

河野為大編纂

動重學彈道論全

特 37

394

館 書 圖 京 東			
冊 號	五 三	架 函	類 部
	五 三		新 書 門

055613-000-3

特 37-394

動重學彈道論

河野 為大 / 編

M17

CAI-0267





# 彈道學



河野為大編纂

動重學  
彈道論

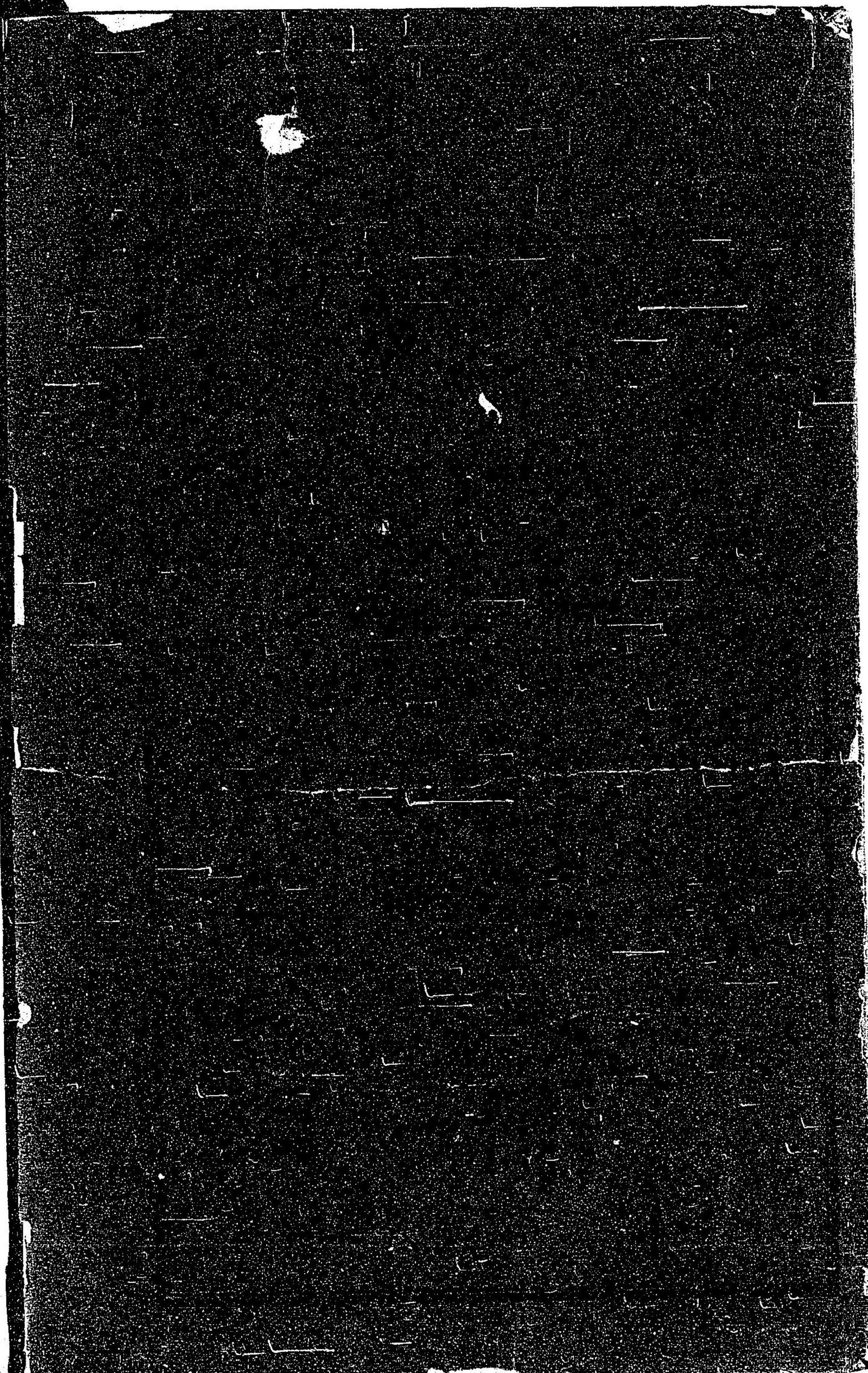
明治十七年  
三月新鐫

智堂藏版



特 37  
394  
印

少  
園





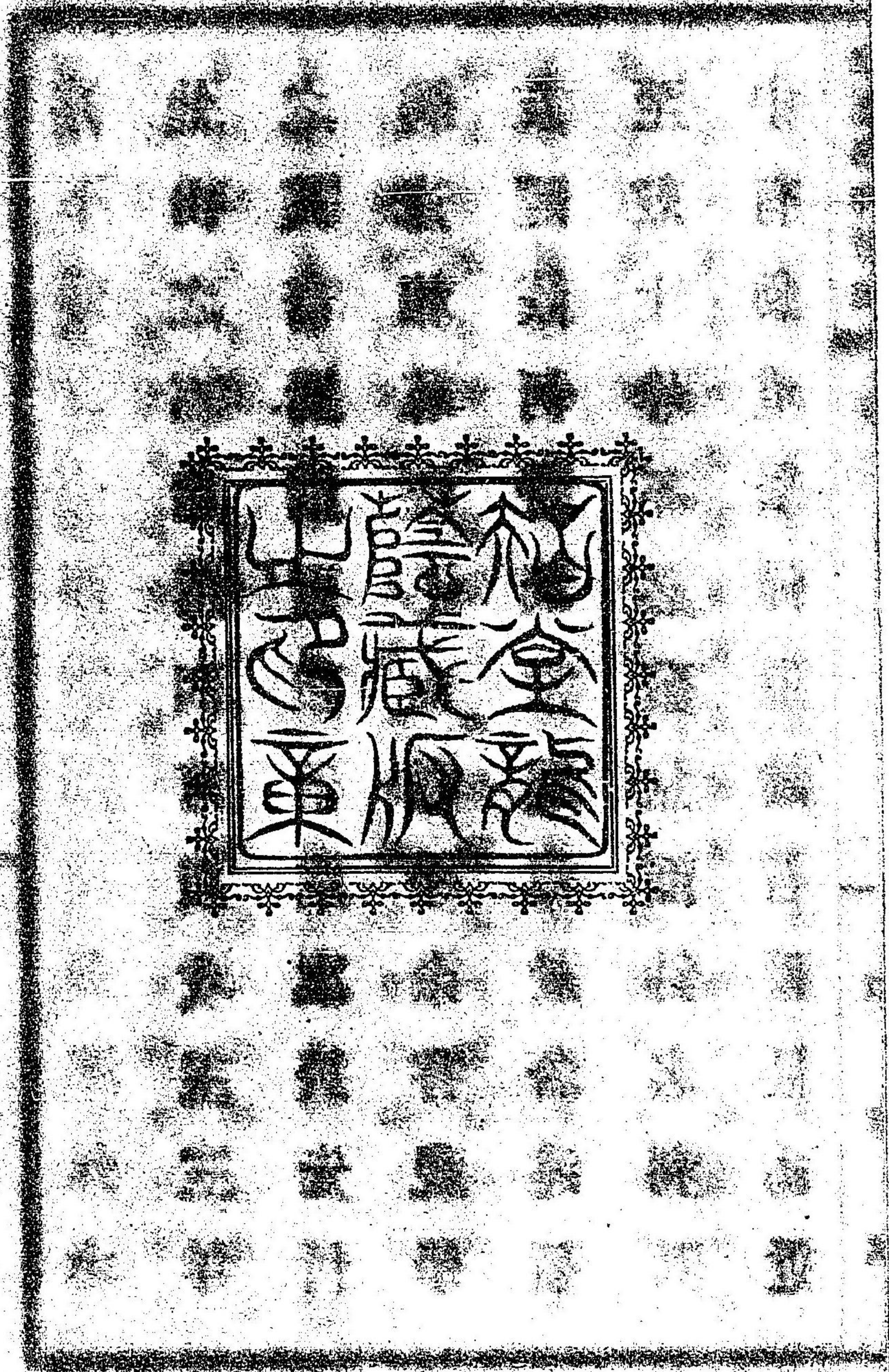
在在

石田英吉題





序  
他山之石用焉則可以攻玉三年  
之艾畜焉則可以治病況於先哲  
後彥相尋瀝心血者乎余嘗視學  
友龍蔭河野氏常黽勉於著述積  
至數十卷不必發兌而鈞名利其  
中有動重學彈道論者蓋最爲近





製也余問之曰斯編新奇且有益於文武何不速鏤之於梓也龍蔭氏曰是小冊子何足言焉余曰不然昔埃及多王亞馬細者有金盤常用洗足近臣亦不重之矣一日王鎔爲神像置之於其正堂衆皆無不敬焉今斯編既出藍寒於水

故在先生筐底則固緒餘若公之於世則烏知不多珍焉者哉一世拿破崙有言曰印書之術發而政道光明也政道光明而印書之術爲之奴可以觀焉龍蔭氏曰善矣乃書以代於其序

明治十七年一月上澣



長崎 晚翠陳人謹選



題言

泰西諸邦ノ心ヲ實學ニ留ルヤ極テ切ナリ就中  
 格物致知ノ學ニ至テハ凡ソ覆載間ノ物一トレ  
 其原由ヲ發明セサルナク幾ト將ニ宇宙ノ秘  
 府ヲ啓キ盡サントス故ニ苟モ一事一物ヲ發見  
 スレハ未ダ曾テ其定則ヲ探討シ以テ後來學術  
 進歩ノ階梯トナサスンハアラス然リ而ソ其推  
 究ノ法タルヤ槩テ理論ト實驗ト相須テ而ソ遂  
 ニ千載不易ノ軌範ヲ成スニ至ル嗚呼西人ノ學  
 術上ニ熱心スル何ソ其レ篤キヤ蓋シ其理論ノ



定ル所多クハ數理ニ資テ以テ明証セサルナ  
 シ是レ數ハ天地ノ妙用ヲ備ヘ萬理ノ基因スル  
 所ナレハナリ余、頃者學士發端氏編述セシ所ノ  
 重學ノ編ヲ閱スルニ其拋物ノ理ヲ論スルト最  
 モ詳晰ニシテ且ツ附スルニ砲彈ノ進行ニ關ス  
 ル實驗上ノ法則ヲ以テシ理論上ト實驗上トノ  
 適否ヲ示ス、ト頗ル密ナリ是ニ於テ以爲ク發端  
 氏ノ如キハ實ニ西哲タルニ耻ス刻苦勉勵理論  
 ナ實驗ニ試ルト盡セリト謂ツヘシ是レ將來彈  
 道數理ヲ論スル者專ラ同氏ノ著書ニ基ク所以

ナランカ今ヤ我國文運駸々トシテ進ミ彼著書  
 ノ如キモ歐米ノ學術ハ論ヲ待ス我國固有ノ者  
 ニ至ル迄千種萬類日ニ月ニ陸續トシテ車牛モ  
 管ナラス然リト雖モ彈道ノ理ヲ論スル者ニ至  
 テハ甚々稀ナリ故ニ今發端氏ノ著書ニ就キ專  
 ラ其要領ヲ抄出シ傍ラ他ノ數理書及ヒ物理書  
 等ヲ拆衷シ題シテ動重學彈道論ト曰ヒ以テ梓  
 ニ附ス余、素リ淺學ナレハ其意ヲ盡サ、ル所ナ  
 キヲ保セス況ヤ實地砲術論ノ如キハ固リ兵家  
 ノ専門トスル所ナレハ吾儕ノ能ク説明スル所



ニ非ルオヤ然リト雖ニ卓識英俊閣氏ノ如キモ  
一枝ノ大海ニ漂流スルニアラスンハ何ソ能ク  
果テ大地ヲ發見スルノ偉功ヲ奏スルヲ得ンヤ  
然ラハ則チ此福々タル一小冊ト雖ニ其レ或ハ  
未タ必スシモ觀瀾ノ一助ニ便セスンハアラサ  
ラン

明治十七年一月

編者 識

動重學彈道論

凡例

本書ハ分テ三卷トナシ首卷ハ專ラ運動ノ  
原理ヲ論シ上卷ハ拋物線推理ノ彈道ヲ論  
シ下卷ハ實地炮術ノ法則ヲ論ス  
一本書ハ畧幾何學三角法及ヒ圓錐曲線法ニ  
通曉セシ者ハ容易ニ理會スルヲ得ヘシ而  
テ編中微分式ヲ用シ處アレニ必シモ緊要  
ナラサルヲ以テ初學ノ徒姑ク之ヲ舍クモ  
可ナリ



一砲術上ニ關スル名稱ノ如キハ或ハ専門家  
 ノ習用スル所ト矛盾スルトナキヲ保セシ  
 請フ讀者之ヲ諒セヨ  
 一編中記スル所ノ度量ハ皆ナ英國ノ制ニ從  
 ヒ且ツ人名ニハ「」地名ハ「」ノ符標ヲ  
 加テ以テ辨識ニ便ス

編者 識

動重學彈道論目次

首卷

運動ノ釋義

運動ノ原式

上卷

重力及ヒ墜體論

附 解題ノ例及ヒ例題

發射物論

附 解題ノ例及ヒ例題

下卷



實地砲術論

附 實地法則解題ノ例及ヒ例題

雜題

目次畢

動重學彈道論首卷

河野爲大 編纂

運動ノ釋義

第一條 凡ソ物體始終間斷ナク其位置ヲ變移

スルキハ則チ是ヲ體ノ運動ト謂フ

第二條 體ノ運動ヲ大區シテ二種トス曰ク平

等運動曰ク不等運動是ナリ

平等運動トハ均齊ナル一瞬時毎ニ經

過セシ距離常ニ相等シキモノヲ謂ヒ



不等運動トハ其距離常ニ不同ナルモ  
ノヲ謂フ

第三條

又不等運動ヲ再別シテ二類トス曰ク

加速動曰ク減速動是ナリ

加速動トハ動ノ速力漸次遞加スルモ

ノヲ謂ヒ減速動トハ動ノ速力漸次遞

減スルモノヲ謂フ

第四條

加速動及ヒ減速動モ亦各二種ノ細別

アリ曰ク平等加速動曰ク不等加速動

曰ク平等減速動曰ク不等減速動是ナ

リ

平等加速動トハ加速ノ力ヲ常ニ齊一

ナルモノヲ謂ヒ不等加速動トハ加速

ノ力ヲ常ニ均齊ナラサルモノヲ謂フ

而シテ其減速ニ於ルモ亦然リトス

第五條

動體ノ速力トハ時ノ單位中ニ經過ス

ヘキ距離ナリ

運動ノ原式

第一條

平等運動ニ於テV速力ヲ以テt時中

ニ經過セシ距離ヲsトスレハ



其式  $v = ft$

蓋シ  $v$  ハ各秒時中ニ經過セシ距離ニシテ  $t$  ハ秒時ノ數ナルカ故ニ其全距離ハ即チ  $v = ft$  ..... (一)

第二條

平等加速動或ハ平等減速動ニ於テ  $f$  カチ以テ  $t$  時中ニ生シタル速度チ  $v$  トスレハ

其式  $v = ft$

蓋シ各秒時中ニ生シタル速度チ  $f$  ナルチ以テ  $t$  時中ニ  $ft$  ノ速度チ生スヘ

シ故ニ  $v = ft$  ..... (2)

系

若シ  $u$  ナチ  $0$  ナルキノ速度トシ  $v$  ナ  $t$  時ノ末尾ニ於ル速度トスレハ即チ  $v = u + ft$  ナリ但シ加速動ナレハ (+) ノ符標チ用ヒ減速動ナレハ (-) ノ符標チ用フ

第三條

静止セル物體平等加速動ノ作用ニ由テ起動シ其經過シタル距離チ  $s$  トスレハ

其式  $s = \frac{1}{2}ft^2$



蓋シ  $s$  ナ平等加速動ノ  $f$  力ニ由テ  $t$  時中ニ經過シタル距離トシ  $v$  ナ  $t$  時中ニ得タル速力トス今  $t$  ナ  $n$  霎時ニ等分スレハ其各霎時ハ  $\frac{t}{n}$  ナリ故ニ各霎時中ニ得タル速力ハ  $\frac{v}{n}$  トス而シ其均齊ナル霎時ノ連綿タル  $t$  時中ニ各霎時ノ末尾ノ速力ヲ以テ經過シタル距離ハ

$$\frac{vt}{n^2} + \frac{2vt}{n^2} + \frac{3vt}{n^2} + \dots + \frac{nv t}{n^2} = \frac{vt}{2} \left( 1 + \frac{1}{n} \right)$$

又各霎時ノ初首ノ速力ヲ以テ經過ス

レハ其距離ハ

$$\parallel 0 + \frac{vt}{n^2} + \frac{2vt}{n^2} + \dots + \frac{(n-1)vt}{n^2} = \frac{vt}{2} \left( 1 - \frac{1}{n} \right)$$

今  $s$  ハ右兩式中ニ採用シタル速力ノ中間ナル速力ヲ以テ經過シタル距離ナルカ故ニ必ス該兩距離ノ中間ニ居ルヘシ故ニ  $s = \frac{vt}{2}$  ..... (3)

一系  $v = ft$  (由テ式ニ) 故ニ  $s = \frac{1}{2} ft^2$  ..... (4)

又  $vt = 2s$  故ニ  $v^2t = 2fst$  又  $v^2 = 2ft$  ..... (5)

二系  $t$  秒時中ニ經過シタル距離ハ  $\parallel \frac{1}{2} ft^2$

又  $(t-1)$  秒時中ニ經過シタル距離ハ



故ニ第七秒時中ニ經過シタル距離ハ  $\frac{1}{2} f(2t-1) \dots \dots \dots (6)$

三系 是故ニ時ノ均齊ニ聯續シタル各部分中ニ經過シタル距離ハ一、三、五、七、等ノ級數ニ比例シ而シ各秒時ノ末尾ノ速力ハ二、四、六、八、等ノ級數ニ比例ス故ニ毎秒時ニ得タル速力ハ二ニ比例シ即チ第一秒時中ニ經過シタル距離ノ倍ナリ

備考 若シ物體將ニ靜態ヨリ動態ニ移ラン

トスルヲ代ルニU速力ヲ以テ擲射セラル、モノトスレハt時中ニ經過シタル距離ハ  $s = ut + \frac{1}{2} ft^2$

式中(+)ノ符標ハ加速動ニ適シ而シ(一)ノ符標ハ減速動ニ適ス

蓋シutハ唯擲射速力ヲ以テ經過シタル距離ナリ故ニ兩般ノ原因ニ由テ經過シタル距離ハ即チ  $s = ut + \frac{1}{2} ft^2 \dots \dots (7)$

動重學彈道論首卷畢



動重學彈道論

首卷

著

堂

號

動重學彈道論上卷

河野爲大 編纂

重力及ヒ墜體ヲ論ス

第一款 夫レ前卷ニ論述シタル不斷力ニ關ス  
 ル諸動ノ性質タルヤ當ニ是レ物體自己ノ重  
 カニ由テ無礙直落スル所ノ動ニ適スヘシ即  
 十速力ハ時ニ比例シ而シテ經過シタル距離ハ  
 時ノ自乗或ハ速力ノ自乗ニ比例ス

動重學彈道論

上卷

一

暫

藏



蓋シ重力ハ齊一ニ働ク力ニシテ地球表面ニ  
近キ各處即チ地球ノ中心ヨリ幾ント同距離  
ナル位地ニ於テハ其作用常ニ等ク且ツ諸體  
ノ地上ニ墜落スル所ノ力ナルヲ以テ游放諸  
體ハ始終間斷ナク且ツ齊一ニ働ク所ノ力ヲ  
以テ墜下スルヤ必セリ故ニ凡ソ重力ノ作用  
ニ由テ生シタル無礙ノ動ハ既ニ前ニ述ルカ  
如ク然リトス  
備考 今試ニ一片ノ金塊ト羽毛トヲ取り之  
ヲ全時ニ放墜スレハ忽チ地上ニ金塊ノ落

ルヲ見ルト雖モ羽毛ハ猶翻々トシテ空中  
ニ吟行シ其地上ニ達スルト甚ダ緩ナリ是  
レ、空氣ノ抗抵ニ關スル所以ナリ然レモ玻  
璃筒ニ該金塊ト羽毛トヲ容レ排氣鐘ヲ以  
テ筒内ノ氣ヲ抽除シ然ル後之ヲ顛倒スレ  
ハ金塊ト羽毛ト全時ニ筒底ニ下達スルヲ  
見シ是ヲ以テ凡ソ物體ノ墜下スルヤ外力  
之ヲ阻碍スルト無レハ其經重奈何ニ關セ  
ス必ス同時ニ同距離ヲ直落スルヲ觀ルヘ  
シ是レ即チ物重自然ノ力ナリ又精密ナル



試験ヲ遂レハ物體ノ墜下ニ由テ得タル速力ハ正ニ墜下ノ時間ニ比例シ而シテ墜下シタル距離ハ時ノ自乗或ハ速力ノ自乗ニ比例スルヲ發見スヘシ故ニ地球表面ニ近キ諸體ノ重サ即チ重力ハ體中ニ含有セル物質質量ニ比例シ而シテ重力ニ由テ生シタル距離、時間及ヒ速力ハ本欵ニ於テ詳説セル如シ且ツ確實ナル試験ニ由テ緯度四十五度ノ處ニ於テ物體ノ墜下スル距離ハ一秒時中ニ十六尺十二分ノ一ナルヲ發見セリ

故ニ一秒時ノ末尾ニ於テハ倍速即チ三十二尺六分ノ一ヲ得ヘシ故ニ若シ $\frac{1}{2}g$ チ一秒時中ニ墜下シタル距離即チ十六尺十二分ノ一或ハ $g$ チ該秒時中ニ得タル速力即チ三十二尺六分ノ一トスレハ則チ速力ハ時ニ正比シ而シテ經過シタル距離ハ時ノ自乗ニ正比スルカ故ニ左ノ比例アリ

$$1^2 : t^2 :: g : gt = v$$

$$1^2 : t^2 :: \frac{1}{2}g : \frac{1}{2}gt^2 = s$$

而シテ墜體ノ重力ニ關スル方程式ヲ表ス



左ノ如シ

$$s = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{v^2}{2g} = \frac{1}{2}tv$$

$$v = gt = \frac{2s}{t} = \sqrt{2gs}$$

$$t = \frac{v}{g} = \frac{2s}{v} = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

$$g = \frac{v}{t} = \frac{2s}{t^2} = \frac{v^2}{2s}$$

但シ時ハ速力ニ比例シ而シテ經過シタル距離ハ時或ハ速力ノ自乗ニ比例スルカ故ニ若シ時ヲ比スルニ  
1, 2, 3, 4, 5, 等  
ヲ以テスレハ速力モ亦  
1, 2, 3, 4, 5, 等

ニ比シ而シテ距離ハ其自乗  
1, 4, 9, 16, 25, 等  
ニ比スヘシ

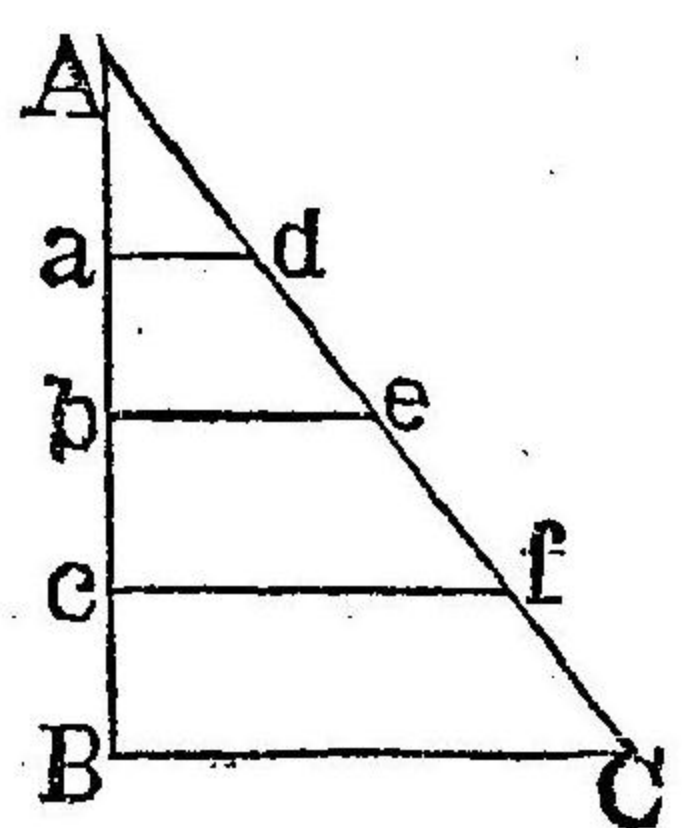
又各時ニ經過セシ距離ハ  
1, 3, 5, 7, 9, 等  
ニ比ス即チ全距離ヲ表セル所ノ自乗數ノ差ニシテ級數ヲナスヘシ故ニ若シ第一列ノ自然級數ヲ以テ秒時ノ數トスレハ

即チ	1 <sup>2</sup>	2 <sup>2</sup>	3 <sup>2</sup>	4 <sup>2</sup>	等
其速力ハ尺ニテ	32 $\frac{1}{6}$	64 $\frac{1}{3}$	96 $\frac{1}{2}$	128 $\frac{2}{3}$	等
全時中ノ距離ハ	16 $\frac{1}{2}$	64 $\frac{1}{3}$	441 $\frac{3}{4}$	257 $\frac{1}{3}$	等
而シテ各秒時ノ距離ハ	16 $\frac{1}{12}$	48 $\frac{1}{4}$	80 $\frac{5}{12}$	112 $\frac{7}{12}$	等



ナリ

第二款 又此時ト速力ト距離トノ關係ハ幾何  
 圖ヲ以テ示スヲ得ヘシ例ヘハ  
 AB線ハ物體ノ直落スル時間ヲ  
 表シ之ニ直角セルBC線ハ該時  
 ノ末尾ノ速力ヲ表スルモノトス今ACヲ結合  
 シ而シテa、b、c諸點ニ於テAB時ヲ若干等分  
 スレハBCニ平行セルad、be、cf等ハ時ノ諸分點a、  
 b、c等ニ於ル速力即チAa、Ab、Ac等各時ノ末尾  
 ニ於ル速力ナルヘシ是レ等三角形ニ由テAa

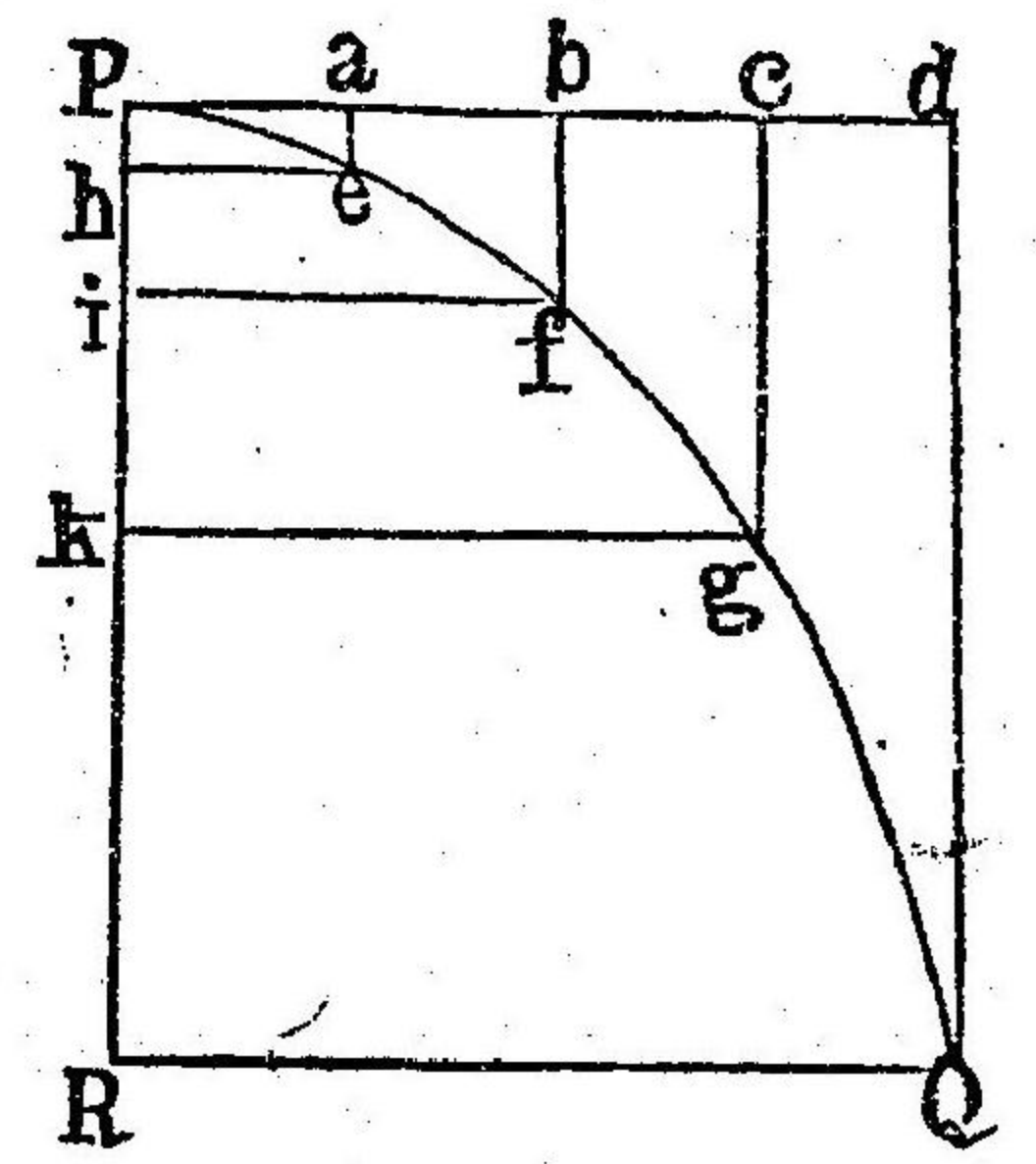


Ab、Ac等ノ諸線ハ互ニad、be、cf等ニ比例シ而シ  
 時ハ速力ニ比例スレハナリ又ABC三角形ノ積  
 ハBC速力ヲ生スル所ノAB時中ニ重力ニ由テ  
 墜下セシ距離ヲ表スヘシ何トナレハ此三角  
 形ノ積ハ $\frac{1}{2} AB \times BC$ ニ均ク而シ墜下セシ距離  
 ハ $\frac{1}{2} vt$ 即チ時ト末尾ノ速力トノ相乘積  
 ニ分ノ一ナレハナリ又同理ニ於テAad、Abe、Acf等  
 ノ諸三角形ハ各一致セルAa、Ab、Ac等ノ時及ヒ  
 ad、be、cf等ノ速力ニ於テ經過セシ各距離ヲ表  
 スヘシ而シテ此各三角形即チ各距離モ亦其一



致セル時ヲ表ス所ノ Aa、Ab、Ac 或ハ速力ヲ表スル所ノ ad、be、cf 等ノ自乗ニ比例スル所以ナリ

第三款 前款既ニ幾何圖ヲ以テ時ト速力ト距離トノ關係ヲ證明スト雖凡ソ動體ノ經過セシ距離ハ固リ線狀タルヲ論テ俟ス然レハ面積ヲ以テ之ヲ示スハ頗ル其理ナキニ似タリ故ニ此關係ハ拋物線ヲ以テ示スノ純良ナルニ若カス今應ニ之ヲ詳説スヘシ夫レ左圖ノ PQ ヲ拋物線トスレハ PR ハ其軸ニシテ RQ ハ其縱線ナリ又 RQ ニ平行セル Pa、Pb、Pc 等ハ時或



ハ速力ヲ表スルモノトス然レハ PR 軸ニ平行セル ae、bf、eg 等ハ該各時中ニ落體ニ由テ經過セシ距離ヲ表スヘシ是レ拋物線ノ性質ニ由テ物體ノ經過セシ距離ナル Ph、Pi、Pk 或ハ ae、bf、eg 等ナル諸横線ハ時或ハ速力ヲ表スル所ノ he、if、kg 或ハ Pa、Pb、Pc 等ナル諸縦線ノ自乗ニ比例スルカ故ナリ

第四款 又減速動ニ關スル法則ハ同力ノ加速



動ニ關スル法則ト一般ニシテ只其方向ノ相  
 反スルノミ即チ左ノ如シ  
 第一 或ル速力ヲ以テ擲上シタル物體ハ同  
 時ニ同速ヲ損亡スヘシ  
 第二 若シ物體、無礙直落ニ由テ或ル秒時中  
 ニ得タル速力ヲ以テ擲上セラル、寸  
 ハ前同時ニ其全速ヲ損亡シ恰モ初メ  
 墜下ヲ起セシ寸ノ元位ト同シ高サニ  
 騰達スヘシ且ツ墜下中ノ或ル時ニ經  
 過セシ距離ハ上騰中ノ同シ時ニ於テ

經過セシ距離ト相均シ但シ是レ順序  
 ナ反シ而シ昇降中ニ經過セシ線ノ同  
 點ニ於テ必ス同速ヲ有ツヘシ  
 第三 凡ソ物體ヲ或ル速力ヲ以テ擲上スレ  
 ハ其騰達ノ高サハ速力ノ自乗或ハ全  
 ク其速ヲ損亡スル迄昇騰セル時間ノ  
 自乗ニ比スヘシ  
 第五款 若シ物體ヲ同速力ヲ以テ擲上若クハ  
 放下スル寸ハ首卷ノ運動式ニ由テ

$$v = u + gt \quad s = ut + \frac{1}{2}gt^2$$



但シ式中(一)ノ記標ハ擲上ニ用ヒ(十)ノ記標ハ擲下ニ用フ。

解題ノ例

第一例

爰ニ落體アリ七秒時ヲ經テ地上ニ達スルルルハ其墜下中ニ經過セシ距離及ヒ墜下中ニ得タル速度力如何

答 墜下ノ全距離七百八十八尺十二分ノ一得タル速度力 二百二十五尺六分ノ一

解式  $s = \frac{1}{2}gt^2 = 16\frac{1}{2} \times 7^2 = 788\frac{1}{2}$  即チ全距離ナリ  
 又  $v = gt = 32\frac{1}{2} \times 7 = 225\frac{1}{2}$  即チ速度力ナリ

第二例

高臺アリ其直高二百尺ナリ今臺趾ヨリ一物體ヲ擲上セシニ毎秒時ノ速度力百二十尺ヲ以テスレハ該物體、高臺ノ頂上ヲ經過スル迄ノ時間、其際ノ速度力及ヒ高臺ヨリ尙昇騰ス可キ高サ如何

答 物體昇騰中ニ高臺ノ頂上ヲ經過スル迄ノ時間ハ 二秒時奇零五<sup>一</sup>/<sub>三</sub>又下降中ニ高臺ノ頂上ヲ經過スル迄ノ時間ハ 四秒時奇零九<sup>四</sup>/<sub>八</sub>



頂上ヲ經過スル時ノ速度 三十九尺奇零一六五  
 頂上ヨリ尙ホ上騰スル高サ 二十三尺奇零八三

解式  $200 = ut - \frac{1}{2}gt^2 = 120t - 16\frac{1}{2}t^2$

故  $= t^2 - \frac{120}{16\frac{1}{2}}t = -\frac{120}{16\frac{1}{2}}$

故  $= t = 2.513''$  概 4.948''

トノ第一ノ答數ハ即チ物體ノ上騰中ニ高臺ノ頂上ヲ經過スル迄ノ時間トシ又第二ノ答數ハ其下降中ニ經過スル迄ノ時間トス

又  $v = u - gt = 120 - 32\frac{1}{2} \times 2.519'' = 39.165$  即チ臺

ノ頂上ヲ騰過スル時ノ速度トス

今  $v = u - gt$  スレバ  $gt = u$  或ハ  $t = \frac{u}{g}$

故  $= S = ut - \frac{1}{2}gt^2 = \frac{u}{g} \left( u - \frac{1}{2}u \right) = \frac{u^2}{2g} = \frac{120^2}{64\frac{1}{2}}$

$= 223.83$  即チ騰體ノ經過セシ全距

離ナリ故ニ頂上ヨリ以上ノ高サハ即チ

下式ノ如シ  $223.83 - 200 = 23.83$

例題

(1) 爰ニ物體アリ高サ四百尺ノ處ヨリ墜下スル  
 片ハ其地上ニ達スル迄ノ時間及ヒ末尾ノ速



算術學強進論 第一卷 算術學

力如何

答 時間 四秒時七十七分ノ七十六

速度力 百六十尺七十七分ノ三十二

(2) 空中ヨリ墜下スル所ノ物體アリ地上ニ到達

スルキ百尺ノ速度力ヲ得ルキハ墜下中ノ時間

及ヒ其全距離如何

答 時間 三秒時百九十三分ノ二十一

距離 百五十五尺百九十三分ノ八十五

(3) 毎秒時ニ三十尺ノ速度力ヲ以テ一物體ヲ擲下

スレハ六秒時間ニ墜下スル距離如何

答 距離 七百五十九尺

(4) 一童子アリ一個ノ石ヲ探テ井中ニ落セシニ

三秒時ノ後水聲ヲ聽ケリ然ラハ水面迄ノ深

サ如何

答 深サ 百四十四尺九寸

(5) 一秒時ニ六十四尺三分ノ一ノ速度力ヲ以テ一

物體ヲ擲上スレハ其上騰スル高サ如何

答 高サ 六十四尺三分ノ一

(6) 空天ニ向テ一箭ヲ飛スニ毎秒時ノ速度力九十

六尺半ヲ以テスレハ箭ノ騰達スル高サ及ヒ



再、地上ニ下達スル迄ノ時間如何

騰達ノ高サ 百四十四尺四分ノ三  
答 歸來スル迄ノ時間 六秒時

(7) 墜體アリ其經過セシ距離二千六百四十尺ナルハ最末秒時中ニ經過セシ距離如何

答 末秒時ノ距離三百九十六尺奇零〇三

(8) 今六十四尺四寸ノ高サニ達セシム可キ速力ヲ以テ一物體ヲ擲上スレハ幾秒時ノ後原速二分ノ一ノ速力ヲ以テ墜下スルヤ  
答 三秒時後

(9) 橋上ヨリ石ヲ落セシニ二秒時半ヲ經テ水中ニ入ルヲ見シキハ橋ノ高サ如何  
答 高サ百尺奇零五二

(10) 又前題ノ橋上ヨリ每秒時三尺ノ速力ヲ以テ擲下スレハ幾秒時ヲ經テ水中ニ入ルヤ  
答 水中ニ入ルヲ二秒時奇零四後

(11) 樓上ニ一童子アリ一毬ヲ取テ將ニ樓下ニ落サントス時ニ又樓下ニ一童子アリ同時ニ一毬ヲ擲上シ恰モ中途ニ於テ相會セシメントス然ラハ擲上ノ速力如何ヲ要スヘキヤ



答擲上ノ速力ハ

但シ樓高ヲトス

(12)

喬木アリ其頂上ノ枝ヨリ二個ノ果實僅カ一  
秒時ヲ隔テ、前後ニ墜下セシニ後ノ果實將  
ニ第二枝ヲ過ントスル際前ノ果實ハ既ニ地  
上ニ達セリ然ラハ枝ヲ離レシヨリ地上ニ達  
スル迄幾秒時ヲ經シヤ

但シ第二枝ノ高サハ四十八尺四分ノ  
一トス

答地上ニ達スル迄二秒時

(13)

落體アリ第四秒時中ニ經過セシ距離ト地上  
ニ達スル四秒時前ノ一秒時中ニ經過セシ距  
離トハ一ト三トニ比例ス然ラハ墜下ノ全距  
離如何

答全距離三千六百十八尺九寸

(14)

一滴ノ雨、將ニ地上ニ達セントスル際ニ經過  
セシ距離ハ一秒時中ニ百七十六尺十二分ノ  
十一ナルハ雲ノ高サ如何

答雲ノ高サ五百七十九尺

(15)

人アリ一毬ヲ取テ每秒時ニ四十四尺ノ速力



ヲ以テ之ヲ空天ニ擲上スルキハ其毬ノ位置  
ハ四秒時後ニ人手ノ上ニ在ルカ或ハ下ニ在  
ルヤ

答人手ノ下

(16) 直高二百尺ノ高塔アリ其頂上ヨリ毎秒時四  
十尺ノ速力ヲ以テ一毬ヲ擲上スル際又塔下  
ヨリ一毬ヲ取テ毎秒時九十尺ノ速力ヲ以テ  
同時ニ擲上スレハ何處ニ於テ兩毬相會スル  
ヤ

答塔ノ頂上ヨリ九十七尺三分ノ一下

(17) 飛鳥アリ空天ヨリ一物ヲ落セシニト秒時中  
ニ高サa尺ナル高閣ヲ經過シテ地上ニ達セ

リ然ラハ飛鳥ノ高サ如何  
答飛鳥ノ高サ  $\frac{a}{2} \times \left( \frac{2a}{g} + \frac{2a}{g} \right)^2$

(18) 空天ニ向テ一物體ヲ擲上セシ後ト秒時ヲ經  
テ之ヲ掌中ニ受取キハ擲上セシ速力如何

答擲上セシ速力  $\frac{10g}{12} \times t$

(19) 喬木アリ其第三枝ノ果實、該枝ヲ離ル、際既  
ニ第一枝ヨリ墜下セシ果實ハ將ニ第二枝ヲ  
經過セントス但シ第一枝ト第二枝トノ距離



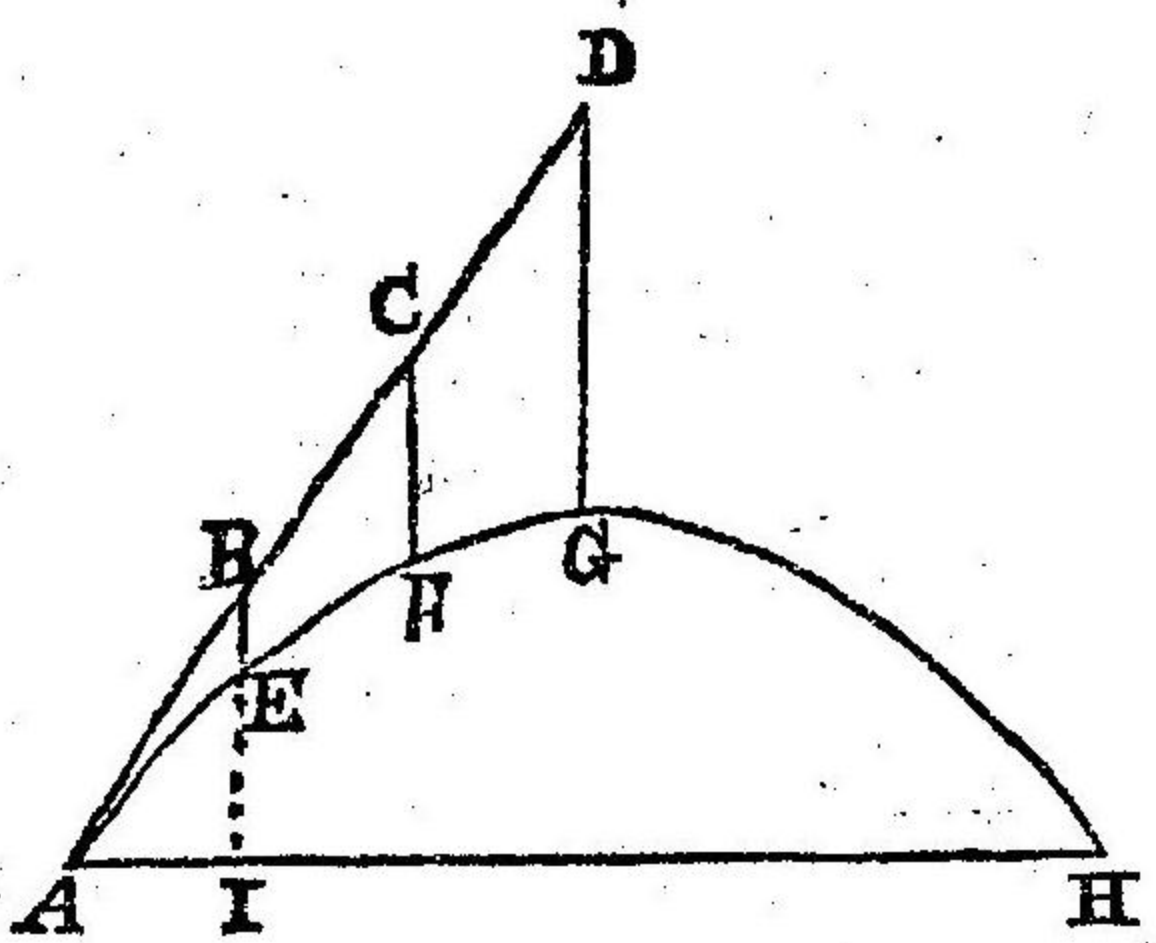
ハ a ニシテ第一枝ト第三枝トノ距離ハ b ト  
 ス然ラハ第三枝ヨリ墜下セシ果實ハ如何ノ  
 距離ヲ經過セシ後、第一枝ヨリ墜下セシ果實  
 ニ追及セラル、ヤ

答第三枝ノ果實  $\frac{(b-a)^2}{4a}$  ナ經過セシ後、第一

枝ノ果實ニ追及セラル、ナリ

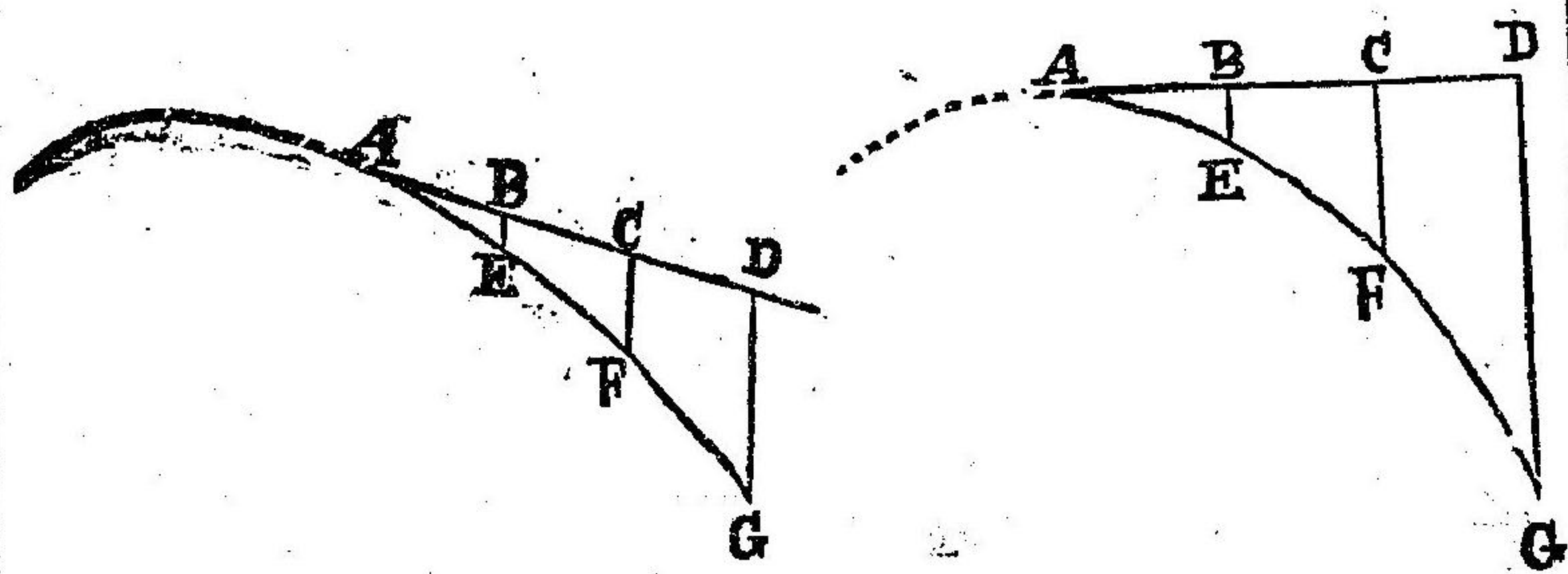
發射物ヲ論ス

第六款 凡ソ物體ヲ火藥力或ハ他ノ激動力ニ  
 據テ平向、斜向ノ論ナク空中ニ發射スレハ其  
 運動ニ於ルヤ必ス重力ノ作用ト結合シテ其  
 踪跡、恰モ拋物曲線ヲナスヘシ



上圖ハ物體ヲ A 點ヨリ平速ヲ  
 以テ AD ノ方向ニ發射スルモノ  
 トス若シ物體、重力ノ爲メニ斷  
 ヘス AD 線ヨリ遞降スル、無レ  
 ハ必ス各秒時ニ於テ AD 線中ノ





AB、BC、CD 等ノ同一ナル距離ヲ經過スヘシ又地平ニ垂直ノ方向ニ引タル EE、CF、DG 等ノ諸線ハ其發射動ニ由テ各互ニ一致セル AB、AC、DA 等ノ距離ヲ平等ニ經過スヘキ所ノ時間ト同時間ニ於テ物體自己ノ重力ノ爲メニ墜下ス可キ距離ト一般ナリ即チ物體、該二力ノ作用ニ由テ AB 距離ヲ經過スル間ニ BE 距離ヲ墜下シ

AC 距離ヲ經過スル間ニ CF 距離ヲ墜下シ AD 距離ヲ經過スル間ニ DG 距離ヲ墜下スル等ノ如シ故ニ該二力ノ結合ニ由テ各秒時ノ終期ニ於ル物體ノ位置ハ互ニ E、F、G 等ノ各點ニ在リテ發射物ノ真路ハ A E F G 曲線ヲナスヘシ但シ平等動ヲ以テ經過シタル AB、AC、AD 等ノ距離ハ各互ニ經過シタル時ニ正比シ又同時ニ重力ノ加速動ヲ以テ墜下シタル BE、CF、DG 等ノ距離ハ各時ノ自乗ニ正比ス故ニ垂直ノ墜下ハ各 AD 線ニ於ル各距離ノ自乗ニ正比スルモノトス即チ BE



CF、DG 等ハ互ニ  $AB^2$ 、 $AD^2$ 、 $AD$  等ニ比例スヘシ是レ蓋  
 シ拋物線ノ性質(圓錐截面曲線法)ナリ故ニ發射  
 物ノ真路ハ A、E、F、G 拋物曲線ニシテ AD ハ其 A 點ニ  
 於ルノ切線ナリ

一系 發射物ノ水平速度ハ曲線ノ各點ニ於  
 テ常ニ同一ナル不易量ナリ是レ水平動ハ  
 平等發射動ナル AD 中ノ動ニ永久不變ナル  
 比タルカ故ナリ又永久不變ナル水平速ト  
 發射速トノ比ハ  $\frac{DAH}{AH}$  角ノ餘弦ト半圓徑トノ  
 比ノ如シ但シ  $\frac{DAH}{AH}$  角ハ水平線ノ上下ニ礮

門ノ昇降スル角ニシテ之ヲ名ケテ仰角ト  
 謂フ

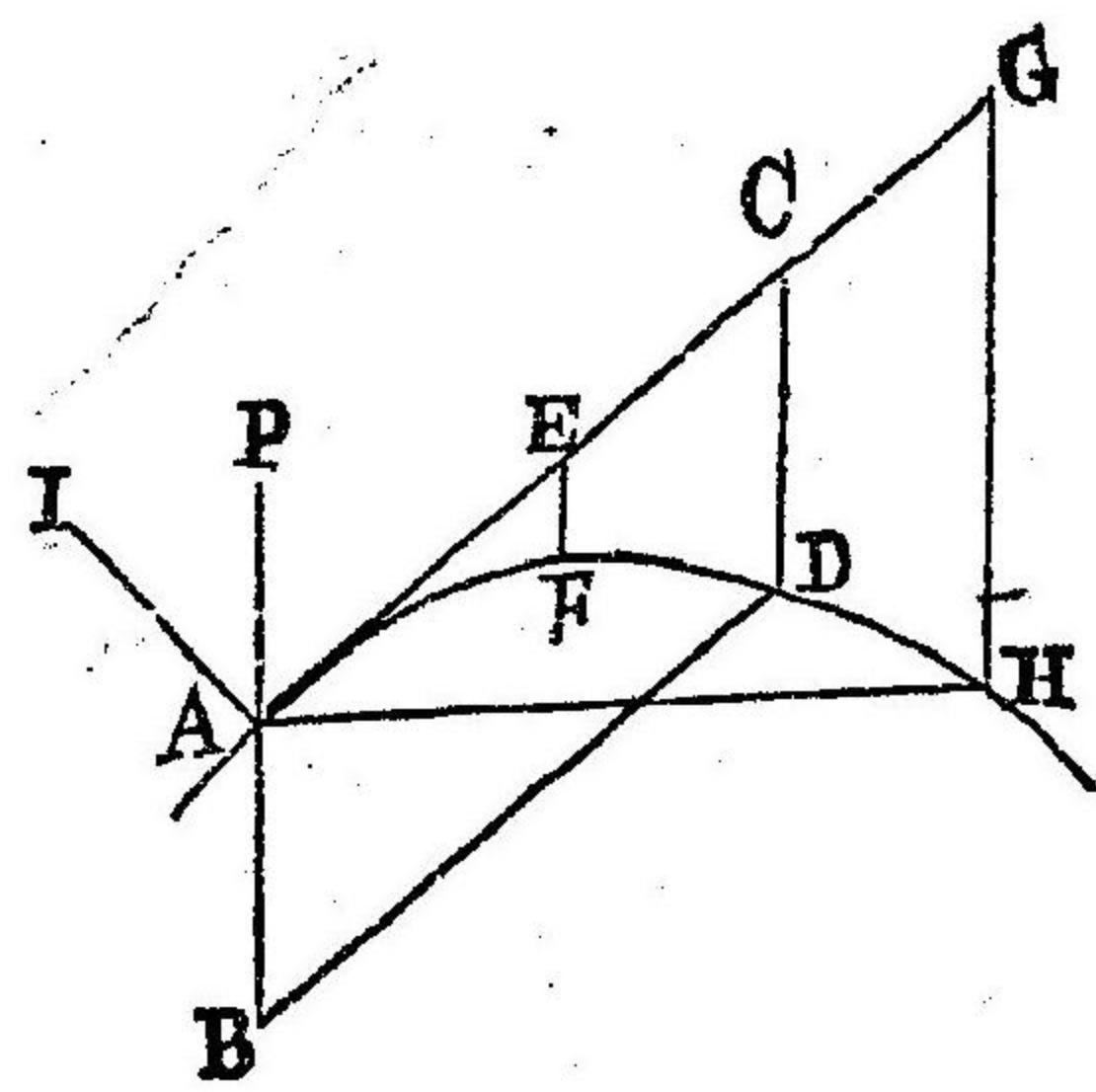
二系 曲線方向ニ於ル發射速即チ A 點ニ於  
 ル切線中ノ速度ハ其方向ト水平トノ交角  
 BAI ノ正割ニ均シ是レ水平方向 AI ニ於ル動  
 ハ一定不易ノ量ニシテ A 角ノ正割ト半圓  
 徑トノ比ハ AB ト AI トノ比ノ如クナレハチ  
 リ故ニ AB 線中 A ニ於ル動ハ都テ A 角ノ正  
 割ノ如シトス

三系 曲線中ノ某點 G ニ於ル重力方向 DG ノ



速力ト切線ノ觸點即チAニ於ル首初ノ發射平速トノ比ハ $2DG$ ト $AD$ トノ比ノ如シトス是レ $AD$ ト $DG$ トノ時間相等ク又 $DG$ ヲ無礙直落シテ得タル速力ハ物體ヲシテ同一ノ時間ニ $DG$ ニ倍ヲ運ハシム可ク而ソ平等運動ヲ以テ經過シタル距離ハ速力ニ正比スヘケレハナリ故ニ $AD$ 距離ト $2DG$ 距離トハAニ於ル發射速ト $G$ ニ於ル垂直速トニ比例ス

第七款 凡ソ曲線中ノ某點Aニ於ル曲線方向ノ速力ハ物體自己ノ重力ニ由テ其A點ニ於



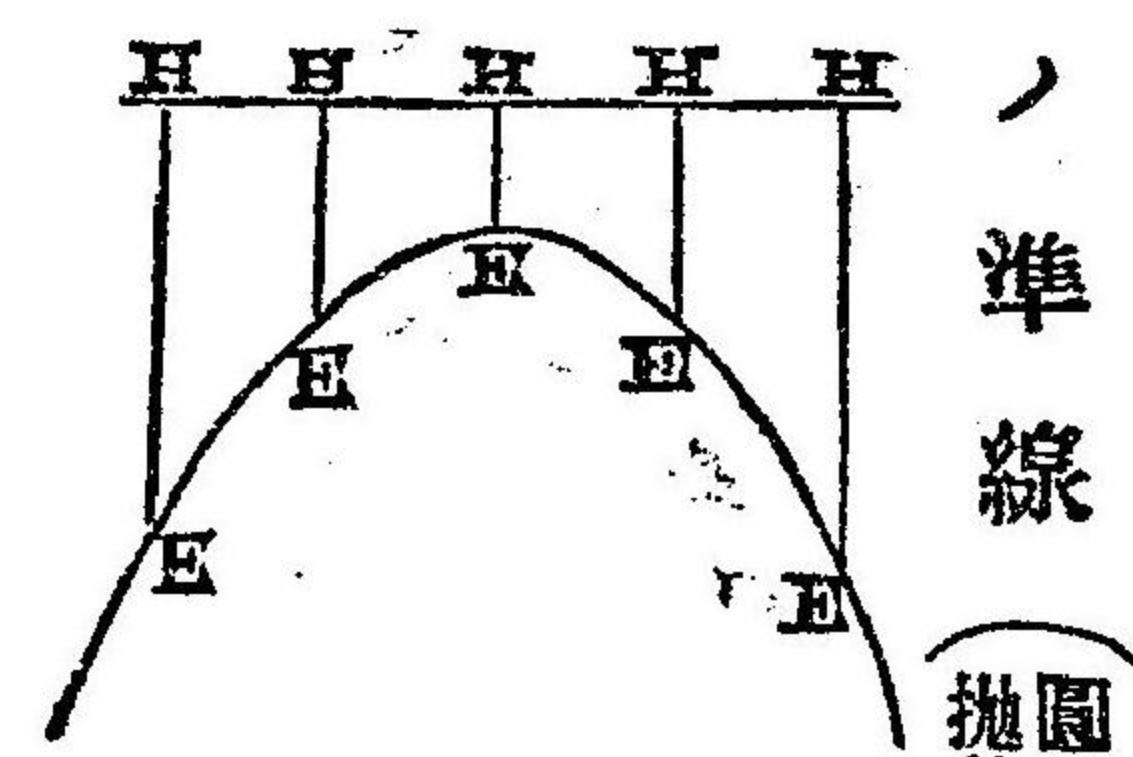
ル曲線通徑四分ノ一ニ均キ距離ヲ無礙直落シテ得タル所ノ者ト同一ナリトス

上圖ノPA或ハABハ物體ノ之ヲ墜下シテ得タル速力ニ歸スル高サ若クハAC切線或ハ曲線方向中ノA點ニ於ル發射速ニ歸スル高サトシ而ソ

ACDB 平行方形ヲ作レハ $OD=AB$ 或 $AP$ ナリ式中AB或ハAPハ曲線ノA點ニ於ル速力ニ歸スル高サニシテCDモ亦D點ニ於ル垂直速ニ歸スル高



サナルヲ以テ互ニ均一ナラサルヲ得ス但シ  
 前欸ノ三系ニ由レハAニ於ル速力トDニ於  
 ル垂直速トノ比ハACト2CDトノ比ノ如シトス  
 是ニ由テ之ヲ觀レハ既ニ右兩速相等ナル所  
 以テ証明セシヲ以テAC或ハBDハ即チ2CD或ハ  
 $2AB = \text{等シカルヘシ故ニ} AB \text{ 或ハ} AP \text{ ハ} \frac{1}{2}BD \text{ 或ハ} AB$   
 直徑ニ係ル通徑四分ノ一ニ等シ  
 今此垂直速ニ歸スル高サヲ名ケテ勢及準ト  
 謂フ  
 一系 是故ニ若シ發射物ノ進路タル拋物線



ノ準線 (圓錐截面曲線法) ヨリ之ニ垂直シ若クハ軸  
 拋物線論ヲ見ヨ

ニ平行シテ各種ノHE線ヲ引ケ  
 ハ其某點ニ於ル曲線方向ノ  
 發射速ハ常ニHE垂直線ヲ無礙  
 直落シテ得タル速力ニ等シ

二系 例ヘハ物體 (本欸ノ圖) ABニ等キPAノ高サ  
 ナ墜下レテAニ到達セシ後チAI投返面ノ  
 反射ニ由ルカ若クハ原速ヲ改變スル丁無  
 クレテ或ル方向ACニ向テ其進路ヲ轉スル  
 者トスレハ若シ  $AC = 2AP$  或  $2AB$  トシ平行方形



ヲ作ルニ至テ其物體ハD點ヲ經過シテ拋  
物曲線ヲ畫クヘシ

三系  $AC = 2AB$  或  $2CD$  或  $2AP$  ナルカ故ニ

$AC^2 = 2AP \times 2CD$  或  $AP \times 4CD$  ナリ

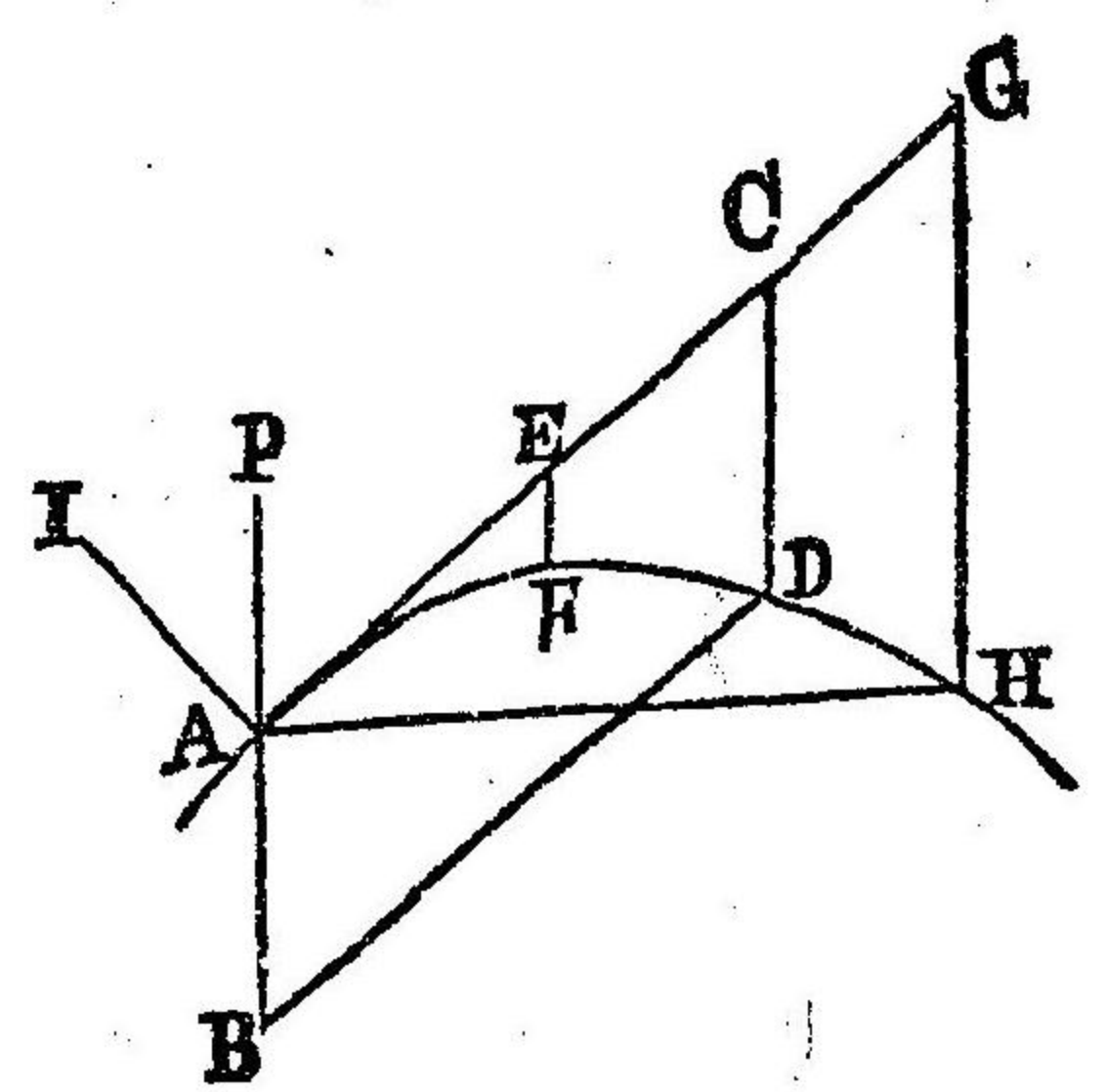
而ソ都テ垂直線EF、CD、GH等ハ  $AE^2$ 、 $AC^2$ 、 $AG^2$  等ニ比

スルヲ以テ

$AP \times 4EF = AE^2$  又  $AP \times 4GH = AG^2$  等ニシテ凡ソ

外率ノ相乘積ハ内率ノ相乘積ニ等キカ故

ニ其式常ニ左ノ如シ



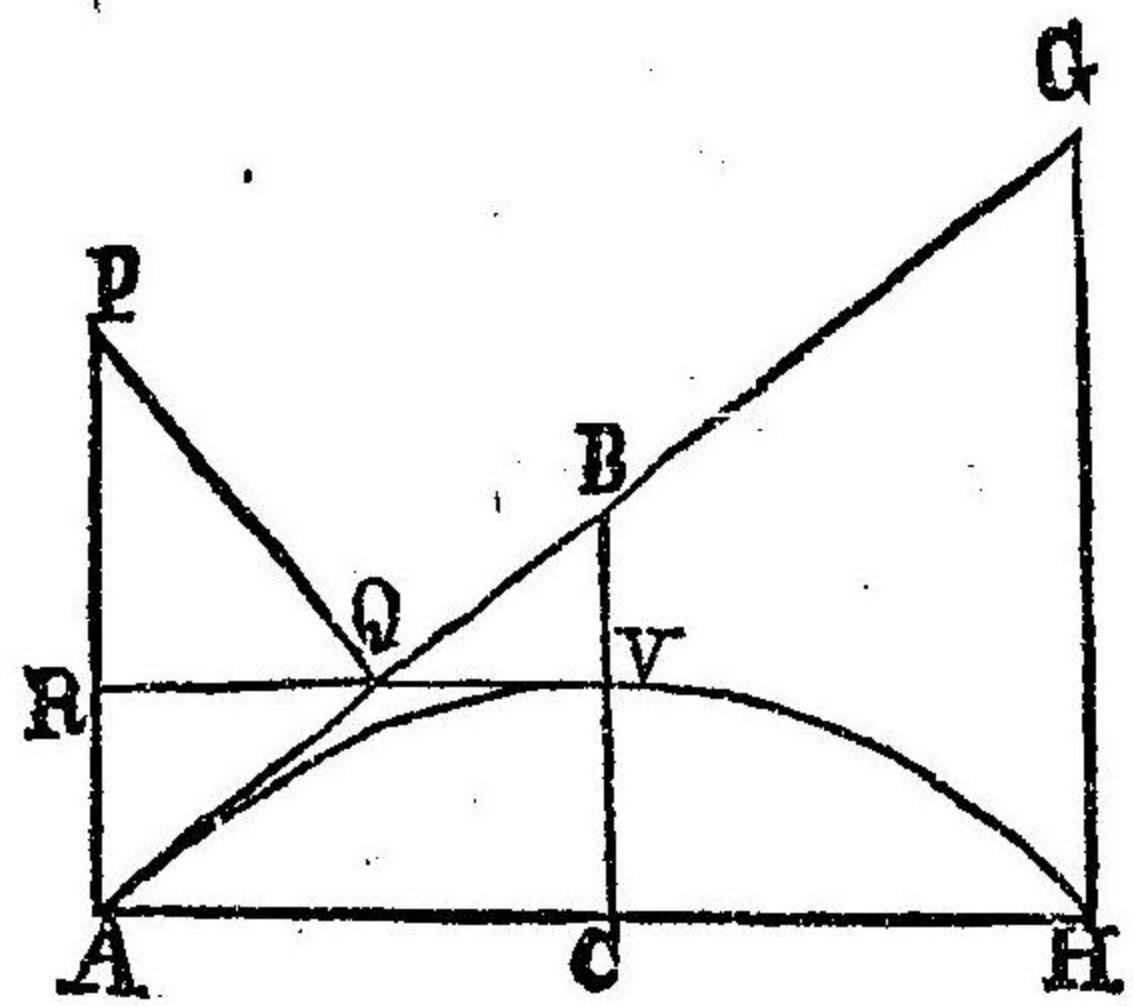
$$AP : AE :: AE : 4EF$$
$$AP : AC :: AC : 4CD$$
$$AP : AG :: AG : 4GH$$

逐次斯ノ如シ

第八款 勢及準即チ首初ノ發射速ニ歸スル高

サト發射方向トチ前知スレハ以テ彈丸運行  
線路ノ最高點及ヒ水平彈道ヲ確定シ得ヘシ  
上圖ノAPハAニ於ル速度ニ歸スル高サトシ  
AGハ其方向線トシAHハ水平彈道トス今AG上





ニ垂直線 PQ ナ引キ又 AP 上ニ  
 垂直線 QR ナ引ク然ルキハ AR  
 ハ最高點 CV ニ等シク 4QR ハ水  
 平彈道 AH ニ等シ或ハ AG ニ垂  
 直シテ PQ ナ引畫セシ後ナニ  
 AG 4AQ ナ取り AH ニ垂直シテ

GH ナ引クキハ AH ハ即チ彈道ナリ

蓋シ前款ノ三系ニ由テ AP : AG :: AG : 4GH

又等三角形ニ由テ AP : AG :: AQ : GH

或ハ AP : AG :: 4AQ : 4GH

此ニ由テ AG 4AQ ナリ

又等三角形ニ由テ AH 4QR ナリ

若シ V ナ抛物線ノ頂點トスレハ

AB 2AQ = 2AQ 或ハ AQ 4QB ナリ

故ニ AR = BV (抛物線ノ性質ニ由テ) = CV ナリ

一系 Q 角ハ直角ナルカ故ニ AP 直径ニ就テ

半圓ヲ畫ケハ其周圍ハ Q 點ヲ經過スヘシ

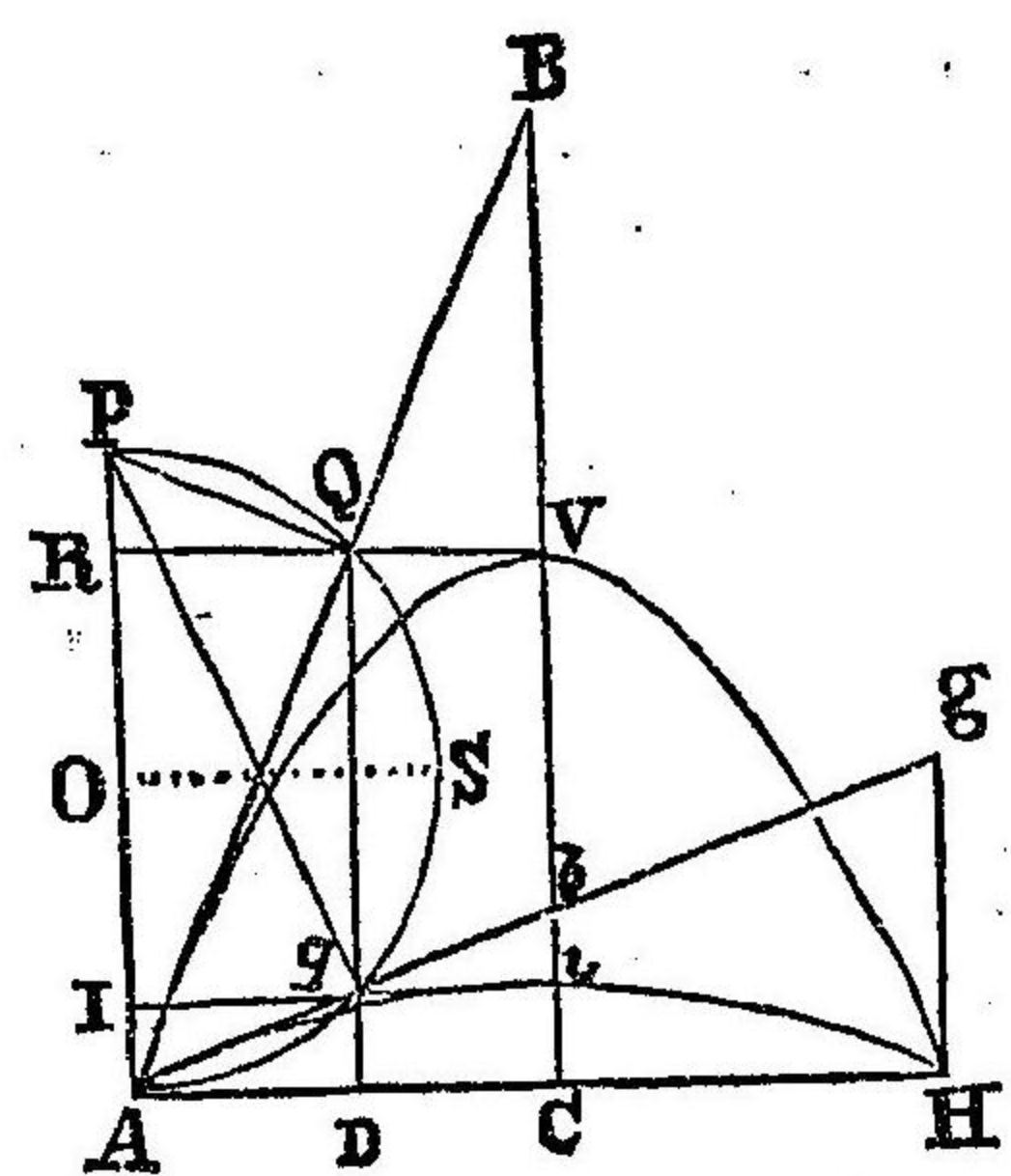
二系 水平彈道及ヒ發射速ヲ前知スレハ以

テ輒ク目的物 H ニ命中セシム可キ白砲ノ

方向ヲ定メ得ヘシ



即チ砲ノ方向ナルヘシ是ヲ以テ之ヲ觀レ  
 ハ同シ發射力ニシテ幾ント同一ナル水平  
 彈道AHヲ得ヘキAB、Abノ兩方向アルヲ知  
 ル然リ而ソ此兩條ノ方向タルヤAH及ヒAP  
 ナ以テ $qAD$ 、 $QAP$ ナル等角ヲ成セリ是レ $PO$ 、 $Aq$



先ツ $AD \parallel AH$   
 垂直シテDQヲ引キQ及  
 ヒ $q$ ニ於テAP直徑上ニ  
 畫タル半圓周ニ相會セ  
 シムルキハAQ或ハAqハ

ナルカ故ナリ  
 三系 又彈道AH及ヒ發射方向ABヲ前知スレ  
 ハ最大高及ヒ速度ヲ知り得ヘシ  
 先ツ $AD \parallel AH$ ヲ取リQニ於テABニ會ス可  
 キDQ垂直線ヲ引ケハDQハ即チ最大高CVニ  
 等シカルヘシ更ニAHニ垂直シテAPヲ引キ  
 $AQ$ ニ垂直シテQPヲ引クキハAPハ即チ速度  
 ニ歸スル高サナリ  
 四系 凡ソ物體ヲ各異ノ方向ニ於テ同速ヲ  
 以テ發射スルキハ水平彈道AHハ倍仰角ノ



正弦或ハ仰角ノ正弦餘弦ノ相乘積ニ比ス  
 ヘシ是レAD或ハRQハ $\frac{1}{4}AH$ ニシテQAD仰角ノ倍  
 量タルAQ弧ノ正弦ナレハナリ  
 又方向同一ニシテ速度ヲ異ニスルキハ其  
 水平彈道ハ速度ノ自乗或ハ速度ノ自乗ニ  
 比スル所ノAP高ニ比スヘシ是レAD或ハRQ  
 或ハ $\frac{1}{4}AH$ ナル正弦ハ半圓徑或ハAP直徑ニ比  
 スルヲ以テナリ故ニ兩件俱ニ相異ナレハ  
 其彈道ハ速度ノ自乗ト倍仰角正弦トノ合  
 率比例ヲ成スヘシ

五系 仰角四十五度即チ半直角ナルキハ其  
 彈道最遠ナリトス是レ四十五度ノ倍角九  
 十度ノ正弦ハ最大ナルヲ以テナリ即チ半  
 圓徑OSハ彈道四分ノ一ニシテ最大正弦ナ  
 リ  
 六系 仰角十五度即チ倍仰角三十度ナル者  
 ハ其正弦、半圓徑ノ二分ノ一ニ等シ故ニ其  
 彈道ハAP或ハ仰角四十五度ノ最遠彈道二  
 分ノ一ニ等シ尙詳説スレハ仰角十五度ニ  
 於ル彈道ハ勢及準即チ發射速ニ歸スル高



サナリ

七系 最大高 CV ハ AR ニ等キヲ以テ當ニ倍仰角ノ正矢ト AP 或ハ速度ノ自乗トニ比スヘシ若クハ仰角正弦ノ自乗ト速度ノ自乗トニ比スルモ亦同シ是レ正弦ノ自乗ハ倍角ノ正矢ニ比スレハナリ

八系 發射物飛行ノ時間ハ GH (本款ノ圖) 或ハ高サノ四倍  $4CV$  ナ無礙直落セシ時間ニ均キカ故ニ高サノ平方根若クハ發射速ト仰角正弦トニ比スヘシ

備考

前述ノ諸款及ヒ其諸系ニ由テ凡ソ水平面發射ニ係ル或ル前知ノ二件ヲ以テ都テ他ノ未知ノ各件ヲ發見ス可キ左ノ公式ヲ導クヘシ但シ  $s, c, t$  ハ仰角ノ正弦餘弦及ヒ正切ヲ示シ  $S, V$  ハ倍仰角ノ正弦及ヒ正矢ヲ示ス又  $R$  ハ水平彈道  $T$  ハ飛行ノ時間、 $V$  ハ發射速、 $H$  ハ發射物ノ最大高、 $g$  ハ三十二尺六分ノ一及ヒ  $a$  ハ勢及準即チ  $V$  速ニ歸スル高サヲ示ス



式 公

$$R = 2aS = 4asc = \frac{SV^2}{g} = \frac{scV^2}{\frac{1}{2}g}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}gCT^2}{s} = \frac{\frac{1}{2}gT^2}{t} = \frac{4H}{t}$$

$$V = \sqrt{2ag} = \sqrt{\frac{gR}{S}} = \sqrt{\frac{gR}{2sc}}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}gT}{s} = \frac{2}{s} \sqrt{\frac{1}{2}gH}$$

$$T = \frac{sV}{\frac{1}{2}g} = 2s \sqrt{\frac{a}{\frac{1}{2}g}} = \sqrt{\frac{tR}{\frac{1}{2}g}}$$

$$= \sqrt{\frac{sR}{\frac{1}{2}gc}} = 2 \sqrt{\frac{H}{\frac{1}{2}g}}$$

$$H = as^2 = \frac{1}{2}av = \frac{1}{4}tR = \frac{sR}{4c} = \frac{s^2V^2}{2g}$$

$$= \frac{vV^2}{4g} = \frac{1}{8}gT^2$$

ル亦リ諸又等キ上テV恰度仰間  
 チ發仰式以シ時騰真モナ角ハ  
 得見角ニ上ト間ス直チ同レ三十  
 へスモ據ノスニ可ニ以シハ十シ

第一例

解題ノ例

今一千五百尺ノ速力ヲ以テ彈丸ヲ發射セシ  
 大砲ノ仰角二十四度三十六分ナルキハ其  
 勢及準、水平彈道及ヒ彈丸ノ飛行時間如何  
 但レgハ3.22トス以下皆ナ之ニ準ス

勢及準 三萬四千九百三十八尺  
 答彈道 五萬二千八百九十六尺  
 飛行時間 三十八秒時奇零八



解式  $a = \frac{V^2}{2g} = \frac{1500^2}{2 \times 32.2} = 34938$  即チ勢及準ナリ

又  $R = 2aS$  但、 $S = 756995$

故  $= R = 69876 \times 756995 = 52896$  即チ彈道ナリ

又  $F = \frac{gV}{1.8} = \frac{2V}{5} \times 8$  但、 $S = 4162808$

故  $= F = \frac{3000}{32.2} \times 4162808 = 388$  即チ飛行時間ナリ

更ニ對數式ニ據テ水平彈道及ヒ發射物ノ最大高ヲ求ルコト左ノ如シ但シ式中Lハ對數ノ記標ナリ以下皆ナ之ニ準ス

解式  $LR = L69876 + 1S - 10 = 4.8443280 + 9.8790930 - 10$

$= 4.7234210 = L52896$  即チ彈道ナリ

又  $H = as^2 = 34938 \times 4162808^2 = 60544$

或ハ  $LH = La + 2Is - 20$

$= 4.5432980 + 2 \times 9.6193864 - 20$

$= 3.7820708 = L60544$  即チ最大高ナリ

第二例

今大砲ノ仰角五十四度二十分ニ於テ彈丸ヲ發射セシニ其水平彈道二千尺ナルコトヲ知レ



リ初首ノ速力如何

答初首ノ速力二百六十尺奇零七

解式  $V = \sqrt{\frac{gR}{g}}$  但シ  $S = 9473966$

故ニ  $V = \sqrt{\frac{2000 \times 32.2}{9473966}} = 260.7$  即チ速力ナリ

第三例

今首速八百尺ヲ以テ彈丸ヲ發出センニ五千六百尺ノ遠キニ達センメントスルキハ砲ノ仰角如何

答仰角 八度十分五十六秒  
八十一度四十九分四秒

解式  $S = \frac{Rg}{V^2} = \frac{32.2 \times 5600}{800^2}$

$= .28175 = \text{正弦 } 16^\circ 21' 53''$  之ヲ折半シテ

仰角  $= 8^\circ 10' 56''$

又  $90^\circ - 8^\circ 10' 56'' = 81^\circ 49' 4''$  即チ仰角ナリ

第四例

今三千碼ノ勢及準ヲ以テ五千百碼ノ距離ニ達センメントスルニハ砲門ノ仰角如何



答 仰角 二十九度六分三十秒  
六十度五十三分三十秒

解式  $S = \frac{R}{2a} = \frac{5100}{2 \times 3000} = .85$

|| 正弦  $58^{\circ} 13'$  之ヲ折半シテ

仰角  $= 29^{\circ} 6' 30''$

又  $30^{\circ} - 29^{\circ} 6' 30'' = 60^{\circ} 53' 30''$  即チ仰角ナリ

第五例

炮ノ仰角三十二度二十分ニ於テ彈丸ヲ發射  
セシニ五秒時ノ後ニ水平面ニ到達セシキハ

其彈道及ヒ發射速如何

答 彈道 六百三十五尺奇零八七  
發射速 百五十尺半

解式  $R = \frac{1}{2} g T^2 = \frac{1}{2} g T^2 (ct)$

式中 (ct) ハ仰角ノ餘切ヲ示ス

$= \frac{1}{2} 32.2 \times 25 \times 1.5798079$

$= 635.87$  即チ彈道ナリ

$V = \frac{1}{2} g T = \frac{32.2 \times 5}{2 \times .531844} = \frac{161}{1.069688}$

$= 150.5$  即チ速力ナリ



第六例

白炮ノ仰角四十五度ニ於テ爆彈ヲ發射セシ  
 ニ遠サ一千碼ノ距離ニ達セリ今仰角三十度  
 十六分ニ於テ發射スレハ其彈道如何

答彈道八百七十碼奇零六四二

解式 第八款四系ニ由テ左ノ比例アリ

$$R:R'::S:S' \quad \text{故} = R' = R \frac{S'}{S}$$

$$\text{又 } S' = \frac{R'}{S} \quad \text{故} = R' = \frac{1000 \times 870642}{1.000000}$$

$$= 870642 \quad \text{即} \text{彈道ナリ}$$

第七例

勢及準一千八百尺ヲ以テ彈丸ヲ發放セシニ  
 其彈道四千尺ヲ得タリ今同一ノ仰角ニ於テ  
 一千九百八十尺ノ勢及準ヲ以テ發射スルハ  
 ハ彈丸到達ノ距離如何

答彈道四千四百尺

解式 第八款四系ニ由テ左ノ比例アリ

$$R:R'::a:a' \quad \text{故} = R' = R \frac{a'}{a} = \frac{4000 \times 1980}{1800}$$

$$= 4400 \quad \text{即} \text{彈道ナリ}$$



第八例

今砲ノ仰角三十二度ニ於テ發射シタル彈丸  
遠サ三千二百五十尺ノ距離ニ達スルキハ彈  
丸飛行ノ時間如何

答飛行時間十一秒時奇零二三

解式  $T = \sqrt{\frac{sR}{\frac{1}{2}gc}} = \sqrt{\frac{2sR}{gc}} = \sqrt{\frac{2Rt}{g}}$

故ニ  $T = \sqrt{\frac{2 \times 3250 \times 624869}{32.2}} = 11.23$  飛行時間ナリ

第九例

或ル勢及準ヲ以テ發射シタル彈丸ノ最遠彈

道三千六百尺ナルキハ彈丸飛行ノ時間如何

答飛行時間 幾ト十五秒時

解式  $T = \sqrt{\frac{2Rt}{g}}$

但シ最大彈道ノ仰角ハ必ス四十五度ナ  
ルヲ以テ其正切ハ一ナリ故ニ左ノ如シ

$T = \sqrt{\frac{2R}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 3600}{32.2}} = \frac{60}{4} \text{ 秒} = 15 \text{ 秒}$  即チ飛行

ノ時間ナリ



例題

(1) 今炮ノ仰角二十八度三十分ニ於テ一秒時ニ  
一千六百十尺ノ速力ヲ以テ彈丸ヲ發射スル  
其勢及準、彈道、彈丸ノ最大高及ヒ彈丸飛  
行ノ時間如何

勢及準 四萬〇二百五十尺

彈道 六萬七千五百十三尺

最大高 九千六百六十四尺奇零一四

飛行時間 四十七秒時奇零七一五

(2) 爰ニ甲乙二門ノ大砲アリ甲砲ノ仰角七十五

度、乙砲ノ仰角十五度ナリ今將ニ彈丸ヲ發出  
セントスルニ其勢及準各々三千六百尺トスル  
ハ各彈道如何

答 彈道各々三千六百尺

(3) 今一千八百〇八尺ノ勢及準ヲ以テ爆彈ヲ發  
射スルニ白砲ノ發射仰角三十二度ナルハ  
爆彈飛行ノ時間如何

答 飛行時間十一秒時奇零二三

(4) 大砲ノ仰角十五度或ハ七十五度ニ於テ彈丸  
ヲ發射シ其彈道五千二百尺ヲ得ルハ勢及



準及ハ發射速如何

答 勢及準五千二百尺

發射速五百七十八尺奇零六九

(5) 今白砲ノ仰角六十度ニ於テ爆彈ヲ發射セシ

ニ其彈道三千五百二十尺ナルトテ知レリ勢

及準及ハ發射速如何

答 勢及準二千〇三十二尺奇零二五

發射速三百六十一尺奇零七七

(6) 大砲ノ仰角四十五度ニシテ其彈道一萬二千尺ナルキハ勢及準如何

答 勢及準六千尺

(7) 今彈丸ヲ發射セシニ四百二十尺ノ首速ヲ以

テ五千四百尺ノ距離ニ達セシメントスルキ

ハ砲ノ仰角如何

答 仰角 四十度九分

四十九度五十一分

(8) 今四千碼ノ勢及準ヲ以テ彈丸ヲ發射シ距離

四千二百碼ニ在ル物體ニ命中セシメントス

ルキハ砲ノ仰角如何

答 仰角十五度五十分 或ハ七十四度十分



(9) 砲ノ仰角六十度ニ於テ發射シタル爆彈飛行  
中ノ時間二十五秒時ナルルキハ其彈道及ヒ發  
射速如何

答 彈道 五千八百〇九尺奇零六  
發射速 四百六十四尺奇零七六

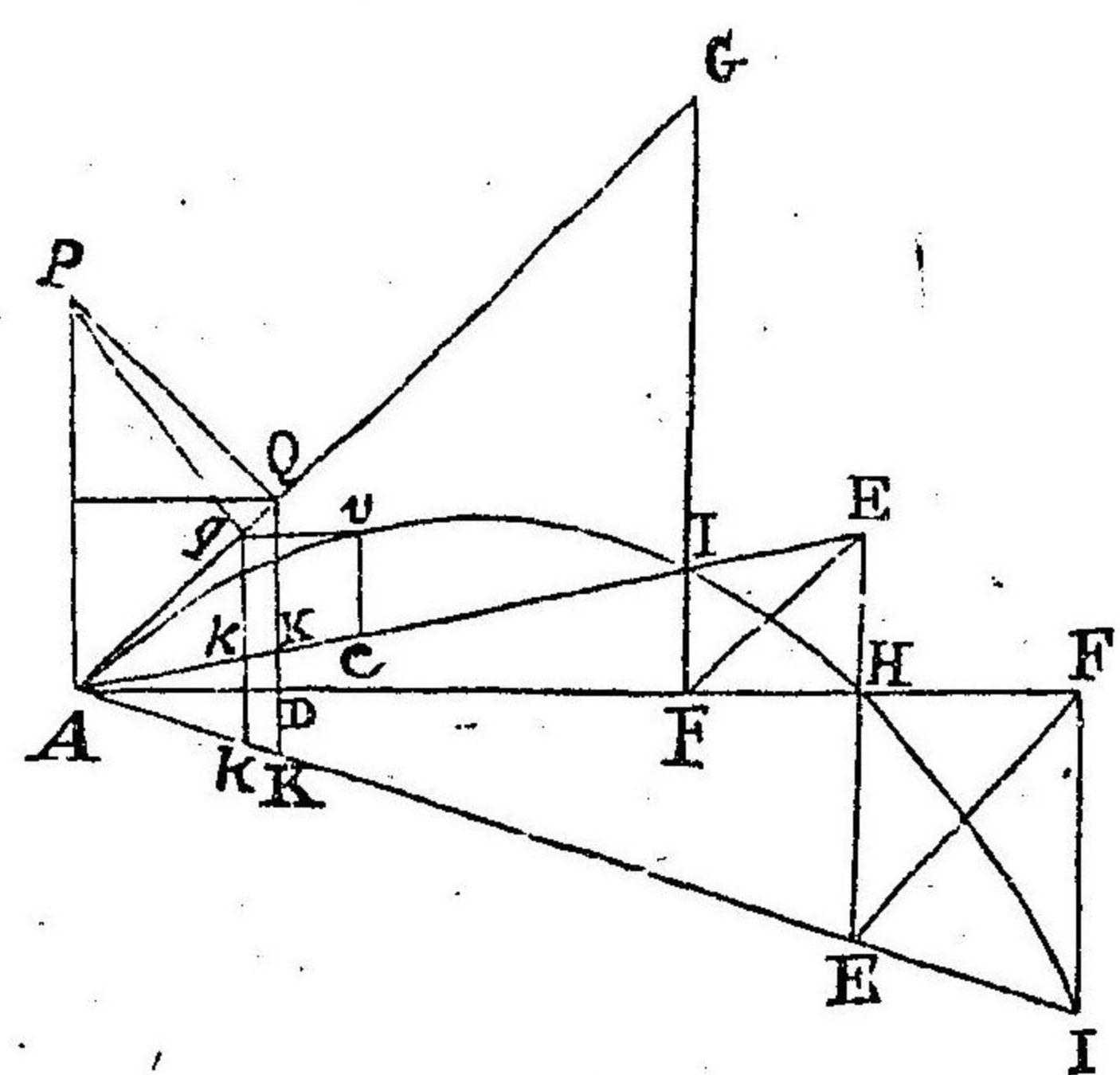
(10) 白砲ノ仰角四十五度ニ於テ發射セシ爆彈、距  
離三千七百五十尺ノ遠キニ達セリ今同速ヲ  
以テ二千八百十尺ノ距離ニ達セシメントス  
ルキハ砲ノ仰角如何  
答 仰角二十四度十六分

或ハ六十五度四十四分

(11) 砲ノ仰角二十五度十二分ニ於テ彈丸ヲ發放  
セシニ遠サ三千五百尺ノ距離ニ達セリ今同  
速ヲ以テ砲ノ仰角三十六度十五分ニ於テ發  
射スルキハ其彈道如何  
答 彈道四千三百三十二尺奇零二

第九款 勢及準或ハ速力及ヒ仰角ヲ前知シ以  
テ斜面上ノ彈道ヲ定ムル法  
左圖ノ  $AB$  ハ前知ノ傾角ヲ以テ  $AH$  水平面ニ高





AHニ垂直シテ HEヲ引キ且ニ於テ斜面ニ相會  
 センメ而シテ AGニ平行シテ EFヲ引キ HEニ平行  
 シテ FIヲ引クヘシ然ルルハ其發射物ハIヲ

低セル兩斜面トシ AGハ  
 白砲ノ方向トシ APハ A  
 ニ於ル發射速ニ歸スル  
 高サトス  
 前欸ニ由テ先ツ前知ノ  
 速力及ヒ仰角ヲ以テ水  
 平彈道ヲ定メ然ル後ナ

經過シ而シテ斜面上ノ彈道ハ AIナルヘシ是レ  
 AH及ヒ AIハ曲線ヲ以テ限界セル或ルニ線ニ  
 シテ IF及ヒ HEハ軸ニ平行スルニ由テ EFハ必  
 ス AG切線ニ平行ス可キノ理由(圓錐截面曲線法)ア  
 レハナリ

又水平彈道ヲ要セサル別法

先ツ AGニ垂直シテ PQヲ引キ又 AF水平面ニ垂  
 直シテ QDヲ引長レ以テ Kニ於テ斜面ト相會  
 セレメ而シテ  $\triangle ADE \parallel \triangle AKR$ ヲ取り AGニ平行シテ EF  
 ヲ引キ又 AP或ハ DQニ平行シテ FIヲ引クハ



則チ AI ハ 斜面上ノ彈道ナリ是レ AH || AD ナ  
ルヲ以テ EH ハ FI ニ平行スレハナリ  
又別法

先ツ  $\angle APq \parallel \angle GAI$  ナ成シテ Pq ナ引キ然ル後チ  
 $AG \parallel 4Aq$  ナ取リ AH ニ垂直シテ GI ナ引ケハ AI ハ  
即チ彈道ナリ或ハ AH ニ垂直シテ qK ナ引キ而  
シ  $AI \parallel 4Ak$  ナ取ルモ亦同シ然ルキハ kq ハ斜面  
上ノ最大高 cv ニ等シカルヘシ  
蓋シ第七款ノ二系ニ由テ左ノ比例アリ

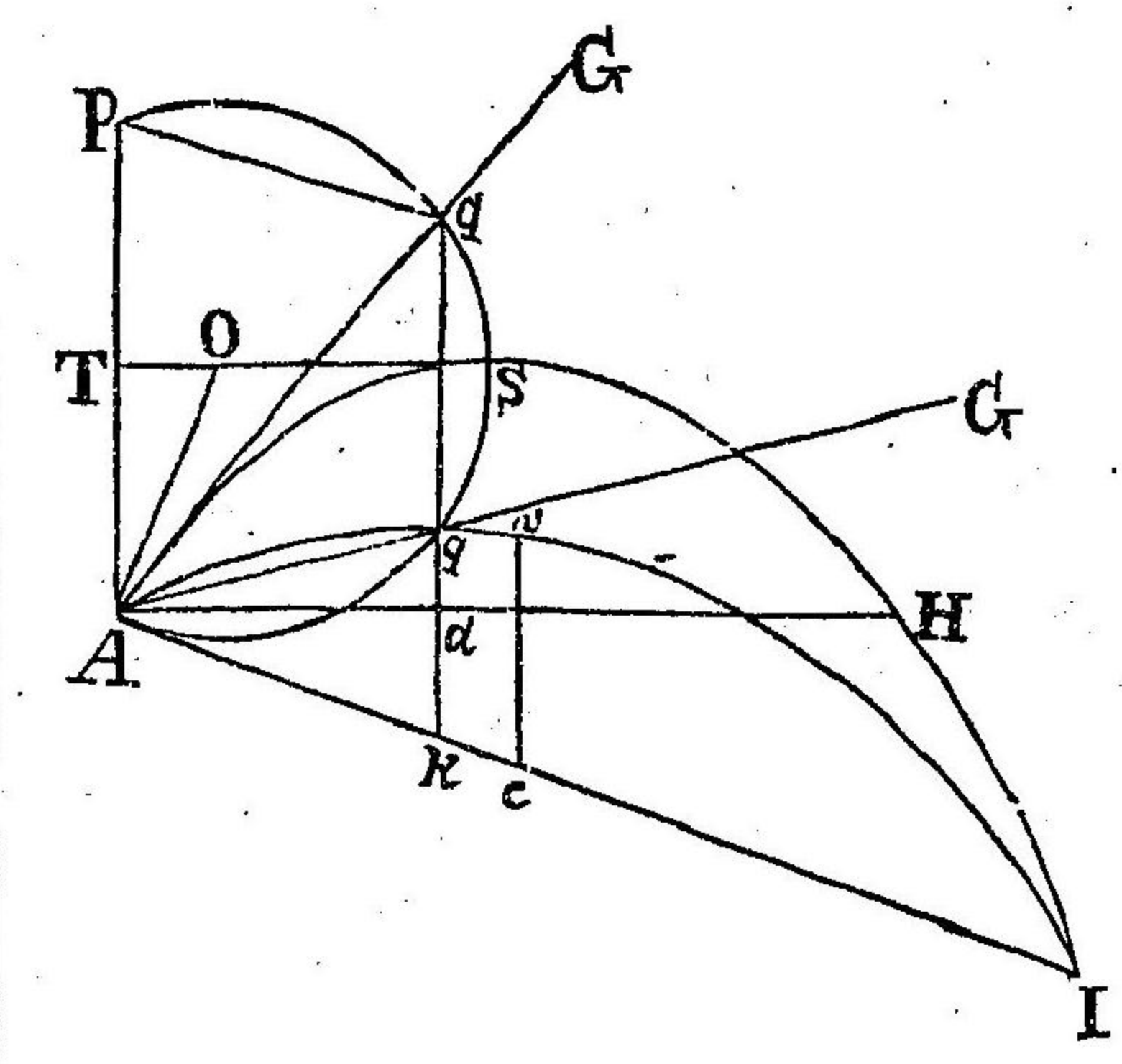
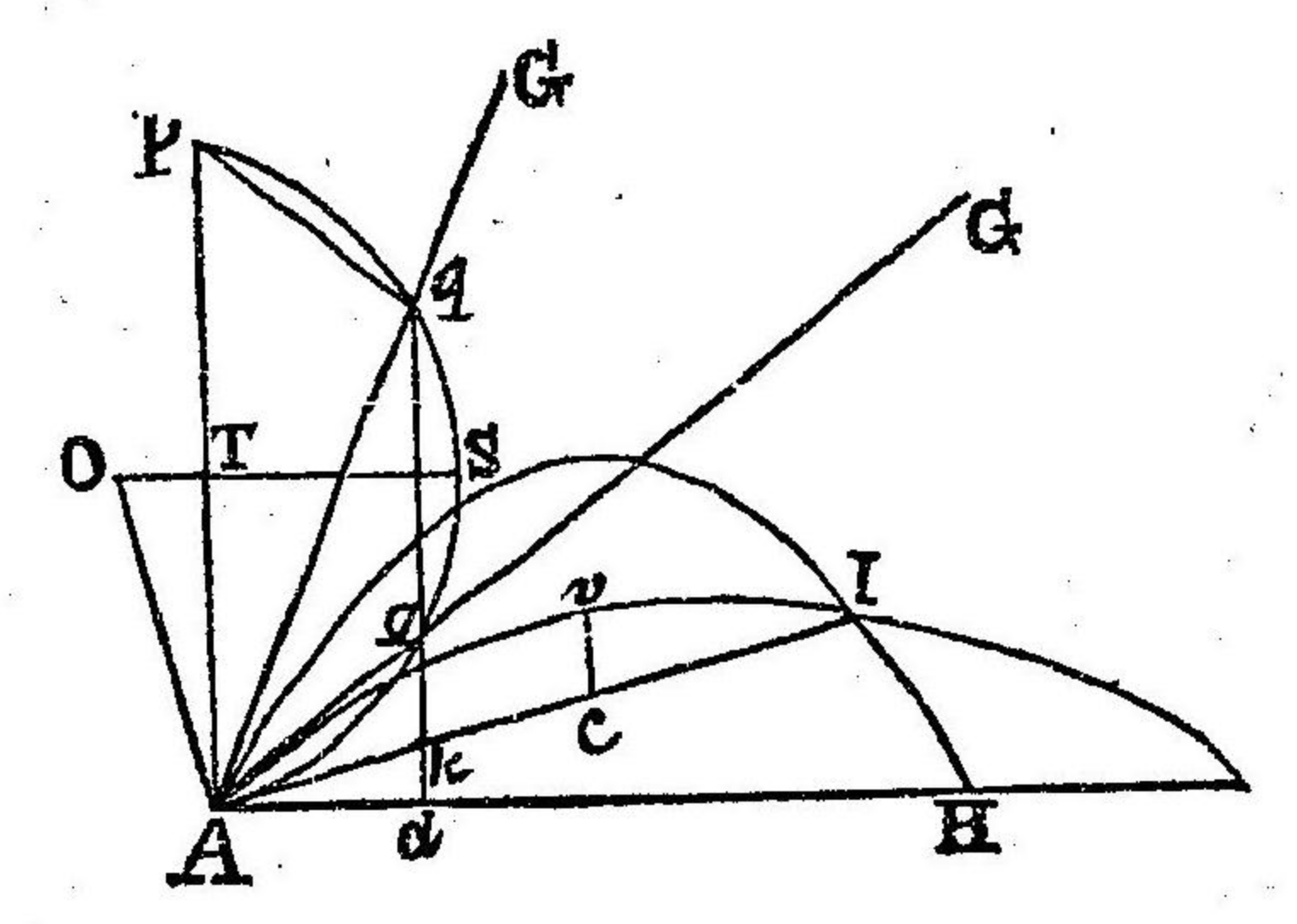
AP : AG :: AG : 4GI 又等三  
ア ノ 由 角 形 又  
リ 比 下 = 三  
AP : AG :: Aq : GI  
或  
ハ  
AP : AG :: 4Aq : 4GI  
故  
ニ  
AG = 4Aq 而  
由 形 三 又 而  
テ = 角 等 ン  
AI = 4Ak  
ナ  
リ

又拋物線ノ性質 (拋物線截面曲線法) ニ由テ  
qk 或  $\frac{1}{4} GI = cv$  ナリ

一系 若シ AI 面ニ垂直シテ AO ナ引キ STO 垂直



線ヲ以テAPヲ中分シOヲ以テ中心トシA  
 及ヒPヲ經テ圓線ヲ畫ケハ亦必スqヲ過  
 クヘシ何トナレハAI及ヒAG切線ニ由テ包



括シタル  
 角ハAPq  
 角ニ等キ  
 ナ以テ俱  
 弧Aqqヲ狭  
 裁スルカ

故ナリ  
 二系 若シAI彈道及ヒ速力或ハ勢及準ヲ前

知スレハ容易ニ其發射方向ヲ求メ得ヘシ  
 先ツ $AK = \frac{1}{2} AI$ ヲ取リAHニ垂直シテkqヲ引  
 キAO半徑ヲ以テ畫ケル圓線トq、q兩點ニ  
 於テ相會セシムレハAq或ハAqハ即テ炮ノ  
 方向ナリ觀ルヘシ同一ノ勢及準ヲ以テ幾  
 ント同シ彈道AIヲ得ル所ノ兩方向アルコ  
 ナ然リ而シ此兩般ノ方向タルヤAIトAPト  
 ニ等角ヲ成スヘシ是レPq弧ハAq弧ニ均一



ナレハナリ又此兩方向ハAヨリSヲ通シ  
 テ引長スル一線ニ就テ等角ヲ成スヘシ是  
 レSq弧ハSq弧ニ均ケレハナリ

三系 若シAI彈道及ヒAq方向ヲ前知スレハ

以テ速力或ハ勢及準ヲ發見シ得ヘシ

先ツAk $\parallel$ AIヲ取リAHニ垂直シテkqヲ引

キqニ於テ方向線ト相會セシメ然ル後テ

$\angle AqP \parallel \angle Akq$ ヲ成シテqPヲ引ケハAPハ即チ

勢及

四系 凡ソ斜面上ノ彈道ハ水平、發射兩方向

ノ交角餘弦ト斜面、發射兩方向ノ交角正弦  
 トノ相乘積ニ正比シ斜面傾角(水平ト斜面トノ高低角ヲ云フ)  
 餘弦ノ自乘ニ反比ス

蓋シ  
 トスレハAPq三角形ニ於テ

$s = \text{正弦} \angle qAI \text{ 或 } \text{正弦} \angle APq$   
 $c = \text{餘弦} \angle qAH \text{ 或 } \text{正弦} \angle PAq$   
 $C = \text{餘弦} \angle IAH \text{ 或 } \text{正弦} \angle Akd$   
 或  $\text{正弦} \angle Akq \text{ 或 } \text{正弦} \angle AqP$

$C : s :: AP : Aq$



又  $Akq$  三角形ニ於テ

$$C : e :: Aq : Ak$$

故ニ

$$C^2 : cs :: AP : Ak = \frac{1}{4} AI$$

故ニ

$$\text{斜面彈道 } AI = \frac{cs}{C^2} \times 4AP$$

ナリ

抑、彈道ハ  $Ak$  ノ距離、最大ナルキヲ其最遠ノ期トス猶詳説スレハ  $kq$  ノ線、 $S$  ナル中央點ニ於テ圓周ニ接觸スルキニ最遠距離ヲナスヘシ若シ然ルキハ發射方向ノ線ハ必ス

$S$  ナ經過シ兼テ斜面ト頂天トノ交角ヲ中分スヘシ且此最大彈道ヲ成ヌ可キ發射方向ヨリ上下ニ等角ヲ隔ル兩方向ノ諸彈道ハ皆互ニ同一ナリ

五系 斜面上發射物進路ノ最大高  $cv$  或ハ  $kq$

ハ  $\frac{C^2}{g} \times AP$  ニ等シ故ニ此最大高ハ斜面ト發

射方向トノ交角正弦ノ自乘及ヒ勢及準ニ

正比シ斜面ノ傾角餘弦ノ自乘ニ反比ス

蓋シ  $C : s :: AP : Aq$  又  $C : s :: Aq : kq$

故ニ  $C^2 : s^2 :: AP : kq$  ナレハナリ



六系 曲線  $AVI$  テ飛行中ノ時間ハ  $\frac{1}{2}g \sqrt{\frac{AP}{g}}$  ニ等シ、故ニ飛行ノ時間ハ斜面上ト發射方向トノ交角正弦及ヒ速度ニ正比シ斜面上傾角ノ餘弦ニ反比ス

蓋シ曲線ヲ經過ス可キ時間ハ  $GI$  或ハ  $4kq$  或ハ  $\frac{4g}{Q} \times AP$  ヲ無礙直落ス可キ時間ニ等ク而シテ時ハ距離ノ平方根ニ比スルヲ以テナリ

乃チ  $\sqrt{\frac{1}{2}g} : \frac{2g}{Q} \sqrt{AP} :: 1' : \frac{2g}{Q} \sqrt{\frac{AP}{\frac{1}{2}g}}$  = 飛行時間ナリ

備考

以上ノ諸系ニ由テ斜面上ノ發射ニ係ル公式ヲ導クヲ得ヘシ今其諸件ヲ命スル

「左ノ如シ

e ハ水平上發射傾角ノ餘弦トス

c ハ斜面上發射傾角ノ餘弦トス

s ハ斜面上發射仰角ノ正弦トス

R ハ斜面上發射道トス

T ハ飛行中ノ時トス

V ハ發射速度トス



Hハ斜面上發射物ノ最大高トス  
aハ勢及準即チV速ニ歸スル高サトス  
是ニ由テ公式ヲ定ムル下左ノ如シ

式 公

$$R = \frac{cs}{C^2} \times 4a = \frac{2cs}{C^2g} V^2$$

$$= \frac{gc}{2s} T^2 = \frac{4c}{s} H$$

$$H = \frac{s^2}{C^2} a = \frac{s^2 V^2}{2gC^2}$$

$$= \frac{sR}{4c} = \frac{g}{8} T^2$$

$$V = \sqrt{2ag} = C\sqrt{\frac{gR}{2cs}}$$

$$= \frac{gC}{2s} T = \frac{2C}{s} \sqrt{\frac{1}{2}gH}$$

$$T = \frac{2s}{C} \sqrt{\frac{a}{\frac{1}{2}g}} = \frac{sV}{\frac{1}{2}gC}$$

$$= \sqrt{\frac{sR}{\frac{1}{2}gC}} = 2\sqrt{\frac{H}{\frac{1}{2}g}}$$

解題ノ例

第一例

今水平上十一度二十五分ノ高角ヲ成セル斜面上ニ於テ勢及準二千五百尺ヲ以テ彈丸ヲ發放セシニ礮ノ仰角三十三度四十分ナルキハ其彈道及ヒ彈丸飛行ノ時間如何

答 彈道 三千二百七十九尺奇零九一六  
飛行時間 九秒時奇零六二七二

解式  $R = \frac{cs}{C^2} \times 4a$  故  $= \frac{1}{4} R = \frac{cs}{C^2} \times a$



對數ヲ用フレハ

$$L\frac{1}{4}R = La + Lc + Is - 2IC$$

$$\text{故} = L\frac{1}{4}R = 33979400 + 99202678 + 95782864$$

$$- 199826414 = 29138028 = L819.979$$

故 =  $R = 4 \times 819.979 = 3279.916$  即チ彈道ナリ

$$\text{又} T = \frac{2g}{C} \sqrt{\frac{a}{1.6}} \quad \text{故} = \frac{1}{2}T = \frac{g}{C} \sqrt{\frac{a}{1.6}}$$

故ニ對數式ニ據レハ

$$L\frac{1}{2}T = Ls + \left(\frac{1}{2}La - L\frac{1}{2}g\right) - IC$$

$$\text{故} = L\frac{1}{2}T = 9.5782864 + 1.0955570 - 9.9913207$$

$$= 6824728 = L4.8136$$

故ニ  $T = 96212$  即チ飛行ノ時間ナリ

### 第二例

今噓道ニ於テ大砲ノ傾角三十度十分ヲ成シ  
テ彈丸ヲ發射シ其遠サ三千二百五十六尺離  
レタル物體ニ命中セシメントスルハ其勢  
及準如何 但シ斜道ノ高角十二度四十五分  
答勢及準 二千九百九十二尺奇零三

$$\text{解式} \quad R = \frac{gs}{C^2} \times 4a \quad \text{故} = \quad 4a = \frac{RC^2}{gs}$$



對數式ニ據レハ

$$L4a = LR + 2LC - (Lc + Ls)$$

故ニ

LR	=	3.5126844
2LC	=	+ 19.9783142
		23.4909986
(Lc + Ls)	=	- 19.4129322
L11969.20	=	4.0780664
4) 29923	=	a

第三例

今低角九度十二分ナル斜道ニ於テ遠サ七千

六百五十尺離レタル物體ニ彈丸ヲ命中セシ  
 メントスルニ其勢及準三千六百〇九尺ナル  
 片ハ炮ノ仰角如何

答炮ノ仰角水平上二十五度四十八分

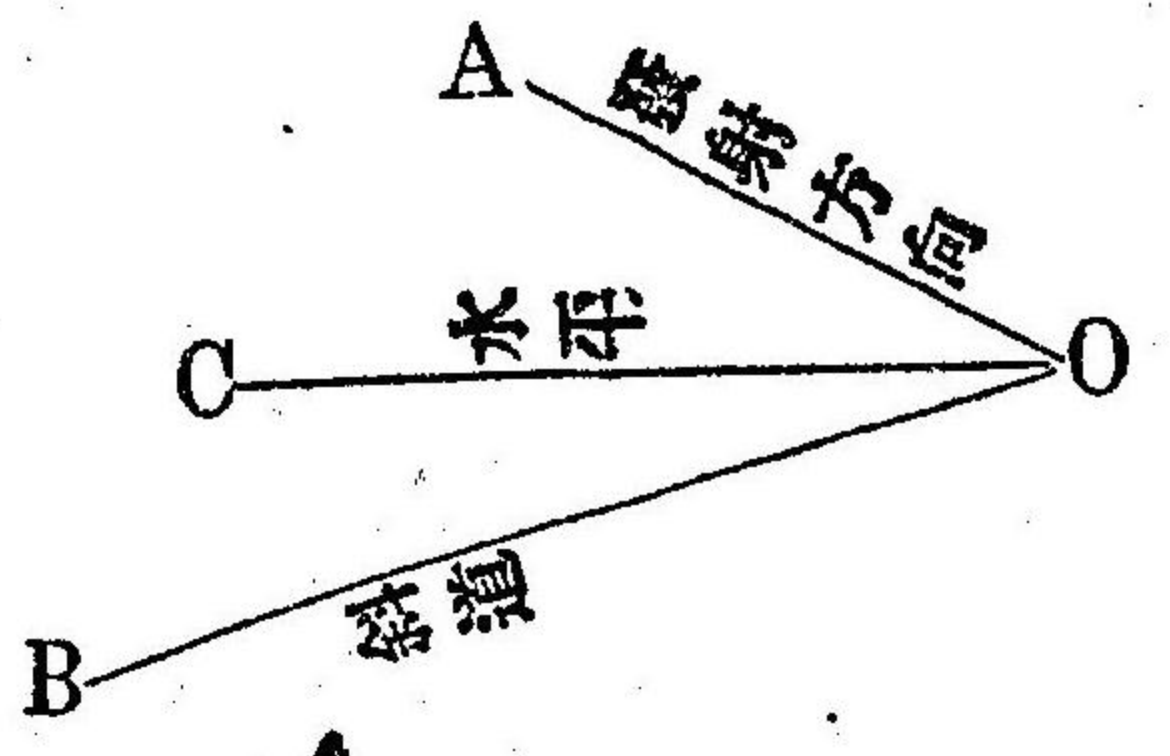
解式  $R = \frac{gs}{C^2} \times 4a$  故ニ  $RC^2 = gs \times 4a$

故ニ  $\frac{RC^2}{2a} = 2gs = D$

對數式ニ據テ

$$Lm = LR + 2LC - (20 + L2a)$$

$$= 3.3836614 + 19.9887542 - 23.8584169$$





$$= 0.18987 = L.103276$$

又  $\frac{2}{5}$  該  $AOB \times$  餘該  $AOC - \frac{1}{5}$  該  $COB = \frac{1}{5}$  該  $(2AOC + COB)$

即  $\frac{2}{5} \sin 9^\circ 12' = \frac{1}{5} \sin (2AOC + COB)$

故  $=$  真數  $=$  由  $\frac{2}{5}$

$$1.03276 - .15988 = .87288 = \frac{1}{5} \sin 60^\circ 48'$$

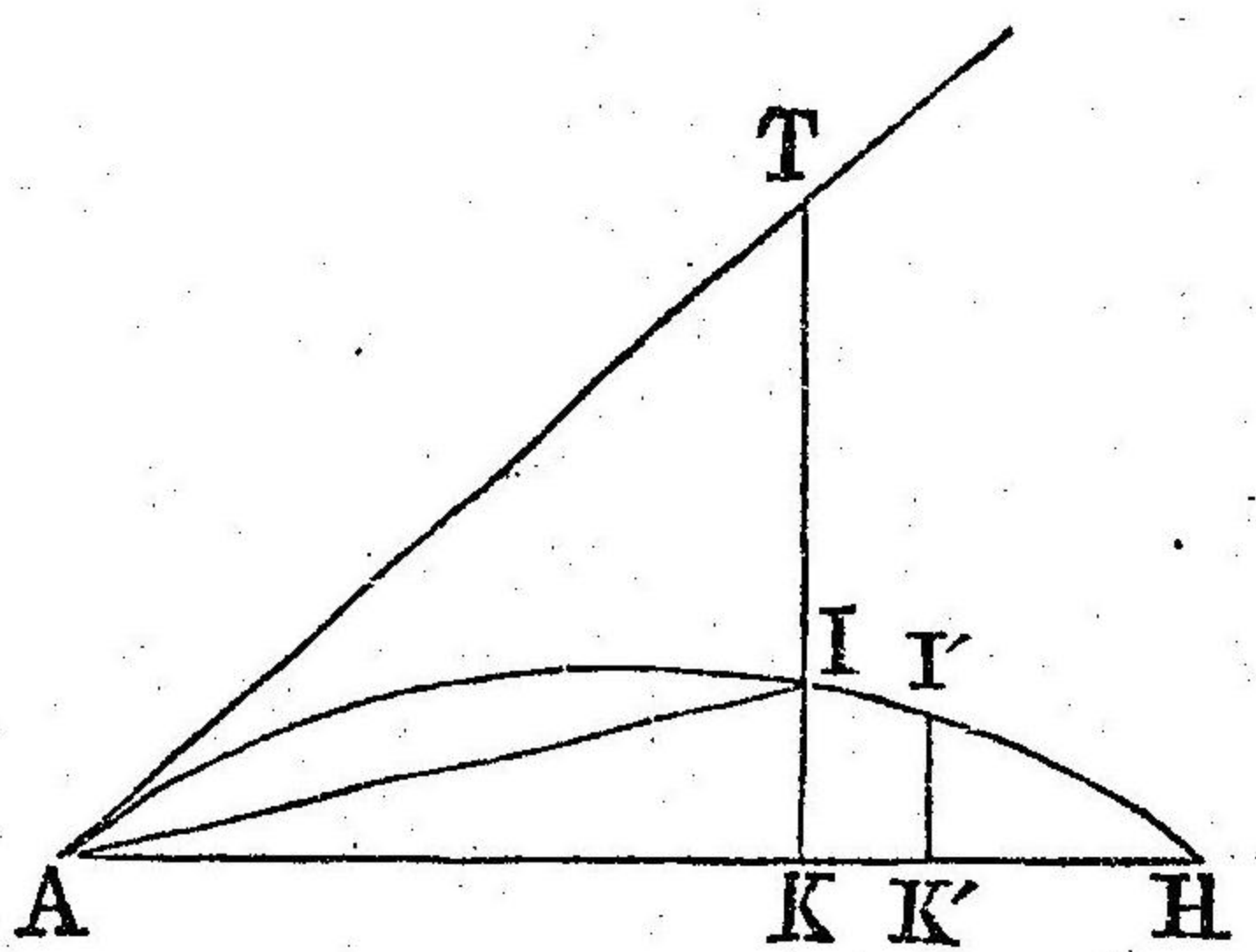
$$= \frac{1}{5} \sin (2AOC + COB)$$

$$\text{故} = 2AOC = 60^\circ 48' - 9^\circ 12' = 51^\circ 36'$$

$$\text{故} = AOC = 25^\circ 48'$$

#### 第四例

例へハ大砲ヲA處ニ安頓シ彈丸ヲ放發セシ



式解

$$AK = x$$

$$AK' = x'$$

$$KI = y$$

$$K'I' = y'$$

$$\angle TAK = e$$

トスレハ

答

レハ其速力及ヒ仰角如何  
 速度百四十一尺奇零八六  
 仰角二十六度二十三分五

十四秒

ニ其彈丸ノ進路ヲシテ將ニ大砲ヨリ三百尺  
 及ヒ四百尺ノ兩距離ニ於テ高サ六十尺及ヒ  
 四十尺ナル兩頂天I'I'ヲ經過セシメントス



$$y = KT - Tl = x \text{正切} \theta - \frac{1}{2} g t^2 \text{ ナリ}$$

但  $x = AK = AT \text{餘弦} \theta = t \times v \times \text{餘弦} \theta$

$$\text{故} = y = x \text{正切} \theta - \frac{g x^2}{2v^2 \text{餘弦}^2 \theta}$$

$$= x \text{正切} \theta - \frac{4a \text{餘弦}^2 \theta}{x^2}$$

$$= x \text{正切} \theta - \frac{g}{2v^2} \times x^2 \text{正割}^2 \theta \dots\dots\dots (1)$$

$$= x \text{正切} \theta - \frac{1}{4a} \times x^2 \text{正割}^2 \theta \dots\dots\dots (2)$$

(1) 式中  $x$  及  $y$  チ 對換 スル ハ

$$y' = x' \text{正切} \theta - \frac{g}{2v'^2} \times x'^2 \text{正割}^2 \theta \dots\dots\dots (3)$$

故 = (1) 式 及 (2) 式 = 由テ

$$\frac{g \text{正割}^2 \theta}{2v^2} = \frac{\text{正切} \theta}{x} - \frac{y}{x^2} \dots\dots\dots (4)$$

$$\frac{g \text{正割}^2 \theta}{2v^2} = \frac{\text{正切} \theta}{x'} - \frac{y'}{x'^2} \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{故} = \text{正切} \theta \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{x'} \right) = \frac{y}{x^2} - \frac{y'}{x'^2}$$

$$\text{故} = \text{正切} \theta = \frac{x'^2 y - x^2 y'}{x x' (x' - x)} = \frac{400^2 \times 60 - 300^2 \times 40}{300 \times 400 \times 100} = \frac{1}{2}$$

$$\text{故} = \theta = \text{正切}^{-1} \frac{1}{2} = 26^\circ 33' 54'' \text{ 即チ 仰角也}$$

又 (1) 式 = 由テ

$$v = x \text{正割} \theta \sqrt{\frac{\frac{1}{2} g}{x \text{正切} \theta - y}} = 25 \sqrt{g}$$

$$= 141.86 \text{ 即チ 速度力 ナリ}$$



若シ(1)式中  $y=0$  トスレハ其彈道ヲ得ル  
左式ノ如シ

$$AH = x = \frac{V^2}{g^3} \sin^2 2\theta = 625 \sin^2 2\theta = 500$$

今彈丸ノ水平面上ノ最大高ヲ求ントス  
レハ(1)式ニ由テ  $y$  ノ最大極數ヲ發見セ  
サルヘカラス故ニ微分式ニ由テ即チ次  
ノ如シ

$$y = x \sin^2 \theta - \frac{g^2}{2V^2} x^2 \sin^2 \theta$$

$$\frac{dy}{dx} = \sin^2 \theta - \frac{g^2}{V^2} x \sin^2 \theta = 0 \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{故ニ } x = \frac{V^2}{g} \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \theta} = 2a \sin^2 \theta$$

$$= 2a \sin^2 2\theta \dots\dots\dots (7)$$

是レ即チ全彈道ノ二分一ナルヲ瞭然タ  
リ故ニ本式ヲ以テ(2)式中ノ  $x$  ヲ對換ス  
レハ左ノ如シ

$$y = 2a \sin^2 \theta - 2a \sin^2 \theta = a \sin^2 \theta$$

$$= \frac{V^2}{2g} \sin^2 2\theta = \frac{625}{2} \sin^2 2\theta = 625 \text{ 即チ最大高トス}$$

例題

(1) 今斜面高角六度四分發射仰角三十七度三十  
八分ニシテ勢及準四千二百尺ナルキハ其彈



道如何

答 彈道七千〇四十三尺奇零四四

(2) 水平上六度四分ノ傾角ヲ爲セル斜面上ニ於  
テ四千二百尺ノ勢及準ヲ以テ發丸スルキハ  
其最大彈道如何

答 最大彈道七千五百九十七尺奇零〇八

(3) 水平上八度三十分ノ傾角ヲ爲セル斜面上ニ  
於テ勢及準二千三百〇四尺ヲ以テ爆彈ヲ發  
射セシムニ白砲ノ仰角四十五度ナルキハ彈丸  
飛行ノ時間如何

答 飛行ノ時間十四秒時三八九四

(4) 斜道ニ於テ遠距離七千〇四十四尺ノ物體ニ  
向テ彈丸ヲ命中セシメントスルニ砲ノ仰角  
五十八度二十六分ナルキハ其勢及準如何  
但シ斜道傾角ハ六度四分ナリ

答 勢及準四千二百尺奇零三

(5) 斜道ニ於テ距離七千〇四十四尺ナル物體ニ  
勢及準四千二百尺ヲ以テ彈丸ヲ命中セシメ  
ントスルキハ其發射仰角如何  
但シ斜道ノ高角ハ六度四分トス



答發射仰角 三十七度三十八分  
五十八度二十六分

(6) 坡道ニ於テ距離六千七百四十五尺ナル物體  
ニ彈丸ヲ命中セシメントスルニ砲ノ發射速  
力四百三十九尺ヲ以テスルキハ其發射仰角  
如何 但シ斜坡ノ低角ハ八度十五分トス

答發射仰角 三十二度四十六分三十秒  
四十八度五十八分三十秒

動重學彈道論上卷畢

動重學彈道論下卷

河野爲大 編纂

實地砲術ヲ論ス

第十款 凡ソ水平面及ヒ斜面ニ關ル發射物ノ  
完全ナル定則ハ既ニ前卷ニ於テ論述セル如  
シト雖<sub>レ</sub>然<sub>レ</sub>モ今是ヲ實地ノ砲術ニ適用シ  
前知ノ諸件ヲ以テ未知ノ各件ヲ決定セント  
スルニ當テハ豫メ先ツ許多ノ實驗表ヲ整備



セシテ緊要ナリ夫レ所謂實驗表ハ大砲或ハ  
 白砲ヨリ實丸或ハ空丸ヲ各種相異ル分量ノ  
 裝藥ヲ以テ發射セシ實驗上ニ關ル純良ナル  
 結果ヲ集録シタル者ナリ故ニ若シ此ノ如キ  
 表ノ補助ヲ仰カサレハ放發ノ際裝藥ノ激發  
 及ヒ彈丸ノ發出等ノ不齊茫漫ナルカ爲ニ該  
 定則モ實地ニ裨益センテ些々タルニ過サル  
 ナリ而シテ凡ソ發射物ノ定則ハ每秒時ニ三百  
 尺或ハ四百尺ニ過サル小速度ヲ以テ大爆彈  
 ナ放發スルモノ、如キニ至テハ大槩齟齬ヲ

其推測上ト實驗上トノ結果ニ生セスト雖モ  
 若シ速度力巨大ナル者ニ至テハ其結果互ニ齟  
 齬スルテ頗ル大ナルヘシ蓋シ速度力愈大ナレ  
 ハ從テ大氣ノ抵抗モ亦愈大ナルカ故ナリ例  
 ヘハ定則ニ從テ計算シタル所ノ彈道二十里  
 乃至三十里ナル者ヲ實驗上ニ徵スレハ纔ニ  
 二里若クハ三里ニ過スシテ停止スルカ如シ  
 夫レ如斯ク速度力甚大ナレハ大氣ノ抵抗殊ニ  
 猖獗ナルヲ以テ必ス實驗表ノ扶助ニ據サレ  
 ハ其功ヲ奏スルテ能ハス然リ而シテコノ抵抗



ノ功績モ亦發射物ノ速力、直徑及ヒ重量ニ從  
テ差異アリトス是ヲ以テ實丸或ハ空丸ノ大  
サヲ一定シタル試驗ハ假令速力ヲ同一ニス  
ルモ他ノ大サノ者ニ適用スルヲ得ス又一定  
ノ速力ヲ以テ遂タル試驗ハ彈丸ノ大サ同一  
ナルモ自余ノ速力ニ適應スル能ハス故ニ實  
地ノ炮術ニ就テ適當ナル法則ヲ定ント要セ  
ハ各種ノ白砲ニ就テ最小量ヨリ最大量ニ至  
ル各異ノ火藥ヲ以テ精密ナル試驗ヲ施行セ  
サルヘカラス加之各異ノ仰角ニ於テモ亦反

覆執行セサルヲ得ス即チ三十度ヨリ六十度  
ニ至ル迄ハ各度ヲ以テシ六十度以上三十度  
以下ハ每五度ヲ以テス抑個般ノ試驗ヲ施行  
スルニ當テ其最大彈道ヲ求ンニハ必スシモ  
仰角四十五度ニ限ルヘカラス發射物ノ速力  
ト重量トノ大小ニ關シテ四十五度乃至三十  
度トス又小速力ニテ大爆彈ヲ用ヒ幾ント四  
十五度ノ仰角ヲ以テ最遠彈道ヲ成スヘシ若  
シ之ニ反シテ最大速力ト小彈丸トヲ以テス  
レハ幾ント三十度若クハ尙低角ヲ以テ最大

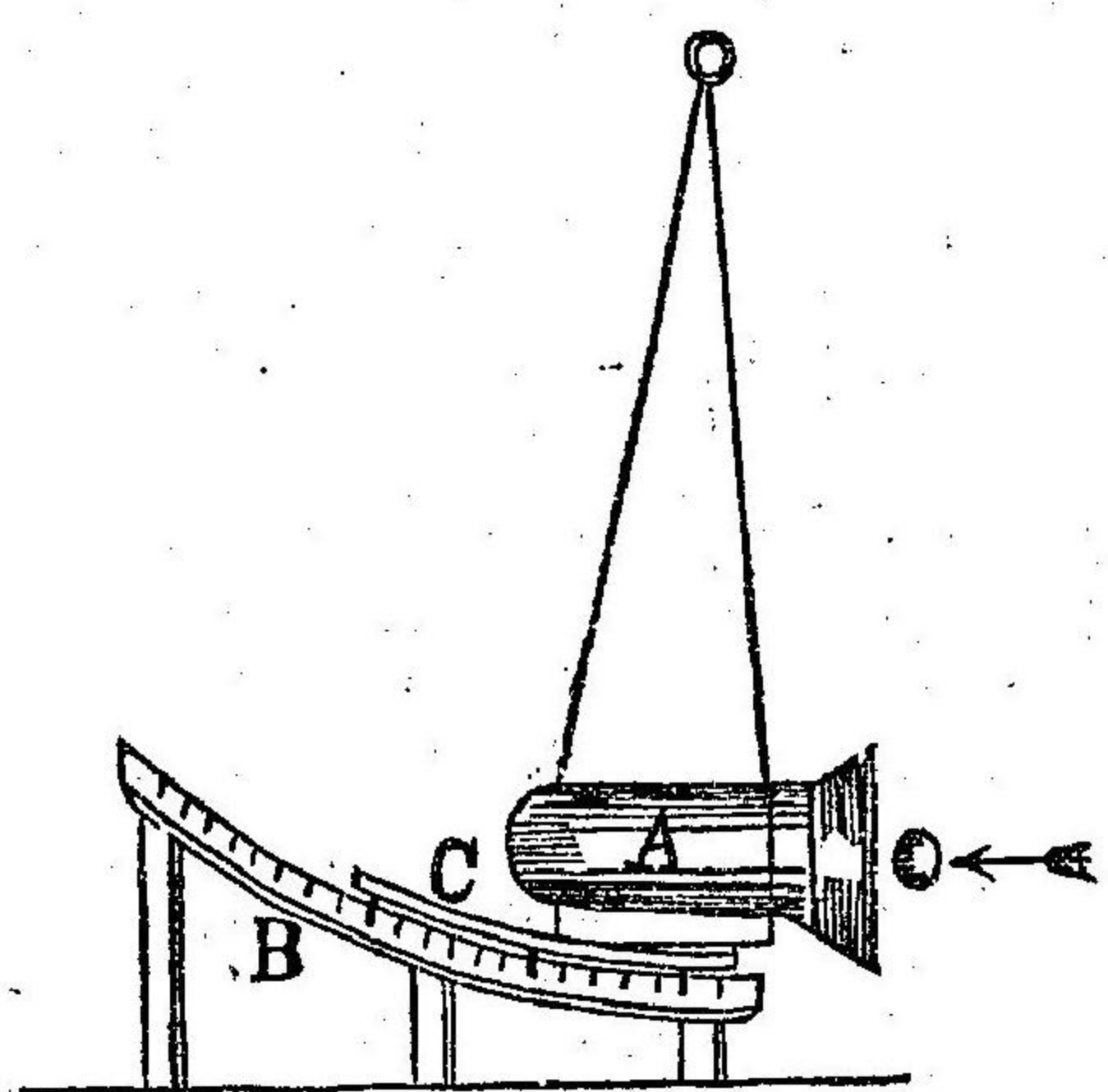


距離ニ達スヘシ  
 紀元千七百七十三年ウリッヂニ於テ施行セシ  
 試験ハ各種ノ白炮ニ各異小量ナル火薬ヲ用  
 ヒ都テ仰角ハ四十五度ヲ以テセリ故ニ之ヲ  
 諸般ノ仰角及ヒ装薬多量ナル者ニ適用セシ  
 者ハ悉ク其功ヲ奏ルヲ能サリシ又千七百八  
 十四年及ヒ千七百八十六年ニ同處ニ於テ施  
 行セシ試験ハ毎ニ仰角ヲ異ニシ白炮及ヒ装  
 薬量ヲ一定シ且装薬ハ小量ヲ用ヒシカ故ニ  
 其結果幾ント抛物線法則ト一致セリ又屢々

弩的權ヲ用ヒテ試験セシトアリ此試験ニ由  
 テ大炮ノ長サ彈丸ノ重量及ヒ速度、火薬量等  
 ニ關ル諸般ノ定則ヲ得タリ即チ彈丸ノ速度  
 ハ装薬ノ平方根ニ正比シ彈丸重量ノ平方根  
 ニ反比ス

備考 弩的權ノ装置ハ「ロビンズ」氏ノ發明  
 スル所ニシテ左圖ニ示スカ如クAハ鑄  
 鏡製ノ空筒ニシテ充容スルニ砂粒ヲ以  
 テシ之ヲ横架セル鏡製軸ニ鍍鏡ノ鎖條  
 ナ以テ吊絶シ動搖前後スルニ自在ナラ





分ヲ指示セシム今若シ空筒ノ孔口ニ向  
 テ彈丸ヲ發射スレハ空筒ヲシテ當ニ彈  
 丸ノ速度ニ比例シタル距離ヲ退却セシ

シム又之ニ固着セル  
 Cナル真鍮片條ノ弧  
 形狀ノ者ハ空筒ノ運  
 動前後スルニ從ヒ下  
 ノ木柱上ニ安置シタ  
 ルBナル劃度弧ヲ滑  
 カニ進退シ以テ其度

ムヘシ故ニ彈丸及ヒ空筒ノ重量并ニ其  
 退却ノ距離ヲ前知シ以テ彈丸ノ速度ヲ  
 測定スルヲ得

又「コント、ラムフワード」氏ノ考成ニ屬スル他  
 ノ方法ハ大砲ヲ吊繩シ以テ彈丸ヲ發射  
 シ砲ノ退却スル距離ノ廣狹ヲ認知シ以  
 テ其首速ヲ測定スル者トス

左ニ舉ル表ハ中長ノ一磅砲ヲ以テ二弓、四弓  
 八弓、及ヒ十二弓ノ裝藥ニテ十五度及ヒ四十  
 五度ノ仰角ニ於テ發放シタル實驗上ノ結果



ヲ示スモノナリ

量	角	力	道	間	時	行	飛
2	15°	尺 860	尺 4100		9"		
4	15°	尺 1230	尺 5100		12"		
8	15°	尺 1640	尺 6000		14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "		
12	15°	尺 1680	尺 6700		15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "		
2	45°	尺 860	尺 5100		21"		

今首速ヲ示スニ V ナリ以テシ裝藥量ヲ示スニ  
 C ナリ以テシ而シ彈丸ノ重量ヲ示スニ b ナリ以  
 テスレハ其式  $V = 1600 \sqrt{\frac{2c}{d}}$  トス  
 何トナレハ  $V : V :: \sqrt{c} : \sqrt{C}$  ナルヲ以テ

$V = V \times \sqrt{\frac{C}{C}}$  但  $V = 1600$  又  $C = \frac{D}{2}$  トスレハ

$$V = 1600 \times \sqrt{\frac{C}{D}} = 1600 \times \sqrt{\frac{2c}{D}}$$

ナルカ故ナリ

蓋シ彈丸重量二分ノ一ノ裝藥量ヲ以テ發射  
 セシ毎秒時ノ速カハ幾ント一千六百尺ヲ得  
 タルヲ以テナリ

以上述ル所ハ專ラ「ハットン」氏及「トーマス」プロムフワイルド」  
 氏ノ發見ニ關ル實驗上ノ結果ナリ然リト雖  
 「爾來砲術官ノ擢選幹事ト俱ニ「グレゴリー」氏  
 ノ行フタル實驗上ノ發見ハ其速力非常ニ廣



大ニシテ彈丸重量三分ノ一ノ火藥量ヲ以テ  
 毎秒時ノ速力一千六百尺ヲ得タリ是レ火藥  
 製造ヲ改正セシニ因レリ故ニ其式左ノ如シ  

$$V = 1600 \sqrt{\frac{3c}{p}}$$

第十一款 以上ノ諸款ニ據テ實地法則ヲ定ル  
 左ノ如シ

第一則 凡ソ彈丸同一ナレハ其速力ハ幾ン  
 ト裝藥量ノ平方根ニ正比ス例ヘハ  
 $V$  及ヒ  $v$  ナ命シテ速力トシ  $C$  及ヒ  
 $c$  ナ命シテ裝藥量トスレハ

其式 
$$\frac{V}{v} = \sqrt{\frac{C}{c}}$$

第二則 凡ソ裝藥量同一ナレハ其速力ハ幾  
 ント彈丸重量ノ平方根ニ反比ス例  
 ヘハ  $B$  及ヒ  $b$  ナ命シテ彈丸ノ重量  
 トスレハ

其式 
$$\frac{V}{v} = \sqrt{\frac{B}{b}}$$

第三則 是故ニ彈丸ノ重量及ヒ火藥量共ニ  
 相異ルルハ其速力ハ火藥量ノ平方



根ニ正比シ而シテ彈丸重量ノ平方根ニ反比ス

$$\text{即チ } \frac{V}{V_0} = \frac{\sqrt{C}}{\sqrt{e}} \times \frac{\sqrt{D}}{\sqrt{B}}$$

第四則

若シ裝藥量ト彈丸ノ重量ト互ニ比例スルキハ都テ彈丸ノ速力ハ皆同一ナリトス

即チ  $V \parallel \sqrt{C}$

蓋シ  $C \parallel mB$  ト  $m \parallel mb$  トスレバ第三則ニ由テ

$$\frac{V}{V_0} = \frac{\sqrt{C}}{\sqrt{e}} \times \frac{\sqrt{D}}{\sqrt{B}} = \frac{\sqrt{mB}}{\sqrt{mb}} \times \frac{\sqrt{D}}{\sqrt{B}} = 1$$

故ニ  $V \parallel \sqrt{C}$  ナリ

第五則

凡ソ首速ハ彈丸ノ重量ヲ以テ火藥量ヲ除セシ商ノ平方根ト一千六百尺トノ相乘積ニ等シ

$$\text{即チ } V = 1600 \times \sqrt{\frac{3C}{B}}$$

第六則

凡ソ仰角同一ナレハ其彈道ハ裝藥量ニ正比ス例ヘハ R 及ヒ R' ナ命シ



テ彈道トスレハ

$$\text{其式 } R \parallel \frac{C}{g}$$

蓋シ第五則ニ由レハ  $V = 1600 \sqrt{\frac{B}{30}}$

故ニ  $C = \frac{B}{30} \left( \frac{V}{1600} \right)^2$  式中 B ナ一定スレ

ハ  $C \propto V^2$  但シ上卷第八款四系ニ由レハ

故ニ  $R \propto C$  乃テ  $R : R' :: C : C'$

又 C ナ不易量トスレハ  $R \propto \frac{1}{B}$

乃テ  $R : R' :: \frac{1}{B} : \frac{1}{B'}$

或ハ  $R : R' :: d : B$

而シテ  $R = R \times \frac{B}{d}$  又  $d \parallel B \times \frac{R}{R'}$  ナリ

第七則

故ニ彈道ハ他ノ諸件同一ナレハ彈丸ノ重量ニ反比スヘシ

凡ソ速力同一ナレハ水平彈道ハ倍仰角ノ正弦ニ正比ス例ヘハ S 及ヒ S' ナ命シテ倍仰角ノ正弦トスレハ  
其式  $R : R' :: S : S'$



實地法則解題ノ例

第一例

装薬量三磅ニシテ彈丸重量四十八磅ナル片ハ初首ノ速力如何

答初首ノ速力六百九十二尺奇零八

式解

$$\begin{aligned}
v &= 1600\sqrt{\frac{3c}{b}} \\
&= 1600\sqrt{\frac{9}{48}} \\
&= 1600\sqrt{\frac{3}{16}} \\
&= 400\sqrt{3} \\
&= 400 \times 17.32 \\
&= 692.8
\end{aligned}$$

第二例

三十二磅ノ彈丸ヲ以テ一千五百尺ノ速力ヲ得ヘキ装薬量如何

答装薬量九磅奇零三七五

式解

$$\begin{aligned}
c &= \frac{b}{3} \left( \frac{v}{1600} \right)^2 \\
&= \frac{32}{3} \left( \frac{1500}{1600} \right)^2 \\
&= \frac{32}{3} \times \frac{225}{256} \\
&= 9.375
\end{aligned}$$

第三例

十磅ノ装薬ヲ以テ彈丸ノ速力一千二百尺ヲ



得ルキハ十二磅ノ裝藥ヲ以テスレハ其速力  
ヲ得ルヲ如何

答速力一千三百十四尺奇零五三四

式 解

$$\begin{aligned}
 v' &= v \sqrt{\frac{c'}{c}} \\
 &= 1200 \sqrt{\frac{12}{10}} \\
 &= 120 \sqrt{120} \\
 &= 120 \times 10.95445 \\
 &= 1314.534
 \end{aligned}$$

第四例  
九磅ノ裝藥ヲ以テ發射シタル空丸ノ彈道四

千尺ナリシキハ三千尺ノ彈道ヲ得ヘキ裝藥  
量如何

答裝藥量六磅四分ノ三

式 解

$$\begin{aligned}
 c' &= c \frac{r'}{r} \\
 &= 9 \times \frac{3000}{4000} \\
 &= 6 \frac{3}{4}
 \end{aligned}$$

例題

(1) 一千尺ノ速力ヲ以テ將ニ重量百磅ノ空丸ヲ



發射セントスルハ其要ス可キ裝藥量如何

答裝藥量十三磅奇零〇二

(2) 四磅ノ裝藥ヲ以テ三十六磅ノ彈丸ヲ發出ス  
レハ其速力如何

答速力九百二十三尺奇零七六

(3) 二磅半ノ裝藥ヲ以テ四十八磅ノ彈丸ヲ發放  
スレハ其速力如何

答速力六百三十二尺奇零四五六

(4) 二磅ノ裝藥ヲ以テ將ニ九百尺ノ速力ニ發射  
セントスルハ要ス可キ彈丸ノ重量如何

答彈丸重量十八磅奇零九六

(5) 重量二十四磅ノ彈丸ノ速力八百尺ナルハ  
同シ裝藥力ヲ以テ發放シタル十八磅ノ彈丸  
ノ速力如何

答速力九百二十三尺奇零七六

(6) 五磅ノ裝藥ヲ以テ發出シタル爆彈ノ彈道二  
千五百尺ナルハ八磅ノ裝藥ヲ以テ發射シ  
タル爆彈ノ彈道如何

答彈道四千尺

(7) 三千六百尺ノ彈道ヲ得ヘキ彈丸ノ裝藥量ハ



六磅ニテ充分ナリトスレハ四千五百尺ノ彈道ヲ得ン爲メ要スル所ノ裝藥量如何  
 答 裝藥量七磅半

雜題

(1) 今低角八度十五分ヲ爲セル斜道ニ於テ十三寸白砲ヲ以テ重サ百九十六磅ノ爆彈ヲ四磅十二分ノ十一ノ裝藥力ニテ發放シ六千七百四十五尺ノ彈道ヲ得ントスルハ砲ノ仰角

如何

答 仰角 三十二度四十六分三十秒  
 四十八度五十八分三十秒

(2) 重量百九十六磅ノ十三寸爆彈ヲ砲ノ仰角三十二度十二分ヲ以テ發出シ遠サ三千二百五十尺離レタル物體ニ命中セシメントスルハ其勢及準、速力及ヒ裝藥量如何

答 勢及準 一千八百〇二尺  
 速力 三百四十尺奇零六五  
 裝藥量 幾ント三磅

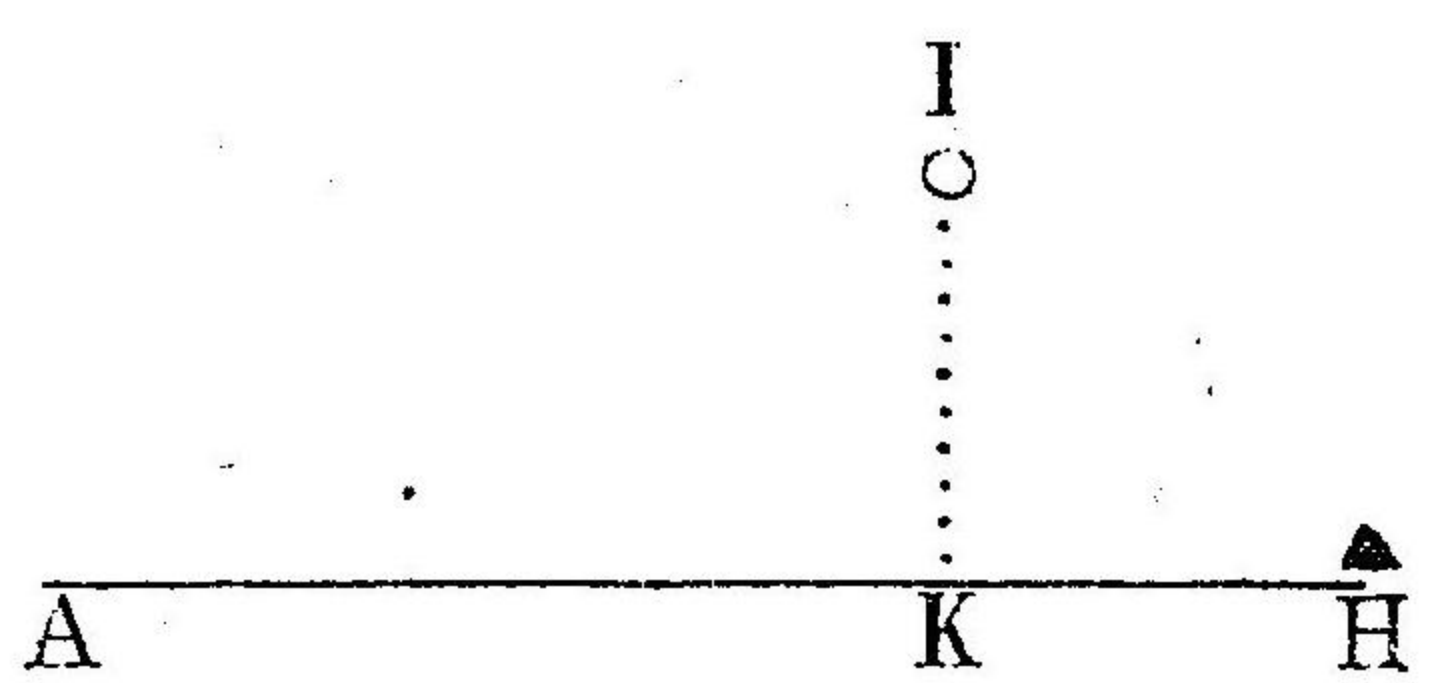


(3) 今左ノ表ニ舉タル彈丸ノ重量及ヒ裝藥量ヲ以テ各其速力ヲ求メ

力速	答	力速	答	力速	答	力速	答
徑直ノ丸彈	13	10	8	$5\frac{1}{2}$	$4\frac{2}{3}$		
量ノ丸彈	196	90	48	16	8		
量ノ裝藥	6	$2\frac{2}{3}$	$1\frac{1}{3}$	$2\frac{2}{3}$	$1\frac{1}{3}$		

(4) 今大砲ヲ傾角八度十五分ヲナセル斜道ノ中途ニ安頓シ勢及準三千尺仰角三十二度三分ヲ以テ發丸スルキハ其上下ノ彈道如何

答 彈道 上リ 四千二百四十四尺 下リ 六千七百四十五尺



(5) 今大砲ヲA處ニ安頓シ將ニ目的物Hヲ擊碎セントスルニ彈丸飛行ノ際兼テ途中ノI物ヲ掃ハシメントスルキハ砲ノ仰角及ヒ速力如何ヲ要ス可キヤ  
但シKAハ一千六百尺IKハ十二尺HKハ二百尺トス  
答 仰角三十二度十四分 速力二百四十尺奇零三



動重學彈道論下卷畢

明治十七年三月二十一日版權免許  
同 五月 出版



編纂人

河野為



長崎縣平民

長崎區東濱町八十九番地

全

出版人

米原多三

全



河野為大編纂  
圓錐截面曲線法

近刻



