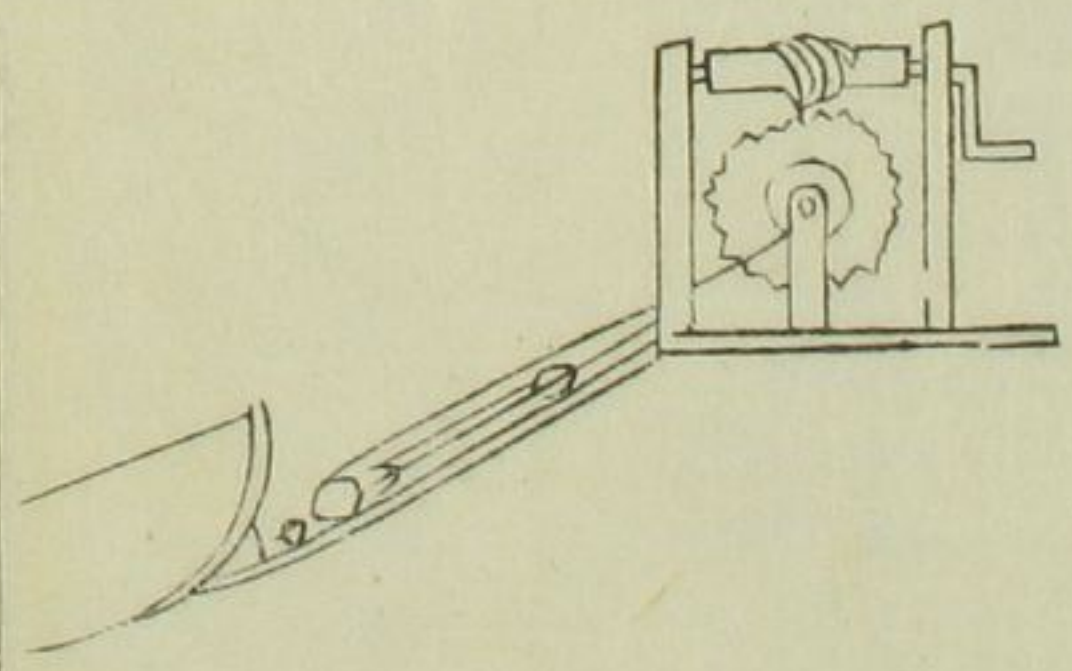


四十三
螺絲
壓物
圖



四十四

四具相
連圖



第五卷力學

美國丁韞良著

上章論力推原

問、力學所論者何、

答、論物之動靜也、

問、何為力也、

答、凡物之動靜改易、皆力為之也、物之動者、非力不靜、

物之靜者、非力不動、

問、何謂動也、

答、凡物易地、即謂之動、

問、物之行動、快慢何以度量、

論物之
行
止
之
行
速

各物入門 卷五 力學上章 論力推原

答以路之多寡時之長短而比之也。即如一馬一時能行二十里，一馬一時能行四十里，此馬便較彼馬快一倍矣。

力動之

五、問物之行動其力何法度量。

答將其分兩與其快慢相乘，即知之矣。假如以十觔之石擲六十步，以二十觔之石擲三十步，同一力也。蓋十與六十相乘得數六百，二十與三十相乘亦得六百，如使二人以此二石對面擲之，二石相觸必致中止而一齊落地，力相抵之故耳。

問此理何用。

力可變通

答重物徐行，輕物疾行，力既均同，即可借之，隨意變通。或以輕物而運重，或以重物而施輕，互有功效也。即如槓桿起動千觔巨石，此一頭用力百觔，下壓一尺，彼一頭之石上移一寸，其力維均。此施力速而呈效緩者也。又如巨輪被流水沖轉，運磨之輪重一萬觔，磨重五百觔，輪轉一而磨轉廿次，其力維均。此施力緩而呈效速者也。善用機關以通其力，均此理耳。詳見

章下

漸動漸靜

問物之靜而動，動而靜，不能立時改易何也。
答因非力不易也。力須散布於體內，甫有功效，故行止

均不能陡然必由漸致然於細小之物不如巨重之物易見也

問此理何法試之

答以厚紙托於指上加錢一枚若慢移其紙錢亦隨之而動驟擊之則紙落而錢如故也木板上壓鐵砧將板緩移鐵亦隨之動也以錘驟擊其板則板行而砧不動車之動也忽止人必仆車之靜也驟行驂必絕玻片緩擊之則碎火槍鉛丸過之則成孔而片如故門扇微動之則移鉛丸過之亦成孔而門不動惟所擊之處喫力而他處似乎不覺均由力未散布之故

耳

被載
借力

問被物所載而借其動力者何也

答人物皆載於地與地偕行地球運行極速人物隨之急於礮子因其未易地故莫之覺也蓋被物所載無不借其動力而借動者如人在舟中舟行而人不動人之乘馬馬駛而人則未行於舟於馬相附而行其人之動力難辨也離舟離馬則易見矣即如舟行極速人由桅杪墜下必落至桅底從無落至舟後者此人之於空際前移與舟行之速一也馬之馳也人驟擲起仍坐鞍上不致移坐鞍後者以其躍間前移與

馬行之速亦一也故馳馬演劇者純於馬上躍繩以呈其技巧耳見圖

力熱互易

問以力止動物其力歸於何處

答化為熱氣也以熱氣之多寡即可度量其力矣

問此理何法試驗

答如以手擦物因有滯礙便覺熱矣此力化熱氣也又如擊釘許久錘釘皆熱同此理耳

如擊釘許久錘釘皆熱同此理耳

問力化熱氣熱復生力否

答二者互相變化也有熱氣若干便生力若干即如燒

煤一筋能運物幾何皆可核算也詳見火學上章

物不於動靜

問物有分於動靜否

答無分也物之靜也苟無以撓之則必常靜物之動也苟無以碍之則必常動此物之故態良由於自然也

問物之靜似乎自然物之動常見費力何也

答物之動者其碍有三一礙於地球之吸力再礙於天

動有三阻

氣之阻撓三則與物相摩多有礙也凡依物而運行者雖極光滑亦有阻滯否則恆無定止之時欲其靜

也反致費力矣星宿運行空中因無阻礙故母或早

遲正此理耳

問恆行永無停止之器人能為否

無自行之器

論力推原

力學上章

物力有三

答不能也。曾經多人研思窮究，造成極巧極精之物，雖能運行數年之久，終有停止之時。為此蕩產廢業者，有之。惜乎其能造靈機妙樞，而未悉其理也。蓋地上之物，非力不行。然因上文三者之阻撓，必有停息之候。與空中之物，非力不止一理也。

問物之原質，自有何力？

答其力有三：曰交感，曰吸引，曰驅散。物投於物而分合變化，謂之交感。詳見化學物之由離而合者為吸引，物之由合而離者為驅散。

問此三力何用？

物之漲縮

答宇宙內物力似有萬屬，即如星宿之運行有力，洋海之波濤有力，江河之動流有力，風氣之吹噓有力，火之生熱有力，五行之變化有力。若究其原，要不外此三者也。

問何謂也？

答星宿之運行，日之吸力也，洋海之潮汛，月之吸力也，江河之流，與風氣之吹，地之吸力也。且原質所以合而成物者，亦因其相吸之力也。火之生熱有力，蓋使原質相離也。至五行之變化，皆由交感也。詳見化學

問物之漲縮何也？

答物之縮也或因有力自內吸者或因有力自外逼者物之漲也皆因自內有力驅而散之也大抵如物之熱而漲冷而縮耳

問物之能縮者何也

答因其體鬆也如棉木質軟之物體有空隙人能見之若鐵石堅硬之物體中亦有空隙惟由顯微鏡能見之也故俱能縮耳

物之軟硬

問物分軟硬何故

答因吸驅之力而已驅力勝吸力則散而軟如天氣如蒸氣是也吸力勝驅力則凝而硬如冰如金是也吸

物之輕重

力驅力均勻則流而不散聚而不凝不軟不硬如水如油是也

問物分輕重何故

答因被地球所吸也

論地球吸力

問地球之吸物其理與磁石吸鐵相同否

答不同也磁石吸鐵別具一理電學中已詳之矣夫萬物之本性無不相吸惟其力之大小按其體質之多寡耳

問吸力按體質之多寡何謂也

答體質多寡與形體之大小不同也蓋形體雖大之物

而體質仍寡者有之、因物之形體係至微之點、合而成之也、物之原質雖至微之點、莫不有吸力、其力皆屬均勻、惟體重之物、因體稠而微點多、故吸力大、體輕之物、因體鬆而微點少、故吸力小也、即如寸水化為尺餘之氣、其本體之微質無所增加、故其吸力亦無所增加也。

物之升降

問^五物之墜地何故

答亦被地球所吸也、因物小而地球大、故物向之而去、如洋海中人駕小舟、以纜接大舟而挽之、小舟必漸移近、大舟若未動、然與此相似也、假如有物大與地

球相等、離不甚遠、必互相吸動、其力維均矣、

問物之離地上升何故

答亦地之吸力使然也、如天枰然、此頭重而降、則彼頭輕而升、其升其降、初無二致、煙霧之上升、雨雹之下墜、蓋一較天氣輕、一較天氣重故耳、物於水之浮沉、亦然、不第下墜沉底為吸力、即上行高浮亦吸力也、因一尺水較一尺木被吸力大、故下行而壓木使上耳、凡物之自然升降、同一力也、

二物相吸

問二物吸動、相逢之處、何法測之、

答物之相吸、既按其體質多寡、體重者其行遲、體輕者

其行速則各物所行之遠近必按其體質之重輕反
比也。即如二舟在平洋彼此對拽此舟如較彼舟大
一倍其相逢之處必依大舟相近一倍設二舟相距
三百步大舟只行百步小舟已行二百步矣。

問二物懸於空中未見相吸使併一處何也

答此物小難勝地球之吸力也因地之吸力但使物下
墜不使橫行相逢然其力漸遠漸殺若能離地極遠
則吸力極微二物相逢必歸併一處矣。

問此理何法形容

答以磁石二依近懸之必歸併一處二石之上復加重

吸力
通例

物之
輕重
按地
心遠
近

物則不能歸併矣蓋其相吸之力不敵地之吸力也

問地之吸力近則大遠則小何法測量

答其理與測量光之遠近大小相似如在二處其吸力
之大小即按其遠近成方倒比也。成方倒比詳見火學下章

問二處之遠近何自量起

答自地球之中心也蓋地之吸力總歸此處耳

問離地遠近輕重應有差別否

答宜有之也即如二十觔重之物離地球中心遠過一
倍不過五觔而已儻百觔之物離地心加遠十倍不
過一觔耳此即上文所言成方倒比之數也

問、離地數百數千尺、物之輕重仍不見有差別、此何故耶、

答、人之以高下計者、不過以地面而論、至算吸力、寔以地心而言、夫地心相去一萬數千里之遙、即微有數丈之差、仍於一萬數千里似無增減也、烏能畸重畸輕哉、

始論吸力

問、地之吸力、其說起於何人、
答、創其說者、英國博物之士牛董也、其人素尚格物、研學精微、有所見聞、探原索本、或曰偶見樹果墜地、因而悟及吸力之理、謂非地力相吸、其果必不墜也、

月被地吸而繞地行

問、地之吸力、功用何如、

答、功用綦大也、因有吸力、遂令萬物各得其所、按體之輕重、均有次序、從無紊亂離散之弊、地球圓形、因吸力海水包之、地運空際、因吸力天氣裹之、設無此力、則輕重上下不分、萬物離而不合、無復有寰宇矣、

問、地之吸力、能及幾許之遠、

答、畧如光之射、無遠弗届也、然光之遠近、可計時刻、而吸力則無分早遲、惟漸遠漸小耳、不獨地上之物、被其所吸、即月之繞地運行、亦因被吸而然也、
見第一圖

地月致潮論
被吸有汎潮

問地既吸月，月亦吸地，否？
答亦吸地也。惟較地之吸力差多耳。按成方倒比之理，可算也。

問月之吸地，何以爲證？

答海之潮汎，可證也。

問何以見潮汎爲月所致也？

答究潮汎之所以然，實無他解。復思潮之長退，恆隨月之運行，此顯而易見。盡人而知之者也。牛董嘗以地

與月之輕重遠近測量，其事其理正相符合。

問以月之吸力，解潮汎之理，何以言之？

向背皆潮

答假令地球盡爲水球，則水面被吸，必致高起。按輕重遠近而計之，宜向月高至五尺，如五尺之高浪，隨月而行，自東而西也。見第二圖

問水向月高起，背月何如？

答背月之處亦高起也。若祇向月而高，則一晝夜間止潮一次矣。晝夜既有二潮，是知月在上一潮，月在下亦潮。

問背月高起，致有潮汎，何解？

答其理似深，然細究之，亦不外吸力也。比如水球之上，下共分若干層，最上之一層向月被吸數尺，次層即

上移較少層層如此則最下之一層向月挪移最少似落後拽長然蓋被吸不如他處之多而亦凸起也畧如水珠下墜勢若兩頭拽長亦此理耳地球盡水固應如是而陸地不過四分之一其有水之處自宜爾爾也即體質堅硬亦為月之所吸惟一齊挪移故陸地不見於水面顯之耳
問地近海岸甫見潮汎何也

日下成潮

答因岸有以比其高低也茫茫大澤一片汪洋頃間微高自難分辨如海中有山島之類亦易辨也
問日亦吸水成潮否

潮分大小

答日星均吸海水也星或小而極遠吸力可以不計且四面均有多星其力相抵而消故有若無日雖去地極遠緣其體質極大故其吸力可以綜核向日之水應高二尺背日亦然與上文向月背月同理

問日之吸水成潮於何徵之
答潮之大小差池可以為憑也日月若不并行則晝夜應有潮汎四次惟日致之潮小而難見至日月並行一面或分行對面斯二潮歸併而更大矣朔望之大汎職是故耳潮汎逐日漸大漸小亦由於日月之分合也

問月朔日月并行一面應有大潮至月半日月分行相對何以亦有大汎 見第二第三圖

大潮之故

答與上文向月背月水高同理也向日背日亦然故二潮合而為大汎即如月之吸力令水凸起若干月朔復加日之吸力斯水必加高此理易明至月半日在對面如此扯彼拽然則水球自應加長故亦為大汎也

問小潮何解

小潮之故

答朔望有大潮由日之助月耳至日橫在傍差至九十度其力不足以助月故每月之初八二十三均有小

潮是也蓋祇憑月吸耳 見第四圖

潮汎疾徐

問潮汎之行疾徐何如

答潮既對月背月而如浪凸起則隨月而行必一晝夜

有奇周行地球以此計之是一時行二千洋里矣第

潮浪於淵海之中如搖繩揚波然雖波之凸處前行

而水不易地也且海面凸處甚濶潮不過數尺之高

故舟行遇之而不覺至近岸淺處催水前流成為急

溜快者有一時行至百二十里者有行數十里者蓋

緣就淺就深有無阻礙便分疾徐耳

問潮汎高低何如

潮汎高低

各物入門 卷五 力學上章 論力推原

月不
失位
之故

答、洋海之中、大潮不過七八尺、小潮不過五尺、至近海之處、因岸畔曲折、不能逕達、其勢相逼、遂致其流急、而其高加倍、有時數浪相逢、高至數丈者、而於由海入江之門戶、往往如此、浙江錢塘大潮、卽此故耳、

五十

問、地球較月體重數十餘倍、何不吸月墜地、

答、若非月之運行不已、勢必墜地矣、

問、運行使不下墜、何法試驗、

答、以小桶盛水、繩繫而揮之、若轉輪然、其水不致外溢者、以運行之力、足與吸力相抵也、或設一轉輪、以小盃盛水、繩繫於輪、令轉極速、其水亦不溢也、如將繩

陡然斬斷、而其盃仍隨輪運轉、不致墜落也、見第五

圖

論離
中毗
中之
力

問、離中毗中之力、何謂也、

答、物之運行、非有力吸引之、必直行而不偏、此離中之力使然也、其圍繞旋轉、非有力撥送之、必歸至圈中、此毗中之力使然也、二力必須均勻、始能不離不毗、旋轉不已也、下文論力之分合、亦發明此理耳、

問、離中毗中之力、須必均勻、何法試驗、

答、繩繫鐵錘、懸之高處、用力送之、錘爲繩引、不得直行、向前、必改道由上而轉下矣、如撥力小、則錘必半途

而墜撥力過大則繩絕而錘馳矣必須其力惟均乃能周而復始也蓋繩引即毗中之力撥送即離中之力耳 見第六圖

問日之較地大百萬倍地球何不被日吸移

答亦因其離中毗中之力均勻故也蓋地球周圍繞日而行疾徐自有一定如過快則離中之力大必離日而遠行至極冷幽暗之所矣過慢則毗中之力較勝必向日漸近有太熱融蒸之患矣今者地球與各行星均能隨日運行旋轉不已無或離或毗之患蓋因造物之主宰將其輕重疾徐並道路之遠近互相配

地不失位之故

合毫釐不爽也 見前第一

問此理與車馬行動何以相涉

答以車轉彎旋繞行之太快則恐致翻覆以馬旋繞奔騰則騎者必須向內斜倚稍偏以敵其離中之力故火輪車之鐵道每於繞轉之處必須外邊稍高裏邊稍低亦似向內稍稍斜倚此所以防其離中之力也 見第七圖

問此理與地形何以相涉

答地形如球而南北稍匾以直徑論之則南北不如東西之大欲求其故亦離中之力使然也蓋地自西至

地形如匾之故

東日轉一遭其偏南偏北之區離樞紐較近故旋轉不快向赤道之處離樞紐較遠是以旋轉極速而離中之力大矣其形勢東西稍長南北較縮謂地形如匾球卽此故也

問此理何法形容

答譬如以膠泥搏爲球形中間貫以木箸搓其木箸令之旋轉極快將見膠泥漸展而漲兩頭附箸之處必漸縮小其形卽與地球相肖又如以數尺鐵條彎之作圈立地撥之橫轉團旋極快其形眩目成圓將見左右外撐而凸上下成爲匾形此又其驗也見第八

圖

論重心

問中心與重心何以分別

答中心者形體之中也重心者輕重之中也

問物必倚於重心方能平穩何方試驗

答以木箸居中擔於指上自能平穩以兩頭均勻故也若一頭包金必致偏側須依近金頭方得其平或以木板居中擎於指上若其板一角較厚亦必偏側必依近厚角方能平穩以重心異於中心也

重心
偏則
不穩

問物之重心必於其底上下相對方能立穩何法試驗

答以輒一方可使立住者以其形體方正重心直在底

各物入月

卷五

力學上章

論力推原

七

上也若側側則仆矣蓋地球之吸力如直綫繫於其中而下牽之儻其物底濶雖令欹斜不至仆倒者以重心被吸方向不出底外也凡物欲知其立穩與否須考其重心所在由上至下畫一直綫綫在底內必穩綫出底外必仆西國意大利有斜塔高數十丈自下望之如欲傾倒登其上而俯瞰之傾仆之勢益覺可駭然數百年來依然堅固蓋造此斜塔以為奇觀其重心仍不出於底外也見第九第十圖

問有以盛水之器驗重心者何如

答春秋時魯廟中有欹器貯水之半則穩而平當其空

中而欹欹之中固有重心之所在貯水之半而平平之中又移一重心之所在也以水滿貯則傾覆出之此又過其重心然也

問此理於人之行路驗之何如

答或行或止必賴兩足方穩足離寬則愈穩矣一足獨立必不甚穩以其底不寬也嬰兒之學步也往往傾仆者非盡由於力弱亦因不知相稱失其重心故耳問物之懸也何以能穩

答若倚其重心而懸之固能穩也蓋地球之吸力總歸於重心耳如所倚之處稍偏左右其物必擺搖不定

漸搖漸緩，以至於靜。於此而察之，知其重心上下相對，故能穩靜耳。

問：物之重心，何法測之？

答：按上文所言之理，將物懸起一角，由懸處上下畫一直綫，再易一角，復畫直綫。如物係薄片，則二綫相交之處，即重心所在也。若其物有五六面，須將各角依次懸起，盡畫直綫，計其直綫理宜相交之所，即重心也。

問：物之動有三綱，何也？

答：凡物之動，若無外力阻碍，直行不偏，常行不止，一也。

外力不分於物之動靜，莫不有功效。二也。凡用力於物，其物必有力相抵，與所受之力均勻。三也。

問：第一綱之理，何法試驗？

答：以物擲於空際，本應直行，而其物必灣曲而下者，以地力相吸之故也。本應常行不止，因天氣阻碍，他物相摩，故停止耳。假令人能升高，至於天氣盡處，施放火礮，又加力數倍，則其鉛丸毫無阻碍，不至漸慢，雖亦被吸而灣，不過如球皮之形，可以周而復始，圍繞地球，永無停息矣。雖此事斷無，而此理確有也。

問：第二綱之理，何法試驗？

答、當停舟之時、以鉛丸由桅上墜下、計其時刻若干、俟行舟復墜鉛丸、時刻與前無異、此外力不分於動靜也、停舟時鉛丸墜至桅底、行舟時亦墜至桅底、蓋舟前行、亦合鉛丸前行、此下墜與前行、二力莫不有功效也、地球雖運行不已、而地上萬物之動盪、即如地球未行然、亦此理耳、

問、第三綱之理、何法試驗、
答、以指按於桌上、便覺有力、與指相抵、用力愈大、抵力亦愈大也、又如雀鳥飛空、兩翼鼓動、天氣上托之力、相抵惟均、舟楫在水前行、輪棹撥動、其水之抵力亦

惟均也、此凡用力於物、其物必有力相抵、與外力均、
谷勻之驗也、

問、有人以重物壓腹、復以錘擊物、其人能勝、此理何解、
答、即傳力失力之理也、有力之士、頭足依地、以腹向上、如橋式、以三百筋重之鐵砧、壓於腹、令人以二十筋之鐵錘擊其砧、觀者駭然、據理而斷、無難明也、比如所用之力、足使二十筋之錘、行至三尺、迨落於砧上、不過令鐵砧下行二寸耳、喫力有限、故其腹柔而能受、若全讓二寸、毫不費力、若祇讓一寸、亦惟喫力一半而已、

問^{七十}宇宙內之力能加減否

答不能也。宇內之力自古迄今雖有分合改易而絲毫不得加增減少也。即如舟楫由陸地高坡牽挽入水初行甚速迨入水漸慢以至停住水阻之也。其舟失力若干其水必得力若干舟之停止水必動流惟漸遠漸覺微茫其力歸於漫散而已。若能將其漫散之力綜而計之必與其舟初動之力惟均也。

問此理何法形容

答以鉛丸二枚其重相等並懸一處下加半圈如仰弓畫以度數以此丸移遠若干度使之觸動彼丸視其

移動若干度便知此丸失力幾何彼丸得力幾何矣
見第十一圖

論物相觸

問二物相觸其理何如

茲論無躍力者至有躍力之物詳見下文

答若同其方向必相附而行即以一物之動力相合復以二物筋兩相合而分之可悉其快慢矣若對面相觸亦相附而行即以一物之動力所差復以二物筋兩分之亦可悉其快慢矣即如二鉛丸輕重惟均一在一杪內行一百丈一在一杪內行二百丈若順而觸之一杪內必俱行一百五十丈也若對面觸之一杪內俱行五十丈矣即上文所言用力若干必有力

相抵也

問此理何用

答即如火槍之鉛丸放出之快難以目力度之縱知鉛丸能及若干遠仍不知放出之勢也惟以長繩懸木而擊中之則鉛丸入木力催木動幾何之遠傍設度數即可算而知之如木重八百兩被觸後一杪行至四尺即知其動力有三千二百兩矣若一兩重之鉛丸知於一杪內可行三千二百尺也車船相觸之勢亦可按此而計之

斜觸 觸回

問物之斜觸其理何如

二角 均勻

答必相離而改道斜行也相觸相離二角均勻即二物空中相逢亦如是耳試以木球向壁斜擲其觸回之勢必二角均勻正如光之返照音之迴響也惟有躍力者然

有無 躍力 相觸 有殊

問物之相觸其有無躍力何別
答無躍力之物既遇則必相附而行有躍力之物既遇則必相離或此物較彼物為慢至倒行者有之與靜物相觸小則慢大則返等則止

闡明 躍力

問物有躍力何謂也
答物之擲地而上躍者有之不能上躍者亦有之即如以石丸與鉛丸試之石丸能躍鉛丸則不躍也察石

丸仍係圓形鉛丸則匾矣蓋石丸雖擊地時亦令暫縮惟立時復原故能躍也凡物微質莫不有空隙或壓或擊令其空隙收小而緊若有驅力仍復原形即有躍力若無驅力以復原形即無躍力竹角之可以為弓以其既彎能復原也天氣之可以為槍以其既縮能復原也至物之有無躍力大相懸殊然躍力十分滿足之物幾乎未有也絕無躍力之物亦幾乎未有也

有躍力者相觸之理

問有躍力者二物相觸其理何如

答最有躍力者其縮張之力無異也如二物相等逆觸

之必致二物分回其往返之快慢一也若順觸之則漫者易為快而快者易為慢其動力互換也若一動一靜相觸則靜者動而動者靜矣如以石丸數枚相連首粒動則末粒行居中者皆未易地因其大小相等故將動力粒粒相傳至末粒如初粒也總之二物相觸不拘有無躍力此所失為彼所得惟有躍力者則所失所得之力較之無躍力者加倍耳蓋其相觸而縮既有若干力及其反張回躍加一倍故也即如鉛丸二枚一杪內一行十丈一行六丈以二者順觸相附而行一杪內只行八丈是其力之所差此則減

半、彼則加半、至於試之石丸、其快者轉以為慢、慢者轉以為快、蓋其動力所差、此丸則失一半、彼丸則得一半、反張回躍、此丸又失力若干、彼丸又得力若干、故所得所失、有躍力者較之無躍力者加倍焉、以其動力互相換也、如前者行六丈、後者行十丈、既觸之、頃在前者行十丈、在後者行六丈也。

問、假如二人用力惟均、共施於一物、一自北、一自西、其物所行之方向何如、

論力之分合 二力合一

答、其物必向東南而行也、即第二綱二力俱有功效之理耳、如此力令物自甲南行、應至丙處、彼力令物自

甲東行、應至丁處、迨二力齊施、物必從中向東南而行、迨至己處、與南至丙、東至丁一般遠耳、因二力相合、莫不有功效也、凡二力並施使一物行動者、俱可按照此理計其應行之路、蓋一力係甲丁之路、一力係甲丙之路、二力合成、即甲己之路也、其所行即方形之斜綫耳、見十二圖

問、此理於何見之、

答、於船之渡河常見之也、若水溜甚急、不能一直逕過、必被流下沖斜牽而過、由甲處開行、至己處上岸也、此二力、一係人力、一係水力、惟水力愈大、斯沖下愈

星宿運行之故

問此理與星宿運行何涉

答星宿之旋行週而復始無此則幾無可解有此則推行有據夫各行星之運動莫不均由二力所制若其力單施一僅使之前行一僅使之下墜惟二力相合則不獨一直前行亦不獨一直下墜只可從中循斜綫而行緣其方向時刻改易於是變成彎綫週而復始月之繞地地之繞日及一切行星之運動皆係二力合一所致其下墜之力吸力也其前行之力由於造物之初而人不能深究其蘊也

一力分二

問一力分二何如

答與前二力合一相反也即如有物自己往西北至甲其向北之力即為己丁向西之力即為己丙也見十二圖

藉風航海之理

問此理於何見之

答於船之藉風航海常見之也無此則只駕風順驅有此則不拘順逆皆可前行若順驅者固恃風力不分惟有直行無稍向旁漂漾其或風自旁吹則風帆必斜張以接之風力於是分施一乃令船向前仍可直行一乃令船向旁漸欲漂漾蓋旁風橫吹向前之力

僅施一半若其風從船頭旁逆吹來向前之力僅施少半若從對面直逆吹來則向前之力盡失矣然雖其船向前力少向旁力大全恃船形頭銳體長尙可前行不至隨風漂漾蓋船旁之水力與旁風之橫力相抵也嘗見來往二船共借一風者職此故卽如一船往北一船往南借在東風則北船風帆偏南風力分而向南颺之南船風帆偏北風力分而向北颺之至其風帆如何掉動以借風力水手皆知之特莫知其所以然耳

二力
一用

問以二力爲一用費力否

答假如移物由己至西北一人直向西北推之自省力也若二人之力一向北一向西自費力矣其物雖仍能至甲而二人之力既非順施一力係丙己一力係甲丙二綫相合較甲己加長故二力並施一橫一直較一力之順用爲費也見十二圖

問物之墜地有因輕重分疾徐否

答以輕重言之其義有二一係以同類之物而較之如一筋鐵與十筋鐵是也一係以不同之物較之如堅石與軟木是也昔人以爲執一物而言重者墜必速嗣經嘎里留力白其非復登塔以物試之遂知同類

困輕
重有
疾徐

論物
之墜
地

之物無論大小重輕其下墜無分疾徐也以兩物較之恆見輕者墜緩重者墜速究之實緣天氣之阻礙耳故一物而易形即有差別鉛丸與鉛片異矣蓋凡物莫不為地所吸其吸惟按物之高下不論重輕是以下墜應無疾徐之別如將玻璃罩內天氣吸空以鷺毛洋錢並墜之必一齊落下也見氣學

漸快之故

問物之墜地何以漸快

耳

答因地之吸力時刻無閒如牽之使下也故下墜漸快

下墜之理

答計一杪內下墜尺寸幾何由此即可推算矣若無風

氣阻礙則凡物於一杪內可墜一丈四也細放係一丈三尺七

寸於第二杪內必較第一杪其快加倍第三杪較第

二杪快又加倍餘可類推總之物之下墜於數杪內

欲算其尺寸若干即將杪數成方與第一杪落下之

尺寸相乘斯得之矣

問物之下墜於第二杪較第一杪其快加倍烏得知之

答第一杪之疾徐也其始必慢其終必快若絕長補短

計其快慢之均勻必於一杪之中至第二杪雖地之

吸力中斷亦必較第一杪下行加倍也

比疾
徐之法

問若以鉛丸由高塔下墜三秒內落下幾何尺寸

答三三成方即九數也與一丈四相乘應得十二丈六也蓋第一秒內應落一丈四因其漸快則二秒內即令地之吸力中斷亦下墜加倍應二丈八也然地之吸力無間故加丈四是第二秒得四丈二也第三秒內若地之吸力中斷亦較二秒加倍應五丈六惟地之吸力無間故仍加丈四是第三秒應得七丈也通共計算三秒內應墜十二丈六也

墜物
架

問物之墜地漸快何法形容

答製一木架上有小輪易於轉動其上加以絲綫兩頭

其疾
徐之
通例

有錘二錘均重則輪不轉動儻微有偏重則下墜復設鐘擺一杪往返一次以便紀時架柱之上畫以度數以考尺寸假如二錘各重六筋半此錘加重一筋必下行漸快第不若空中墜下之疾耳蓋空中一杪內應下墜丈四此一筋之砒瑪移動共核十四筋之物則於一杪內應下行一尺於二杪下行四尺於三杪下行九尺雖較空中下墜為慢然易於考察其理無異也即上文所言將杪數成方與第一杪落下之尺寸相乘於此可驗也見十四圖

問計物之下墜何法簡便

各物入門

卷五

力學上章

論力推原

七

答揆度其理復以上文之法試之便知物之下墜其秒數如一二三四則每秒下行尺寸如一三五七每秒之疾徐如所落尺寸其落下尺寸總數即如一四九十六等數餘可類推

問物之下墜五秒內應墜若干遠

答五五二十五與一丈四相乘即三十五丈也

問以物上擲其快漫何如

答與物之下墜理同而事反也蓋上行愈快其升愈高故其下墜亦愈快也及其復回落地則與其脫手上行之時無殊也故上升所至末秒即與復回初落之

擲物
上行
之理

秒分寸相等依次而增至於臨落之一秒正與初升之一秒分寸亦相等也其上升時初快而漸慢下墜時初漫而漸快正以相反來去之分寸時刻適以相符故上升之數即由此而推譬如以物上擲逾六秒復回墜地上下時刻既已相符即知其高至十二丈六也

問物之上擲其快遞減何如

答其物於空中無論上行下墜之時皆被地吸當其下墜加快若干必其上行亦減快若干即如一物橫擲一秒內可度九丈則三秒內自得二十七丈若從高

遞減
之差

平擲
落下

擲而下之則因地之吸力順施漸快必加以十二丈六尺共得三十九丈六尺若由卑擲而上之則因地之吸力逆施漸慢必減下十二丈六尺僅得十四丈四尺高也

問物之平擲其落下時刻何如

答與由上墜下無異也即如於高塔以砲平放同時砲子下墜其橫放之鉛子遠及十數里落下與由高下墜之鉛子時刻一般也即第二綱二力俱有功效之理耳

問凡物向空斜擲其所行之道何如

測砲
子遠
近高
低

答本應一直向前因地之吸力無間故漸漸彎曲也循

彎綫而上復循彎綫而下

問如放砲空中其鉛丸應行之道何法測量

答雖有數法而擇其易者論之如砲位在甲苗頭對已

畫平綫至丁又下畫直綫至丙從此直綫起在每丈

畫綫與甲已相平又從甲已在每丈之高復下畫直

綫此二綫相逢之處即鉛子之路徑也見十五圖

問苗頭既向空中其鉛子應行之路何能畫綫

答在平地量左右與空中量上下無異也即如砲子落

於丁即按苗頭高下度數畫甲已之綫按上文所言

之法可查鉛丸應行之路矣並能測其離地幾許之高也見前圖

苗頭
高低

問放砲苗頭應如何高低方能達遠

答按算學測量應高四十五度蓋直上為九十度此數正在直平之間若依地平放稍低則為地阻漸高漸遠以至於四十五度能達最遠過此漸高漸近若高至直上直下與地之吸力相爭仍落原處而已究之離地面若干度與離直綫若干度其鉛子落下一般遠近也惟因天氣阻礙按此試之未免稍有乖舛然常行砲力不外此理儻力最大而行甚疾須較此度

數微低為準

問炸砲轟城能達幾許之遠

答常用者不過十餘里有準極大砲力間有達至二十里之外者惟據高勢自能遠達也見十六圖

問砲子能行幾許之速

砲子
被天
阻氣
所

答極速者甫脫砲口一杪內能行二百丈縱令火藥加多其速亦不過如是蓋砲子愈速天氣之阻礙愈多而相抵之力愈大如以扇搖風緩搖之似無礙也漸快則微覺氣阻極速則阻甚至於折損者有之此相抵之驗也大凡物行漸疾天氣阻礙之力亦漸加而

較速迨其所增之力與其相阻之力惟均則雖加力不能復增快也計其阻礙之力即按其疾徐成方如十劬火藥能及若干遠若令遠至加倍需藥四十劬若令遠至四倍需藥一百六十劬是也

問除砲火之外更有何物與此同理

他物亦有所阻

答無論空中水中所行之物均按此理也即如輪船之火力必須勝於水之阻力其船乃可前行舟行之緩也力雖小而分流讓之似不甚阻漸疾漸阻迨極速則濤湧而阻若堅物須大力破之又如以手探水緩入之似不覺其阻驟擊之若木石然人之泗水也緩

入亦不甚礙儻由高處驟落則如墜木石之上甚至損體傷生至天氣雖較水尤柔亦有此理可證也如砲子放出依人而過雖未侵體而其人仆殞驗之無痕俗以為砲子熱吸之故或謂火藥有毒之故皆非也蓋砲子太疾將天氣逼壓如堅物然無暇分讓故力大而斃命也

雖行甚疾仍有限制

問物行之疾亦有限制否

答凡空中水中行動其物漸快其相阻之力既以漸加而較速久之勢必均勻其物不能再加速也即如於深海墜一石塊必漸下漸速而其水力之相阻亦漸

漸加增及墜至於數百丈之深石之墜力不勝阻力
二力均勻故石不復再加速矣惟以後遲速適中而
均勻下沈海底而已天之隕石其石入天氣下墜被
天氣所阻亦然至於人所製造其行動遲速更有限
制

問人造之器機行動更有限制何謂也

答無論何等巧妙器機其疾仍有限制也一在糜費浩
繁一在勝力有限即如舟車槍砲悉藉火力欲速一
倍須加火藥柴薪四倍至極速之候火力已甚大矣
尤欲速之又速其糜費何所底止舟車砲位雖以堅

極速則費大而危甚

鐵爲之迨冲催之力加至數十百倍總有迸裂之患
物力非無窮也而自人用之應有自然一定之節度
欲強過之勢必不能若謂其質加厚其力堅固在我
也不知亦有定限假使逾限雖加粗厚亦無所益即
如鑄砲一事砲膛空洞處若大過十四五寸其鐵雖
使加厚亦不能不出毛病法人曾鑄砲能放尺八彈
丸及放至第九次即致崩裂

問理既如此何法試驗

答曾有人以十八觔之砲子用火藥六觔大木爲標準
試之擊入木者四十二寸以藥三觔入木三十寸以

火藥
數種

藥一觔入木十五寸較其疾徐六觔藥之砲子一杪
內行一千六百尺三觔藥之砲子一杪內行一千一
百四十尺一觔藥之砲子一杪內行六百五十六尺
問火藥何物

答係硫磺焰硝木炭合而成者恆用之於槍砲也尤有
數種火藥以他料製之其力較大惟按上文所言火
藥雖加而砲子之力仍有限制無甚大益且因費鉅
不如用硝磺之藥為佳也

問火藥之力何如

答以藥入於槍砲筒中每方寸有一萬五千觔之力故

力由
化氣

槍砲之出路壅阻或至炸裂

問火藥有此大力何故

答因藥粒見火化氣顆顆驟漲也故火藥須分顆粒不
得混成一塊亦不得細若塵砂而砲藥較槍藥顆粒
尤須粗大以其用藥多而透火速也造火藥之法
詳見化學

槍式
宜省
藥力

問槍式何如始能及遠

答其長短以藥力在內用盡為度其鉛丸脫口而出甫
能直行而及遠儻較短則藥力於出口後猶勁勢將
鉛子爆散而無準其丸須與槍筒大小適合微有空
隙斯漏火洩氣而力消矣邇來有用尖頭鉛丸者其

後微有凹形藥力爆開使其丸漲滿槍口無漏洩之弊
甯中復有螺絲繞槽令鉛丸出口後旋轉而行直而尤準能及三四里頗驗

製造火器自有他書此因論力而及之耳

卷五力學上章凡一百七問

第五卷力學

力具分類

下章助力器具
問何謂助力器具

答人力所不能勝者運以機關即能勝矣至機關之式不一雖不可枚舉而推測其理要不出此六者如槓桿斜面輪軸滑車尖劈螺絲是也
巨石重物人不能移則用槓桿舟車裝載重物須置斜面井中汲水則以輪軸重物提上則以滑車或劈大木或起巨石則以尖劈如用壓力則以螺絲且六者之中復分二類槓桿斜面為首其餘四者皆由是而生也均可以木

爲之而他物亦可惟須其式相合耳

問以上六者分用合用何如

答分之而各有其用合之而其用尤妙其力愈大凡奇妙機關莫不由此六者合而成之也

問槓桿何物

答不過一長木而已惟須有倚所則巨重之物均可以之挪移而不費人力也

問倚所應在何處

答無定在也蓋槓桿有三處喫緊倚所所在一也重物所在二也用力之處三也三者互相調換有倚所在

論槓桿

三種槓桿

計力通例

倚所

中一頭重物一頭用力者有倚所在彼重物居中此

頭用力者有倚所在此重物在彼中間用力者槓桿

遂分三種

五問其力何法測量

答槓桿分作兩頭需用之力與需動之物正如兩頭長短之尺寸倒比也即如此頭較彼頭長一半用力可

省一半三種均歸此例也

問倚所在中何如

答倚所在中兩頭長短均勻則用力與重物分兩自宜均勻無所省力矣若倚所偏近重物則此頭長而需

用之力小，即省力矣。若倚所偏近用力之處，則此頭短而需用之力大，反費力矣。總之彼頭尺寸，以此頭尺寸分算，即得需用之力也。見十七圖

問何謂也。

答：假使槓桿長有丈二，倚所去重物四尺，以八分四應得二數，便知此頭所用之力較彼頭有加倍功效也。如重物若干，需用之力一半足矣。若倚所離物三尺，以九分三應得三數，則此頭之力如加三倍矣。故省力三分之一也。若倚所離重物半尺，則力加三十三倍。因一丈一尺五，係二十三箇半尺也。餘可類推。

在重物中

問重物在中何如。

答：亦此法也。蓋槓桿之兩頭，仍從倚所量起，即如圖中丈二槓桿，重物中間離靠二尺，甲丁為一頭，丙丁為一頭，其需用之力六分之一也。如此頭一觔，便抵彼頭之六觔耳。見十八圖

在用力中

問用力在中何如。

答：仍用此法，自倚所量起也。如圖中甲丁為一頭，丙丁為一頭，甲丁相離二尺，丙丁相去丈二，需力加六倍。是反費力五倍矣。與上文理同而事反也。此等槓桿不甚多用，惟不得已而為之耳。見十九圖

稱理之

問兩頭彎曲不直其力何法測量

答曲直無所涉也其力全在上文所言三處相距之遠近耳故算兩頭之長短不必循其彎式惟據直而量其遠近斯得之矣於臂膊之屈伸可驗之

問除移重物槓桿更有何用

答其用不一即如壓物令堅實權物知輕重蓋天秤與稱皆槓桿也天秤之倚所居中砵瑪即力與所權之物分兩均勻若稱則倚所偏近重物錘即力也故雖小錘可權重物所畫筋兩度數亦按上文測量需力之理至有所用多物隱具槓桿之理人自習焉不察

耳見二十圖

自來槓桿

問肢體之中有近似槓桿者否

答如人之下頰臂膊亦槓桿也口啣重物耳前開合之處即倚所也頰上聯筋用力處也若手持重物臂膊伸平則倚所在肩後大筋用力在中均為第三種槓桿也

數槓相連

問以數槓相連何如

答愈省力也即如丈二槓桿二具此槓倚所在中離重物二尺則力加五倍矣復以此槓之長頭為重物將彼槓之短頭為力按於其上如倚所亦離二尺又加

格物入門

卷五

力學下章

助力器具

三

省力
需時

力五倍二槓合用共加力二十五倍也見二十一圖
問數槓連合其力何法測量

答與單用一理惟將各槓短頭相乘長頭相乘其長頭
總數以短頭總數分之即知其加力之倍數矣如圖
中二二得四四十為百以百分四為二十五倍是也

^{十五}問以槓桿運重物其快慢何如

答與其所省之力相反也省力愈多運動愈慢即如丈
一槓桿以倚所離重物一尺則用力百觔可以運行
千觔重物此力加十倍矣然長頭行十尺短頭止行
一尺故此頭需時十倍方行十尺若倚所離物半尺

需時二十倍也故積時若多雖萬觔之物一夫之力
可使在山矣

論輪
軸

問輪軸何物

答輪與軸相合也軸有繞索可懸重物輪上亦有繞索
使之運動拽物上行見二十二圖

問若無轉輪軸上加柄若轆轤然何如

答其理無異也其柄繞行儼若轉輪之運動柄繞一周
正如輪運一轉也見二十三圖

問輪軸何用

答以之汲水或礦窰之內運升土石重物以及行舟起

錨等事

問、輪軸與槓桿、何以相似、

與槓桿同理

答、如將其柄按平、靠頭在丙、重物懸於丁、用力在甲、則

甲丁儼成槓桿矣、不過較槓桿為活、可以周圍運行

不已、故甲丙愈長、丙丁愈短、則其力愈大、如甲丙長

一倍、力增一倍、假如有輪較甲丙大一倍、其間輻條

數十、及其轉動、恆有一輻如甲丙丁、然是如數十槓

桿循環不已也、故輪較軸大一倍、亦力增一倍、輪輻

之尺寸、以軸輻之尺寸分之、斯得之矣、見二十四圖

問、何為輪輻軸輻、

輪輻

計力通例

答、由輪之中心、直至輪邊、是輪之半徑尺寸也、自中心

畫一直綫、如車輻、然是為輪輻、將軸鋸開一片、如小

輪、然由中心至邊、亦可名輪輻、因特別之、故名軸輻、

問、輪軸之力、何法測量、

答、與測量槓桿之力同理、輪輻正如槓桿之長頭、軸輻

如槓桿之短頭、長頭尺寸、以短頭尺寸分之、便知增

力幾倍矣、即如轆轤四寸、柄長尺八、柄為輪輻、轆轤

半徑尺寸為軸輻、以十八分二為九、是增力九倍也、

問、輪軸數具相連何如、

答、其力愈增矣、與數槓連合其理相仿也、

數具相連

問、數輪相連、其力何法測量、

答、以各輪輻尺寸相乘、各軸輻尺寸相乘、以此數分彼數、斯得之矣、如大小二輪相聯、以大輪懸重物、小輪用力、大輪輻三尺六、軸輻三寸、小輪輻尺八、軸輻二寸、先以軸輻相乘、二三得六、再以輪輻相乘、又得六百四十八、復以六數分之、便知增力一百有八倍也、
見二十五圖

問、輪軸數具相聯何法、

答、其法有二、其一、以寬皮帶由此輪通過彼軸、此輪轉動、則彼輪亦隨之而轉、其二、輪軸之上、皆有鋸齒、犬

牙相錯、互相牽制、此輪運轉、則軸上之齒撥動彼輪、

令隨之運轉矣、見二十六圖

三五 問、舟中所用之輪軸何式、

答、以大木一段、其下有軸、可以轉動、置於船頭之上、俗名攬關、周圍有孔、可插槓桿、以便用力運行、軸上繞以巨纜、起錨運舟、兼起重物、見二十七圖

問、滑車何物、

答、亦轉輪也、外加繩索、以起重物、有死活之分、死者不能移動、活者可以上下移動、

問、以死滑車起物、能省力否、

論滑車
二種

答不能也、因於輪上繞以繩索、此頭懸物、彼頭用力、重
物若干分兩、需用若干力也、蓋重物與用力、均倚於
一輪之上、不如輪軸之用力於輪、重物倚於軸也、設
若軸與輪大小相等、亦無所為省力矣、滑車亦如是
耳、死滑車原無所省力、惟重物藉之有倚、人力漸施
得便耳、見二十八圖

計力
通例

問活滑車省力幾何、
答重物隨滑車漸漸升起、則滑車兩旁二繩均勻喫力、
如百觔之物、彼繩喫力五十觔、此繩喫力五十觔、則
省力一半矣、見二十九圖

數具
相連

問以滑車數具相連何如、
答愈省力矣、惟以死滑車加於活滑車之上、省力仍不
過一半、若以活滑車二具相連、則省力四倍矣、總之、
視重物所倚之繩索若干條、便知加力若干倍也、
見三十圖

問滑車若有四槽數道、繩繞數匝何如、
答不過如重疊滑車耳、繩繞一匝、即為一滑車、其理無
異也、如圖中一木之上、繩繞三匝、重物懸於六索、可
知力增六倍矣、見三十一圖

以滑
車外
高

問以死滑車懸椅、人坐其上、自拽即能上升、何解、

答若他人拽之、靠一條索、力無省也、惟自拽之、係二索、與力正與活滑車無異、省力一半矣、蓋二索、與刀惟均、此頭偏重、彼頭自然上升也。見三十二圖

問滑車以馬力運物升高何如、

答若層樓之上、堆運重物、則於樓門之外、上下俱用滑車、以索懸物而馬拽之、升高、人在樓上取置甚便也、以重鏈擊椿亦用此法、拽起任之自下也。見三十三圖

問鶴頸稱何物、

答即天稱也、中國常用之天稱、不過亦槓桿之理、加以高架、以便升起重物而易地、若西國天稱、係軸輪與

稱 鶴頸

槓桿聯合、其上狀如鶴頸、極長、即名鶴頸稱、可以左右移動、頂設滑車、上加鐵練、繞於軸上、大輪之外、復有小輪、其外有柄、持柄運動、力大無窮、能將巨舟移置陸地、西國又有水中天稱、置於舟中、設有火輪機、關往來海口、移動重物、速且便也、西人欲造塔於高處、或因地有未便、先將塔於平地造成、復用天稱、提置高處。見三十四圖

問其力何法測量、

答以軸輪滑車二法相合而計之也、如甲丙丁三輪軸相連、甲乃外柄、長一尺、軸厚四寸、上有鋸齒、嚙於第

論斜面

二輪上如法計之力加五倍矣第二輪尺寸同前亦力加五倍二五相乘已加二十五倍矣迨第三輪尺寸加倍則力加十倍以十數與二十五相乘是二百五十倍也則柄上一人獨手用力百觔可起二萬五千觔之物矣復加活滑車其力又加一倍若再加滑車練索則加力無窮也

問斜面何物

答以板側置便於運重是也若道途之側者車馬由之漸至高處亦斜面之理耳

見三十五圖

問其力何法測量

答以其長高相比也其長短尺寸若干即以其高下尺寸分之假如車高三尺側板六尺以二百觔之物置其上用力百觔即可運動是省力一半也

問此理何解

答設有重物須起數尺如無物倚靠用繩拽之則物重幾何需力幾何也若以側板則省力矣板愈側力愈省也如重心在甲靠處在丁則甲丁係側板之力按上章分力之理分爲甲丙丁丙二力蓋丁丙係傍托之力甲丙係上擡之力二力合成甲丁之力故板愈直則甲丙之擡力愈小迨其板直豎則甲丙無擡力

釋其用明其理

矣板愈側則丁丙之托力愈小迨側至平放則丁丙無托力矣故其物穩立不動按此理道路或平或側所費所省之力可計也 見三十六圖

省力需時

問以側板起物快慢何如

答如上文所言板愈平側其力愈省而物起愈慢即如重物在己稱錘在戊稱錘下墜則重物隨板上行若重物直上則物至丁錘必至丙矣惟側板較直綫加長故稱錘須下墜過丙其物方能至丁側板較丙丁加長一半則稱錘必須多下一半其力省一倍矣故力愈省物行愈慢也 見三十七圖

論尖劈

問如側板長七尺高二尺省力若干

答仍從前法其長短尺寸以高下尺寸分之即如七分
二是三有半也便知用此板加力三倍半則一觔可抵三觔半矣

問尖劈何物

答亦斜面也有雙面者有單面者如以單面尖劈放平橫釘於重物之下使之漸高亦如上文之使物隨板上行耳但前文係物隨板而行此係木依物而入理同而事異也 見三十八圖

問尖劈何用

釋其用明其理

答、劈分木石、掀起重物、

問、以雙面尖劈劈木何如、

答、如以單面尖劈二具平面相合也、見三十九圖

問、以尖劈掀重物何如、

答、以單面尖劈二具倒合、左右並進、則其物直上而不

偏、若起屋柱是也、見四十圖

問、其力何法測量、

答、與斜面一理也、以劈之長短尺寸、用厚薄尺寸分之、

假如長一尺、厚二寸、則加力五倍、厚一寸、加力十倍、

蓋尖劈之厚薄、即斜面之高下也、見四十一圖

計力
通例

論螺
絲

問螺絲何物、四十五

答、其式圓形、周圍有紋、旋轉如螺、亦與斜面同理、

問、何法試驗、

答、以紙剪作斜面之形、寬頭捲於筆管之上、周遭即螺

紋也、見四十二圖

問、螺絲何用、

答、其用不一、以之代釘尤便、由漸而入、不致裂木、又可

隨意出入、活便多矣、更以之造壓物器具、見四十三圖

問、其力何法測量、

答、既與斜面同理、則周圍一轉、即一斜面也、不過如斜

計力
通例

面接連之耳故螺絲一轉即斜面之長短螺紋之疎密即斜面之高下周圍尺寸以疎密尺寸分而得之如周圍一尺螺紋一寸則加力十倍螺紋半寸則加力二十倍

問其上加柄何如

答其理仍無異也不過多增一槓桿耳直如槓桿與斜面聯合其力甚大也欲算其力即將其柄周圍繞行之尺寸作為螺絲周圍之尺寸故柄愈長力愈大也

見前圖

方具合用

問助力器具合而用之何如

答無不可聯合也或二者合成或三四合成或六者合成要在擇地而用之故器機之巧皆由各具合而成之也即如設法能使一夫之力拽巨舟於陸而修理之於架設轆轤其柄較長其軸上有凸出螺紋下設輪軸輪邊有鋸齒與螺紋相齧軸上繞以繩索下貫滑車以繫於舟復設側板下托船底將轆轤轉動而舟自拽上此係四者合成欲測其力即如上文所言之法也

見四十四圖

問助力器具所省之力從何而生

答從其行動時刻快慢而生也蓋力愈省行愈慢係以

省力需時以時究力

時兌力耳

問何謂也

答即如槓桿起物短頭愈短則物行愈慢斜面運物其板愈平則力愈大然必須加長則物起亦慢至尖劈起物亦然螺絲則紋愈密力愈大然須繞轉多而亦是亦慢矣即如輪軸軸愈細力愈大亦須迴繞多而亦是始上升一尺此力愈大行愈慢以時兌力之謂也夫人力有限而時刻無限急則迫而力少緩則分而力多是誠在我矣彼百鈞之物豈一夫所勝哉使其分

而運之不過往返需時耳如遇囫圇重物難於分運則以助力器機酌而用之自有慢中功效也觀器機之助力無窮似無不可移之重物矣要之省於力費於時也

問以上力具總歸於幾

答按其形而目之則分而為六按其理而論之則合而為二槓桿斜面是也輪軸滑車與槓桿同理尖劈螺絲與斜面同理

問藉自然之力運行器機何以通之

答大抵以輪通力也即如藉流水之力使輪旋轉用以

以輪通力

六種歸二

運磨鋸木等事，藉風吹之力，亦需轉輪，藉蒸汽之力，亦需轉輪，有物專為擊椿而設，係藉蒸汽地吸之力，亦以轉輪通之，將重鏈拽上，驟然放下，其力甚大也。至鐘表之轉輪，雖多，其用無他，惟取通力而已。或藉鋼條張開之力，或藉鐘錘下墜之力。

問鐘表紀時何理

答：以其動盪有一定之疾徐也。茲於鐘表機關，固不詳論，惟因其力本於自然，動有節度，取其與力學相涉而畧言之也。

問紀時最準者何物

答：星辰也。以其運行毫無紊亂，早晚顯見，俱有一定之時。至於日晷能定時刻，皆因日之運行有定也。

問古人何以紀時

答：以水火紀時，即如銅壺於若干時，滴漏若干水，又如然燭於若干時，燒去若干長，與今之更香畧似，然均不若鐘表之準耳。

問鐘表憑以何力

答：其力有二，一藉地球之吸力，一藉鋼條之張力。

問藉吸力何如

答：鐘擺之搖動，無或快慢，係賴地之吸力也。鐘錘下墜

鐘表動無快慢是以紀時

其力有二

而重所以助擺之不足亦藉吸力也

問以擺條為自鳴鐘昉自何人

答四百年前意大利人嘎里婁者於禮拜堂靜坐偶見

懸鐘擺搖不定往返無差因而悟得以擺為鐘之理

問鐘擺之理何如

答其理有二擺條一起一落高低均勻一也所行之道

無論長短須時刻無殊二也

問其一何以言之

答如以鉛丸自側板下滾愈下愈疾若更有側板相對

則其丸上行必漸上漸緩然亦應上至等高也惟因

鐘擺之理

起落高低均勻

由此過彼必改道有觸而失力且二板之上均有摩

擦阻礙故難上至若于高設若二板之下相連如半

圈之式則鉛丸上下均無觸阻再能光滑無滯又無

風氣等物阻撓自應往返無已時也如分力之理一

力分一一豎一橫則物置側板其直墜之勢乃側板

之高也其平行之勢乃側板之底也故其下滾至地

之候其速與直墜至地無異上文曾言物之下墜與

上行其力均勻是以物由側板下滾仍應由側板上

行若干高也

問此與鐘擺何涉

答、理相同也。若以其丸懸之，即鐘擺也。其往返搖動，正如半圈之式。若無阻礙，必上下均勻，搖之不止矣。問其、二何以言之。

其道長短無殊

答、蓋半圈之形，其高處如直上直下，其低處似平。所行之道愈長，必向上愈高，而下墜之勢疾，故上行亦快。所行之道愈短，必向上較低，而下墜之勢緩，故上行亦慢。是以合而計之，時無甚差。更有曲線名擺線者，可使鐘擺毫無差別。

鐘擺之用

問、鐘擺究屬何用。
答、定時專在此也。其餘輪軸機關，不過計其擺搖之次數耳。即如一杪內往返一次，每次放輪一齒，輪共六

鐘錘之用

十齒，外露小鍼，其鍼轉一遭為一分。如以數輪相聯，各運其鍼，或紀時刻，或紀年月，俱由此類推也。

問、錘助鐘擺何義。

答、鐘擺無力運鍼，復因擺條或被天氣阻礙，或因所倚之樞紐，漸漸摩揩，以致失力漸緩，須墜以錘上聯轉輪，輪齒齧於擺條之上，撥之，鐘擺本應漸緩，有錘助之，便不失力。上輪本應漸快，有擺節之，自能從容。則擺錘相抵也。此一錘之用，再加一錘，不過為擊鐘耳。問、擺條長短於其疾徐何如。

隨長短有疾徐

答、長則慢，短則快。須按重心計之。擺墜上移，則重心較

隨高
低有
病徐

近而短、搖動快矣、擺墜下移、則重心較遠而長、搖動慢矣、二擺之長短、即按其搖動之時刻、成方而比之、即如一秒動一次、計若干長、欲於二秒動一次、須加長四倍、三秒動一次、須加長九倍、
問、鐘擺搖動、有隨時隨地之改易否、
答、銅鐵之類、隨冷熱漲縮、故冬令短而快、夏令長而慢、因而不準、有法預防、已見上文、見火學上章若至極高之處、斯離地中漸遠、吸力較小、故擺行稍慢、如近南北二極、因離地中稍近、吸力較大、故擺行微快、
問、以鐘擺驗地球之形何如、

無擺
無錘
之鐘
表

答、地形非正圓、南北二極稍狹、畧如橘式、於赤道穿球度之、較南北大至八十里、係二十故赤道離地中較遠四十里、是以擺條於赤道、應較南北二極行動稍慢、曾有法國人、以有擺之鐘、至北極相近之海島、考知其條須加長一分、甫能有準、
七十
問、自鳴鐘有擺而無錘、憑以何力、
答、有鋼條屈盤、其張開之力、以助鐘擺使之不停、亦如錘之力也、
問、鐘表之無擺無錘者何如、
答、其力由法條而生、又有擺輪、搖動以節之、若非往返

轉動必致漸快而不準

問、助力器具本藉何力、

答、既云助力、則第能幫扶、本器自無力也、惟藉器外之力而助之、至本原之力、其類雖多、要歸於三、即死物之吸驅、與生物自具之力也、

問、死物之吸驅何謂也、

答、五行之質、皆為死物、其力多由吸驅而生、即如電氣能運行筆槌、以通音信、力由吸驅也、水之就下、有力、可使轉輪運磨、造作一切、究之亦由吸力也、其所以就下之故、因地之吸力使然、設無吸力、水必不流矣、

本力有三

死物吸力

風有大力、能行舟渡海、亦由吸驅、蓋其輕而升為驅、重而降為吸也、蒸汽有大力、運行各類機關、以代人工馬力、亦由驅散、蓋火生熱、使水化氣、沖催之力、生乎此也、人能藉重物之分兩、以助其力、亦歸於吸也、若非被地所吸、斯無分輕重矣、是知死物之有力運器、均不外此二種也、

問、生物自具之力何謂也、

答、神妙難言也、人第知有此力、而不知其所以然、即如人身之血液、約二三十觔之多、百體之內、半刻運行一周、而巨絡之血流如矢、儻破一孔、不啻水法之出

生物自具之力 於血之驗

於筋 驗之 力在 善用

管激流跳濺則其力可由斯會悟矣蓋由方寸之心君一翕一闔而生之者也至於心不過彈丸之肉何以遂能翕闔若是實難測其端倪第知為生氣使然耳血液之周流恃乎絡而肢體之運動則藉夫筋筋由腦髓發源分布百體四肢之伸屈悉本虛靈所指揮雖有重物念甫動而手即能持是力原於心不過以四肢為助力之器具而已夫生物自具大力以及萬物之力各協其宜洵屬莫之為而為者豈非造物之陶融而默運之哉

七五 問此三力可隨意用之否

器能 助力 不能 生力

答由近及遠無不可用也惟在知識之淺深耳即如人身本有其力雖野人亦能用之但不如練習家之善用耳迨教化微開擴而充之人力繼以畜力驟馬之迅速駝象之任重是也推之用水風之力甚至於行舟楫運機關嗣知火力尤為利用人畜之力有限而水風與火之力無窮也彼野人雖眾惟知自用其力如羣牲何如格物明察之家驅役五行之為力無限耶

問助力器具能生力否

答雖云省力其實不能生力也器具均屬死物或藉之

使人力可通於外、或藉之令天地之力為我所用、所謂助力者、通力也、若無此具、雖天地之力甚大、則梗塞而不為人用矣、即如萬劬巨石、人力所不能勝、用槓桿則易於移動、蓋巨石之重而難移者、因地力吸之也、人以槓桿長短在我、任意施為、以身壓之、是藉槓桿以善用地之吸力也、餘可類推、器具均不能生力、而宇內所有之力、亦不能增減、惟因器具可善用之、故碑公云、智乃力也、

力能預儲以待用時

問、人既善用物力、能預儲以待用否、
答、亦智者能之也、或漸蓄大力、緩緩用之、或驟積大力、

漸漸用之、或漸蓄驟用、均無不可也、

問、此理何法試驗、

於水驗之

答、其法甚多、姑舉一二、即如築隄蓄水、或漸放、或驟洩、

均有大力可用也、其傾瀉之勢、若決江河、沛然莫之能禦、不過由小小來源、積漸而蓄之耳、此於水驗之也、

問、其二何也、

答、如以石擊椿、滑車之上繫巨石、緩緩拽起、陡放而擊之、上慢而下快、力若甚大、不知無論上下、其力惟均、上拽、人力也、下擊、地之吸力也、蓋將人身之力、節節

於地吸力驗之

於物
之張
之力
之驗

積蓄以變易地之吸力耳。假如一拽，祇有十觔之力，百拽即蓄力千觔矣。此於地之吸力驗之也。

問其^平三何也。

答：即如自鳴鐘之上絃，其錘上快而下慢，然其上其下，力亦維均。此將大力積蓄由漸放出也。又如鐘表之無錘者，力由鋼條之屈盤，此於物之張力驗之也。

計力
之法

問：計算物力，以何為則。

答：以一觔之重，起一尺之高為則。即如一夫之力，足將十觔重物，起至一丈之高，一杪一起，由朝至暮，約五時之久，一馬之力，足將五十五觔重物，起至一丈，一

計力
之通
例

杪一起，斯較五人之力，尤多矣。總之，欲算各力，即將起重若干，與需時若干，互相較量，斯得之矣。

問：測量物力，何法計之。

答：將起重之分兩，與上升之尺寸，二數相乘，便知物力之總數矣。

問：何法試驗。

答：以繩懸二百觔重物，視其繩緊若干，復以此繩為重車之驂，令馬拽之。如其緊與前無異，便知此馬用力不過二百觔也。行地若干遠，與將二百觔升若干高，一般，即如用二百觔之力，行遠十丈，亦能將二萬觔

於車
之馬
之驗

之物起高一尺也

計力之用

問如此計之究有何用

答如有煤窰深六十丈有煤二百觔不知需力若干始能拽上以二數相乘即十二萬也一馬之力於一秒內能起五百五十觔高一尺是一分內能起三千三百觔矣以此數分十二萬為三倍有奇便知每分由窰內起二百觔需三四馬力也故以火輪機器為之亦須以此數計其大小又如火輪車重二十五噸一點鐘行三十洋里其鐵道之摩措阻礙有二百觔欲知此車有若干馬力先將其一分內行若干尺寸以

此數與二百觔相乘復以三千三百觔分之便知有十六馬力也

摩措之理

問鐵道之摩措其理何如

答其理有二其一所用之力必與其阻礙相稱力勝阻則行阻勝力則止其二其物加重若干倍其摩措阻礙亦加若干倍故欲計力數須統阻礙而核之也

問二物相摩何以有阻
答因物體毛光之不同也雖極光滑之物以顯微鏡窺之亦有高低不平若鋸齒然故相齧而阻
問摩措阻礙何以防之

答凡物同則摩益甚以其一般體質不平之處如逗筍然故造機器之輪軸必兼用二種材料二物相摩而滯以油潤之因其能將微隙墊平故耳凡物平摩面愈狹阻愈小若轉輪過物輪愈大斯阻愈小

摩阻有益

問摩阻既致費力尙有益否

答雖覺費力實能助力也設無摩阻之理則力無所施矣即如馬行於冰蹶滑而不能引重火輪車道結冰則輪雖轉而不得前行若無摩阻之理則手不能持人不能立建室植基亦必不固而萬物將失所矣

問諸材之力何法試驗

材力不同

答各種材料其力大相懸殊製造機關頗有干涉故相

物家必以各料悉心試之即如以五金爲長條厚不滿分鉛條懸二十七觔黃金懸一百五十觔白銀懸一百八十七觔白金懸二百七十四觔紅銅可懸三百觔鐵懸五百五十觔以各木製成長條厚一寸黃楊之力最大能勝一萬四千觔印度硬木次之懸一萬二千觔生鐵照此式不過懸一萬六千觔若鋼條能勝十一萬四千觔復以金木石各類以重物壓之較其勝力若干則以生鐵爲最

物形與力相涉

九十
問諸材之形狀關乎其力否

各物入門 卷五 力學下章 助力器具

答甚有關涉也。即如薄片之形，平放則易曲，易折。若橫而立放，則堅固而難損。此理易明，人所共曉。至被壓如屋梁之類，兩頭不如居中之喫力也。雖兩頭尖狹，居中粗闊，亦一般勝力。然各料不論何式，實心不若中空之勝力尤大也。

問空管勝力，此理何用。

答近來西國之為巨室者，多係鐵柱，薄而室中，省料而勝力。英國依近有小島，其間海港闊一百五十丈，以鐵為空管橋，濟火輪車也。其內式如空管，高二丈五尺，火輪車數十相連而過，重有二百八十噸，其橋管

空管之式致能勝力

下壓而灣，不足一寸。美國北方有英之屬地，中隔大

江，闊六里，亦以鐵管橋為火輪車道。

問此理於何物驗之。

答五穀草本，貴在子粒，不在莖也。取莖之勝穗而受風耳。故雖空其中而仍有力。人畜之骸骨，禽鳥之翎毛，俱空中者，取其輕而有力也。因格物漸精，始喻空圓有力之故，而造物已先我而為之矣。

於物驗之

卷五力學下章凡九十二問二章共一百九十九問

音代文效而步... 夫...
 於空中... 其...
 其中... 而...
 音代... 本... 其...
 音代... 其...
 音代... 其...
 音代... 其...
 音代... 其...
 音代... 其...
 音代... 其...

力學雜問

一、問物之行曰快曰慢其義何也

二、問物之有動力何謂

三、問物有動力何法計之

四、問一力而令物有慢快何法變通

五、問物之動靜何為自然

六、問物之動而止似乎自然何也

七、問其動而止其靜而動何故

八、問馬忽止人過馬頭向前而仆馬忽奔人落馬後何也

九、問以筭帚蘸水向上旋轉其水四圍飛濺何也

問石磨旋轉過快多致碎裂其故何也

問地球日轉如磨設若忽然加快數倍其上所著人物

將見何如

問地繞日年轉一遭設其運行加快所行之道將見何

如

問令地不離道人不離地其力何在

問物有分兩勝之頗覺費力何也

問物之輕重相殊何也

問輕物墜地不如重物之快何也

問若能以巨石移近月輪能復墜地否

問物離地高低其分兩有增減何也

問百斤之物移至數千里之高稱之仍屬百斤毫不相

差何也

問地既圓形海水仍能蓄為四瀆不致流散何故

問曰上曰下何義也各處之上下相同否

問以泥石重物裝入倉底船乃平穩何故

問以車載薪其勢過高則車易於翻覆者何也

問常行不止之器人力不能為何故

問星宿運行未見漸遲何故

問水工誇其船快曰曾有人自桅頂墜下船已馳過人

竟落水此言何以辨其非

問水工誇能曰曾於海中適值風息便設風箱吹帆前行此言何以辨其非

問若曰使風箱向後吹其船即向前行其言較為近理何故

問人不能自提其鞵連身同起離地何故

問二船迎頭相觸較之一動一靜其勢更危何也

問二船同一方向一時行六十里一時行四十里其相

觸之勢若干

問二力相合之理與星宿運行何涉

問一力分二與船之航海何涉

問直上放槍其丸逾十杪方回能高至若干尺寸

問物之墜地疾徐何法計之

問物之上擲疾徐高低何法計之

問物之平擲循彎綫而下何也

問鉛丸砲子其力何法度量

問風氣之阻礙何如

問天氣既能作槍究不如火藥之便何故

問三百斤之物二人擡之其一力弱只任百斤須使物

離肩若干遠近

問輪大八尺軸大一尺當增力幾倍

問輪軸數具相連首輪七尺其軸二尺二輪八尺其軸

一尺三輪九尺其軸三尺當增力幾何

問活滑車四具連以一索當增力幾何

問牆高一丈一人能將百斤之石直拽而上若用四丈
之側板極滑無阻能起若干分兩

問有螺絲其柄長三尺其螺紋相離三寸當增力幾何

問火輪車裝貨六十墩一點鐘行一百里能抵若干馬

問力

力學雜問凡四十七則

