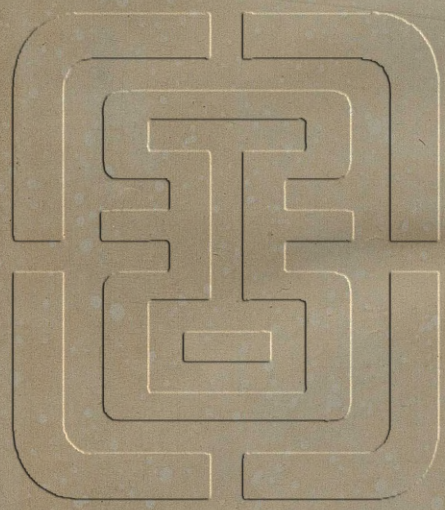


21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39

科 10  
8886.1  
15



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

行之速

力可變通

被載借力

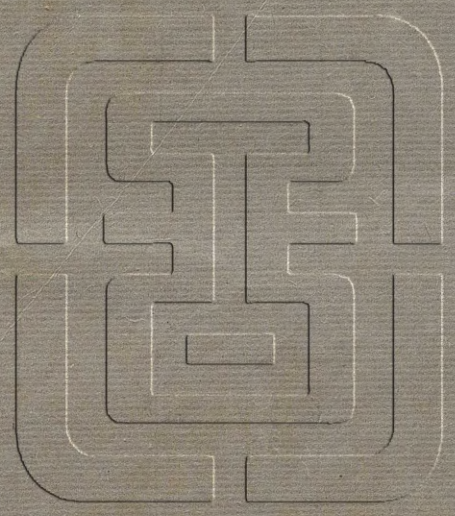
物不分於動靜

無自行之器

物之漲縮

物之輕重

物之升降



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

論離中毗中之力

地不失位之故

地形如圓球之故

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

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

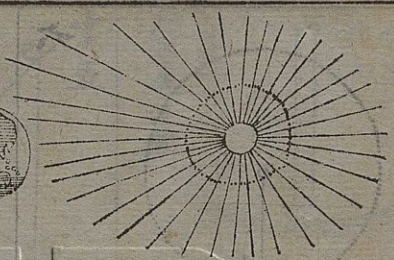
摩阻有益

材力不同

物形與力相涉

空管之式致能勝力

於物驗之



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

力學上章

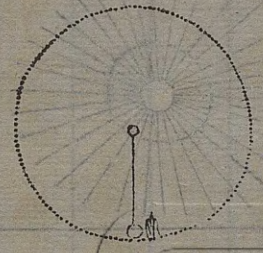
論力推原

各物一門

五 盃水隨輪而轉蓋離中之力與吸力相抵也

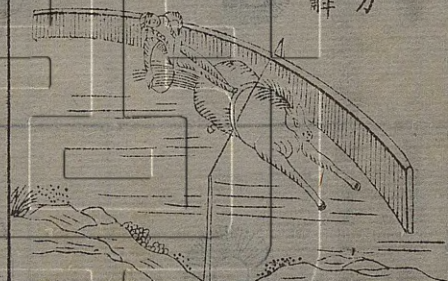


六

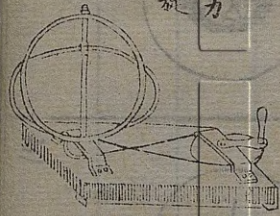


離毗二力均勻圖

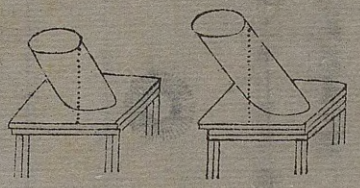
七 離毗二力均勻馬解可驗



八 離中之力於活圖旋轉可驗



九 重心於底內則立重心出底外則仆

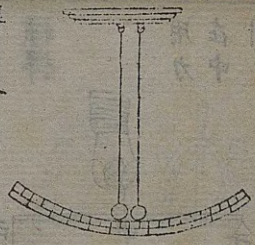


十 畢撒斜塔

勢欲傾仆由來穩固



十一



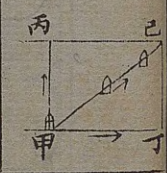
得力失力圖

十二 分力合力圖

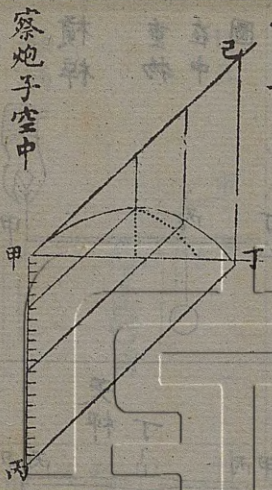


十三

渡船過河圖

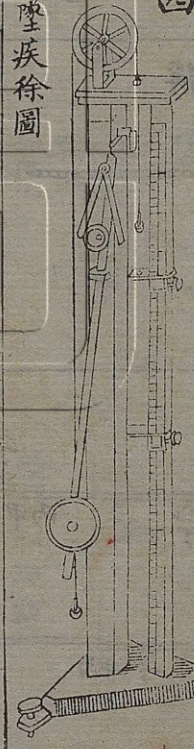


十五

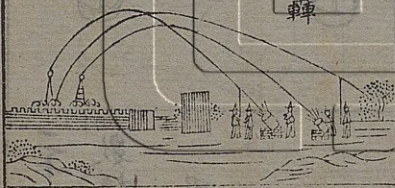


察炮子空中應行路徑圖

物墜疾徐圖

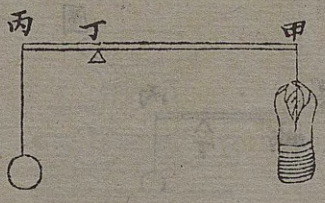


十六 炸炮轟城圖



十七 槓桿

靠頭在中



十六

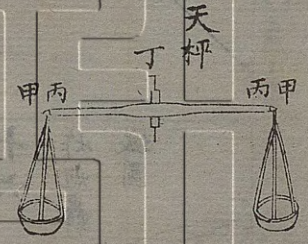
槓桿

圖在中重



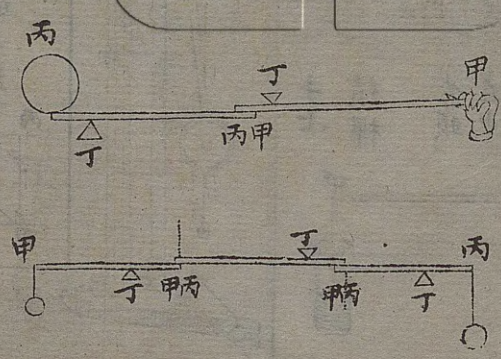
二十

天秤



二十一

數槓相連圖

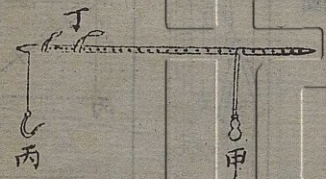


十九 槓桿

圖在用力中

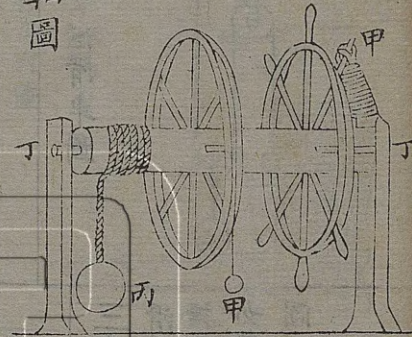


稱



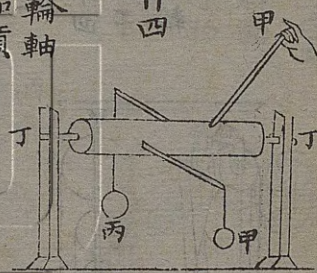
廿二

輪軸圖



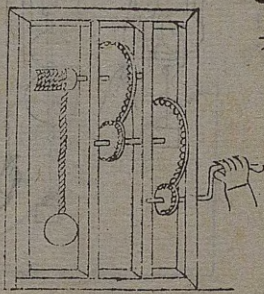
廿四

輪軸如槓桿圖



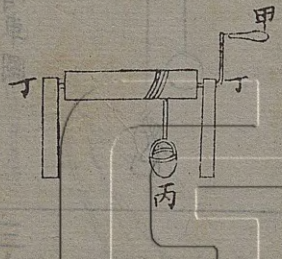
廿六

輪軸以鋸齒相連圖



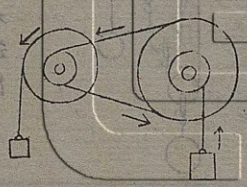
廿三

軸柄如輪圖



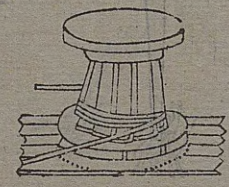
廿五

輪軸以皮條相連圖



廿七

攪關如輪軸圖

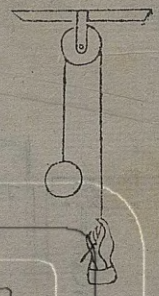


力學下章

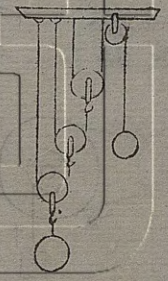
助力器具



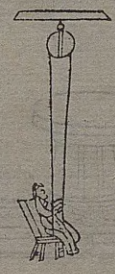
廿八 死滑車圖



三十 滑車相連圖

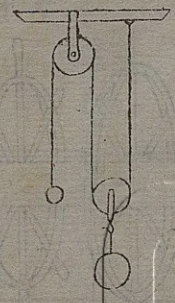


三十二



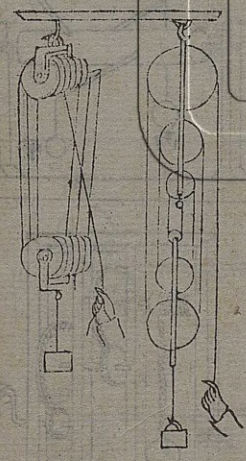
滑車自拽  
上升圖

廿九 活滑車圖



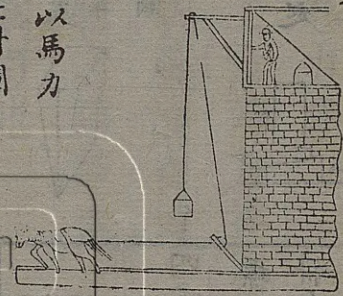
三十一

滑車四  
槽數如  
數輪圖



三十三

滑車以馬力  
運物上升圖



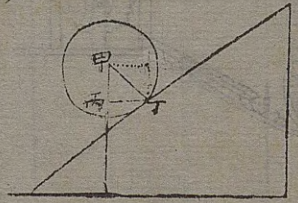
三十五

斜面  
運物圖



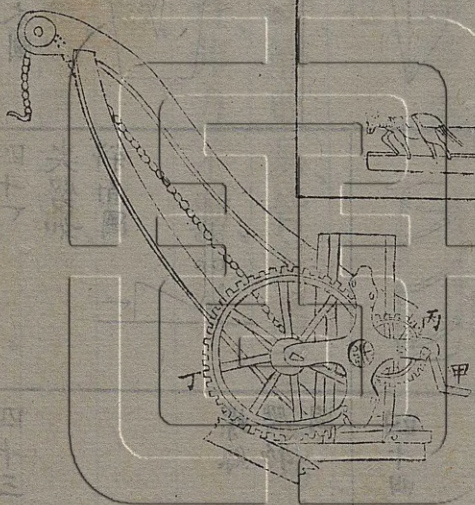
三十六

斜面分  
力圖



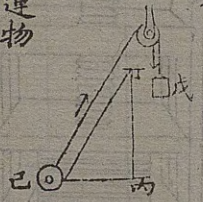
三十四

鶴頸  
天稱

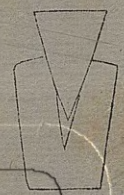


三十七

斜面運物  
疾徐圖

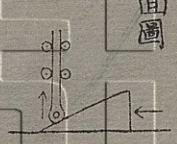


三十八尖劈劈木圖



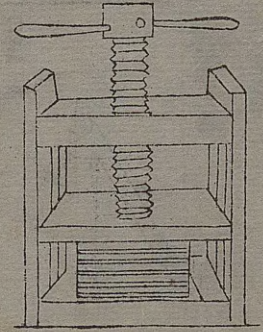
四十一

尖劈如斜面圖



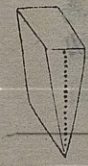
四十三

螺絲壓物圖

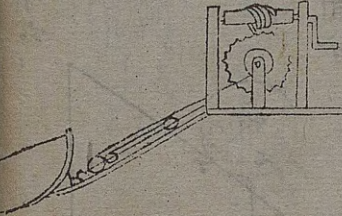


三十九

平面尖劈以二合一圖

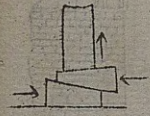


四十四

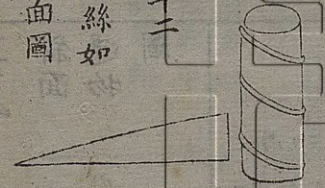


四十

尖劈起柱圖



四十二 螺絲如斜面圖



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

行之速

各物之用

力學上章

論力推原

答、以路之多寡、時之長短、而比之也、卽如一馬一時能  
行二十里、一馬一時能行四十里、此馬便較彼馬快  
一倍矣、

動之力

問、物之行動、其力何法度量、

答、將其分兩與其快慢相乘、卽知之矣、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、卽可借之、隨意變通、  
或以輕物而運重、或以重物而施輕、互有功效也、卽  
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

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

漸動漸靜

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

問被物所載而借其動力者何也

被載借力

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卽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

力熱互易

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

問、以力止動物其力歸於何處

答、化爲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

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

物不分於動靜

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

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毋或早

遲正此理耳

問、恆行永無停止之器人能爲否

答、力學上章 論力推原四

無自行之

動有三阻

答不能也會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

物力有三

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

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

物之漲縮

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

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

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

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

物之軟硬

物之輕重

論地球吸力

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、卽如寸水化爲尺餘之氣、其本體之微質、無所增加、故其吸力亦無所增加也。

問、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、不第下墜沉底爲吸力、卽上行高浮亦吸力也、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、

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。卽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  
之大小卽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

答宜有之也卽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  
過一觔耳此卽上文所言成方倒比之數也

物之輕重  
按地心遠  
近

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、

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、

始論吸力

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

月被地吸  
繞地而行

問地既吸日月亦吸地否

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

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閒止

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卽

地被月吸  
致有潮汎

論潮汎

日月如

向背皆潮

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

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

日亦成潮

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

潮分大小

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谷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

大潮之故

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

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、

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

小潮之故

潮是也、蓋祇憑月吸耳、見第四圖

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

潮汎疾徐

之起  
目下

谷、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

七

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、

月不失位之故

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

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

論離中毗中之力

此不

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

地不失位之故

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熟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

中之氏

合毫釐不爽也 見前第一圖

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

地形如圓球之故

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

此亦設問

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

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

問物之重心必於其底上下相對方能立穩何法試驗

答以瓢一方可使立住者以其形體方正重心直在底

重心偏則不穩



上也若微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潤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爲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畫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

推論第二綱

推論第一綱

動物三綱

測重心之法

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令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

推論第三網

問第三網之理何法試驗

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勻之驗也

問有人以重物壓腹復以鎚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鎚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鎚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<sup>七十</sup>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。卽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卽以二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卽以二物之動力所差復以二物筋兩分之亦可悉其快慢矣卽如二鉛丸輕重惟均一在一秒內行一百丈一在一秒內行二百丈若順而觸之一秒內必俱行一百五十丈也若對面觸之一秒內俱行五十丈矣卽上文所言用力若干必有力

相抵也

問此理何用

測砲子之疾徐

答、卽如火槍之鉛丸、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、卽可算而知之、如木重八百兩、被觸後一杪行至四尺、卽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、

問、物之斜觸、其理何如、

斜觸觸回二角均勻

答、必相離而改道斜行也、相觸相離、二角均勻、卽二物空中相逢、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

問、物之相觸、其有無躍力何別、

有無躍力相觸有殊

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、或此物較彼物爲慢、至倒行者有之、與靜物相觸、小則慢、大則返、等則止、

問、物有躍力何謂也、

闡明躍力

答、物之擲地而上躍者有之、不能上躍者亦有之、卽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甬之可以  
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

論力之分合

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

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逕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十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

遠耳 見十三圖

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衍有據夫各行星之運動莫不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



二力一用

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

問以二力爲一用費力否

論物之墜地

因輕重有疾徐

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纜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輒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

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各物莫不為地所吸其吸惟按物之高下不論重輕是問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

答因地之吸力時刻無間如牽之使下也故下墜漸快

耳吾二人各取一物其一向西自費氏矣其勢顯心

下墜之理

問物之墜地漸快何法測量人首向西非能之自皆代

答計一秒內下墜尺寸幾何由此即可推算矣若無風

氣阻礙則凡物於一秒內可墜一丈四也細放係一丈三尺七

寸於第二秒內必較第一秒其快加倍第三秒較第

二秒快又加倍餘可類推總之物之下墜於數秒內

欲算其尺寸若干即將秒數成方與第一秒落下之

尺寸相乘斯得之矣

問物之下墜於第二秒較第一秒其快加倍烏得知之

答第一秒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秒之中至第二秒雖地之

吸力中斷亦必較第一秒下行加倍也

比疾徐之法

墜物架

問若以鉛丸由高塔下墜三秒內落下幾何尺寸

答三三成方卽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卽

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

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

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爲慢然易於考察其理

無異也卽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

其疾徐之通例

力學上章 論力推原

答揆度其理復以上文之法試之便知物之下墜其杪數如一二三四則每杪下行尺寸如一三五七每杪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

<sup>九十</sup>問物之下墜五杪內應墜若干遠

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杪即與復回初落之

杪分寸相等依次而增至於臨落之一杪正與初升之一杪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杪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杪內可度九丈則三杪內自得二十七丈若從高

擲物上行之理

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

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

九五 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

測砲子遠近高低

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

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方準

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

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

砲子被天氣所阻

他物亦有  
所阻

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筋火藥能及若干遠若令遠至加倍需藥四十筋若令遠至四倍需藥一百六十筋是也

問除砲火之外更有何物與此同理

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

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

雖行甚疾  
仍有限制

極速則費大而危甚

極速則費大而危甚

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  
 答均勻下沈海底而已天之隕石其石入天氣下墜被  
 問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

鐵為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為標準  
 試之擊入木者四十二寸以藥三觔入木三十寸以



藥一筋入木十五寸較其疾徐六筋藥之砲子一杪內行一千六百尺三筋藥之砲子一杪內行一千一百四十尺一筋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恒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

<sup>百五</sup>問火藥之力何如

答以藥入於槍砲筒中每方寸有一萬五千筋之力故

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

<sup>更</sup>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  
箭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

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

力具分類

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

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

論槓桿

槓桿三種

計力通例

倚所在中

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二也若倚所離重物半尺則力加二十三倍因一丈一尺五係二十三箇半尺也餘可類推

重物在中

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

用乃在中

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

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、砝碼即力、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

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、

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

稱桿之理

自來槓桿

數槓相連

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、十十為百、以百分四為二十五倍是也、

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、

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

論輪軸

省力需時

錨等事

問、輪軸與槓桿何以相似、

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

二十  
問、何為輪輻軸輻、

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、

計力通例

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使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

滑車二種

論滑車

格物入門 卷五 力學下章 助力器具



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

三手 問滑車若有凹槽數道，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

問以死滑車懸椅，人坐其上，自拽即能上升，何解

以滑車升

答若他人拽之靠一條索力無省也惟自拽之係二索  
喫力正與活滑車無異省力一半矣蓋二索喫力惟  
均此頭偏重彼頭自然上升也見三十二圖六索

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

以重鎚擊椿亦用此法拽起任之自下也見三十一  
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

鶴頸稱

應具詳

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鑿於第

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

論斜面

三五  
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

釋其用明其理

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

省力需時

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

問以側板起物快慢何如蓋平丙稱錘

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幾倍矣故

力愈省物行愈慢也見三十七圖

問如側板長七尺高二尺省力若干見四十一圖

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

問尖劈何物四十

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

論尖劈

釋其用明其理

其是  
其用

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

四十五  
問螺絲何物

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

格物入門

卷五

力學下章

助力器具

四

計力通例

論螺絲

計力通例

信代

面接連之耳故螺絲一轉卽斜面之長短螺紋之疎密卽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卽將其柄周圍繞行之尺寸作爲螺絲周圍之尺寸故柄愈長力愈大也

見前圖

五  
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卽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卽如上文所言之法也

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  
以時充力

時兌力耳

問何謂也

答卽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是亦慢矣卽如輪軸軸愈細力愈大亦須迴繞多而是亦慢矣至於滑車若懸索數條則須拽過數尺其物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圓圖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爲六按其理而論之則合而爲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

答大抵以輪通力也卽如藉流水之力使輪旋轉用以

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樁而設係藉蒸汽地吸之力亦以轉輪通之將重鎚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

鐘表動無快慢是以紀時

五十五  
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

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  
問懸燈擺搖不定往返無差因而悟得以擺為鐘之理

鐘擺之理

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

各無論長短須時刻無殊二也

起落高低  
均勻

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

各則其丸上行必漸上漸緩然亦應上至等高也惟因

由此過彼必改道有觸而失力且二板之上均有摩

擦阻礙故難上至若干高設若二板之下相連如牛

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

力分二一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

其道長短  
時刻無殊

答理相同也。若以其九懸之，卽鐘擺也。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？

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。卽如一秒內往返一次，每次放輪一齒，輪共六

鐘鐘之用

十齒，外露小鍼，其鍼轉一遭爲一分。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擦，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，不過爲擊鐘耳。

隨長短有  
疾徐

問：擺條長短於其疾徐何如？

答：長則慢，短則快。須按重心計之。擺墜上移，則重心較

隨高低有疾徐

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、

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、

問白鳴鐘有擺而無錘、憑以何力、七十

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

無擺無錘之鐘表

本力有三

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、卽死物之吸驅、與生物自具之力也、

問、死物之吸驅何謂也、

答、五行之質、皆爲死物、其力多由吸驅而生、卽如電氣能運行筆槌、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、

死物吸驅之力

生物自具之力

於血驗之

風有大力、能行舟渡海、亦由吸驅、蓋其輕而升爲驅、重而降爲吸也、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、卽如人身之血液、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

於發驗之

管激流跳濺則其力可由斯會悟矣蓋由方寸之心君一翕一闢而生之者也至於心不過彈丸之肉何以遂能翕闢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神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

力在膏肓

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

器能助力  
不能生力

不請其  
器請其

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、即如萬觔巨石、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、

於水驗之

漸漸用之、或漸蓄驟用、均無不可也。

問、此理何法試驗、

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、

於地之吸  
力驗之

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

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<sup>半</sup>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。

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

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

於物之張力驗之

計力之法

計力通例

於車馬驗之

之物起高一尺也

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杪  
 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指阻礙有二百觔欲  
 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

全五  
 問鐵道之摩指其理何如

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指阻  
 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

問摩指阻礙何以防之



答凡物同則摩益甚以其一般體質不平之處如逗筭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而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格

物家必以各料悉心試之即如以五金為長條厚不

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為最

問諸材之形狀關乎其力否

物形與力相涉

空管之式  
致能勝力

答甚有關涉也。卽如薄片之形，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。

答近來西國之爲巨室者，多係鐵柱，薄而空中，省料而勝力。英國依近有小島，其間海港闊一百五十丈，以鐵爲空管橋，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

下壓而灣不足一寸。美國北方有英之屬地，中隔大

江闊六里，亦以鐵管橋爲火輪車道。

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，而造物已先我而爲之矣。

卷五力學下章凡九十二問二章共一百九十九問

於物驗之



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

問今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墮地否

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爲四瀆不致流散何故

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爲何故

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

問人不能自提其鞵運身同起離地何故

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

問有螺絲其柄長三八其螺紋相離三寸當增力幾何

問火輪機起重六十墩一點鐘行一百里能抵若干馬

力

力學雜問凡四十七則

