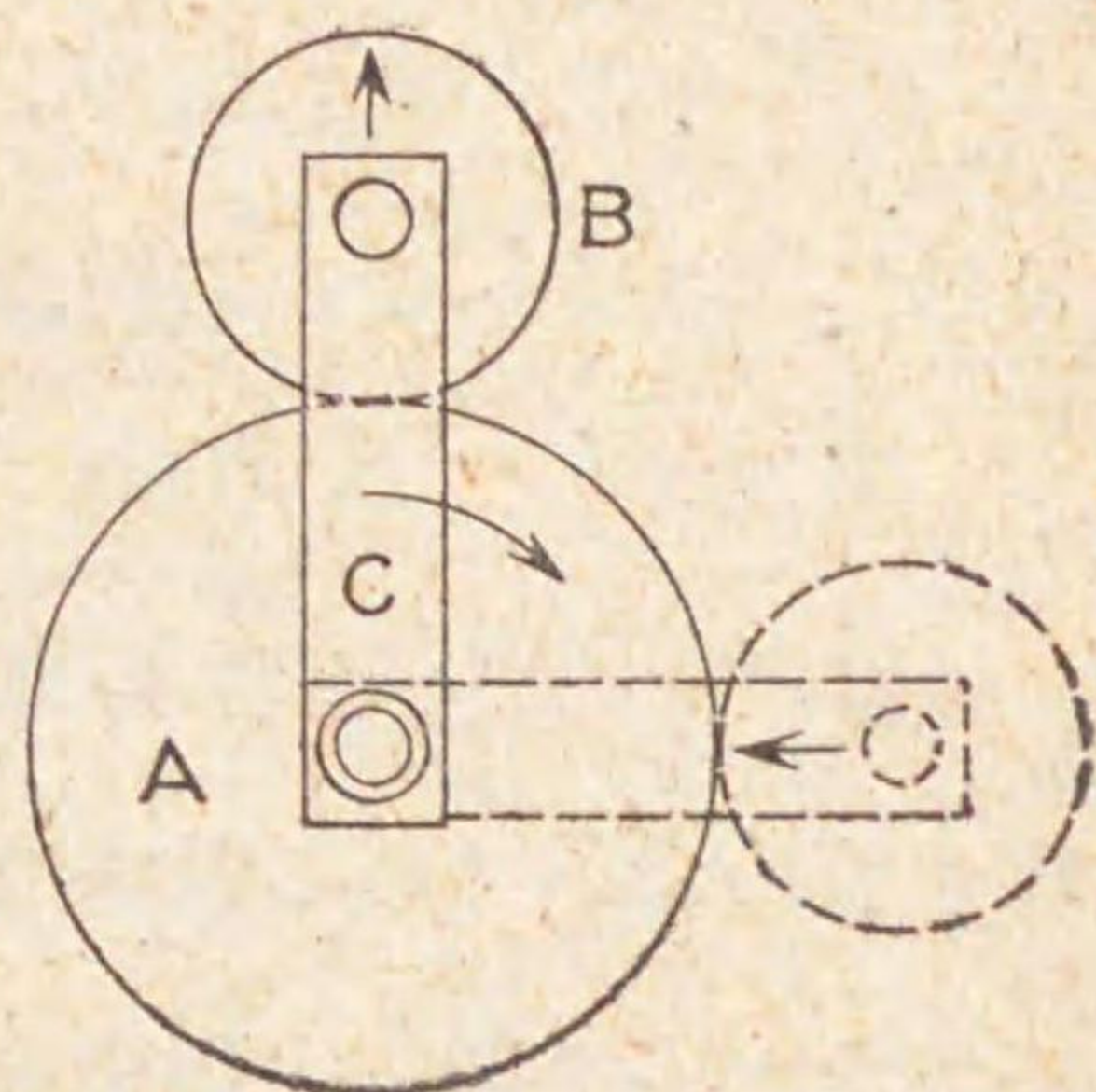


定して居る場合——更に換言せば齒車 A, B が C に對する關係角速度——のみを論じたが若し腕 C も回轉運動をすると他の固定節に對する角速度は複雑したものになり、常識ではなかなか解くことが困難である。例へば第 181 圖で腕 C が A 車の軸を中心として點線で示した位置迄回轉したも

第 181 圖



のとする。其時 A 車が少しも回轉しないでも B 車は相當の回轉運動をするが若し A も其固定軸の廻りに回轉をすると B 車は前とは異つた回轉速度で廻ることになる。斯くの如く固定節に對する B 車の回轉は A 及び C の双方から影響を受け其影響の差又は(和)が B 車の回轉數として現はれるのである。故に斯くの如く齒車軸の中心が他軸の廻りに回轉する齒車装置を差動齒車装置 (differential gear) と名づける。B 車の刻み圓上の點は外擺線を畫くから此装置を外擺齒車装置 (epicyclic train) と呼ぶこともある。B が A と内接嚙合をする場合には B の刻み圓上の點は内擺線を畫くが矢張り外擺齒車装置の名をつけて居る。

**83 差動齒車装置の解法** 差動齒車装置で結局の回轉數は兩影響の差又は和であるから之を解くには回轉に正負の別をつけて置かねばならぬ。便宜上時計の針と同方向の回轉を正とし之に逆な回轉を負と定めて置かう。そして車や腕の回轉した角度とは車や腕の側面に印して置いた矢の頭が回轉した角度になることは言ふまでもない。扱て差動齒車装置の解法には二通りある。

**解法第一** 第一の方法は腕より受くる影響と齒車より受くる影響とを別々に考へ後で此兩影響を合せるのである。例へば第 181 圖で A 車の齒

數を 80, B 車の齒數を 40 本とし腕 C が時計の針と同方向に三回轉し A 車が逆方向に二回轉するとき B 車の回轉數を見出すには先づ第一段として A, B, C の三つを糊付けにして一物體とし其全體に腕の回轉數を與へると A も B も C も皆 +3 回轉する, そこで第二段として糊をはなし且腕を固定して A 車に合成回轉が結局 -2 回轉になるまで回轉運動を與へる。即ち A 車には最初腕と共に +3 回轉が與へてあるから -5 回轉を與へると合成回轉が所要の -2 回轉になる。此際 C は固定して居るから B 車は  $5 \times \frac{80}{40} = 10$  回轉する。但し其方向は A と逆であるから正負の符號は A と反對にしなければならぬ。故に (-1) を乗じて  $(-5) \times (-1) \times \frac{80}{40} = +10$  回轉することになる。腕は此際固定して居るから其回轉數は零である。茲に於て第三段として第一段と第二段で出した回轉數の代數和をとればそれが各部の合成回轉數となる。之を表に記すと

|          | A  | B                       | C  |
|----------|----|-------------------------|----|
| 1. 全體糊付  | +3 | +3                      | +3 |
| 2. 腕固定   | -5 | $(-5)(-1)\frac{80}{40}$ | 0  |
| 3. 合成回轉數 | -2 | +13                     | +3 |

即ち A 車が -2 回轉, 腕が +3 回轉すると B 車が +13 回轉することになる。

前記の装置で若し腕 C の回轉數が不明であるときは之を x として置いて解けばよい。例へば A, B の齒數が前の如く 80 と 40 で其回轉數を -2 と +13 にするには腕は幾回轉さすべきかといふ問題では次のやうにする。

|         | A | B | C |
|---------|---|---|---|
| 1. 全體糊付 | x | x | x |



|          |          |                                      |     |     |
|----------|----------|--------------------------------------|-----|-----|
| 2. 腕固定   | $-(x+2)$ | $-(x+2)(-1) \times \frac{80}{40}$    | 0   | (+) |
| 3. 合成回轉數 | -2       | $x - (x+2)(-1) \times \frac{80}{40}$ | $x$ |     |

B の合成回轉數は +13 であるから次の方程が成立する。

$$x - (x+2)(-1) \times \frac{80}{40} = +13$$

$$\therefore x = +3$$

故に腕は +3 回轉させればよい。

又前記の装置で齒數に関する問題では次のやうに解く。例へば A が -2, B が +13, C が +3 回轉し A が齒數 80 であるとき B 車の齒數  $x$  を出すには

|          | A  | B                            | C  |     |
|----------|----|------------------------------|----|-----|
| 1. 全體糊付  | +3 | +3                           | +3 |     |
| 2. 腕固定   | -5 | $-5(-1) \times \frac{80}{x}$ | 0  | (+) |
| 3. 合成回轉數 | -2 | $+3 + \frac{400}{x}$         | +3 |     |

$$+3 + \frac{400}{x} = 13$$

$$\therefore x = 40$$

B の齒數  $x$  は 40 本となる。

**解法第二** 齒車が腕に對する關係回轉數 (換言せば腕が回轉しないものとしたときの回轉數) は其齒車の回轉數の絶対値 (換言せば固定節に對する回轉數) から腕の回轉數を差引いた數であるから次の關係が成立する。

$$\frac{\text{腕に對する B 車の回轉數}}{\text{腕に對する A 車の回轉數}} = \frac{\text{B 車の絶対回轉數} - \text{腕の回轉數}}{\text{A 車の絶対回轉數} - \text{腕の回轉數}}$$

A 車と B 車とが腕に對し同方向に廻れば方程式の左邊の比は正となるが逆方向に廻ると負となる。

第 181 圖の例で B の回轉數を見出すには

$$(-1) \times \frac{80}{40} = \frac{x - (+3)}{-2 - (+3)}$$

$$\therefore x = +13$$

B は +13 回轉する。腕の回轉數を出すには

$$-2 = \frac{+13 - x}{-2 - x}$$

$$\therefore x = +3$$

腕は +3 回轉する。更に B 車の齒數を出すには

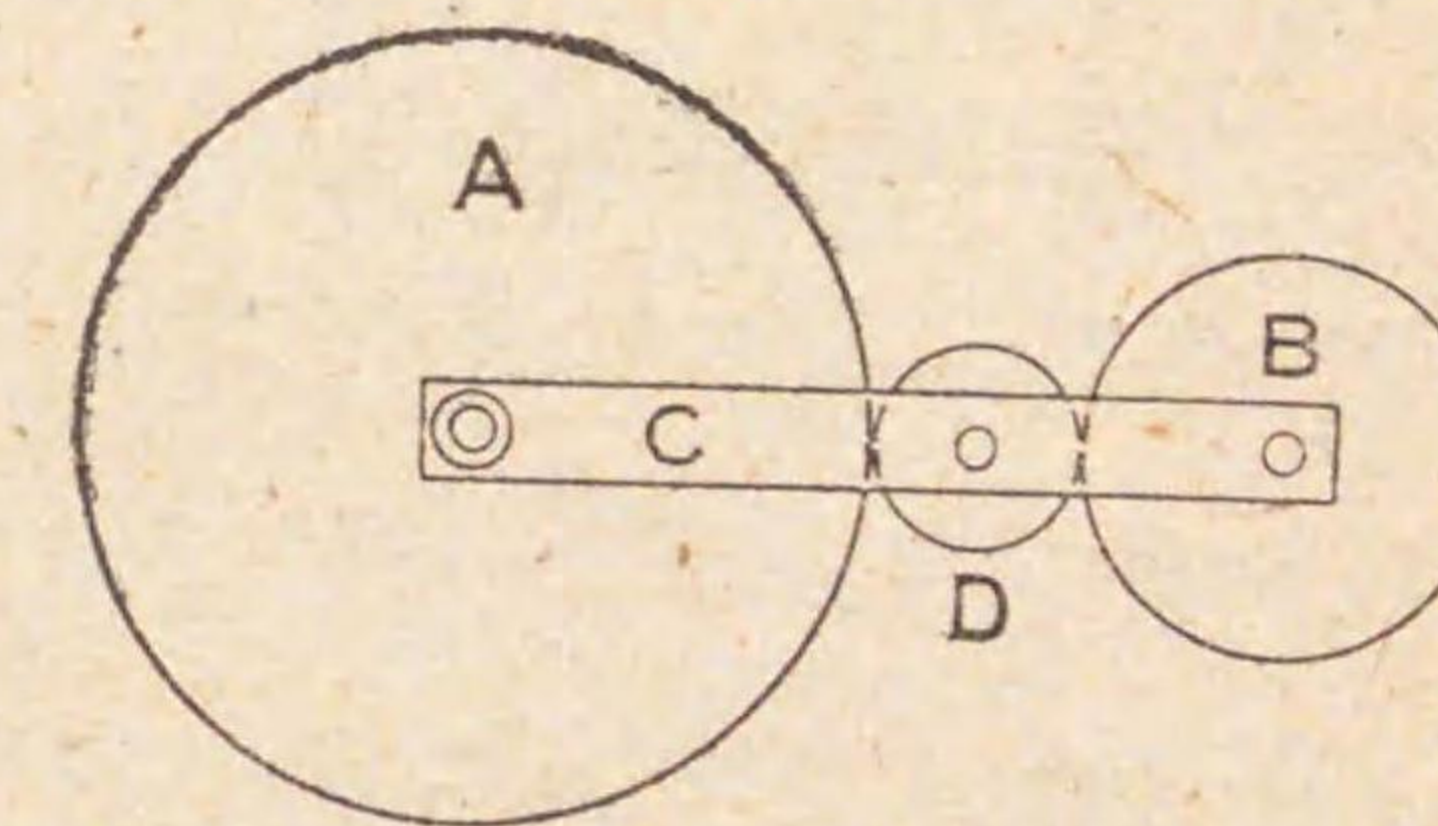
$$(-1) \times \frac{80}{x} = \frac{+13 - (+3)}{-2 - (+3)}$$

$$\therefore x = 40$$

即ち B の齒數は 40 本となり解法第一と同一の結果が得られる。

84 媒介車を有する差動齒車装置 第 182 圖で D は媒介車で

ある。A, D, B 車の齒數をそれぞれ 80, 20, 40 とし A が -2 回轉し腕 C が A 車の軸の廻りに +3 回轉するとす (即ち第 181 圖に D 車を入れたとす) 其とき B, D 車の回轉數は



|          | A  | D                               | B  | C  |
|----------|----|---------------------------------|--|----|
| 1. 全體糊付  | +3 | +3                              | +3   | +3 |
| 2. 腕固定   | -5 | $(-5)(-1) \times \frac{80}{20}$ | $(-5)(-1) \times \frac{80}{20} \times (-1) \times \frac{20}{40}$ | 0  |
| 3. 合成回轉數 | -2 | +23                             | -7   | +3 |

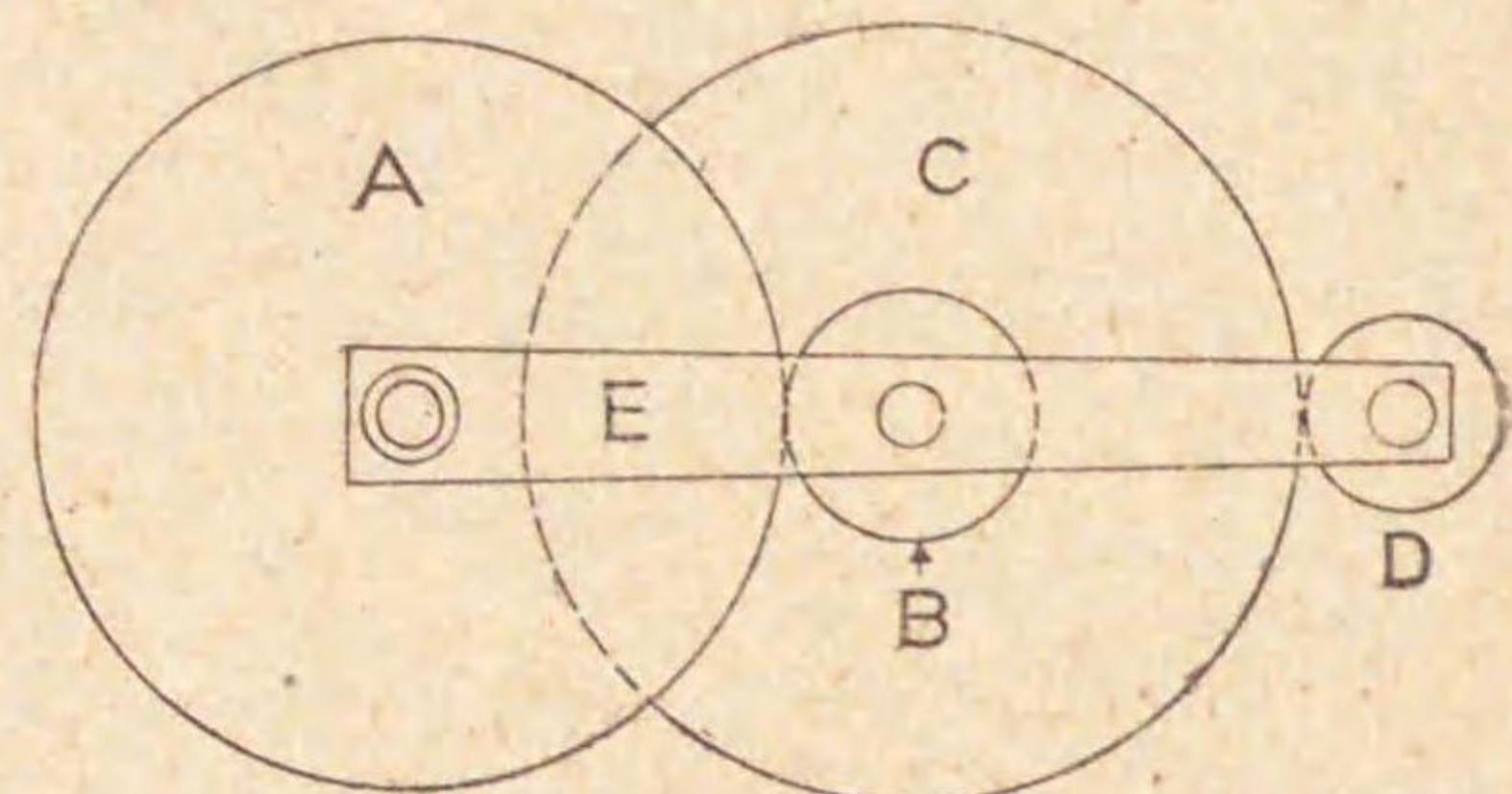
媒介車 D を入れたが爲め B 車の回轉數も回轉方向も前とは異つた結果になつた。

85 齒車列の差動装置 第 183 圖で B と C とは同一車軸に取付



けられ、A は B と、C は D と  
噛合ふて居る。A, B, C, D の齒  
数がそれぞれ 90, 30, 80, 20 で腕  
E が時計の針と反対方向に A 車  
の軸を中心として 5 回轉し C 車  
も E と同方向に 14 回轉すると  
き他の車の回轉數は

第 183 圖

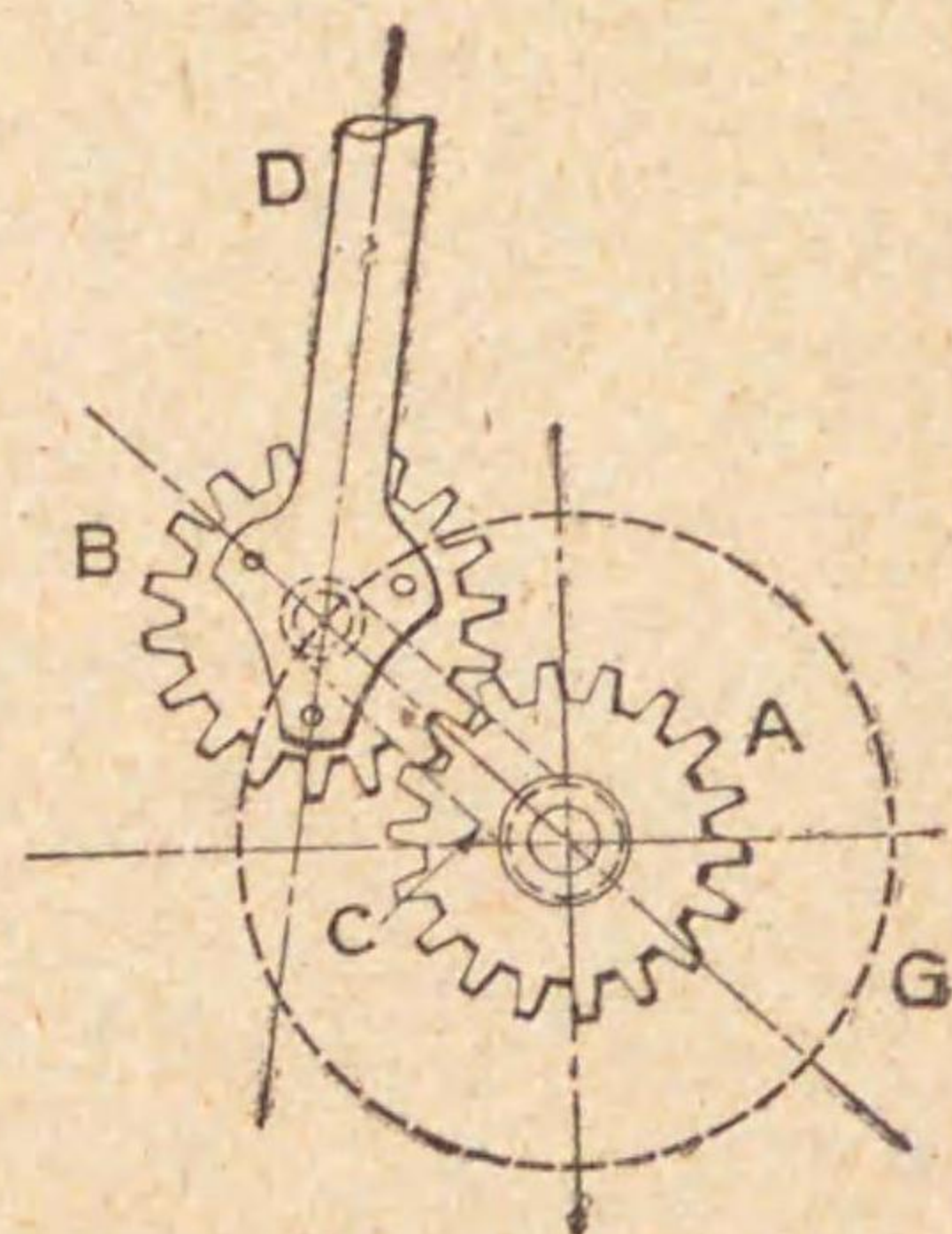


|          | C   | B   | A                              | D                                     | E  |
|----------|-----|-----|--------------------------------|---------------------------------------|----|
| 1. 全體糊付  | -5  | -5  | -5                             | -5                                    | -5 |
| 2. 腕固定   | -9  | -9  | $-9 \times (-1) \frac{30}{90}$ | $-9 \times (-1) \times \frac{80}{20}$ | 0  |
| 3. 合成回轉數 | -14 | -14 | -2                             | +31                                   | -5 |

86 差動齒車装置應用の實例

〔例 1〕 惑星運動装置 之は 蒸汽機關を發明した有名なジェームス・ワ  
ットの考案したもので蒸汽機關のピストンの  
一往復でクランク軸を 2 回轉させる装置であ  
る(第 184 圖)。A と B は同大の齒車で A は  
クランク軸に固着して居るが B はコンネク  
チングロッド D に固着して居るからピスト  
ンが一往復して D が元の位置へ來ると B は  
結局少しも回轉しないことになる。B の中心  
が圓 G に沿ふて移動するやうに溝 G を穿つ  
か又は腕 C をつかふ(C はクランク軸には固着してないからクランクには  
ならぬ) B が A の周圍を移動する有様は惑星が太陽を中心として移行す  
るに似て居るから惑星運動(sun and planet motion) と名づけたのである。

第 184 圖



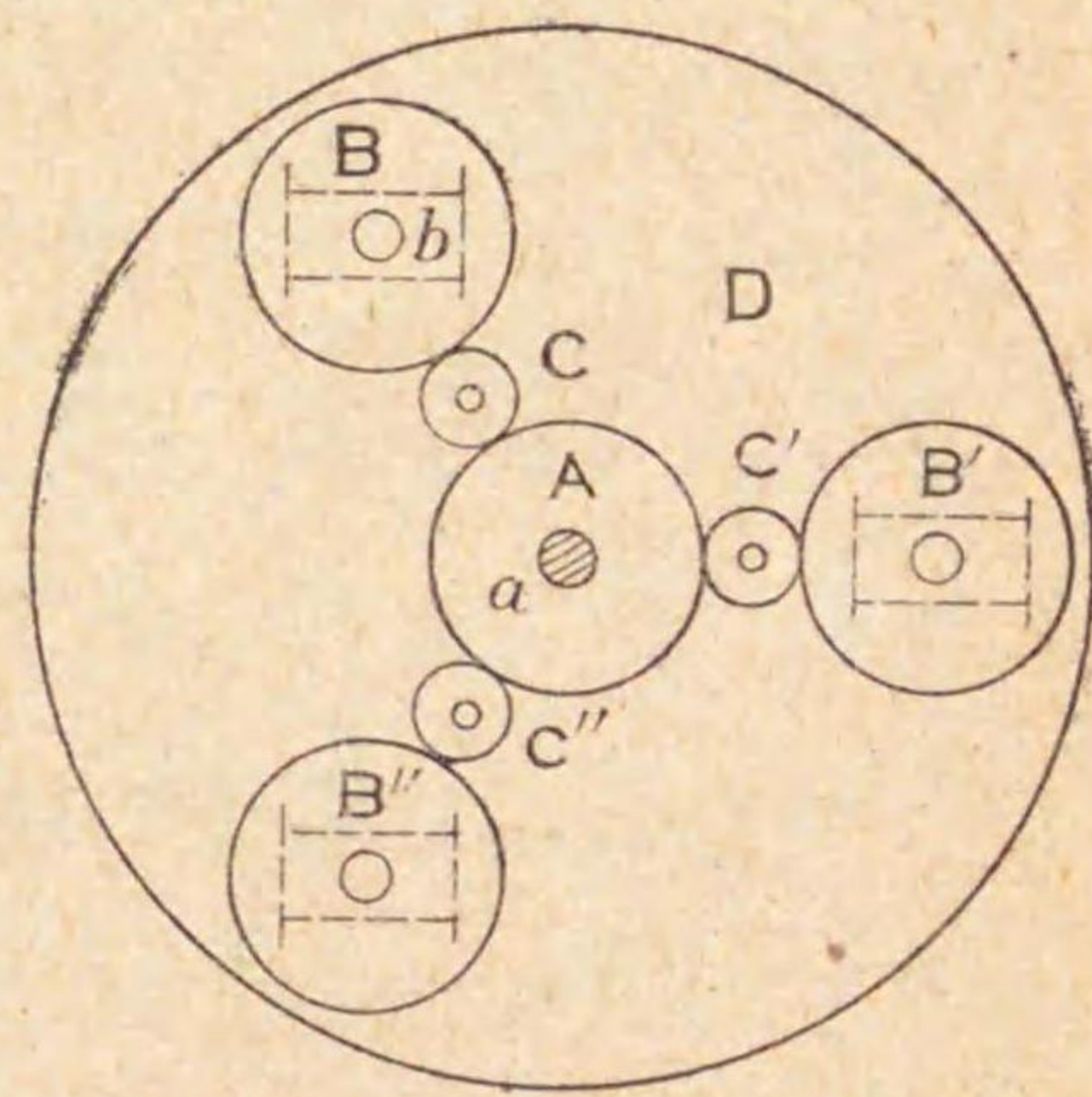
クランク軸は普通の蒸汽機關の構造ではピストン又はコンネクチングロツ  
ド D の一往復で一回轉しかしなが此装置では次の解法が示す如く二回  
轉する。

|          | B  | A                                     | C |
|----------|----|---------------------------------------|---|
| 1. 全體糊付  | 1  | 1                                     | 1 |
| 2. 腕固定   | -1 | $(-1) \times (-1) \times \frac{x}{x}$ | 0 |
| 3. 合成回轉數 | 0  | 2                                     | 1 |

〔例 2〕 製網機械 針金網を製するには數本の針金を縫り合せるのである  
が此際一本一本の針金はねぢれてはいけない。第 185 圖は製網機械の機構

第 185 圖

を示すもので數多の B 車及び C 車の軸  
は圓盤 D に取付けてある。A は回轉を  
しない固定した齒車で齒數は B と同一  
である。網の材料となる針金は點線で示  
した b に巻き付けて B 車に取付けてあ  
る。今圓盤 D を廻すと數多の針金は b  
から解けて引出されると同時に縫り合さ  
れる。此際針金がねぢれない爲めには b



の取付けてある B 車は回轉してはならない。此機械で D は腕の役目をす  
る。t を A 及び B 車の齒數とし t<sub>c</sub> を C 車の齒數とすると

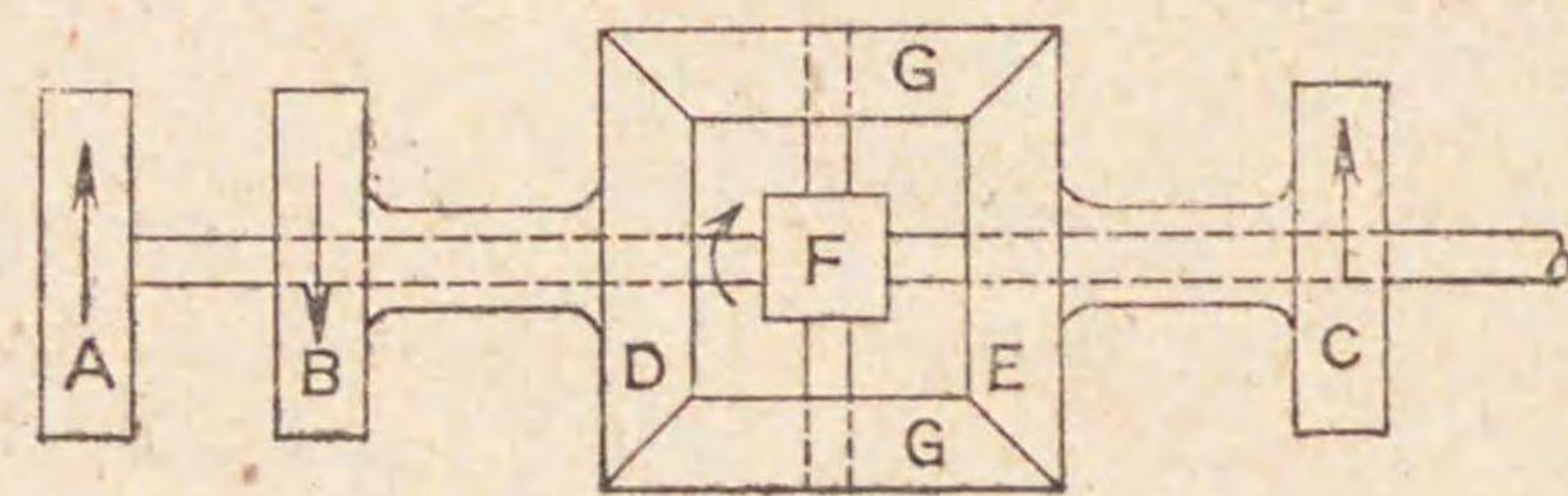
|          | A  | B  | D  |
|----------|----|--|----|
| 1. 全體糊付  | +1 | +1   | +1 |
| 2. 腕固定   | -1 | $(-1)(-1) \times \frac{t}{t_c} \times (-1) \times \frac{t_c}{t}$ | 0  |
| 3. 合成回轉數 | 0  | 0  | +1 |

となるから圓盤 D が回轉しても B は廻らない。



87 差動傘齒車裝置 第186圖で D と E とは同大の傘齒車で二個の G も互に同大の媒介車である。F は十字形をして居る軸で BD, EC 及び二個の G は何れも F 軸の上に自由に廻轉する。

第 186 圖



A (即ち F) を固定して置いて B を廻はすと D と E とは互に反対方向に同一の回轉數を持つが若し B の外に A をも廻はすと E の回轉數は B, A 双方の影響を受けることになる。斯くの如く傘齒車を含んで居る差動裝置を差動傘齒車裝置と名づける。此裝置では軸 F が平齒車ばかりで成立せる差動裝置の腕に相當する。回轉の正負は便宜上 A 車の矢の如く車の前面が上方に動くを正とし B 車の如く前面が下向に廻るのを負とせしやう。媒介車 G は一個でもよいが之が F の水平軸の廻りに回轉するとき重量の平均を保たせる爲め二個用ふるが普通である。

88 差動傘齒車裝置の解法 軸 F を腕と見做して平齒車の差動裝置と同様の方法を施せばよい。但し F を固定したとき D と E とは同一回轉數を以て反対に廻るから其場合回轉速度比は -1 となる。第186圖で A が +2 回轉し B が -3 回轉したとき C の回轉數を求むるには

|          | A 及び F | B 及び D | E 及び C   |
|----------|--------|--------|----------|
| 1. 全體糊付  | +2     | +2     | +2       |
| 2. 腕固定   | 0      | -5     | (-5)(-1) |
| 3. 合成回轉數 | +2     | -3     | +7       |

C は矢に示した方向に 7 回轉する。第 83 章で述べた式を應用すると

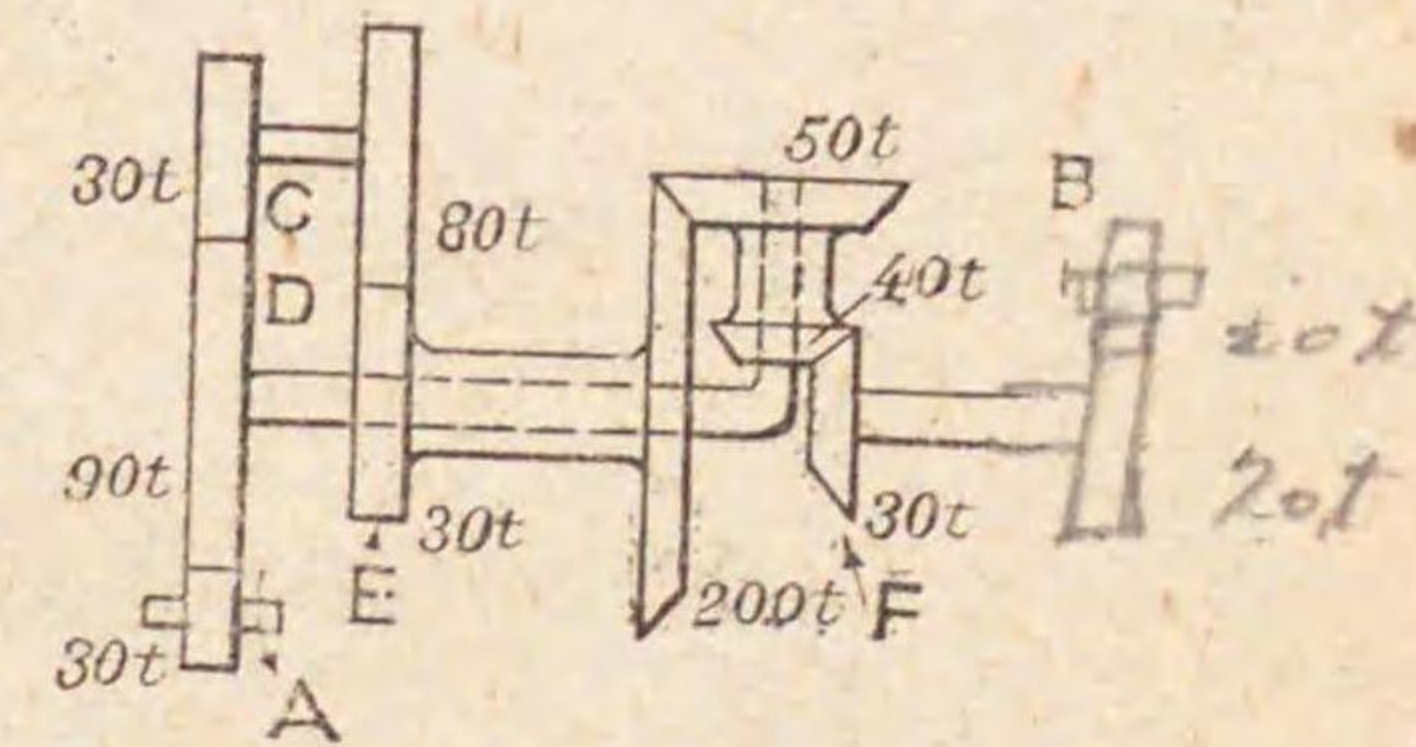
$$\frac{F \text{ に対する } E \text{ の回轉數}}{F \text{ に対する } D \text{ の回轉數}} = -1 = \frac{x - (+2)}{-3 - (+2)}$$

$$\therefore x = +7$$

となり前と同じ結果が得られる。

第 187 圖

第 187 圖の如き傘齒車を含んだ齒車列の差動裝置に對する解法は次の方法をとる。圖中に示した數字は齒數で A が矢の方向に 1 回轉したとき B 車の回轉數と回轉方向を求める。



$$D \text{ の回轉數} = -1 \times (-1) \times \frac{30}{90} = +\frac{1}{3}$$

$$E \text{ の回轉數} = +\frac{1}{3} (-1) \times \frac{90}{30} \times (-1) \times \frac{80}{30} = +\frac{8}{3}$$

|          | D              | E                            | F  |
|----------|----------------|------------------------------|--|
| 1. 全體糊付  | $+\frac{1}{3}$ | $+\frac{1}{3}$               | $+\frac{1}{3}$   |
| 2. 腕固定   | 0              | $+\frac{8}{3} - \frac{1}{3}$ | $(+\frac{8}{3} - \frac{1}{3})(-1) \frac{200}{50} \times \frac{40}{30}$ |
| 3. 合成回轉數 | $+\frac{1}{3}$ | $+\frac{8}{3}$               | $-\frac{109}{9}$   |

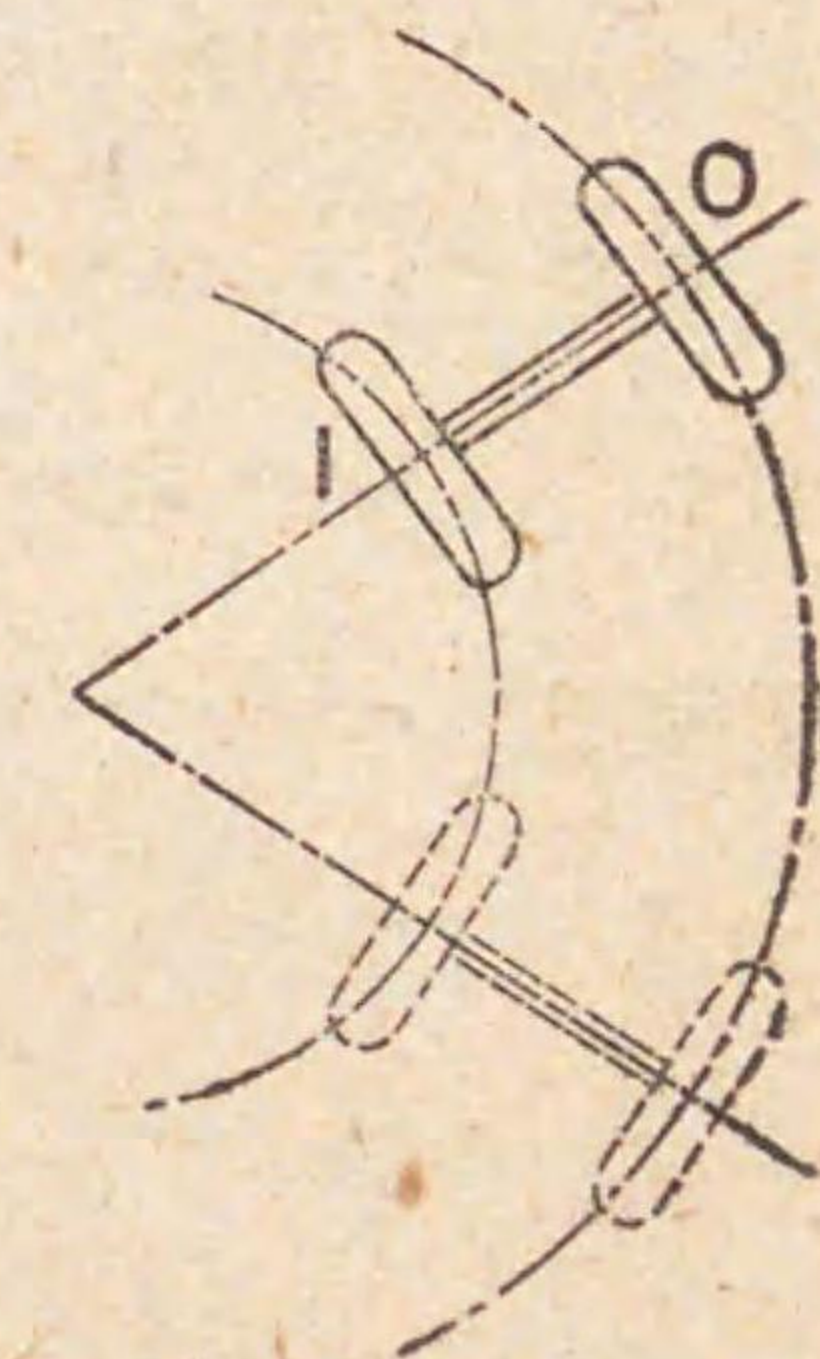
$$\therefore B \text{ の回轉數} = -\frac{109}{9} \times (-1) \times \frac{70}{20} = +\frac{763}{18}$$

即ち B 車は A 車とは反対方向に 763/18 回轉する。

第 188 圖

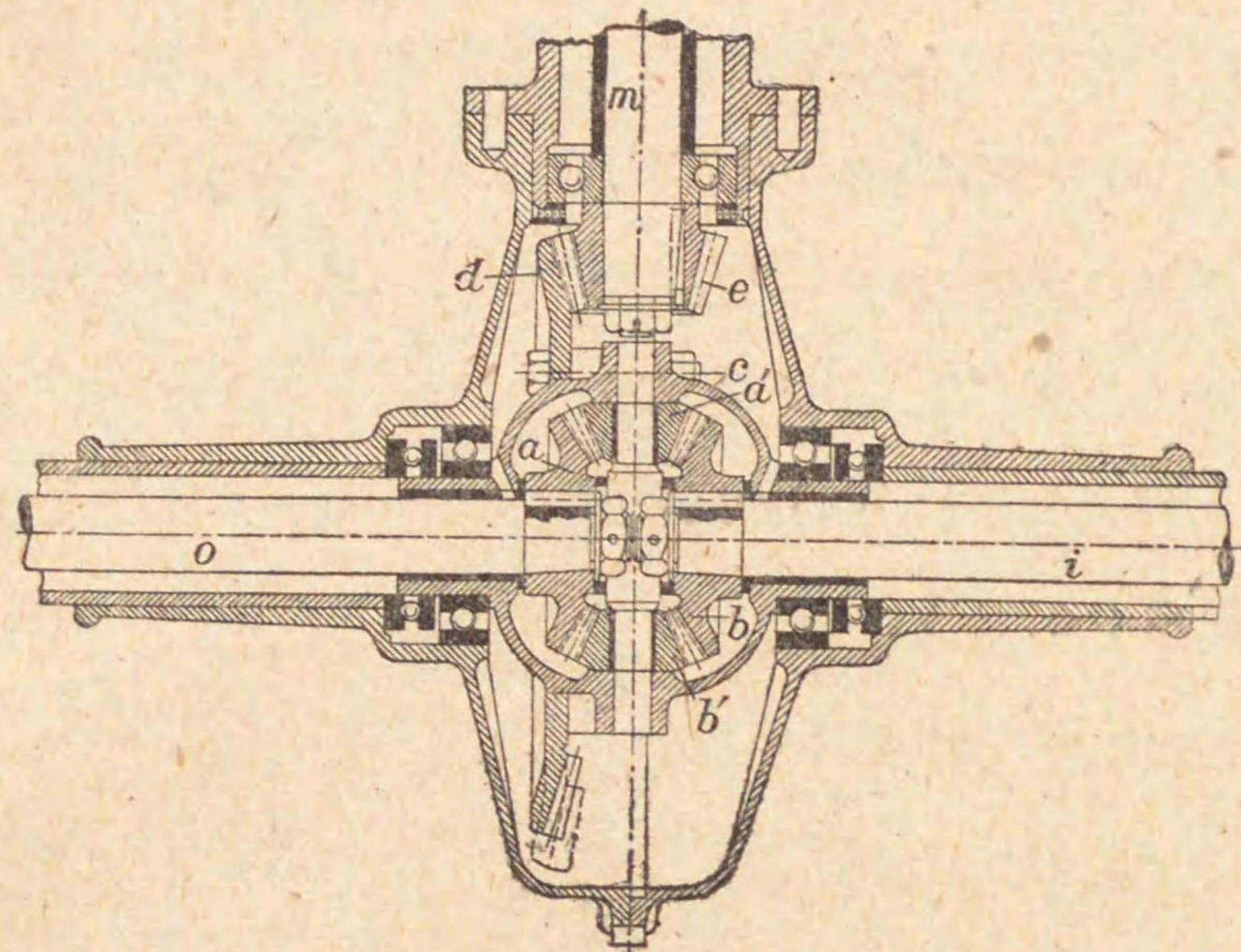
89 差動傘齒車裝置應用の實例

(例 1) 自動車 自動車が第 188 圖の如く曲道を通るときは外側の車輪 O は内側の車輪 I よりも長い道を通るから數多く廻らねばならぬ。第 189 圖は之に應ずる機構の一種である。i は前圖に於ける車輪 I の軸, o は O 車の軸で, m は發動機の推進軸





第 189 圖

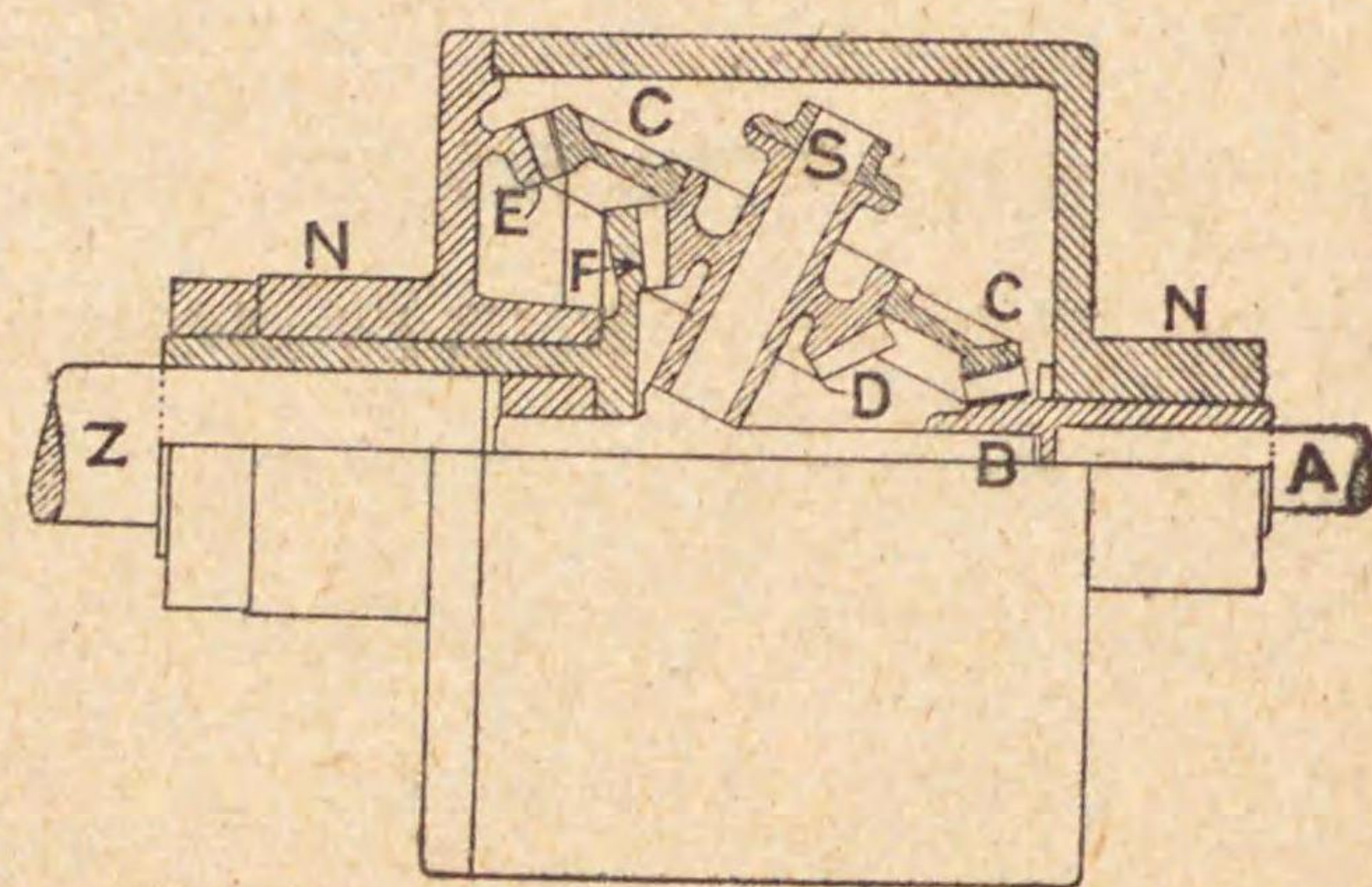


に連結して居る軸である。m に取付けてある歯車 e が d と嚙合ふ。d は軸 o の上では自由に廻るが箱 c に固著して居る。箱の内には a, a', b, b' なる四個の傘歯車があつて a は o 軸に, b は i 軸に固著し a', b' は箱 c に取付けられた軸の廻りに回轉する。自動車は直道を走るときは a, a', b, b' が嚙合ふことなく四つの歯車が c と共に一塊となつて o 軸も i 軸も歯車 d と同一の回轉をする。曲道へ來たときには差動装置の嚙合作用で d, i, o の各が不等の回轉

をして第 188 圖に示す要件を満すことになる。

〔例 2〕 ハンページ氏の軸繼装置 ハンページ氏の装置 (Humpage gear) といふのは第 190 圖に示す如きもので高速回轉軸

第 190 圖



A と低速回轉軸 Z とを連結する一種の軸繼ぎである。齒車 B は A 軸に取付けられて C と嚙合ひ、C は同時に固定車 E と嚙合ふ。F は軸 Z に取付けられて D と嚙合ふ。C, D は一塊となつて S 軸の上で自由に回轉し C, D, S の全體は A, Z を連ぬる中心線の廻りに回轉する。t を各車の齒數とすると

|          | E  | S | F 及び Z   | B 及び A                                  |
|----------|----|---|--|---|
| 1. 全體糊付  | 1  | 1 | 1  | 1                                       |
| 2. 腕固定   | -1 | 0 | $-1 \times (+1) \times \frac{t_e}{t_c} \times \frac{t_d}{t_f}$ | $-1 \times (-1) \times \frac{t_e}{t_b}$ |
| 3. 合成回轉數 | 0  | 1 | $1 - \frac{t_e}{t_c} \times \frac{t_d}{t_f}$                   | $1 + \frac{t_e}{t_b}$                   |

$n_a, n_z$  を A 軸 Z 軸の一分間の回轉數とすると

$$\frac{n_a}{n_z} = \frac{1 + \frac{t_e}{t_b}}{1 - \frac{t_e}{t_c} \times \frac{t_d}{t_f}} = \frac{t_c t_f (t_b + t_e)}{t_b (t_c t_f - t_e t_d)}$$

となる。若し  $t_b = 12; t_c = 42; t_d = 16; t_e = 48; t_f = 40$  なるときは

$$\frac{n_a}{n_z} = \frac{300}{38} \div \frac{8}{1} \text{ 約}$$

となり Z 軸の回轉速度は A 軸の約八分の一になる。



## 第 五 編

## カ ム

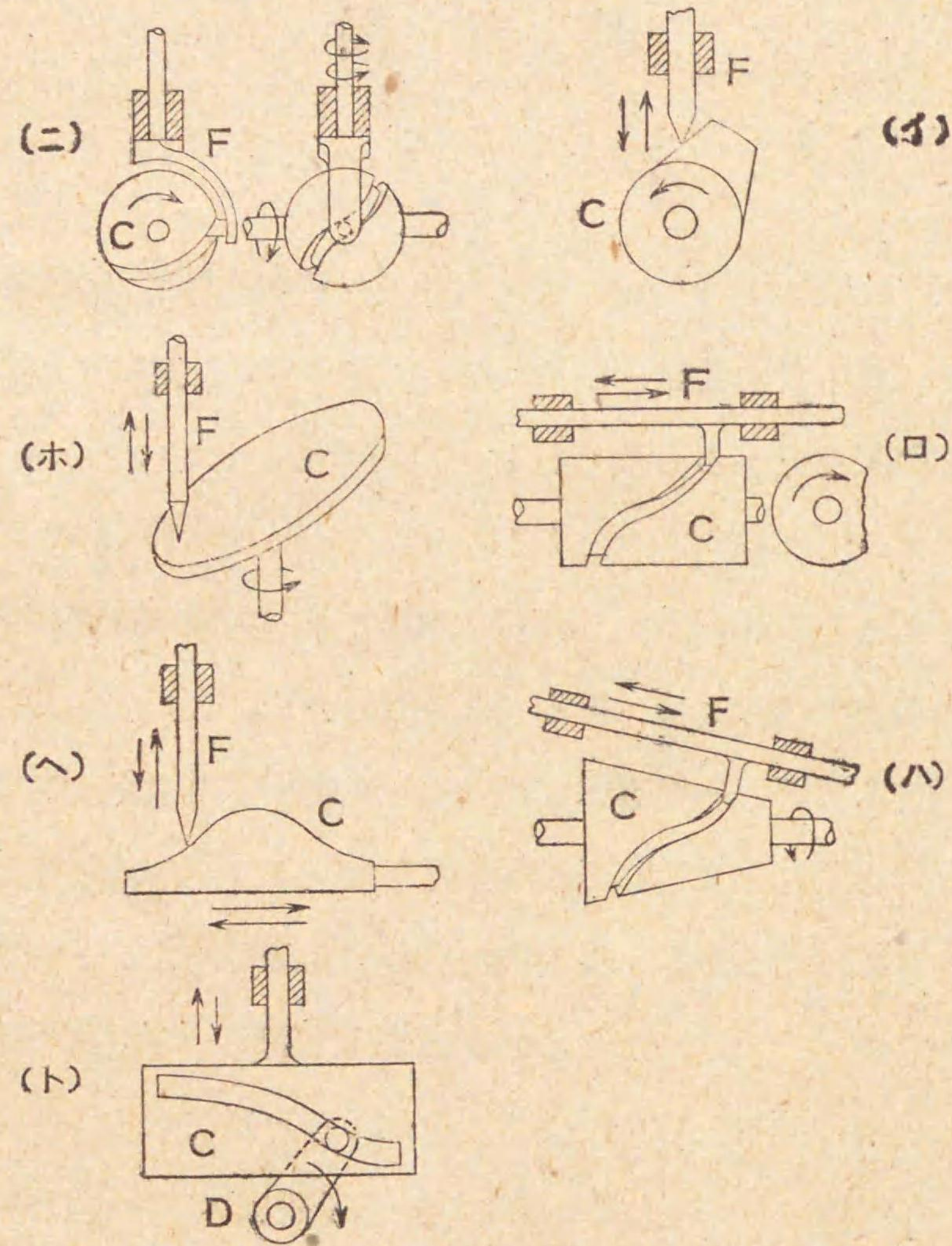
90 カム カム(cam) は一般に屈曲した邊緣を持ち、回轉運動をする一種の車で、多くは主動節として作用し、其曲縁の直接觸によつて從動節に周期的の運動を與へるものである。(第 191 圖 イ、ロ、ハ、ニ、ホ参照) 但し或種のカムでは往復運動をするものもあるし(第 191 圖ヘ)又從動節であることもある(第 191 圖ト)。装置は簡單であるが他の機構に比べると概して非常に複雑な運動を傳へ得るものである。

カムに關する重要な研究事項は主動節と從動節との速度比ではなくて各瞬間に於ける主動節と從動節の相應位置を知りてカムの形を設計することである。カム装置で主動節と從動節の双方が角運動をするとき其角速度の比は第 6 章に述べた方法で知ることが出来る。若し一方が直線運動をするときは第 16 章に述べた方法で速度比を知ることが出来る。

91 カムの種類 第 191 圖はカムの種類を示したもので C は總てカムを示す(イ)は板カム(plate cam)と稱し縁が屈曲した板で之が矢の方向に回轉すると從動節 F を動かす。カムの内で一番重要なのは此板カムである。(ロ)は圓壙カム(cylindrical cam)といひ之が回轉すると其表面に穿つた溝(又は突起)で從動節 F を動かす。(ハ)は圓錐形をして居るから圓錐カム(conical cam)と呼び(ニ)は球形カム(spherical cam)と名づける。(ホ)は軸に傾斜せる平板で斜面カム(swash plate)と稱へ之が回轉すると從動節 F に上下運動を與へる。(イ)から(ホ)に至るまでの種類では何れもカムが回轉するが(ヘ)ではカム C は矢で示す如く往復運動をする



第 191 圖



から (へ) 種は之を直線運動カム (translation cam) と呼ぶ。(ト) は逆さカム (inverse cam) と稱するもので主動節 D を矢の方向に回轉し其先端をカム C に穿つた曲り溝にはめて置くとカム C に運動を傳へる (イ) から (へ) に至る六種では何れもカムが主動節であるのに (ト) ではカムが從動節であるから逆さカムと名づけたのである。

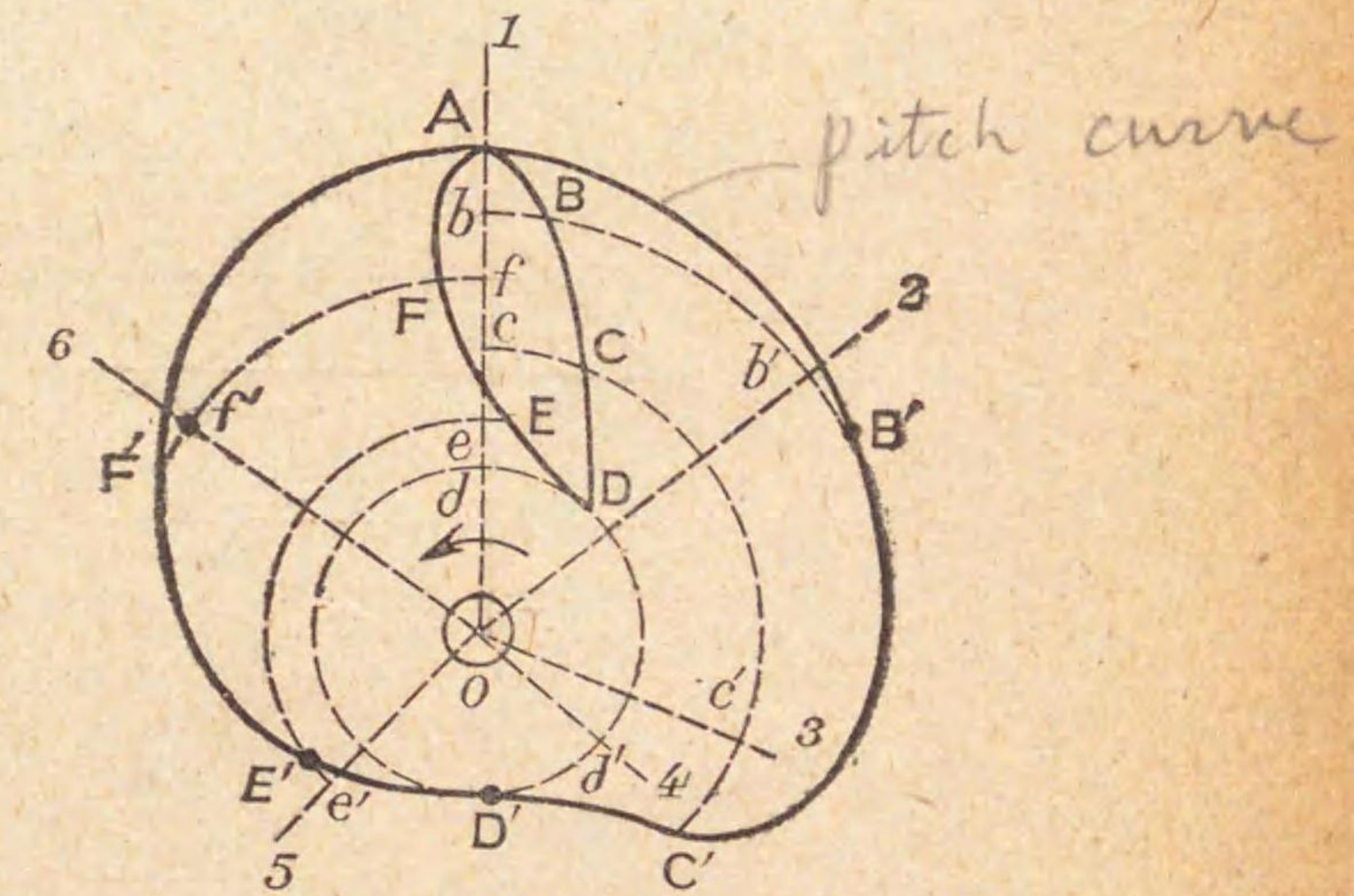
以上はカムの形やカムの動き方で分類したのであるが、從動節の動き方によつて確動カム (positive motion cam) といふ種名がある。(イ) 圖の如き板カムが早く回轉すると從動節 F が飛び上がつて C と F とは一時相離

れるかもしれぬから運動の傳へ方が不確實である。然るに (ロ) 圖や (ハ) 圖に示すやうな種類では從動節の一部が溝中に狭まれて居るから主動節たるカムと離れることなく運動の授受が確實である。故に此種のカムを確動カムと呼ぶ尤も (イ) 圖の如き種類でもカム又は從動節の構造を變へると確動カムにすることが出来る。詳細は後章で述べることにしやう。

92 板カムの一般解法 板カムでは從動節の運動が常にカム軸に直角な平面上で起る第 192 圖で O を矢の方向に回轉する板カムの軸心とし ABCDEFA なる曲線は從動節の尖

第 192 圖

端が通過する道とする。曲線上の任意一點 A と軸心 O とを連結する直線 O1 を引き之をカムの回轉角度を計る基準線とする。カムが廻り始めの時に從動節の尖端が A にあれば A 點はカムの曲線上の一點となる。カムが矢の方向に 102 の角度丈け回轉した時に從動



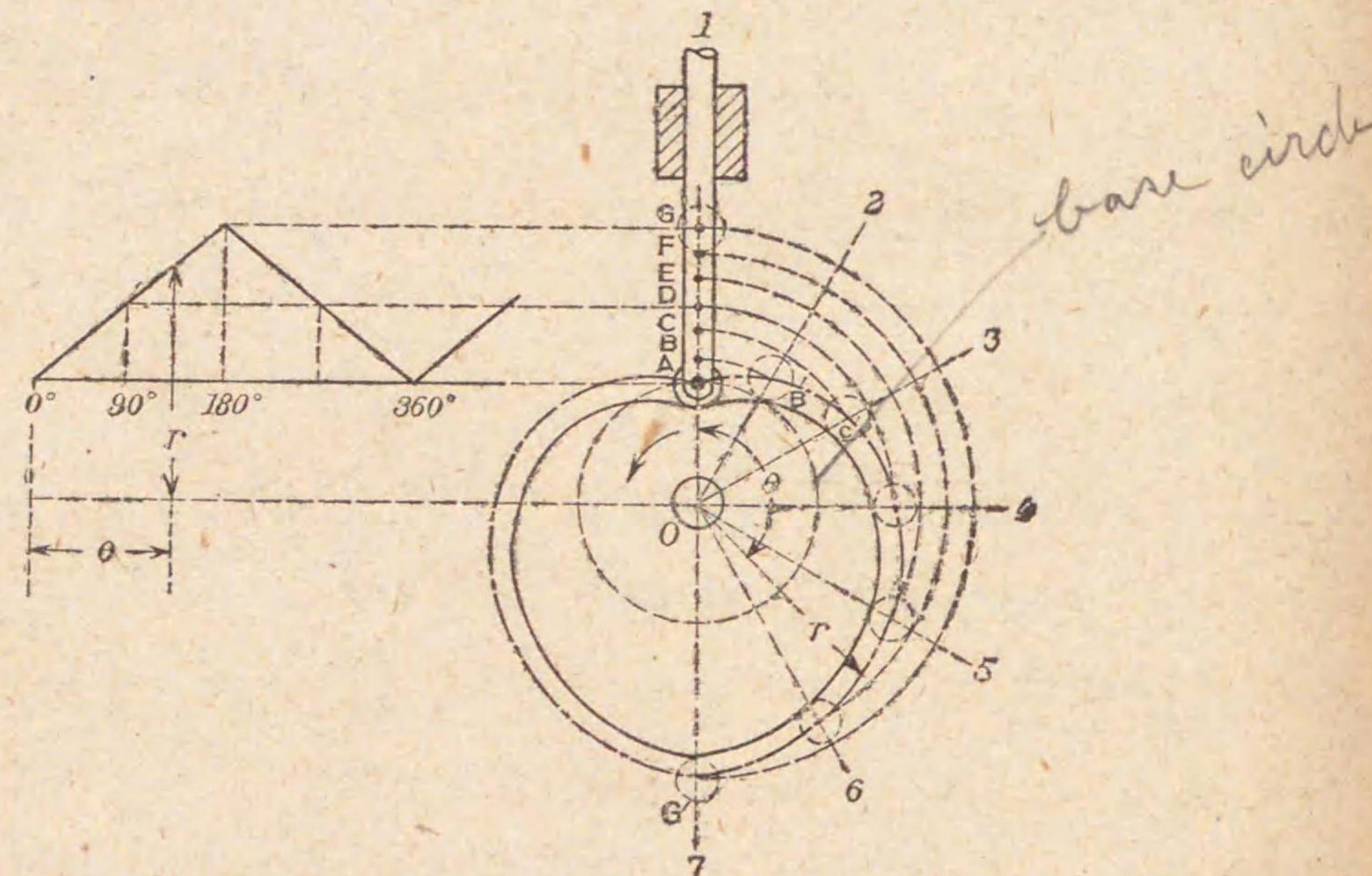
節の尖端が B に在り、カムが更に 203 の角丈け回轉した時に從動節の尖端が C に在り、以下カムの 4, 5, 6, 1 の位置が順次に從動節の D, E, F, A の位置に相應するものとする。O を圓心とし B 點を通る圓弧を畫き O1, O2 の直線と b, b' 點で交はらせ、圓弧 bb' に等しく圓弧 b'B' をとる。然るときは B' 點は又カムの曲線上の一點となる。何となればカムが 102 の角度丈け回轉した時に從動節の尖端は B へ來るが丁度其時カム上の B' 點は B 點へ來るからである。同様に O を中心とし C を通る圓弧を畫き圓弧 cd, c'v' を等しくとれば v' はカムの曲線上の點となる。斯くて D',



E', F' の位置を見出し曲線 AB' C' D' E' F' A を引けば之が求めるカム  
の形である。茲に注意すべきことは B 點は直線 O1 の後方にあるから B'  
點は b' 點よりも回轉の後方にとり, F 點は O1 よりも前方にあるから F'  
點は f' よりも前方にとるべきことである。

93 ハート形カム 板カムが等速運動で一回轉する毎に従動節が  
軸心を通る直線上で等速往復運動をするときはカムの形は第 193 圖に示す

第 193 圖



が如きハート形になるから之をハート形カム (heart cam) と名づける。従  
動節の尖端が A, G の間で往復運動をするものとする。此間を n 個に  
(此圖にては六個) 等分し又 107 なる 180 度を同數 (六個) に等分し第 92 章  
で述べた解法を施すと A B' C' ..... G' A なる鎖線がカムの形になる A, B'  
C' ..... G' なる曲線は

$$r = OA + \frac{AG}{180} \times \theta$$

なる方程式で表はされるアルキメデス氏匝線 (Archimedean spiral) と稱す

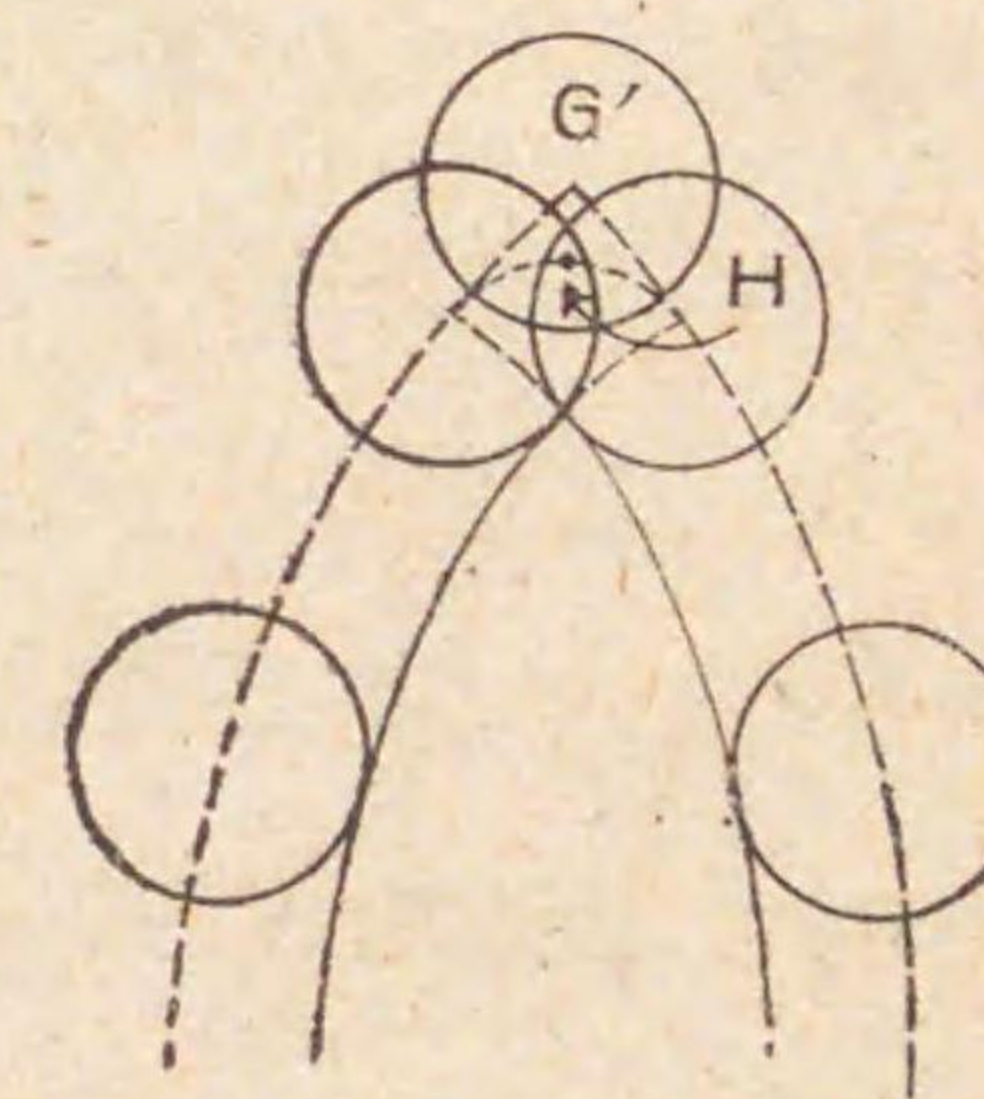
る曲線である。

従動節の下端が第 191 圖の (イ) に示す如く尖つて居ると直きに摩擦す  
るから多くは第 193 圖に示すやうに轉子 (roller) をつける。然るときはカ  
ムと轉子とは轉がり接觸となる。轉子と従動節とは滑り接觸であるが轉子  
の軸に滑油を注げば摩擦は之を妨ぐことが出来る。轉子を使つた時のカム  
の形は AB' C' ..... G' を中心とし、轉子と同大の小圓を畫き之等の小圓に  
接する實線で示したハート形になる。カムと轉子との接點は必しもカムの  
半徑線上に在るとは限らない。

カムの回轉運動と従動節の直線運動との間の關係は第 193 圖の左側にあ  
る線圖で示される。横法は O1 を基準線とするカムの回轉した角度で、縦  
法は轉子の中心が其最下位より上つて居る距離を示す。ハート形カムでは  
線圖は二等邊三角形になることは明かである。

カムの軸心を圓心とし従動節の尖端又は轉子  
の軸心がカム軸に最も近くなつた點を通る圓を  
カムの基礎圓 (base circle) と名づける (第 193  
圖中點線で示したもの) 基礎圓は大きくする程  
カムは尖り方が鈍くなるから従動節の運動は具  
合よくなる。例へば第 193 圖で基礎圓を小さく  
すると G' 點近くの形は第 194 圖の如く鋭角と  
なる。其結果カムは轉子の中心を G' 點迄押上ぐべき筈のを H 點迄しか  
押上げないことになる。又點線の圓弧の範圍内では従動節は所要通りの運  
動をしないやうになる。

第 194 圖



94 従動節に等加速度運動を與ふる板カム ハート形カムでは  
従動節が上端と下端の位置へ來たとき急に運動の方向が變るから衝撃が起



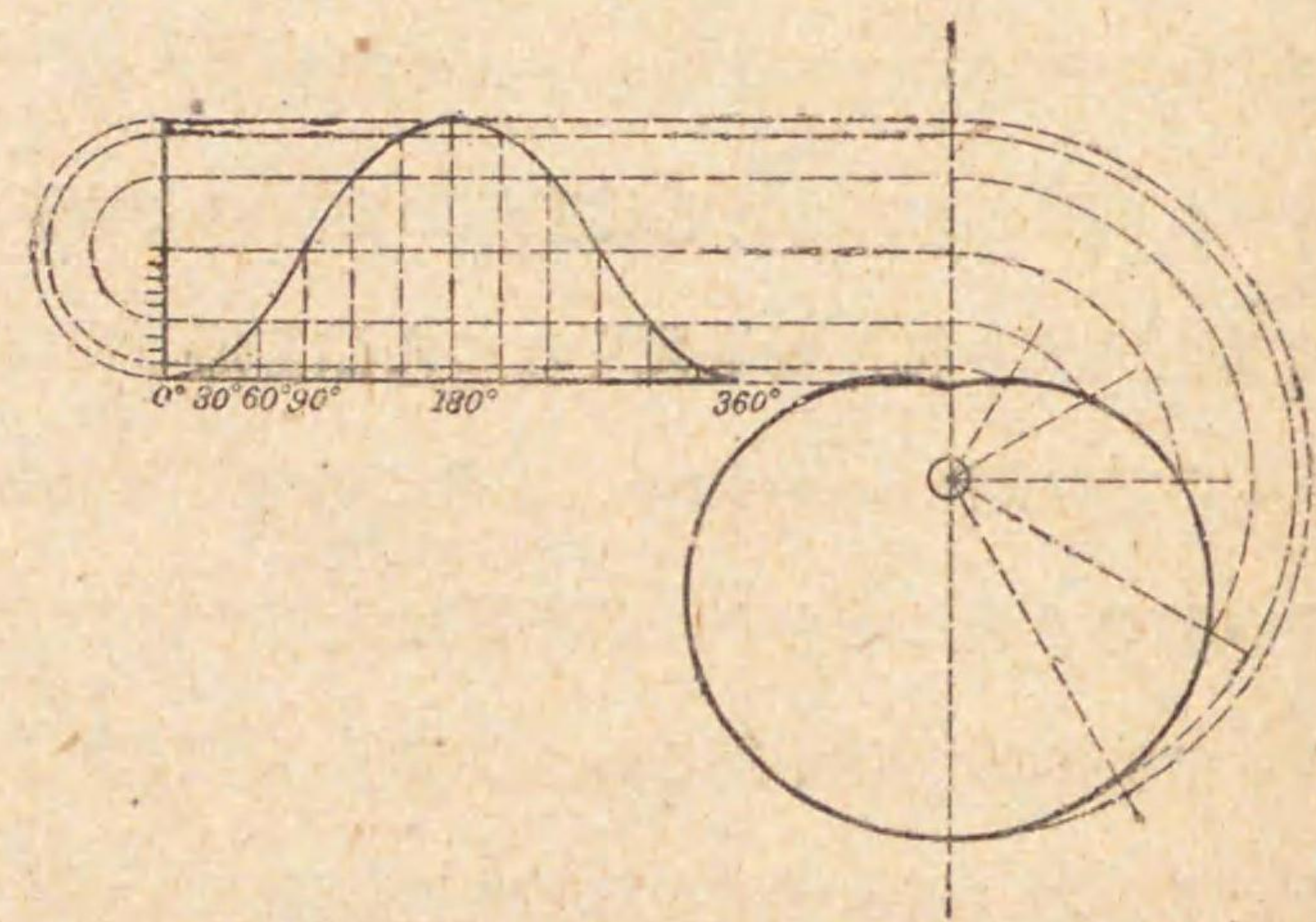
る。従動節の運動を最も滑らかにするには従動節が下端の位置にあるとき速度が零となり、それより等加速度を以て上昇し AG の中央で最高速度に達し、それよりは等減速度を以て上昇し上端に達した時遂に速度が零となり、従動節が下降する時には前とは逆に中央に達する迄は等加速度を以て下りそれより等減速度で遂に下端に於て速度が零となるべきである。α を等加速度とすると物体の速度が零なりし時より t 時間経過する迄に物体の移動する距離 S は物理学の初歩にもある通り

$$S = \frac{1}{2}at^2$$

であるから S は t の二乗に正比例する。即ち一秒で 1mm 動くものなら二秒で 4mm, 三秒で 9mm, 四秒で 16mm 動くべきである。カムは等速で回轉するものとすれ

第 195 圖

ば其回轉角は t に正比例する。故にカムの半回轉即ち 180 度を 2n 等分すれば従動節の上下運動の二分の一を n<sup>2</sup> 等分し、下端より各分點迄の距離を 1, 4,



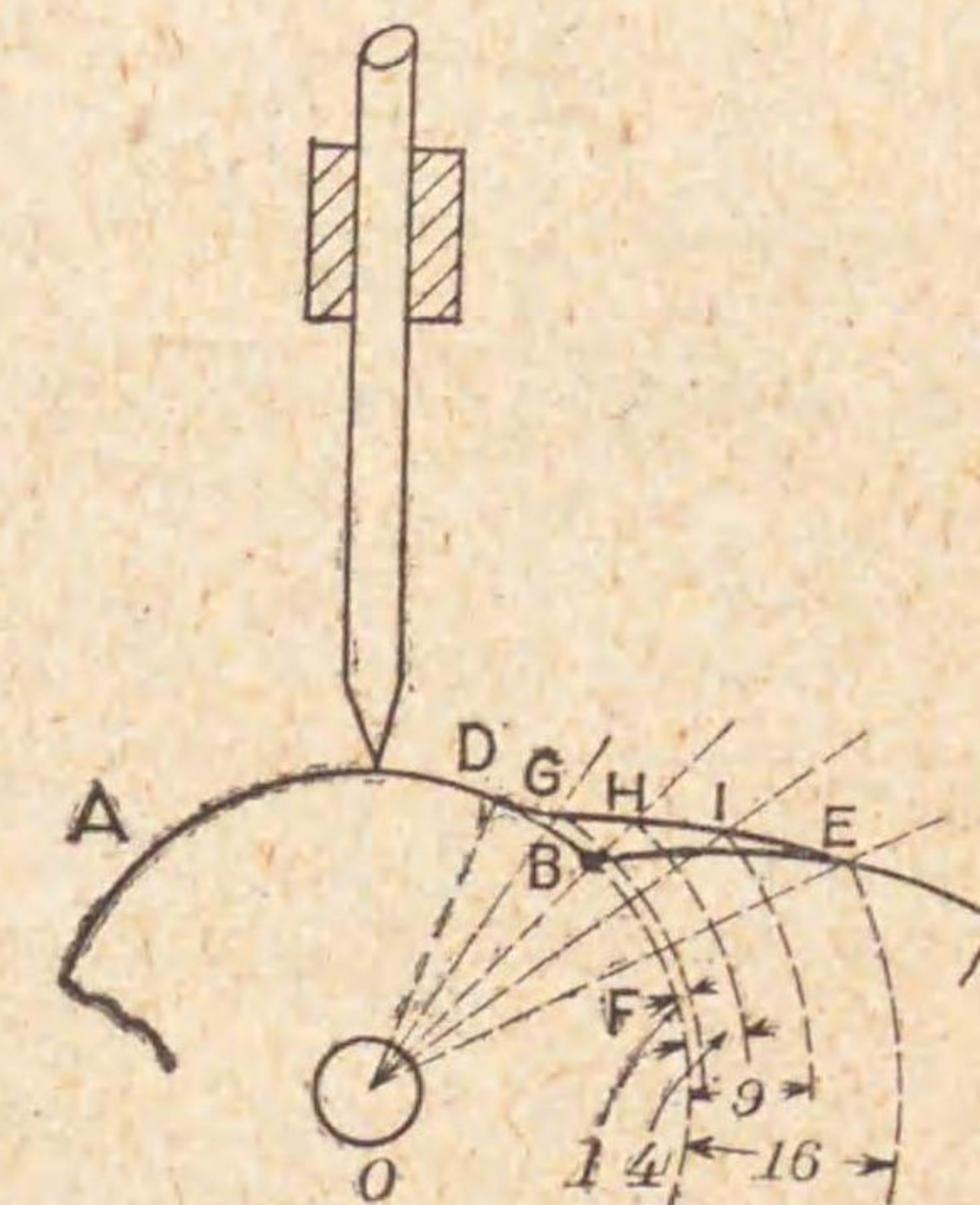
9, 16……n<sup>2</sup> にとると第 195 圖の左半に示すが如きカムと従動節の關係を表はす線圖が得られる。(此圖では n は三にとつてあり、曲線の上半部及び下半部は同一の拋物線であることは云ふ迄もない) そして此線圖に應ずる板カムの形は第 195 圖の右半に示す畫法で見出すことが出来る。

95 カムの緩和曲線

第 196 圖で ABE は板カムの曲線の一部を示すものとし、AB はカム軸を中心とする圓弧で、BE はアルキメデス氏

の圓弧であるとする。然るときは従動節の運動は AB と擦れて居るときは静止して居るが BE と擦れるときは等速運動をする。故に B 點の處で急に従動節の運動状態が變るから衝撃が起る。之を和ぐる爲めに緩和曲線 (easement curve) なる形を B 點の前後でカムに與へることがある。其結果として従動節の動き方が多少前とは變るけれども夫は止むを得ぬ。

第 196 圖



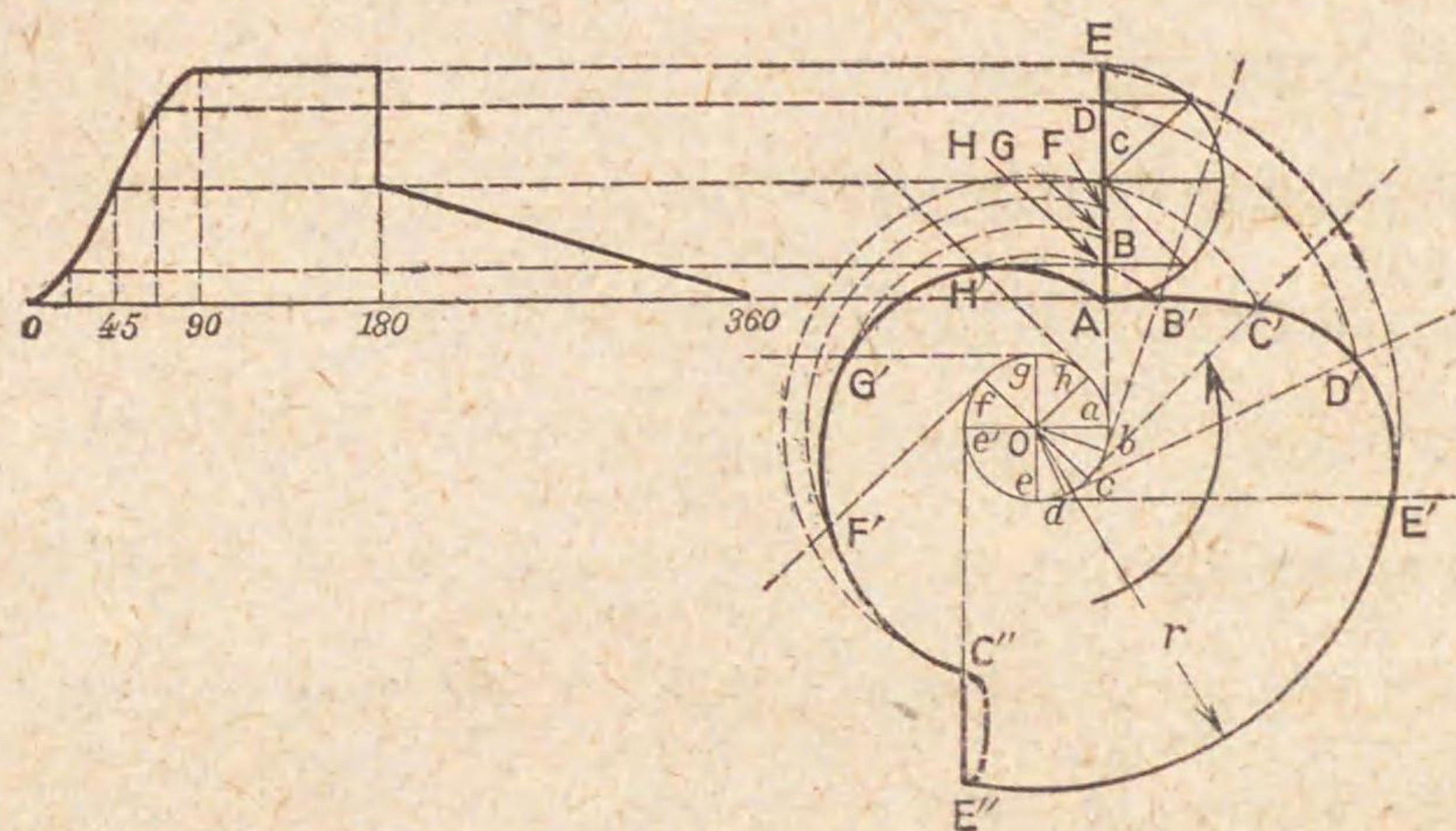
緩和曲線を畫くには先づ B 點の前後に於て之を畫くべき角範圍 DOE を定める (角 DOB と角 BOE は等しくとるを普通とす) 角 DOE を n 等分 (第 196 圖では四等分) し、圓弧 AD を F 迄延長して OE と交はらしめ、FE の長さを n<sup>2</sup> 等分し、F 點からの距離を 1, 4, 9, 16, ……n<sup>2</sup> にとり圖に示した通りの作圖をすると DGHIE が緩和曲線になる。斯の如き緩和曲線を使ふと従動節は等加速度を以て E 點の速度に達するから衝撃を避けることが出来る。

96 カム軸を通らぬ直線運動を従動節に與ふるカム 第 197

圖で直線 AE は従動節の尖端の往復する道とする。此場合に對する解法は第 92 章で述べた一般解法でもよいが茲では別の法を例を擧げて説明しやう。カム軸の中心から AE に下した垂直線 Oa の長さを支距 (offset) と名づける。カムの回轉角度は Oa を基準線として計る。カムは等速回轉運動をするものとし、カムが最初の一直角を廻る間に従動節は單一弦運動 (simple harmonic motion) をなして A より E へ上り、次の一直角の間では静止し、茲に於て急に C 迄落ち、残りの二直角の間で等速運動をして



第 197 圖



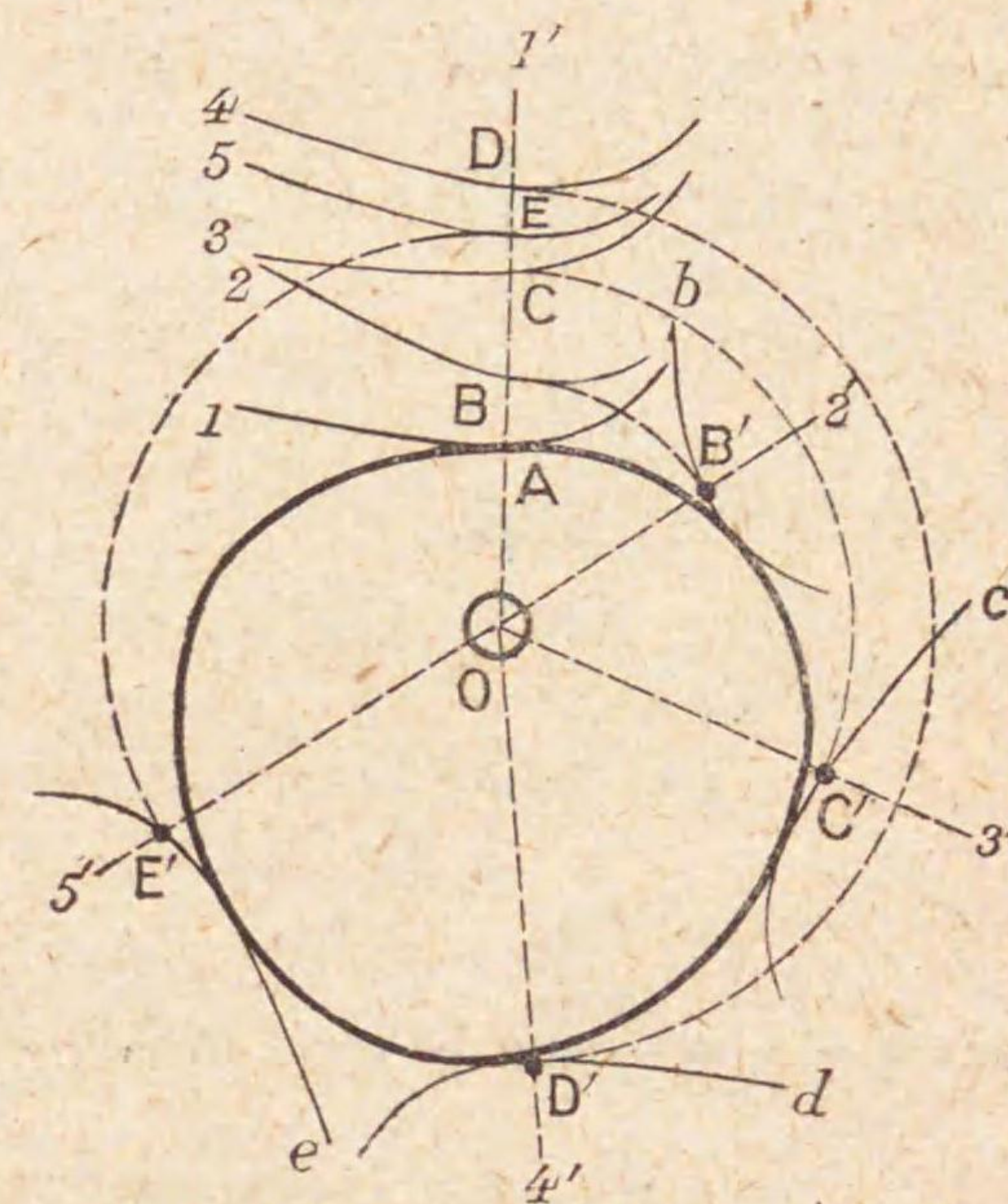
O から A に戻るものとする。AE を直径とする半圓を畫き其半圓弧を  $n$  等分し (第 197 圖では四等分せり) 各分點から垂直線を AE に下して B, C, D 點を見出す。次にカム軸を中心とし支距  $Oa$  を半径とする圓を畫き最初の直角  $aOe$  を  $n$  (四) 等分し  $b, c, d$  點を見出し更に  $b, c, d, e$  點に接線を引き  $bB' = aB; cC' = aC; dD' = aD; eE' = aE$  にとると  $AB'C'D'E'$  はカムの形になる何となればカムが角  $aOb$  だけ廻ると  $b$  點は現在の  $a$  點の位置へ來り、直線  $bB'$  は垂直になり、點  $B'$  は B 點に重なるからである。次の一直角  $eOe'$  の間ではカム  $E'E''$  の形はカム軸を中心とし  $OE'$  を半径とする四分圓弧になる。此一直角の終に於て  $e'E''$  は  $aE$  の位置へ來る。 $e'C''$  を  $aC$  に等しくしカムを  $E''C''$  なる直線形にして置くと從動節は急に E から C 迄落ちることになる。從動節が重力で垂直に落ちるやうにしてあるときはカムは  $E''C''$  の間では鎖線で示したやうに肉を彫り取つて置いてよい、C から A に等速運動で戻らせるには CA を  $n$  (四) 等分し残りの二直角  $e'Oa$  を同様に  $n$  (四) 等分し圖に示してある作圖法で點  $F', G', H'$  を見出すと  $C'F'G'H'A$  がカムの形になる。若し直線 CA の長さが圓弧  $e'a$  の長さに等しいときは  $C'F'G'H'A$  の形は  $age'$  を基

礎圓とする漸開線になる。漸開線で出來て居るカムを漸開線形カム (involute cam) と名づける。

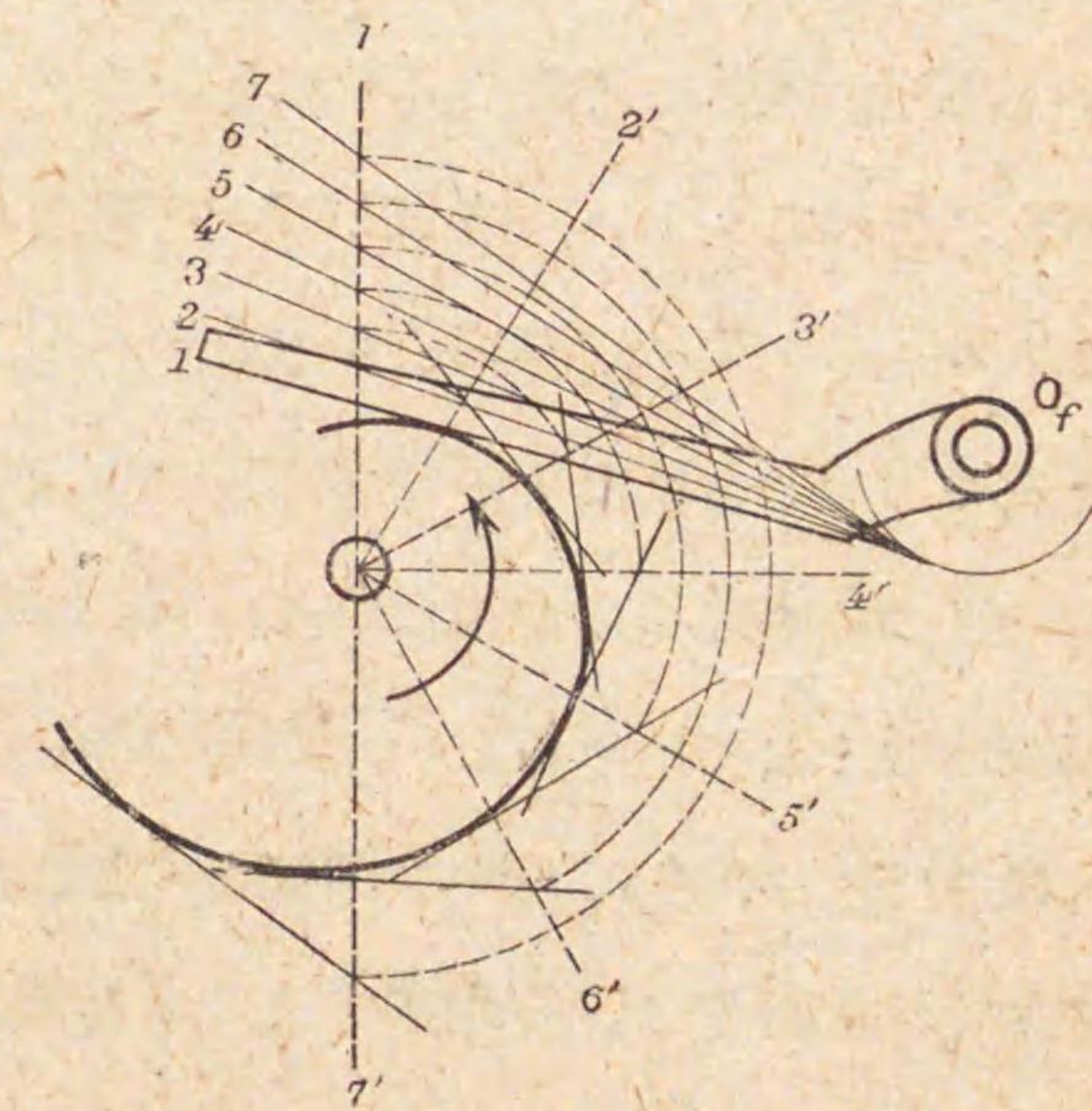
97 從動節が尖端又は轉子を有せざるときのカムの一般解法

從動節の形が第 198 圖の 1A の如きものとする。O をカム軸の中心とし、板カムの基準線が  $O1'$  の位置にあるとき從動節は 1A にあり、カムが  $1'O2'$  の角度だけ回轉したとき從動節は 2B の位置へ來るべきものとし、以下順次に C, D, E と 3', 4', 5' が相應位置とする。 $O1'$  と 2B との交點 B を通じ O を圓心とする圓弧  $BB'$  を畫いて之と  $O2'$  との交點  $B'$  を見出す。 $B'$  點を通じて  $bB'$  の形を 2B と同形に畫き且つ  $bB'$  と  $O2'$  線との關係位置を 2B と  $O1'$  との關係位置と同一にする。同様の手續で  $cC', dD', eE'$  を畫き之等の曲線に接する曲線 (包絡線) を畫くと之がカムの形になる。カムと從動節との接觸點は圖でも分る通り必ずしも  $B', C', D' \dots$  の點を通過しない。

第 198 圖



第 199 圖

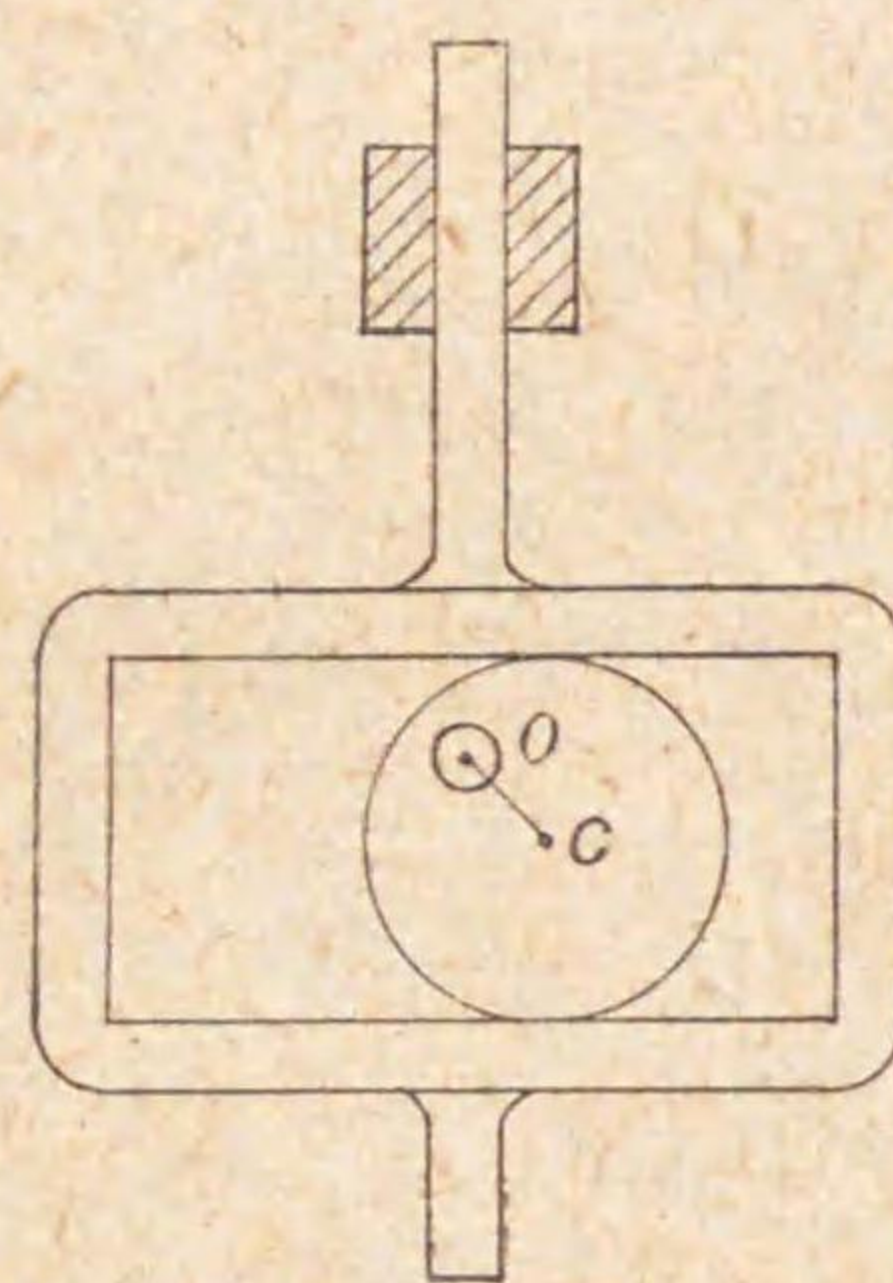




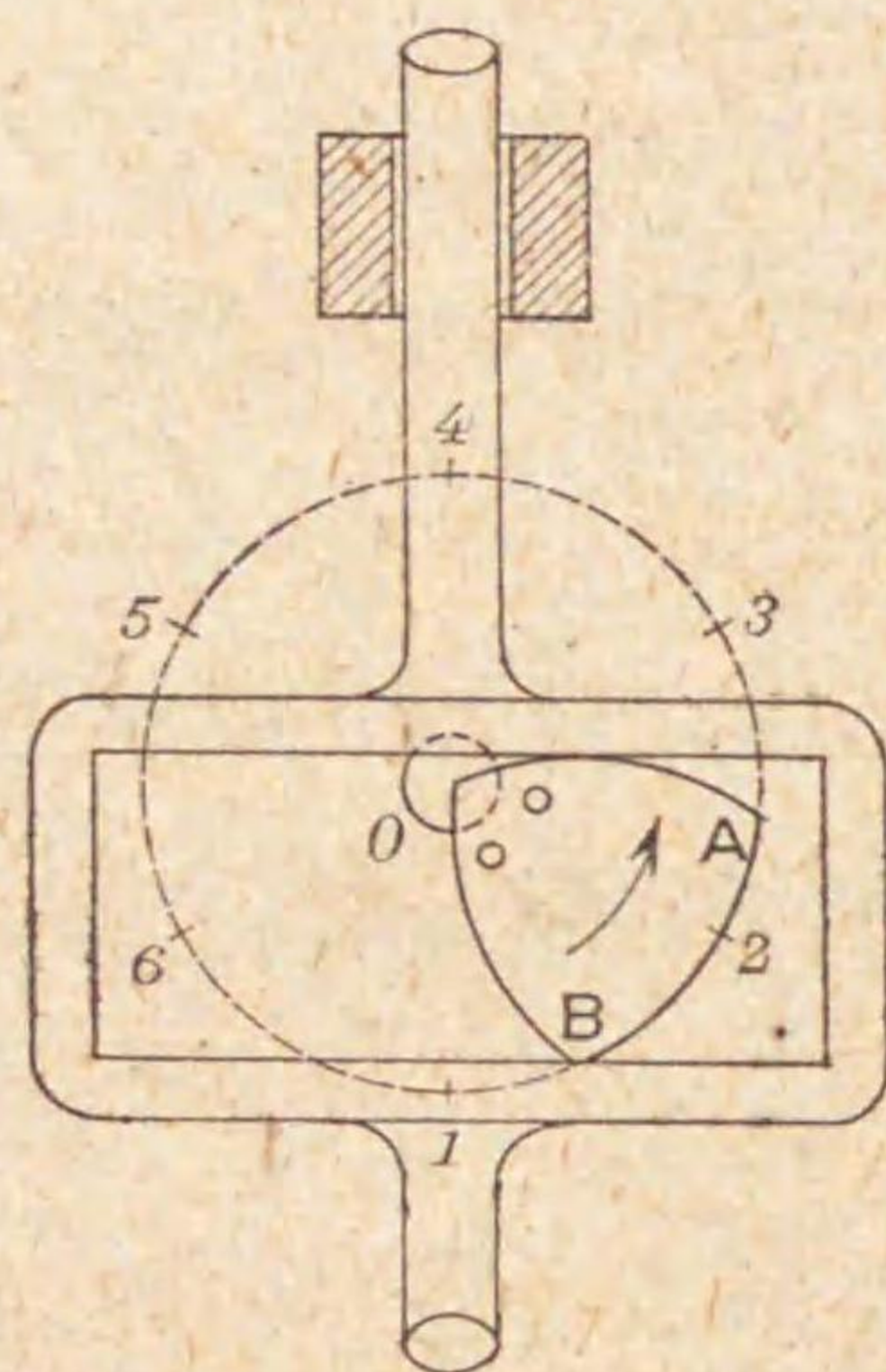
第 199 圖は從動節が軸  $O_1$  を中心として往復角運動をするときのカム  
形の解法を示したもので手續は第 198 圖に示したものと同一である。

98 三角カム 第 200 圖はカムが  $C$  を圓心とする圓形の板でカム  
軸は圓心を外れた  $O$  に在り、從動節は圓板の直徑に等しい距離にある二

第 200 圖



第 201 圖

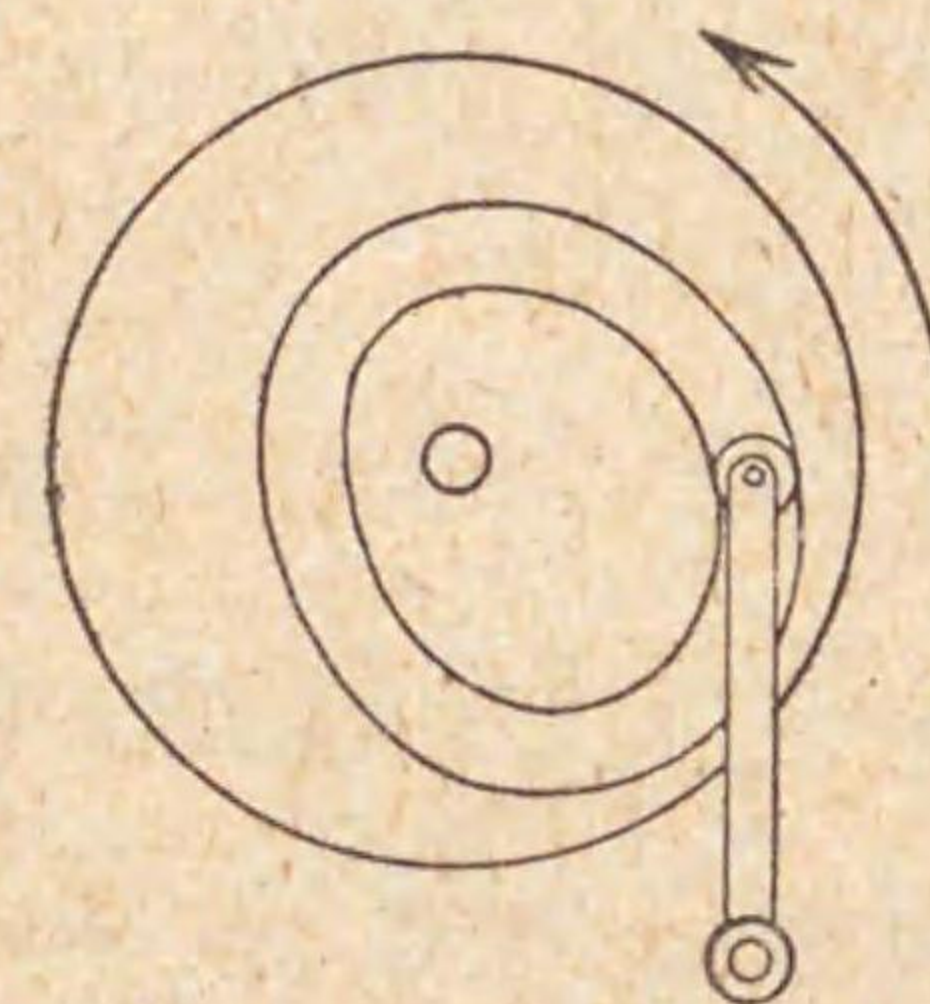


並行面で出来て居るカム装置である。從動節の上下運動は圓心  $C$  の上下運  
動と同一であるからカムが等速回轉運動をすると從動節は  $2 \times OC$  を振幅  
とする單一弦運動をする。  $OC$  の長さに變りがなければカムの直徑の大小  
は從動節の運動に何等の影響がないことは明かである。故にカムの半径は  
 $OC$  であつてもよい。第 201 圖は三角カム (triangular cam) と稱するもの  
でカム  $OAB$  は正三角形の角點を中心とし一邊を半径として畫いた三邊の  
圓弧で形成せられたものである。カム軸は角點  $O$  にある。カムの幅は何  
處で計つても圓弧の半径に等しいから從動節の上下兩面の間隔は圓弧の半  
徑に等しくして置けばよい。斯くの如きカムが從動節に與へる運動を知る  
には  $O$  を中心とし  $OB$  を半径とする點線で示した圓を畫き、之を圖に示  
す如く六等分する。  $A$  點が 1 より 2 を通過する間では從動節の下面は常に  
カム軸より半径だけ下にあるから從動節は靜止して居る。  $A$  點が 2 から 3

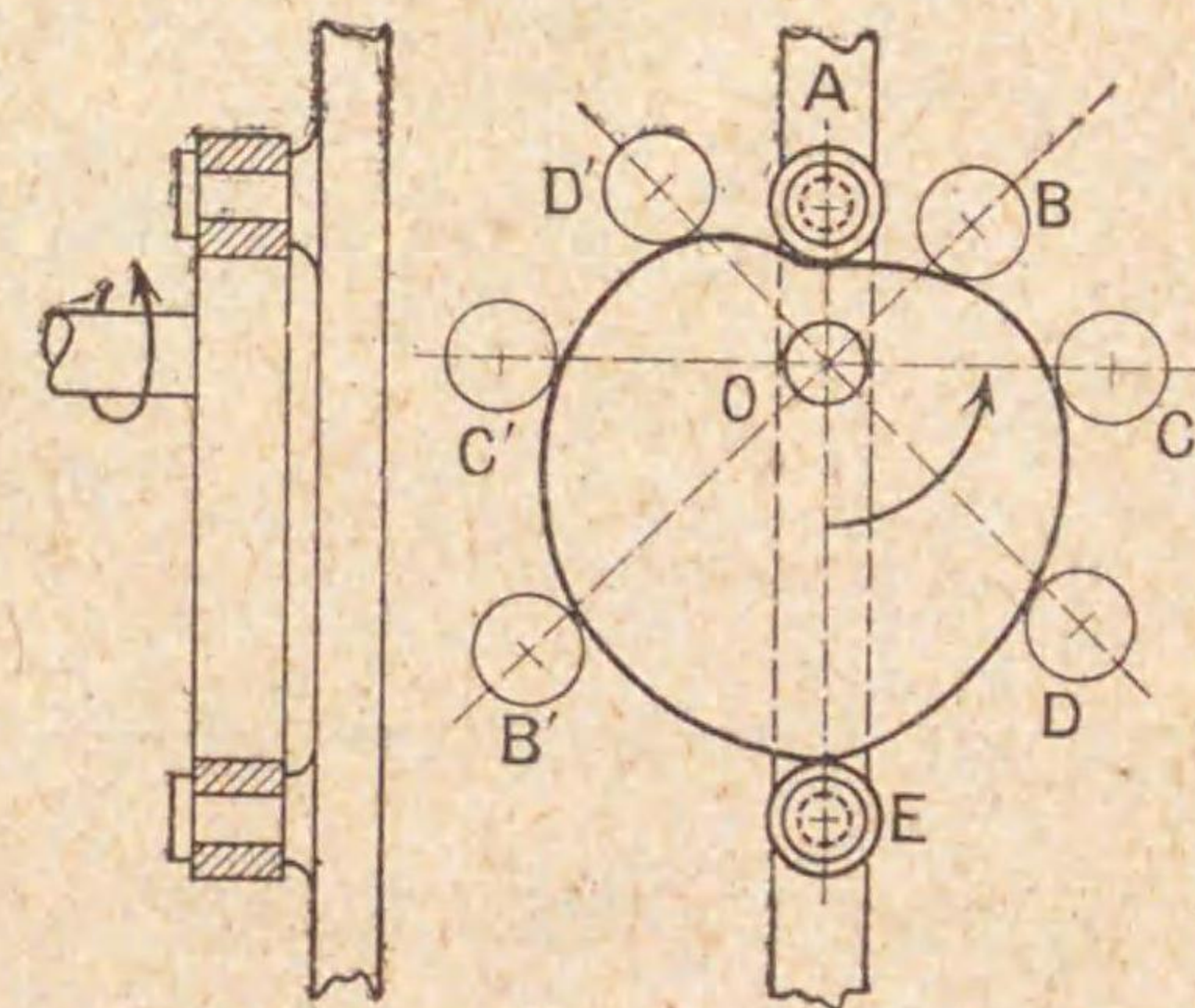
に至る間では角點  $B$  が常に從動節の下面に接觸して居るから 從動節は單  
一弦運動をする ( $B$  點は第 200 圖の  $C$  點に相當す)  $A$  點が 3 から 4 に至  
る間では角點  $A$  が常に從動節の上面に觸れて居るから從動節は矢張り單  
一弦運動をする (此場合には  $A$  點が第 200 圖の  $C$  點に相當す)  $A$  が 4 よ  
り 5 に至る間では從動節は靜止し 5 より 6 を經て 1 に至る間では單一弦  
運動をする。從動節が上下に動く距離は勿論點線で示した圓の半径と同一  
である。此種のカムは往時蒸汽機關の滑り瓣 (slide valve) を動かすに使つ  
たことがある。

99 確動カム 第 91 章で確動カムに就て一寸述べて置いたが、板  
カムで從動節に確實に運動を傳へるには三つの方法がある。

第 202 圖



第 203 圖

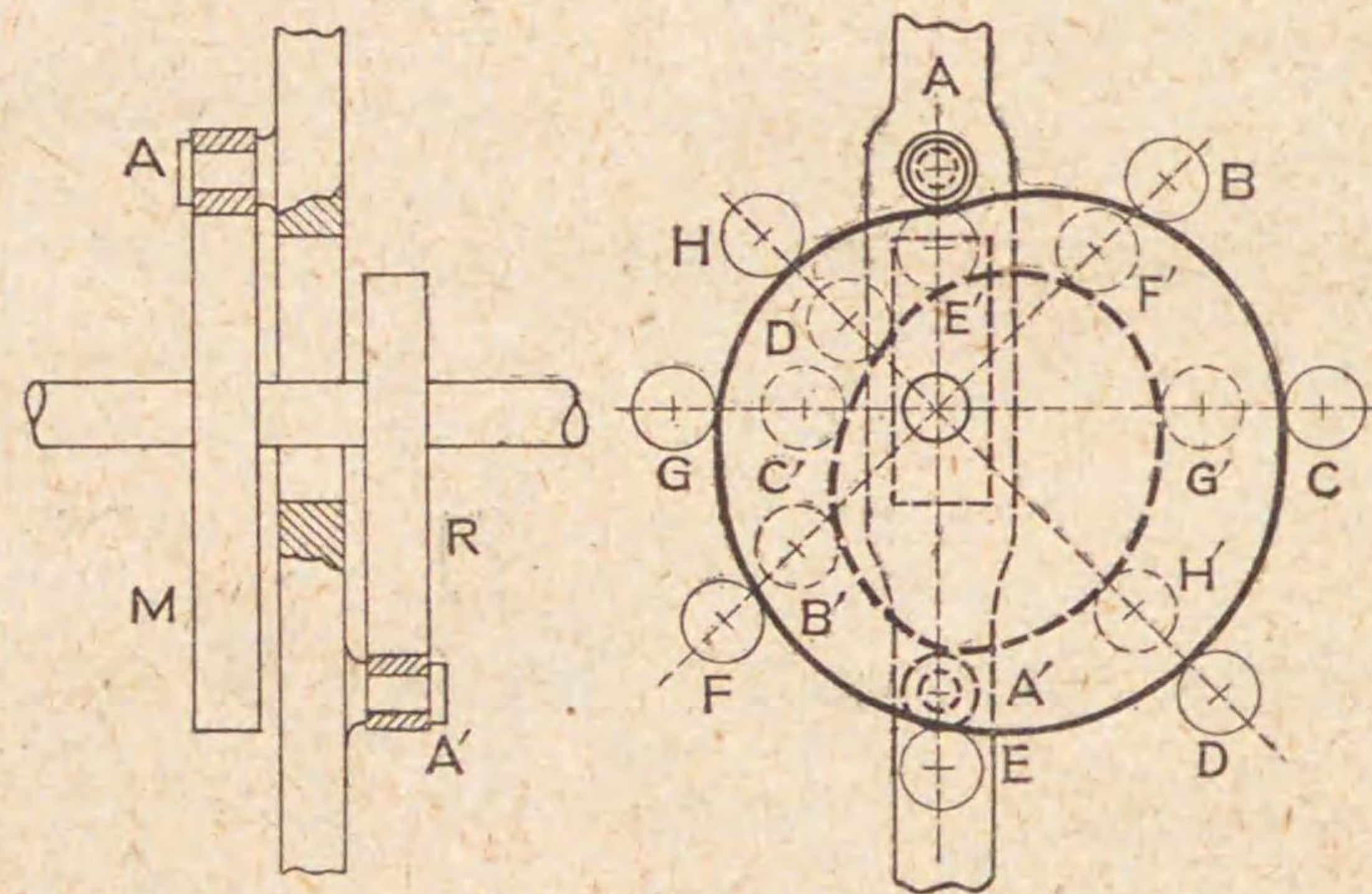


第一法は第 202 圖に示すが如くカムの曲線に沿ふて溝を穿ち其内に從動  
節の轉子を嵌めるのである。但し此缺點はカムが矢の方向に廻るとき轉子  
が若し其左面でカムと接觸するときは轉子は時計の針と同方向に廻るが轉  
子が其右面で接觸すると反對方向に廻る。依つて轉子は右面か左面の何れ  
かで (或は双方で) カムと擦れることになり轉子たるの効能が薄くなること  
である



第二法は第 203 圖に示す如く従動節につけた二個の轉子でカムを上下より挟む方法である。カムの 180 度の間の轉子の位置 ABCDE がきまると B, C, D 點とカム軸の中心 O とを連結する直線を引き BB', CC', DD' の各を AE に等しくとり A, B, C, D, E, B', C', D' を中心として轉子の大きさの小圓を畫き、此等に接する曲線を引くとカムの形が出来る。但し此缺點はカムの半回轉でカムの全周圍の形がきまるから従動節の往行運動と復

第 204 圖



行運動とが全然同一の時にしか使へないことである。第 200 圖及び第 201 圖で従動節は上下の二並行面中其一つが無くても傳へる運動は同一であるが上下の二面を以てカムを挟んだのは矢張り確動カムにする目的なのである。

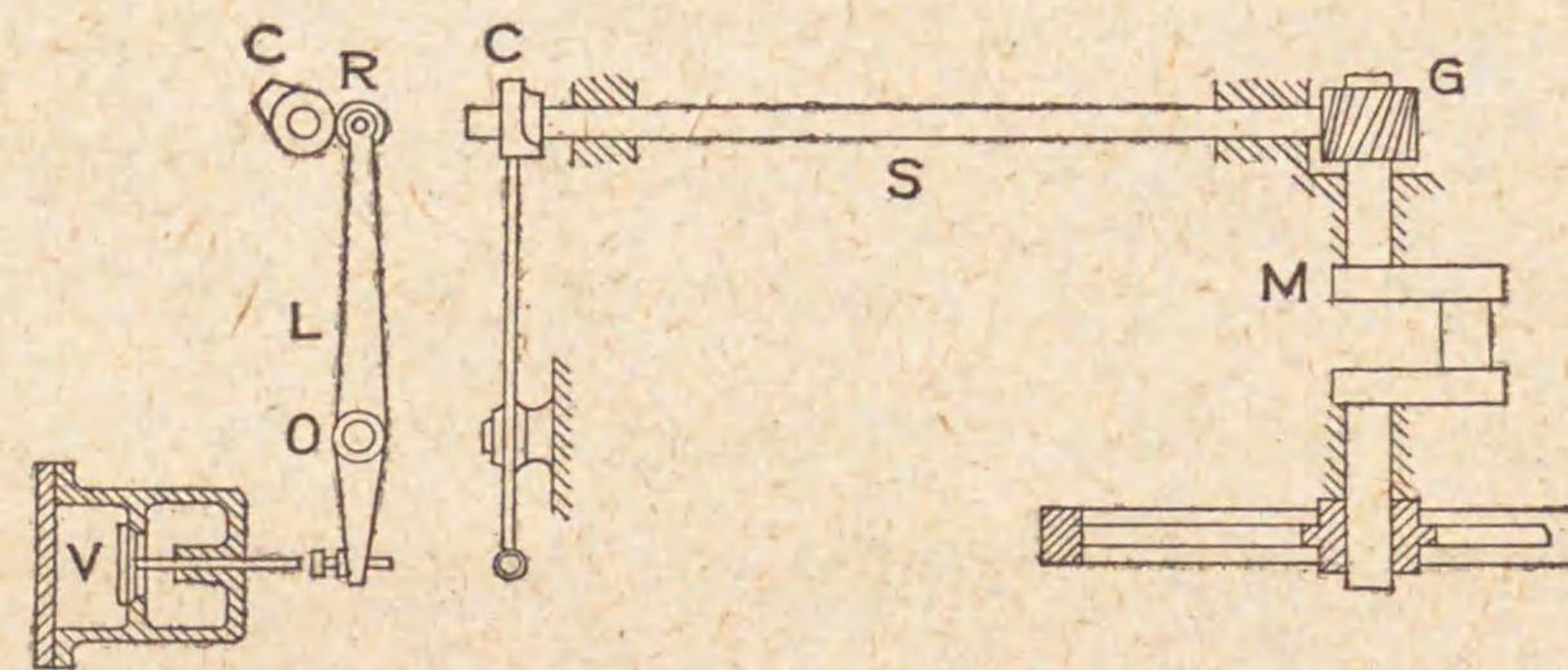
第三法は普通のカムの外に**戻しカム** (return cam) といふものを使ふのである。第 204 圖に於けるカム M の ABCDEFGH の形を普通の方法で見出し、AA' を適宜な寸法に定め BB', CC', DD', EE', FF', GG', HH' を AA' に等しくとり、A', B', C', D', E', F', G', H' を中心として轉子の大きさの小圓を畫き、此等に接する曲線を畫く。然るときは此曲線が戻しカム

R の形になる。M と R は同一のカム軸に取付け轉子 A 及び A' は同一の従動節に取付くべきことは勿論である。

100 板カム應用の實例 カムの應用は頗る廣いが茲では單に一二の例を擧ぐるに止めやう。

〔例 1〕 内燃機關の瓣裝置 第 205 圖は内燃機關の瓣裝置を示す略圖で

第 205 圖



ある。クランク軸 M が廻ると傘齒車又はねぢ齒車裝置 G によつてカム軸 S を廻す。S 軸にはカム C が取付けてあつて之が轉子 R を押下げると挺 L の左端を持上げ瓣 V を衝き上げて之を開くことになる。カム C の形は各瞬間に於けるピストンの位置 (即ち S 軸の角位置) と之に相應する瓣の開きの分量が與へられると第 92 章で述べた方法で設計することが出来る。但し此構造では轉子 R は O 點を圓心とする圓弧上に移動する。

〔例 2〕 孔貫機 第 206 圖は孔貫機 (punching machine) の略圖である。F は機胴で主軸 B が動力で廻されると齒車裝置でカム軸 P<sub>1</sub> が廻る (齒車は圖には示してない) カム L が廻ると轉子 M を動かし A に上下運動を與へる。A の下端と機胴との隙間に鐵板を挟ませると A が下降する際に孔を打抜くのである。カムに適當な形を與へて A が上る速度よりも下

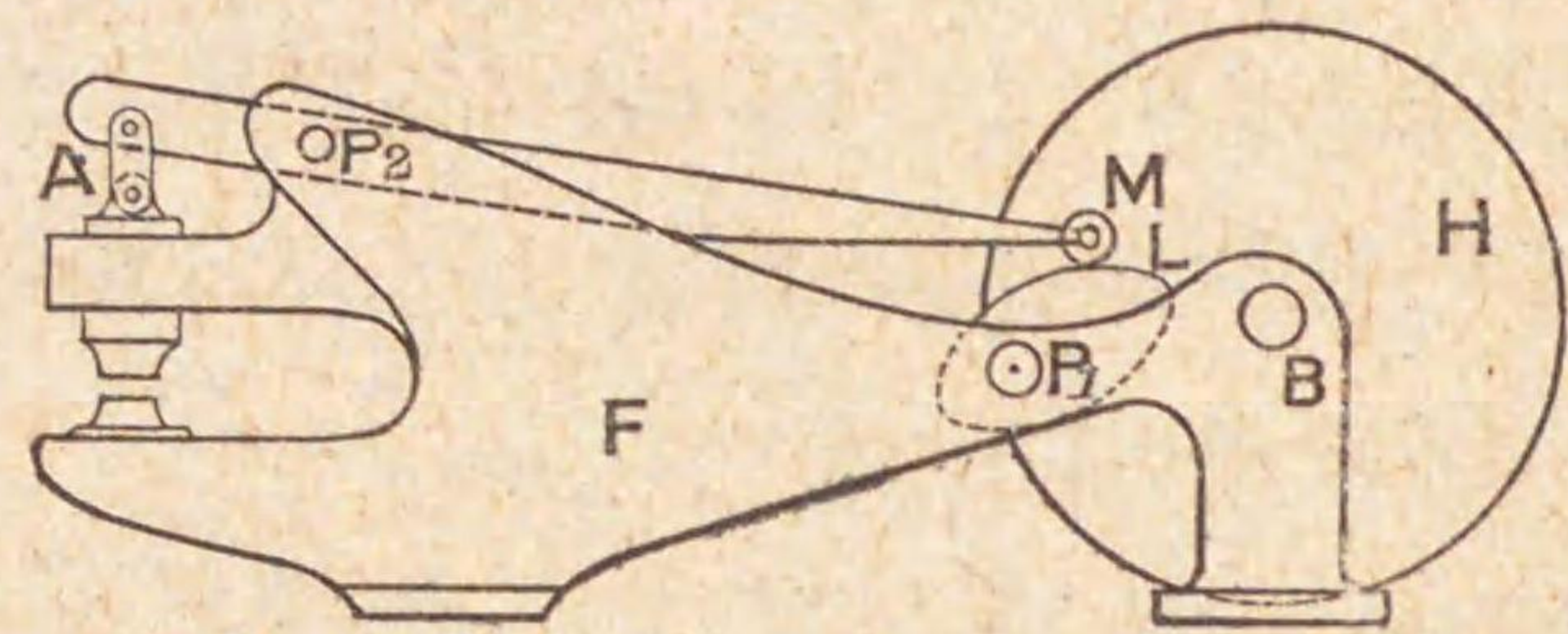


る速度を非常に低くする  
と孔を明ける時分には A  
が非常に大なる力を出す  
ことが出来る。(B 軸が等  
速等馬力で運轉せらるゝ

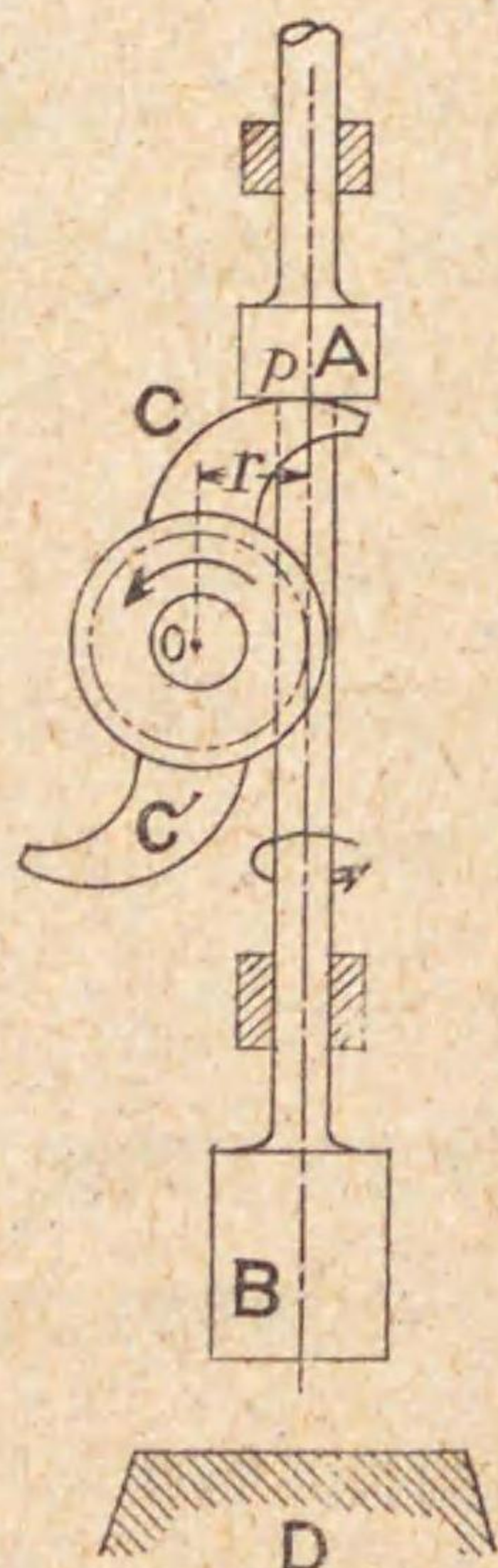
ものとすれば A の出す力は其速度に逆比例する) 挺の重心は P<sub>2</sub> よりも  
右にあるから挺の重量で A は浮き上がるが下るときは B 軸の受ける動力  
とはづみ車 H の保有するエネルギーとでカムを通して A が押下げられ  
る。カムの形は又 A が上端、下端の位置で暫く静止するやうな形にし職  
工が鐵板を動かす爲めに要する時間の餘裕を與へる。

(例 3) 碎鑛機 第 207 圖は碎礦機 (ore crusher) や米搗き機械の裝置  
を示すものである。動力を以てカム軸 O が矢の方向  
に廻されると角形のカム C, C' で A を持上げては落  
す。其際 B と D との間にある礦石を砕いたり米を  
搗いたりするのである。棒 AB から計つた軸心 O  
の支距を r とするとカム C, C' の形は常に半径 r な  
る圓を基礎圓とする漸開線に作る。其理由はカムが如  
何なる位置へ來てもカムの表面なる漸開線は AB の  
方向 (即ち漸開線を畫く絲の方向) と直角に交るから  
A の下面を水平面に製つて置くと C と A との接觸  
點 p は常に r の支距を有する垂直線上に來り、其結  
果として棒を押上げる力が棒の中心線上に來り (平面  
圖上では多少の支距あるべきも) 棒に曲げモーメント  
を與ふること少く、又棒と案内孔 (guide) との摩擦が少くなるからである。

第 206 圖



第 207 圖

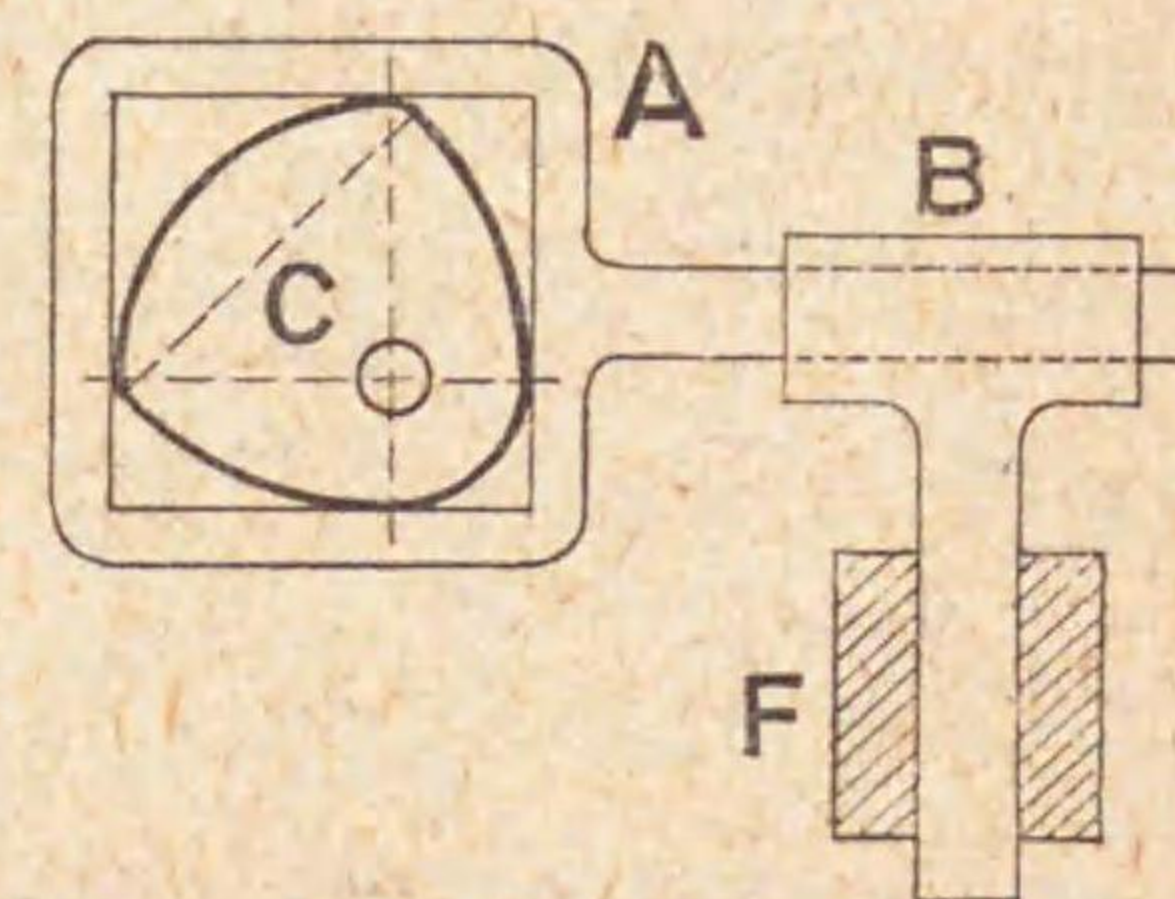


其上 C, A 間の摩擦力で棒 AB は矢の方向に回轉運動をしながら上下運動  
をするやうになり B, D の面の相逢遇する部分は間斷なく變つて行くから  
B, D の表面の摩擦が一様になる利益がある。

101 ニヶ所以上にて從動節を動かす板カム 第 208 圖で板カ

ム C の形が如何なる方向で計つても二並行線で挟んだ幅が一定であると  
之を正方形に彫つた A の孔に嵌めるこ  
とが出来。C は A の垂直面と水平面  
との二個所に作用して A に水平動及び  
上下動を與へる。水平動は A が B の  
内でする出入運動となり上下動は B が  
固定節 F の内でする出入運動となる。板

第 208 圖



カムは稀には斯くの如く二個所で從動節に運動を與へ、從動節をして其合  
成運動をせしめることがある。

102 從動節に直線運動を與ふる圓嚙カム 圓嚙カムには從動

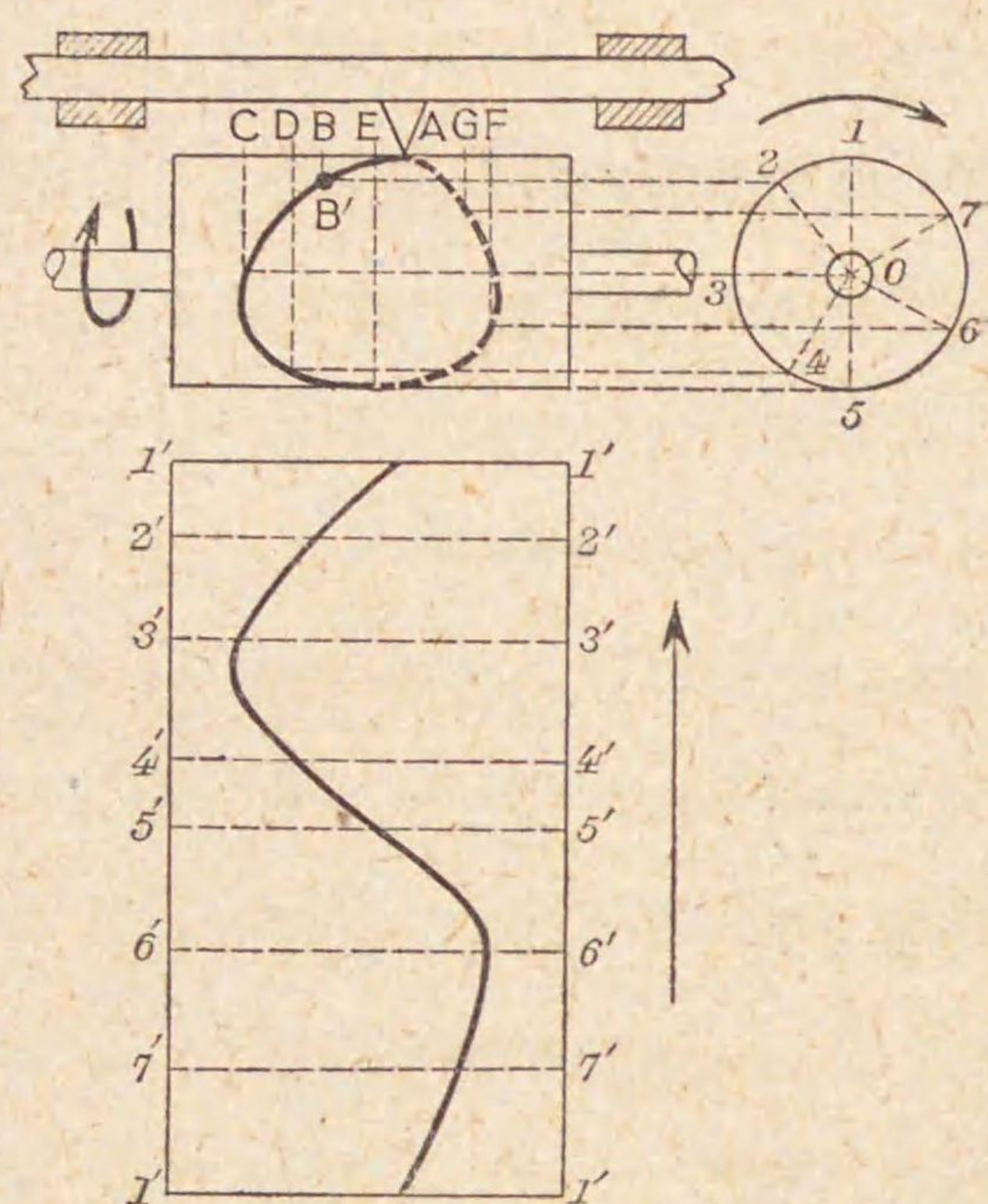
節に直線運動を與へると、往復角運動を與へるとある。前者では從動  
節の運動はカム軸に竝行な方向で起る。第 209 圖は此種のカム裝置を示す  
もので、其溝の形を見出すには次の如き方法です。カムの基準線が O1  
の方向に在るとき從動節の轉子が A に在り、カムが角 102 だけ廻つた  
とき轉子の中心が B へ來るとすれば、點 2 を通る水平線と點 B を通る垂  
直線との交點 B' が溝上の一點になる。同様に 3, 4, 5, 6, 7 と C, D, E,  
F, G とが順次に相應位點を示すものとすれば此等の點を通じて水平、垂  
直線を引き、それらの交點を連結したものがカムの溝の中心線になる。故  
に此線に沿ふて轉子の直徑に等しい幅の溝を穿てばよい。カムの下方にあ  
る長方形は圓嚙を平面に引延した圖である。



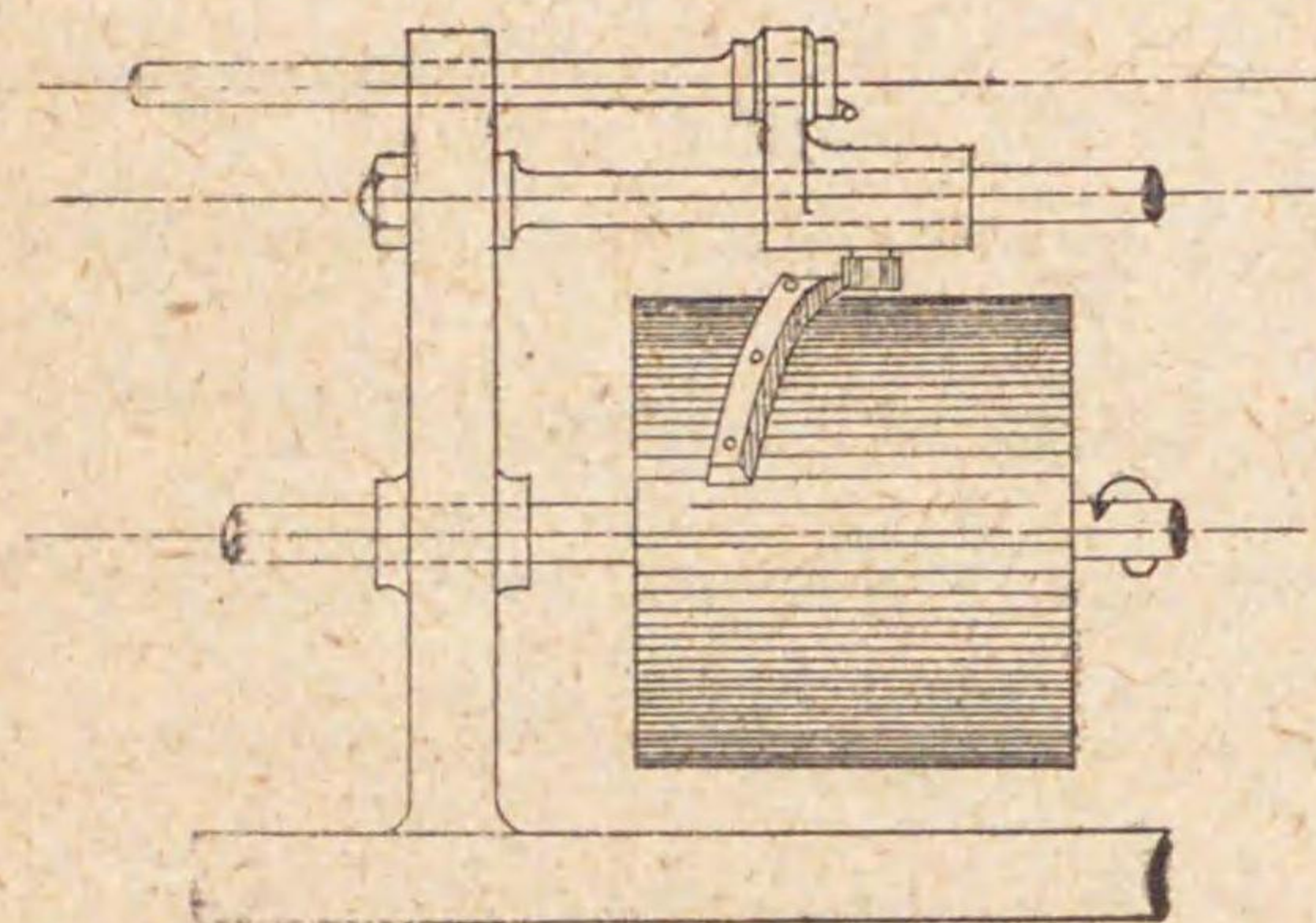
圓溝カムは溝を穿つ代りに第 210 圖に示すが如く圓溝の外面に凸起物を取付けることがある。

第 209 圖の構造ではカムの一回轉で從動節の一往復運動を起すが第 211 圖の構造ではカムの四回轉で從動節の一往復運動を起す。溝が交切して居る場所で從動節が進行する方向を迷はぬやうにする爲め溝に嵌める部分の形は轉子の如く圓形にしないで G に示す如く舟形にする。

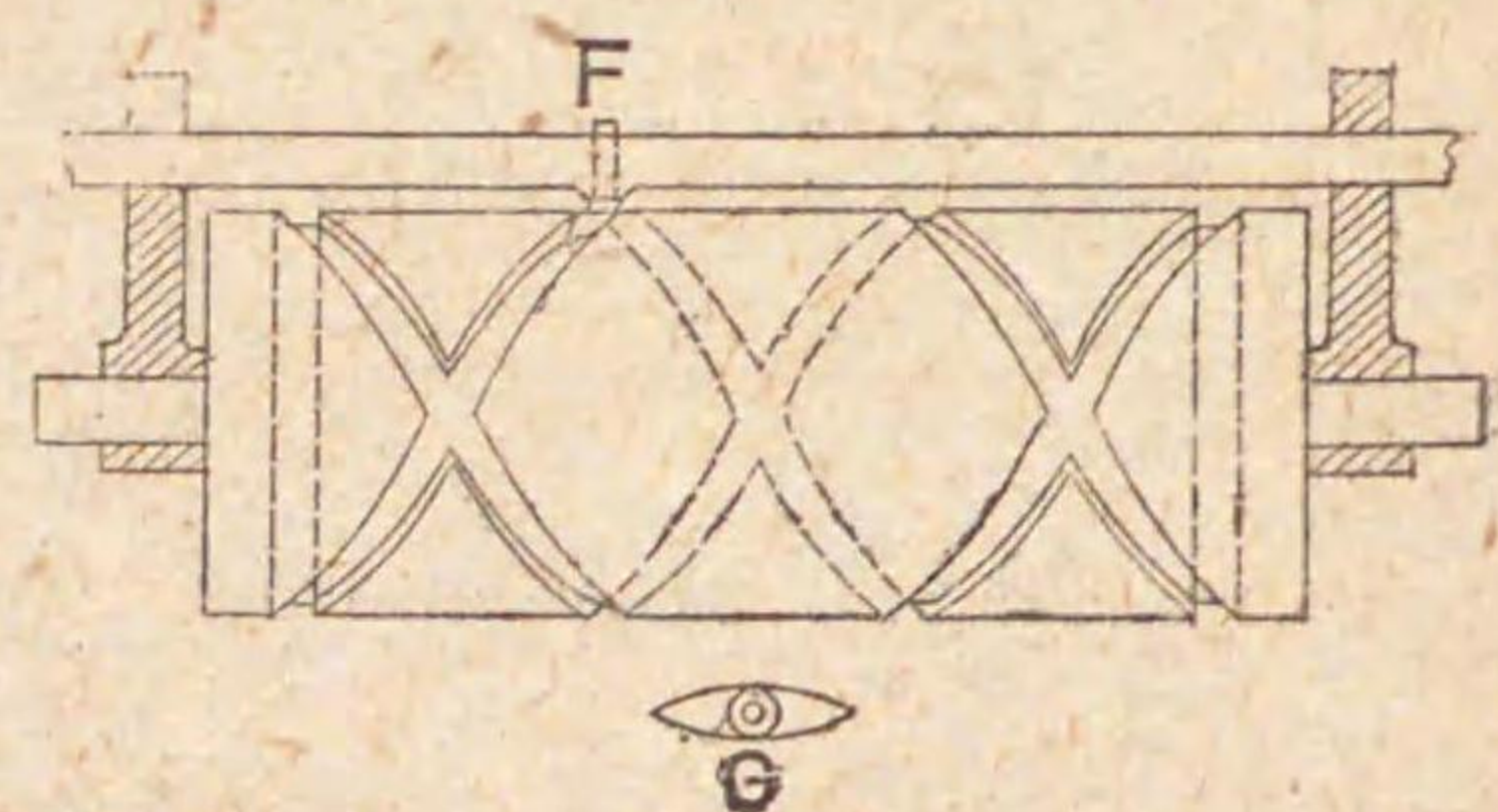
第 209 圖



第 210 圖



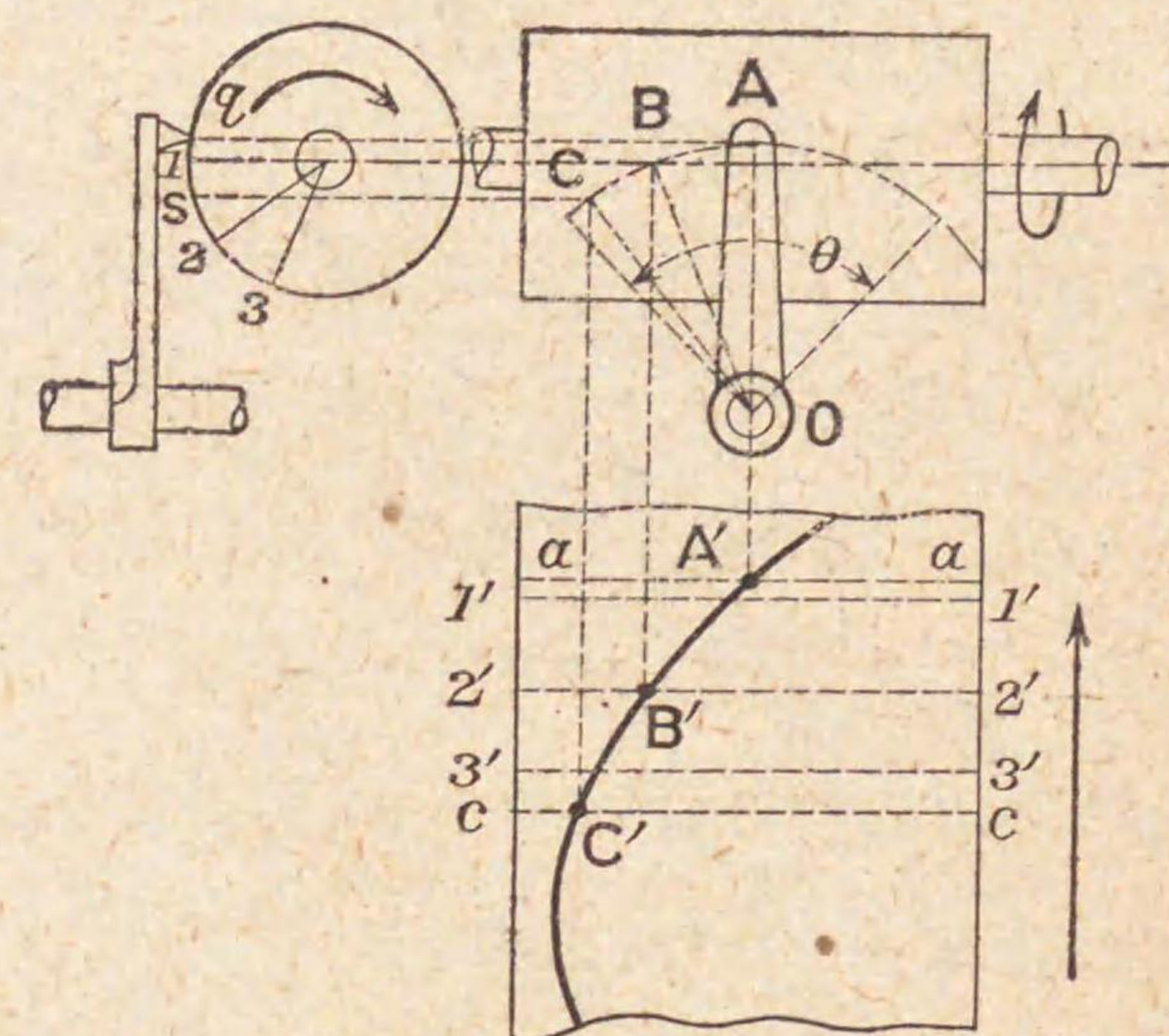
第 211 圖



103 從動節に往復角運動を興ふる圓溝カム 第 212 圖は圓溝カムが回轉すると從動節が O を中心として  $\theta$  の角度の内で往復角運動をする装置である。此種の機構は工作機械の送り装置としてよく應用せられて居る。カムの 1, 2, 3 と從動節の A, B, C が相應位置とする。圓溝を

平面に引延ばした圖の上でカム溝の形を見出すには 1'2' 及び 2'3' の距離をそれぞれ圓弧 12 及び 23 にとる。從動節が A の位置にあるとき、轉子の中心は 1 の線よりも圓弧 1q だけ回轉の方向に進んで居るから 1'a を圓弧 1q に等しく 1' より上方にとり aa 線を引

第 212 圖

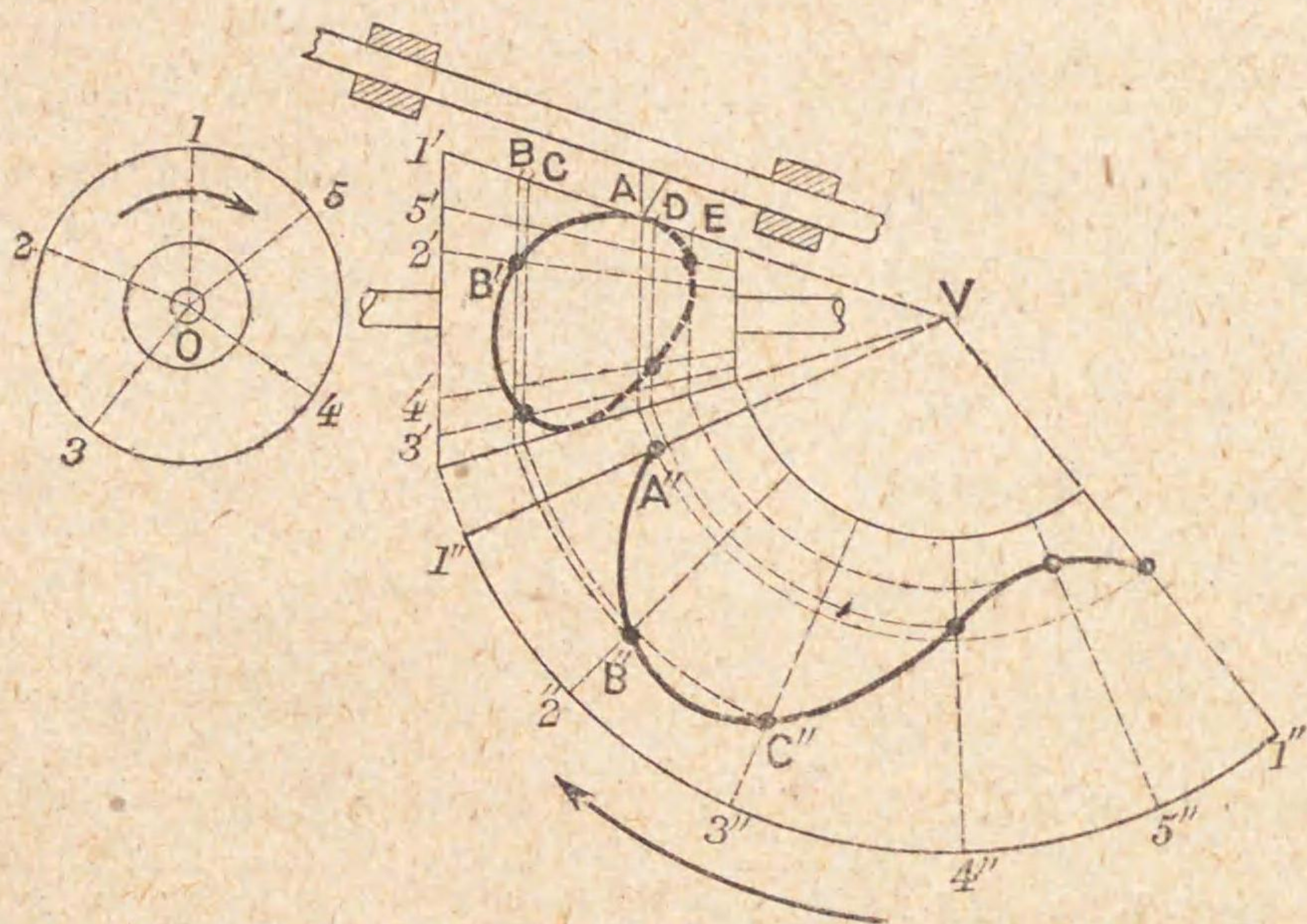


き A を通る垂直線との交點 A' を求めると A' は溝上の一點になる。從動節が B へ來たとき轉子の中心は 1 の線上にあるから 2'2' の線と B を通る垂直線との交點 B' が溝上の點になる。從動節が C の位置に來たときは轉子の中心は 1 の線よりも圓弧 1s だけ回轉の方向に遅れて居るから 3'e を圓弧 1s に等しく 3' より下方に取り ee を引き、C 點を通る垂直線との交點 C' を求むれば C' は又溝上の一點になる。斯くの如き方法で發見した A', B', C' ……の點を連結し之を圓溝上に卷付けるとカム溝の中心線が出来る。

104 圓錐カム 從動節の運動がカム軸に傾斜した直線上で起るときは圓錐カムを使ふと都合がよい。第 213 圖でカムが矢の方向に廻るものとし、カムが現在の位置にあるとき從動節の轉子の中心が A にあり、カムが角 102 だけ廻ると轉子の中心が B に來り以下順次にカムの 3, 4, 5, の位置が轉子の C, D, E の位置に相當するものとすれば A 點は勿論カム溝上の一點となる。又 2'V と B 點を通る垂直線との交點 B' も溝上の一



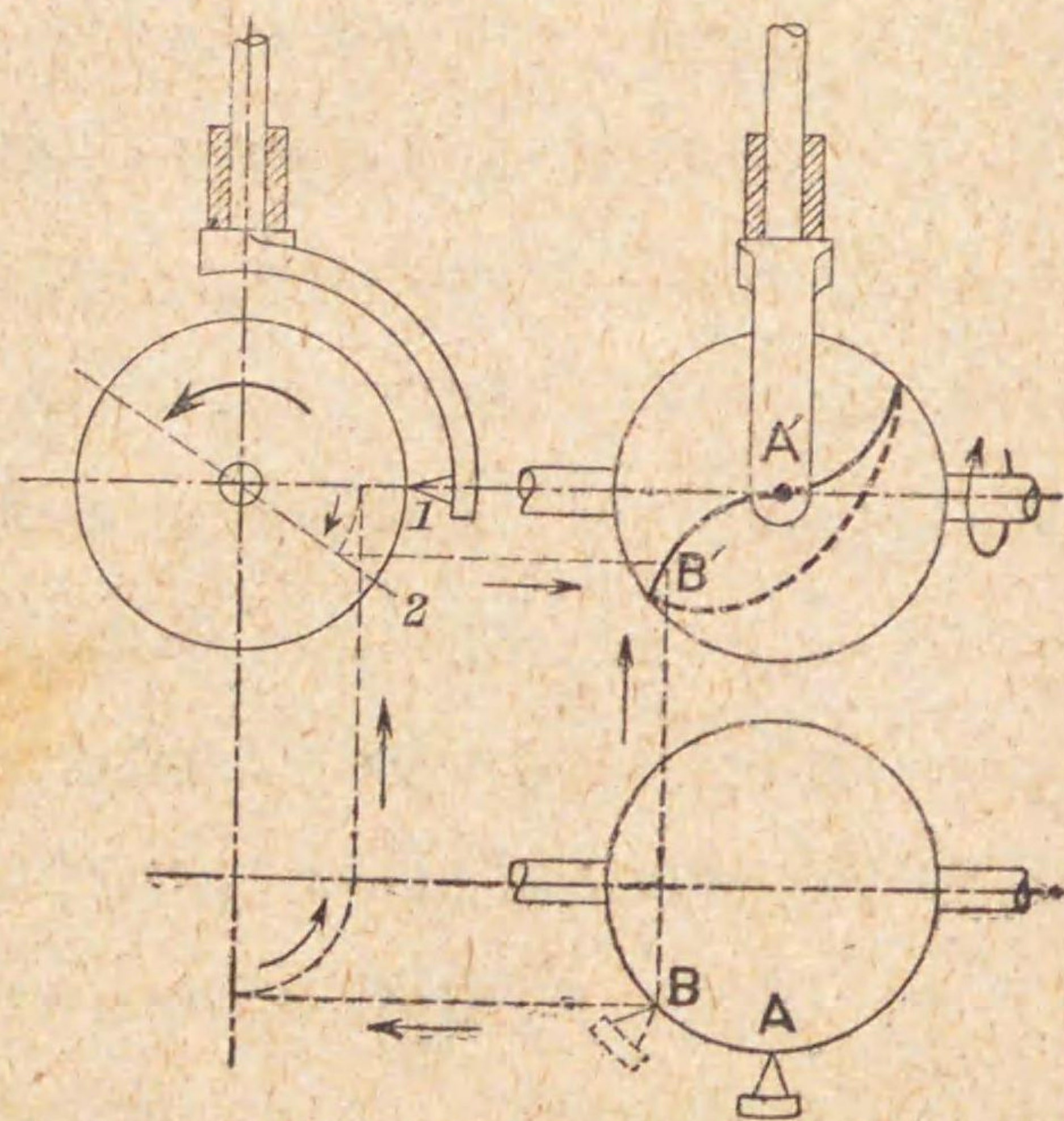
第 213 圖



になる。同様の方法を繰返せば溝の中心線を引く事が出来る。或は又圓錐を平面に引延ばし圓弧 1'2', 2'3', ……を順次に圓弧 12, 23, ……に等しくし 1'A'', 2'B'', 3'C'' ……を順次に 1'A, 1'B, 1'C ……に等しくとり A'', B'', C'' ……を連結し之を再び圓錐に巻付けても溝の中心線を畫くことが出来る。

**105 球形カム** 球形カムではカム軸と從動節の軸との交點が球形の中心になる。球面に穿つた溝の内へ從動節の轉子が嵌つて居るとカムの回轉につれて從動節は往復角運動をする。第 214 圖でカムの断面

第 214 圖

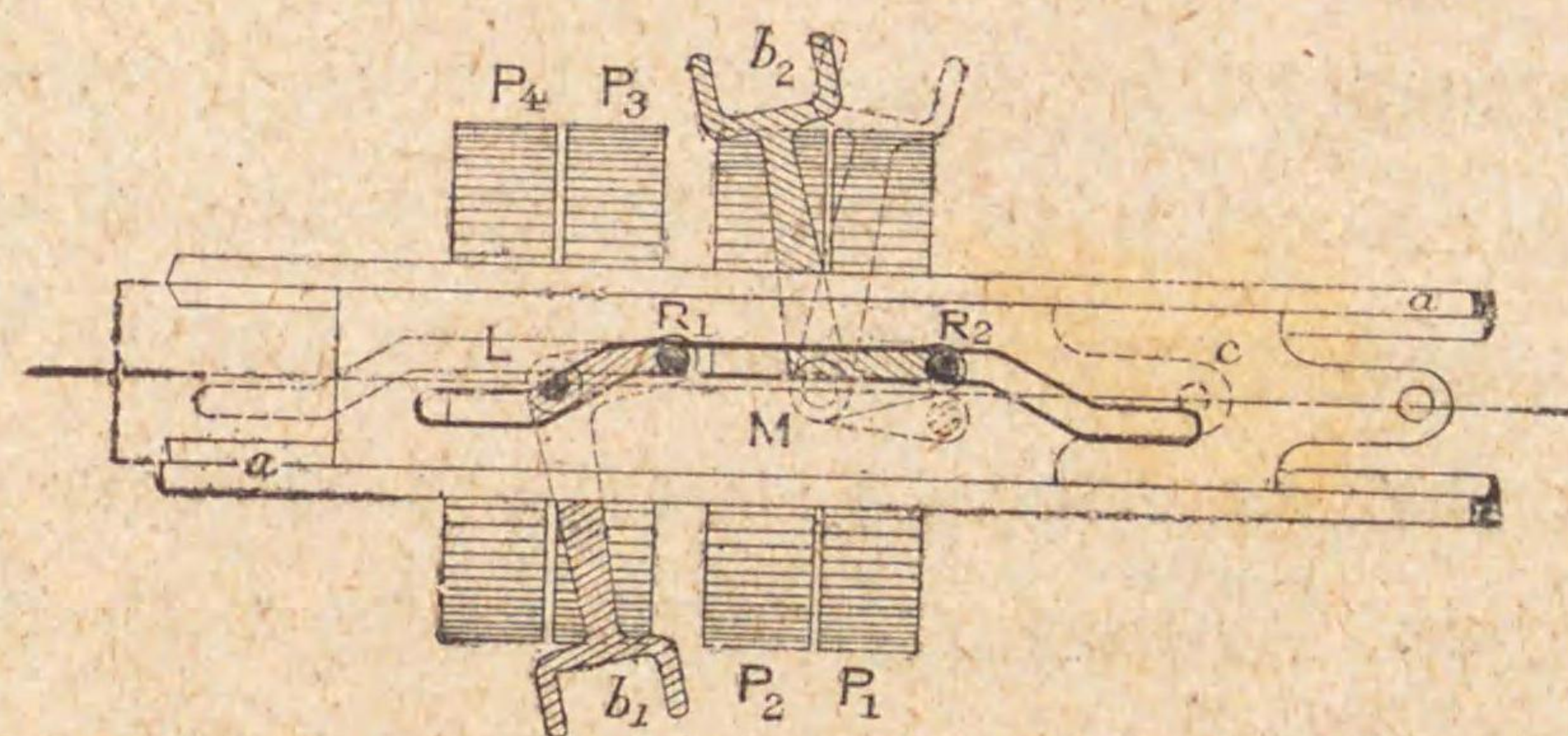


1 が (點 1 とカム軸を含む断面のこと) 水平位置にあるとき轉子の中心が A に在り、2 の断面が水平位置へ來たとき轉子の中心が B へ來るとすると、2 の断面に相當する圓周と B 點を通る垂直線との交點 B' がカム溝上の一點になる。斯くの如き方法を繰返して見出した A', B', ……の點を結んだ球面曲線がカム溝の中心線になる。

**106 斜面カム** 斜面カム (第 191 圖ホ) ではカム軸に並行な直線上で從動節が往復運動をなし實質に於て圓嚙カムと同一である。即圓嚙カムを軸に斜な平面で切ると斜面カムが出来る。故に從動節の尖端は斜面カムの表面に橢圓を畫き其橢圓をカム軸に垂直な平面上に投影すると圓形になる。カムが等速で回轉すると從動節の先端が尖つて居るときは之に單一弦運動を與へるが轉子が付いて居ると單一弦運動に近い運動を與へる。

**107 直線運動カム** 第 191 圖の (へ) に示した直線運動カムの形を見出すのは容易であるから其説明は省くこととし之を平削り盤 (planing machine) に應用した例を述べやう。平削り盤で品物を平に削り出すには水平面上で直線往復運動をする平盤に品物を取付け双物を少し宛横に送るのである。そして其平盤に直線往復運動を與へる爲めに動力軸には往復回轉運動をするやうにしてある。第 215 圖は其装置を示すもので P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> は

第 215 圖

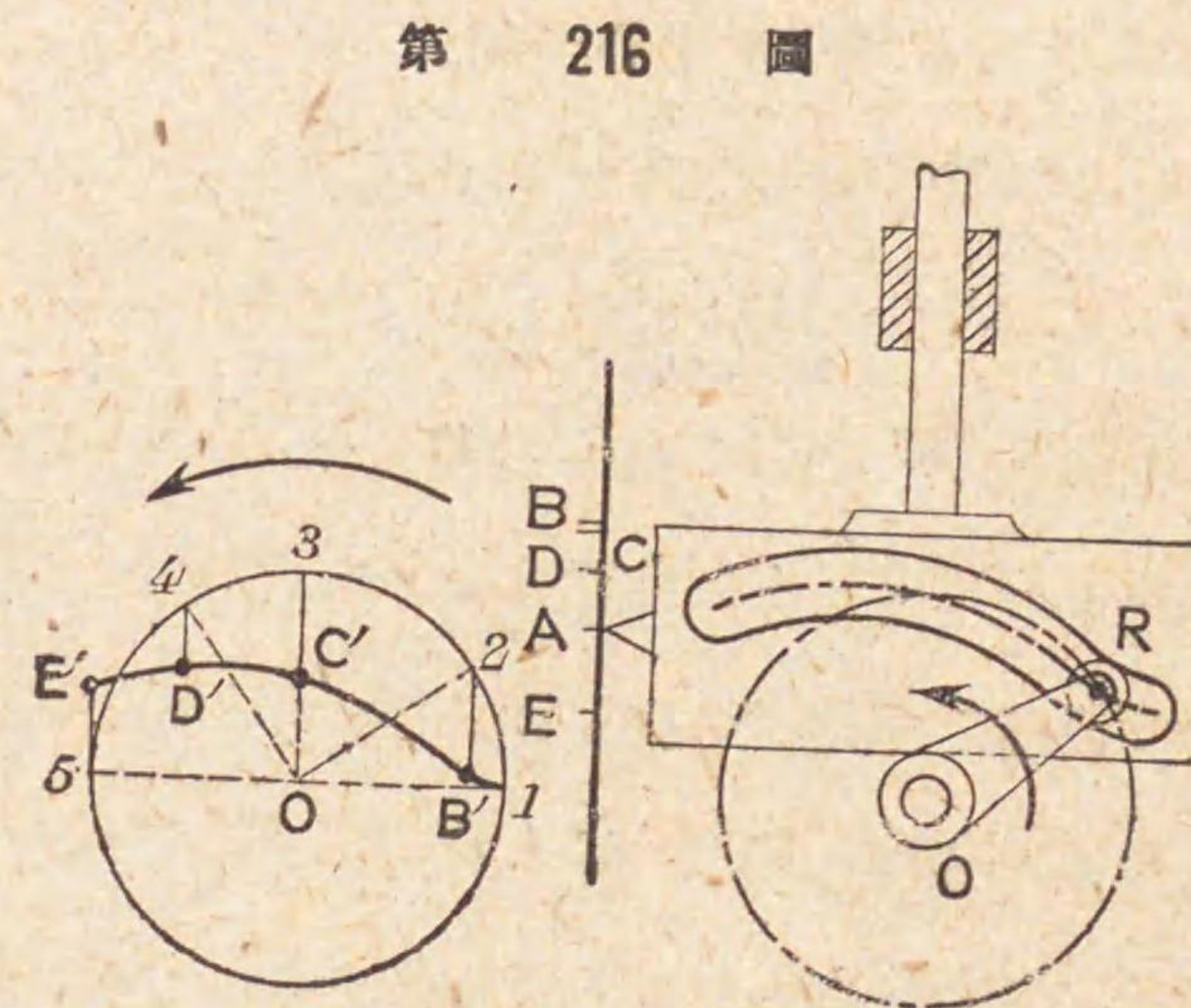




動力軸につけてある調車である。其内  $P_1$  と  $P_4$  は軸に固定してあるが  $P_2$  と  $P_3$  は軸上で自由に滑り  $P_2, P_3$  が回轉しても軸は回轉しない。調車が  $P_1$  に掛かると動力軸を一方に廻して平盤に往行運動を與へ、調車が  $P_4$  に掛かると動力軸が反対方向に回轉して平板は復行運動をする。  $P_2, P_3$  に掛かつて居るときは平盤は静止して居る。調車は二本あつて内一本は  $P_1, P_2$  に袈裟掛け (open belt) になり他の一本は  $P_3, P_4$  に襷掛け (crossed belt) になつて居る。そして調車を  $P_1, P_2$  の間に掛替へ又は  $P_3, P_4$  の間に掛替へるには腕  $b_2, b_1$  が調車を左右に押寄せるのである。腕  $b_2, b_1$  は其固定軸  $M, L$  の所で鍵の手に曲げてあつて他端にはピン  $R_2, R_1$  がつけてある。  $c$  は直線運動カムで之が機洞  $a$  の内で直線運動をすると  $c$  に穿つてある屈曲した溝の内に  $R_2, R_1$  が嵌めてあるから  $b_2, b_1$  の頭が左右に揺れて調車を左右に推寄せる。カム  $c$  が點線で示した左端の位置へ來ると  $b_1$  は  $P_3$  の見當にあるが  $b_2$  は  $R_2$  が下へ押下げられる結果  $P_1$  の見當へ來るから平盤は往行運動をする。  $c$  が實線で示してある位置に在るときは  $b_1$  は  $P_3$  の見當に、  $b_2$  は  $P_2$  の見當に來るから動力軸は回轉を止め平盤も静止する。  $c$  が更に右方へ押されると  $b_2$  は  $P_2$  の見當に止まるが  $R_1$  が下へ押下げられる結果  $b_1$  が  $P_4$  の見當へ來り動力軸は前と反対方向に廻り平盤は復行運動をする。  $c$  の往復運動は平盤の往復運動から取つて居る。

**108 直線運動をする逆さカム** 第91章で述べた如く逆さカムは常に從動節であつて其主動節は端にピン又は轉子をつけて居る回轉腕である。第216圖は直線運動をする逆さカムで次に述べる方法で溝の形を見出すことが出来る。カムの表面上  $A$  に印し點を打つと其點は直線  $BE$  上に移動する。  $BE$  に直角に直線  $15$  を引き  $OR$  を半徑とする圓弧  $12345$  を引くと圓弧は轉子  $R$  の中心の通路になる。今轉子が  $1$  に在るときカムに

打つた印し點が  $A$  に在り、轉子が  $2$  へ來たとき印し點が  $B$  に來り、以下  $3, 4, 5$  と  $C, D, E$  とがそれぞれ相應點とする。然るときは點  $1$  は勿論カム溝上の一點になる。又  $2$  に垂直線を立て  $2B'$  を

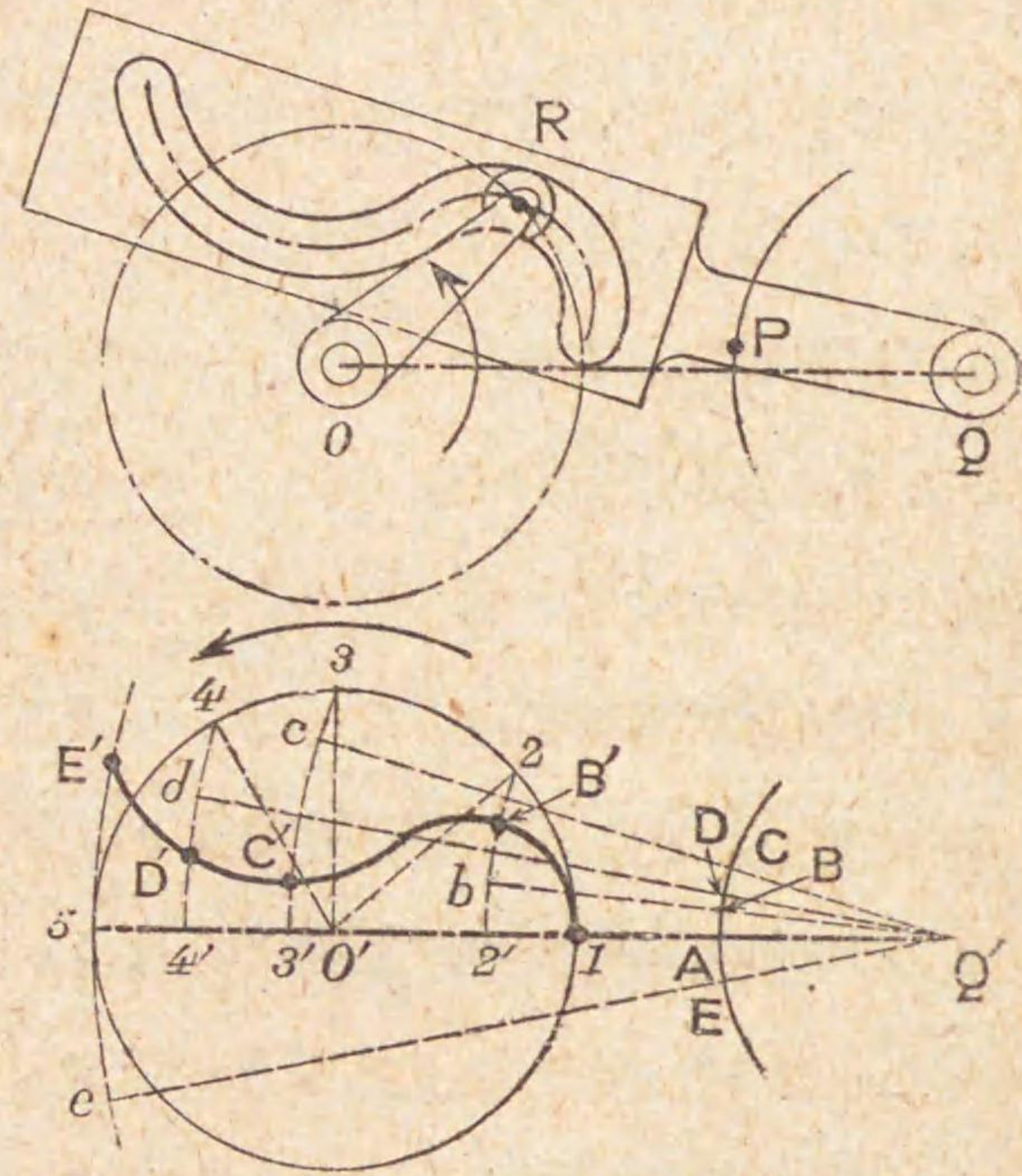


$AB$  に等しくとる ( $B$  點が  $A$  點よりも上に在るときは  $B'$  點は  $2$  より下に向つて取る)。然るときは點  $B'$  はカム溝上の一點になる。何となれば溝上の一點  $B'$  が轉子の位置  $2$  と一致する爲めにはカムが  $2B'$  即ち  $AB$  だけ上らねばならぬからである。同様に  $3C', 4D', 5E'$  を  $AC, AD, AE$  の長さに等しくとる。但し  $E$  點は  $A$  點よりも下に在るから  $E'$  點は點  $5$  よりも上方に向つて取らねばならぬ。斯くて發見した  $1B'C'D'E'$  を連結すると之がカム溝の中心線となる。故に逆さカムは此線を中心とし轉子の直徑を幅とする溝を穿てばよい。斯くの如くカム溝の形は主動節の半回轉間で定まるから残りの半回轉中で起る復行運動も從つて決定し其間で隨意な運動をさせることは出来ぬ。但し第202圖に示した如くカム溝を輪狀にすればカムの復行にも隨意の運動を與へることが出来る。

**109 往復角運動をする逆さカム** 第217圖は逆さカムが往復角運動をする装置である。カム溝の中心線は次の方法で見出すことが出来る。轉子  $R$  の中心が中心連結線  $OQ$  上に來たときに印し點  $P$  をカムの腕の表面で中心連結線上に打つ。  $PQ$  の半徑は任意でよい。主動節が回轉すると印し點  $P$  は  $Q$  を中心とする圓弧上に移動する。今  $OQ$  に等しく直線



$O'Q'$  を引き  $O'$  を中心とし  
 $OR$  の半径で圓弧  $12345$  を引  
 く。又  $AQ'$  を  $PQ$  に等しく  
 とり圓弧  $EC$  を引くと印し點  
 $P$  は圓弧  $EC$  上に移動すべ  
 きである。今轉子の中心が  $1$   
 に在るとき印し點  $P$  が  $A$  に  
 在り、轉子が  $2$  へ來ると  $P$  が  
 $B$  に來り、以下  $3, 4, 5$  と  
 $C, D, E$  とが相應位置とする  
 と點  $1$  は云ふ迄もなくカム溝  
 上の一點になる。 $Q'$  を中心  
 とし圓弧  $22'$  を引き、 $Q'B$  を  $b$  迄延長し、圓弧  $2b$  に等しく圓弧  $2B'$   
 をとる ( $B$  點が  $A$  點よりも上に在るときは  $B'$  點は  $2$  より下に向つて  
 取る) 然るときは點  $B'$  は又カム溝上の一點になる。何となれば溝上の一  
 點  $B'$  が轉子の位置  $2$  と一致する爲めにはカムは角  $2Q'B'$  又は角  $bQ'2$   
 即ち角度  $BQ'A$  だけ  $A$  から  $B$  の方向に廻らねばならぬからである。同  
 様に  $Q'$  を中心として圓弧  $33', 44'$ 、及び  $e5E'$  を引き、 $Q'$  と  $C, D, E$   
 點とを結びて之を延長し  $e, d, e$  點を見出し、圓弧  $3C', 4D', 5E'$  を圓弧  
 $3'e, 4'd, 5'e$  に等しくとる。但し  $E$  は  $A$  よりも下にあるから  $E'$  は  $5$  よ  
 りも上に向つてとらねばならぬ。斯くて發見した點  $1B'C'D'E'$  を連結する  
 と之がカム溝の中心線になる。此場合にも溝の形は主動節の半回轉で定ま  
 ってしまうが第 202 圖の如くカムに輪狀溝を穿てばカムの復行も隨意な運  
 動にすることが出来る。



## 第六編

### 卷掛け媒介節

**110 卷掛け媒介節の種類** 卷掛け媒介節は第 8 章で述べた如く總  
 て屈撓質のもので之を大別すると (甲) 調帶 (belt), (乙) 調繩 (rope), (丙)  
 調鎖 (chain) の三種になる。調帶は調革の如く其断面が扁平なもので之と  
 對偶を爲す相手の機素の表面も従つて殆ど凹凸のない圓壩形である。調繩  
 は断面が圓形で多くは普通の繩の如く縊り合せたものであるが獸皮を紐狀  
 に丸めたに過ぎないものもある。調繩の相手の機素の表面は之に適合する  
 やうに溝が穿つてある場合が多い。調鎖は節の一片づゝは少しも屈撓性を  
 持つて居らぬが長い鎖は全體として屈撓性を持つて居るから卷掛け媒介節  
 として使ふことが出来る。調鎖も相手の機素の表面に之と適合する溝を穿  
 つのが普通である。

第 14 圖及び第 15 圖で主動節  $A$  と從動節  $B$  との間に連続的に運動を傳  
 へる爲めには卷掛け媒介節は第 218 圖に示すが如く必ず環狀たるを要し端  
 があつてはいけない。斯くの如き環狀の卷掛け媒介節と對偶をする  $A, B$   
 の機素を調車 (pulley) と名づける。

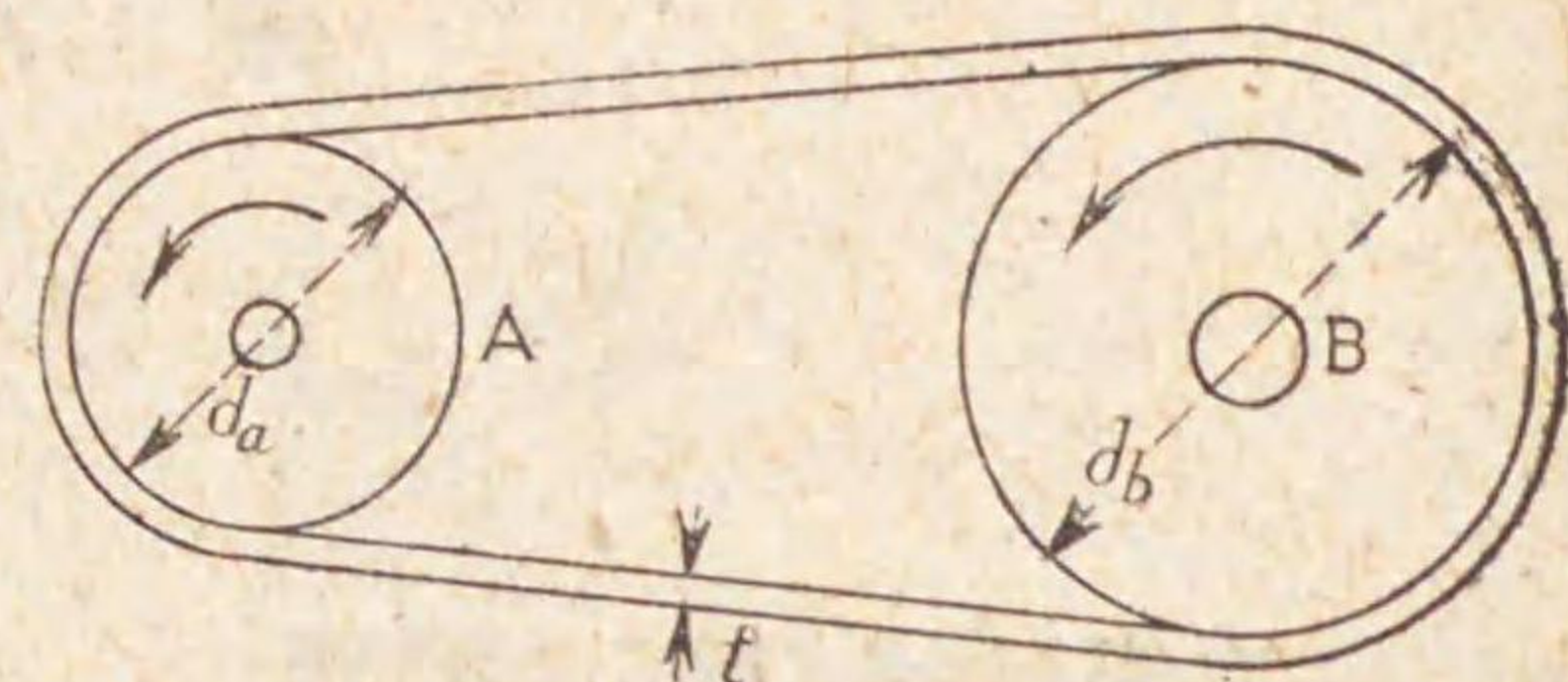
#### (I) 調 帶

**111 回轉速度比** 第 8 章で述べた如く卷掛け媒介節による傳動裝  
 置では主動節と從動節との回轉速度比は兩固定軸から媒介節の直線部に下  
 した垂直線の長さに逆比例するものであるから主動節と從動節の形が軸を  
 中心とする圓壩形であると兩節の回轉速度比は一定不變となり調車の半径



又は直徑の長さに逆比例すること  
 になる。但し之は調帶の厚さが零  
 であると認めた場合のことである  
 が若し調帶に厚さがあるものとす  
 ると關係が少し變つて來る。調車

第 218 圖



に接觸して居る部分では調帶が彎曲する結果として内面は縮み外面は伸び  
 るものであるが厚さの中央の層では伸縮しない。故に中央の層の速度は調  
 帶の直線部の速度  $V$  に等しくなるべきである。されば  $n_a, n_b$  を A 車,  
 B 車の一分間の回轉數とし、 $d_a, d_b$  を其直徑とし、 $t$  を調帶の厚さとする  
 と

$$V = n_a \pi (d_a + t) = n_b \pi (d_b + t)$$

となるから

$$\frac{n_a}{n_b} = \frac{d_b + t}{d_a + t} \dots \dots \dots (1)$$

となる。 $t$  は  $d_a$  や  $d_b$  に比べると常に非常に小さいから零であると見做  
 すと

$$\frac{n_a}{n_b} = \frac{d_b}{d_a} \dots \dots \dots (2)$$

となり、第 8 章で述べたことと一致する。調帶は他の卷掛け媒介節と同  
 様に調車の上で多少は滑るものであるから嚴密に上記の方程式で示す通り  
 の回轉速度比で運動を傳へることは出來ぬ。多くの場合では從動車の回轉  
 速度は上記の方程式が示すよりも 2% 位遅れるものである。

(例題) 主動車の直徑 700 mm, 一分間の回轉數 120, 調帶の厚さ 5 mm,  
 なるとき直徑 350 mm なる從動車の一分間の回轉數如何。

B を主動車とし調帶の厚さを零と見做し滑りがなきものとするれば從動車  
 A の一分間の回轉數  $n_a$  は

$$n_a = \frac{d_b}{d_a} \times n_b = \frac{700}{350} \times 120 = 240$$

となる。若し滑りはなきものとし調帶の厚さのみを計算に入れると

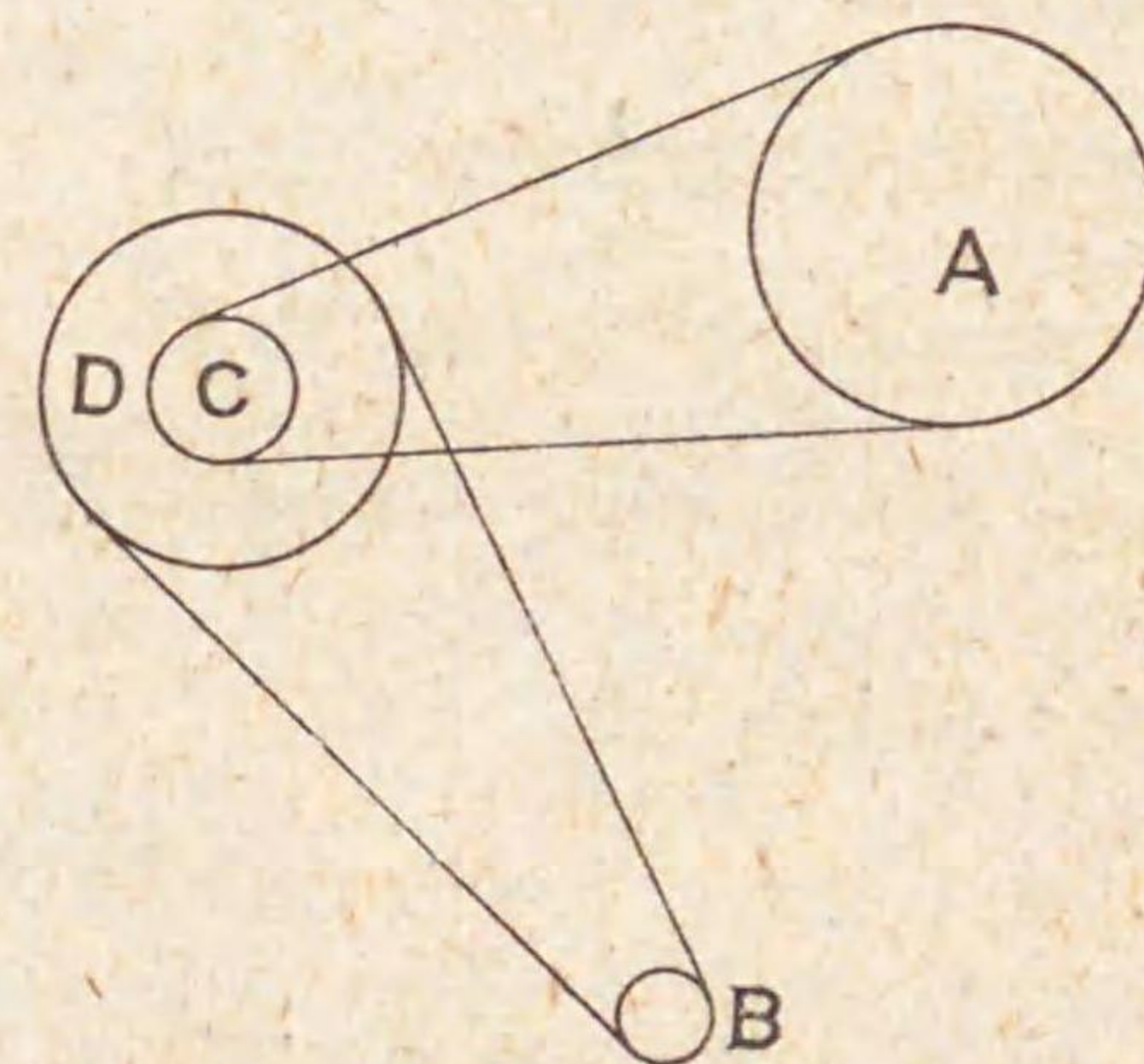
$$n_a = \frac{d_b + t}{d_a + t} \times n_b = \frac{700 + 5}{350 + 5} \times 120 = 238.3$$

となる。若し又厚さを計算に入れ滑りを 2% とすると

$$n_a = \frac{d_b + t}{d_a + t} \times n_b \times \frac{100 - 2}{100} = 238.3 \times 0.98 = 233.5$$

一對の調車で傳動する回轉速度の比は 6 と 1 との比より大きいことは殆ん  
 どない此の比が餘り大いと一方の調車の直徑が相手の調車の直徑に比べて  
 いかにも大きくなり釣合が悪くなるか

第 219 圖



らである (又此の比が大いときは小い  
 方の調車と調帶とが接觸する圓弧の軸  
 心に於て圍む角度が餘り小さくなつて  
 後に第 117 章で述べる有効回轉力の少  
 くなるのも都合の悪い點である) 斯か  
 る場合には齒車列を用いたのと同じ主

意で調車列を用ふる。例へば一分間に 150 回轉する主動軸 A で從動軸 B  
 に一分間 1800 回轉を與へんとするときは回轉速度比が  $1800 : 150 = 12 :$   
 $1$  となるから第 219 圖に示す如く A より B に達する間に中介軸 (counter  
 shaft) を設け、之に調車 C, D を取付け A と C, D と B とを組合せ A,  
 C, D, B の直徑をそれぞれ 900, 300, 800, 200 mm とすると

$$\frac{\omega_c}{\omega_a} = \frac{900}{300} = \frac{3}{1}$$

$$\frac{\omega_b}{\omega_d} = \frac{800}{200} = \frac{4}{1}$$

となり何れも 6 と 1 との割合よりは小さくなる。そして

$$\frac{\omega_b}{\omega_a} = \frac{\omega_b}{\omega_c} \times \frac{\omega_c}{\omega_a} = \frac{\omega_b}{\omega_d} \times \frac{\omega_d}{\omega_c} = \frac{4}{1} \times \frac{3}{1} = \frac{12}{1}$$

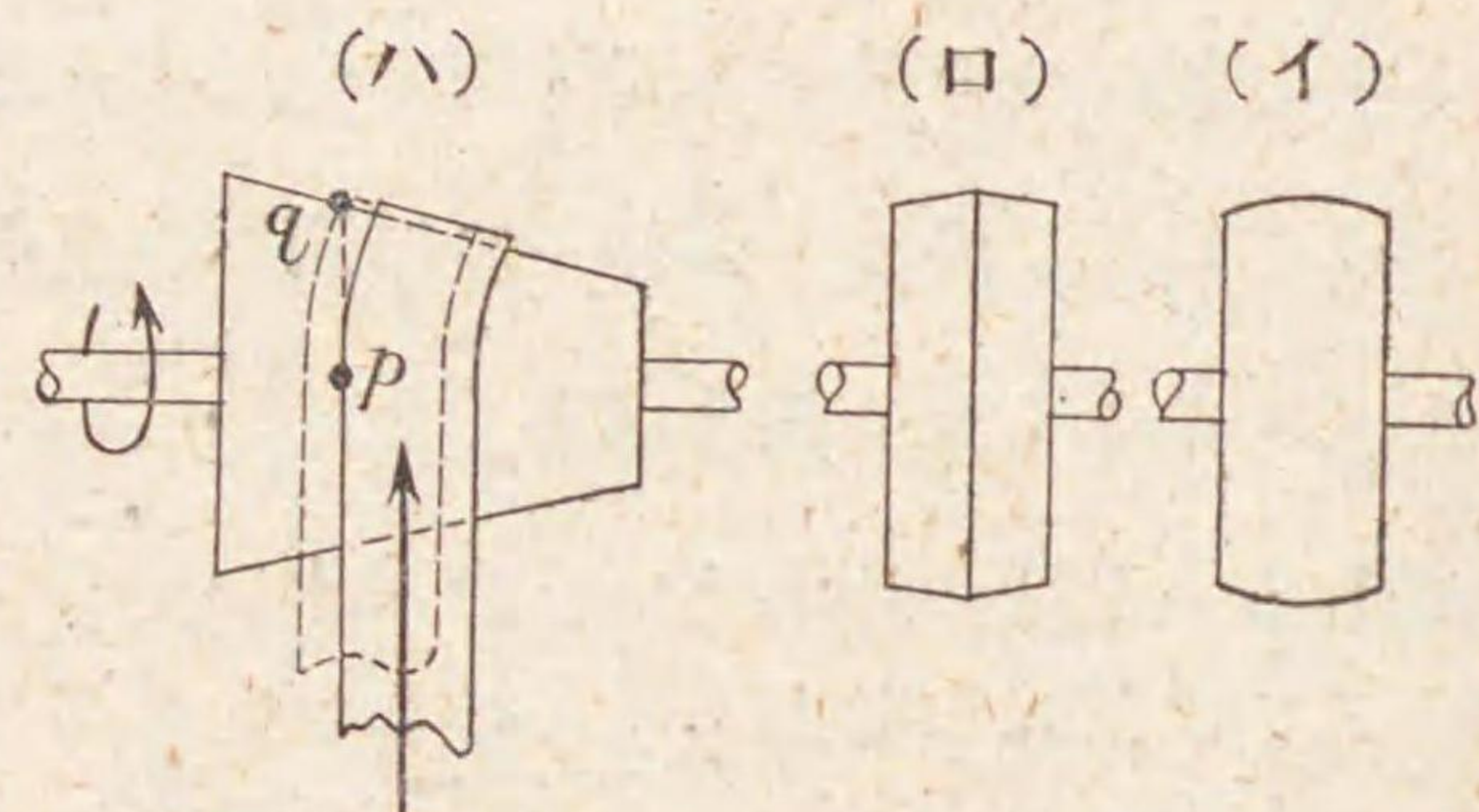


となるから A, B の間には目的通りの運動を傳へることが出来る。

**112 調車の形** 調帯が運轉中に調車から外れぬやうにするため車の周囲は第 220 圖 (イ) (ロ) に示すやうに中凸にしてある。中凸にすると外れぬ理由は (ハ) に示す如き圓錐形の車に調帯をかけて之を引張ると調帯が車の表面になじもうとする

第 220 圖

から斜かけになるが  $p$  點で車に接觸して居た調帯の局部は回轉が少し進むと調車に密着したままで  $q$  の位置へ來る此時調帯は矢張り調



車になじもうとして點線で示した位置をとる。此の如くして調帯は山の頂上へ頂上へと登るものであるから調車の形は (ロ) の如く二個の圓錐を尻合せにしたものとする調帯が外れない。(ロ) の形では圓錐形の合せ目に角が出来て調帯を傷める虞れがあるから (イ) 圖の如く丸くすることが多い。

中凸にする程度は調車の幅 100 mm につき 1 乃至 2 mm とする。車の幅は調帯の幅より 15 乃至 30 mm 位廣くする。

**113 調車の配置** 調帯が外れぬやうにするには調車の周囲を中凸にする上に調車の配置をも適當にしなければならぬ。其要點は一つの調車から調帯が離れやうとする點が次の調車の幅の中央を通る平面上に横はればよい。斯くすれば調帯は車幅の中央へ中央へと流れ込むから外れないのである。第 221 圖では A, B 兩車の向が直角に喰違つて居るが矢の方向に廻ると A 車を離れやうとする點  $p$  は次の車 B の幅の中央を通る平面上に横はり、又 B 車を離れんとする點  $q$  は次の車 A の車幅の中央の見當にあるから調帯は外づれる虞れがない。若し回轉方向が逆になると必要條

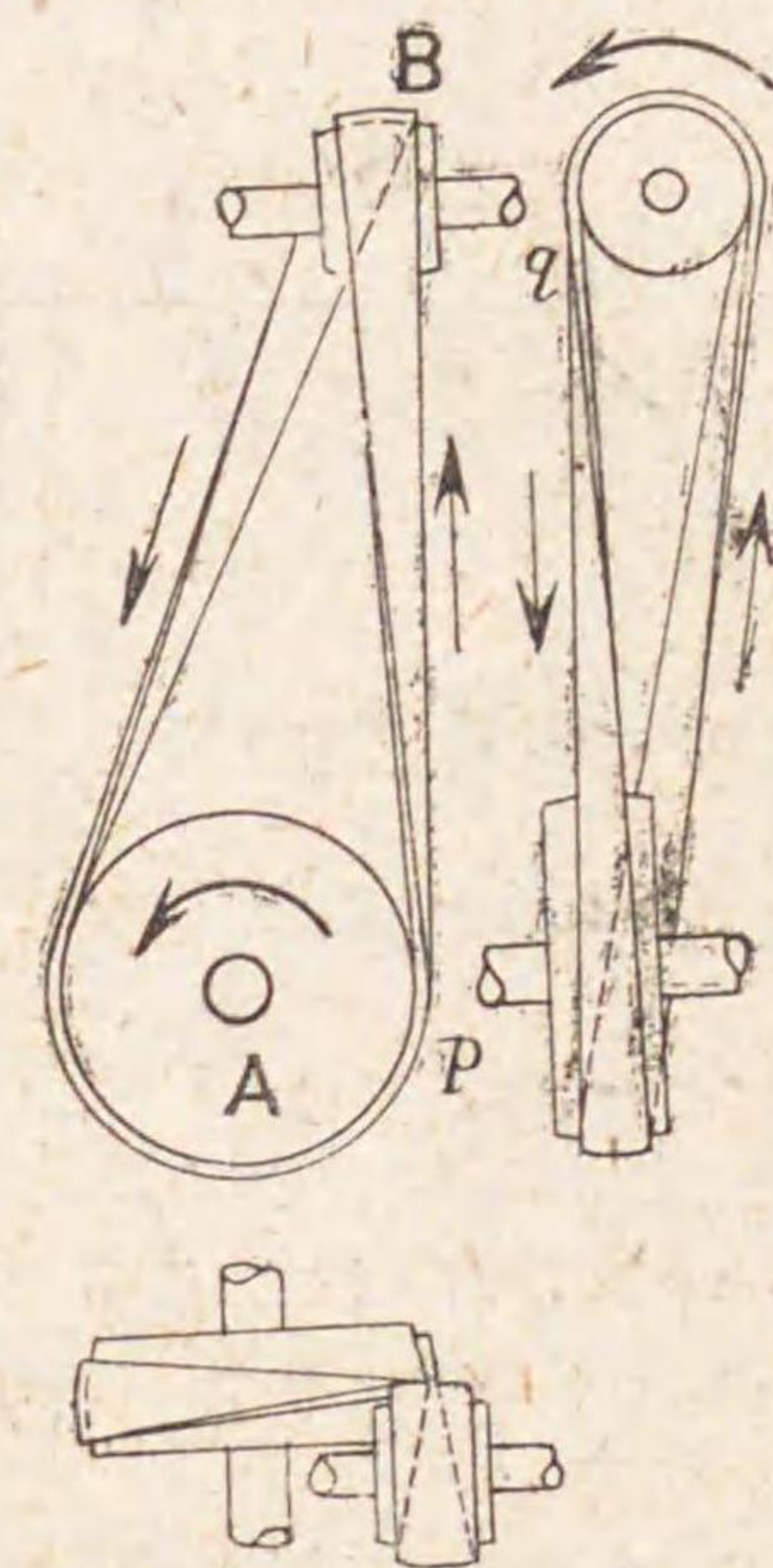
件を犯すやうになるから調帯は直ぐ外れる。

第 221 圖は 2 軸間の角が  $90^\circ$  の場合であるが同圖の平面圖に於て兩軸の幅の中央を通る二平面 (此面は紙面に垂直なり) の交叉線の回りに兩軸の位置を動かしても調車配置の必要條件は充たされるから調帯は外れない。

以上述べたことは一通りの理論であるが實際は次に述る如き幾分の修正を要する。調帯は調車を離れた所で點線に示した如く急に横へ曲げられ然かも其彎曲の外側は A 車でも B 車でも調帯の幅の同一邊縁で起るから其彎曲の外側に當る方の縁が餘計に延びる。故に第 221 圖の装置に使用した調帯を取外づして之を床上に平に延べ敷くときは調帯は必ず弓状に彎曲して居る。斯かる調帯を第 221 圖の装置に掛けて運轉すると調帯の短い方の邊縁 (即ち彎曲の内縁) が車幅の中央に來らんとするは當然であるから調帯は車幅の中央よりは横へずれる傾向を生ずる。之に應ずる爲め B 車は第 221 圖の上左圖に於て幾分右方へずらし (左縁が短い方の縁となるから) A 車は上右圖に於て幾分左方へずらせばよい。換言せば調帯が B 車を離れんとする所に働く遠心力の方向に向つて A 車をずらし、又 A 車を離れんとする所に働く遠心力の方向に B 車をずらせばよい。猶一層良い方法は車をずらす代りに車の幅を調帯の幅の 2 倍位にし、車の周囲は第 220 圖 (イ) の如く凸状にせず平にして置き、且つ調帯はなるべく厚みを増して幅を狭まくするのである。

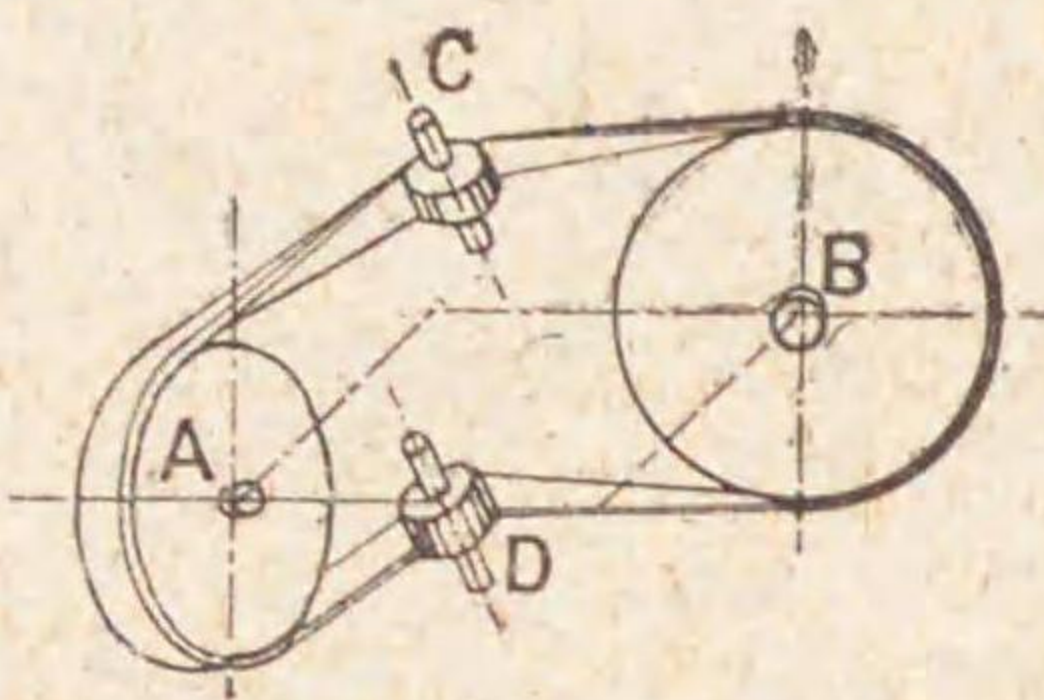
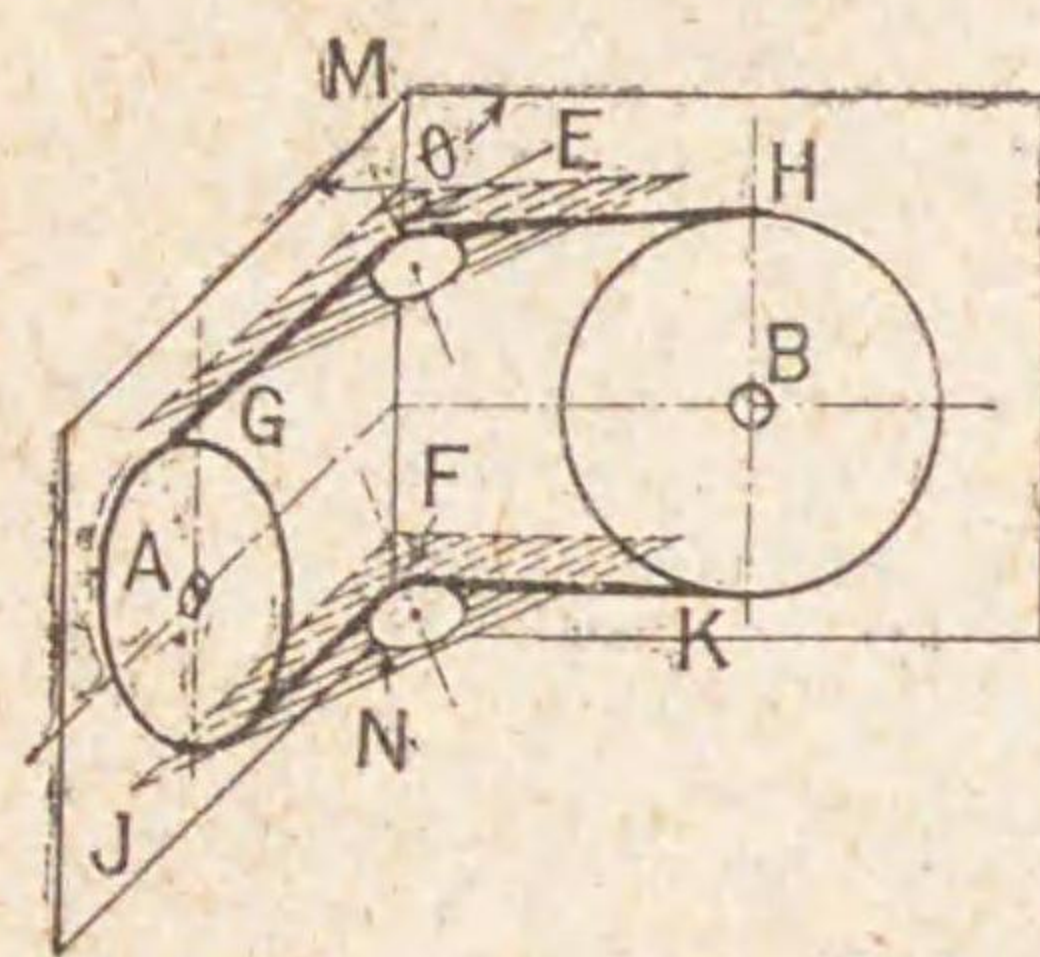
第 222 圖は A, B 兩車の間に案内車 (guide pulley) を入れたものである。案内車を使ふと調車の位置方向がどのやうであつても容易に前記要件を充

第 221 圖

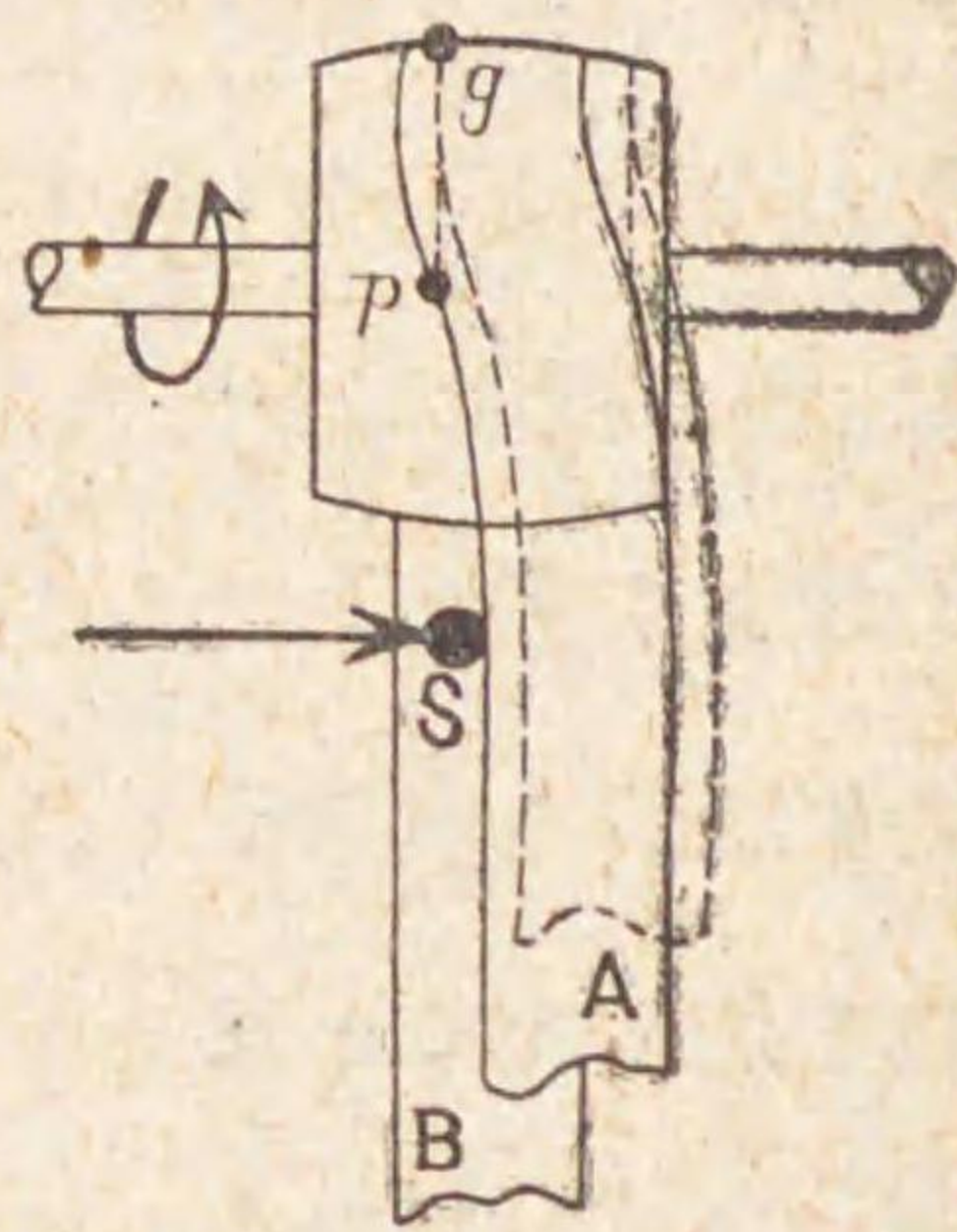




第 222 圖



第 223 圖

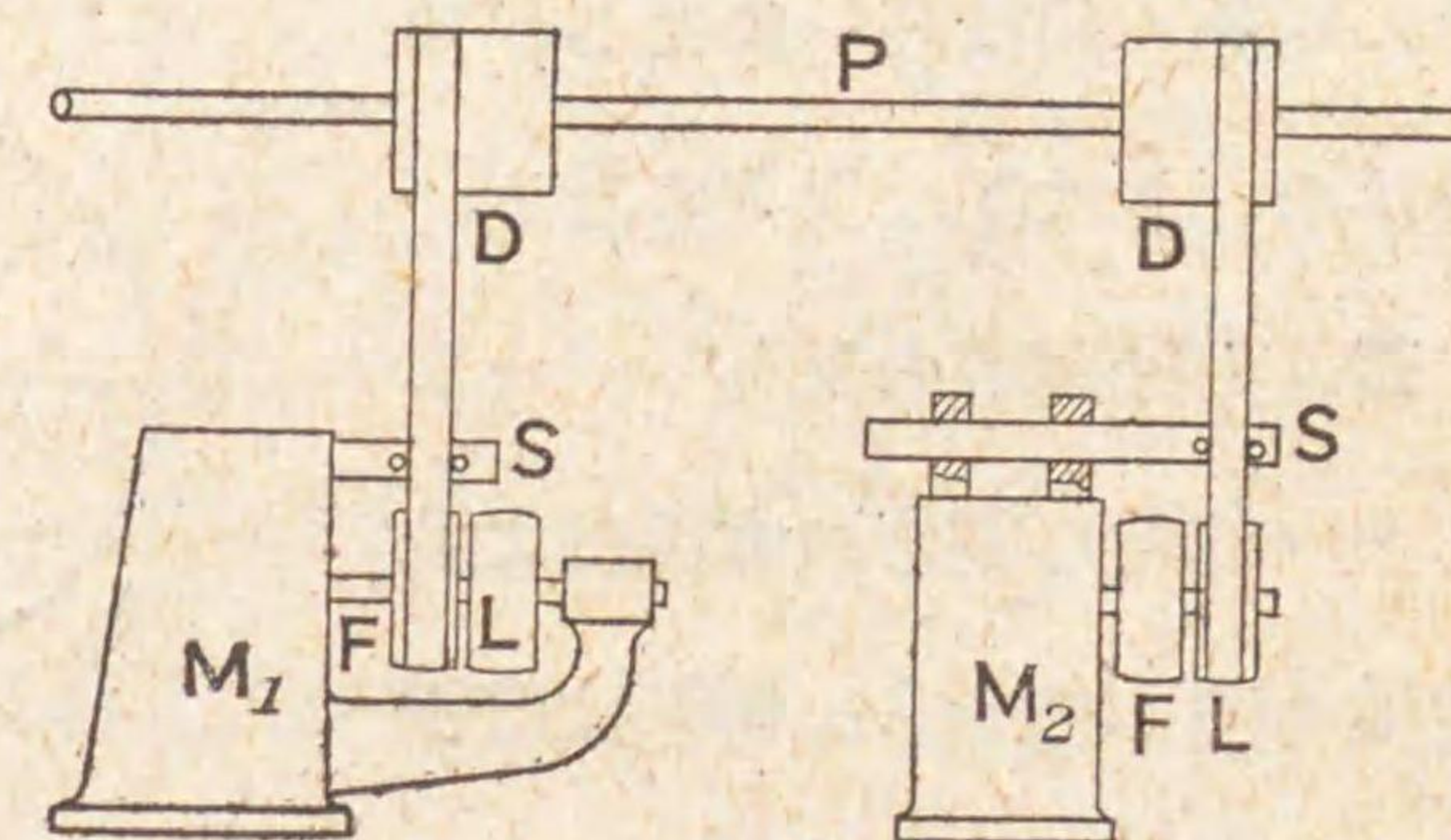


たすことが出来る。案内車の位置方向を見出すには A, B 兩車の幅の中央を通る平面を引き其交切線を MN とすると MN 中に任意の 2 點 E, F を選び E, F から A, B に接線 EG, EH, FJ, FK を引くと案内車 C, D は平面 GEH 及び JFK の上に横たふればよい。斯くすれば何れの方角に回轉しても調帯は外づれる虞がない。

場合によつては調帯を外づりたいことがある斯かるときは調車に巻掛からうとする調帯の部分即ち調帯の進入側 (advancing side of belt) を横に推せばよい第 223 圖で軸が矢の方向に廻ると A が進入側で B が退出側 (receding side) になるが A の部分を S を以て横に推すと調帯は圖に示す如く彎曲し p 點で車に接觸して居た調帯の局部は回轉が少し進むと調車に密着したまゝで q の位置へ来る。従つて調帯は點線で示した位置へ來り途には車から外づれるやうになる。之に反して退出側 B を横へ推しても回轉の進行と共に進入側からは絶間なく車幅の中央目掛けて調帯が進入して來るから調帯を外づす目的を達することは出来ぬ。此理由で調帯の掛換装置 (belt shifter) は常に進入側に設ける。

一本の動力軸に多くの調車をつけ之に依つて同時に多くの機械  $M_1, M_2,$

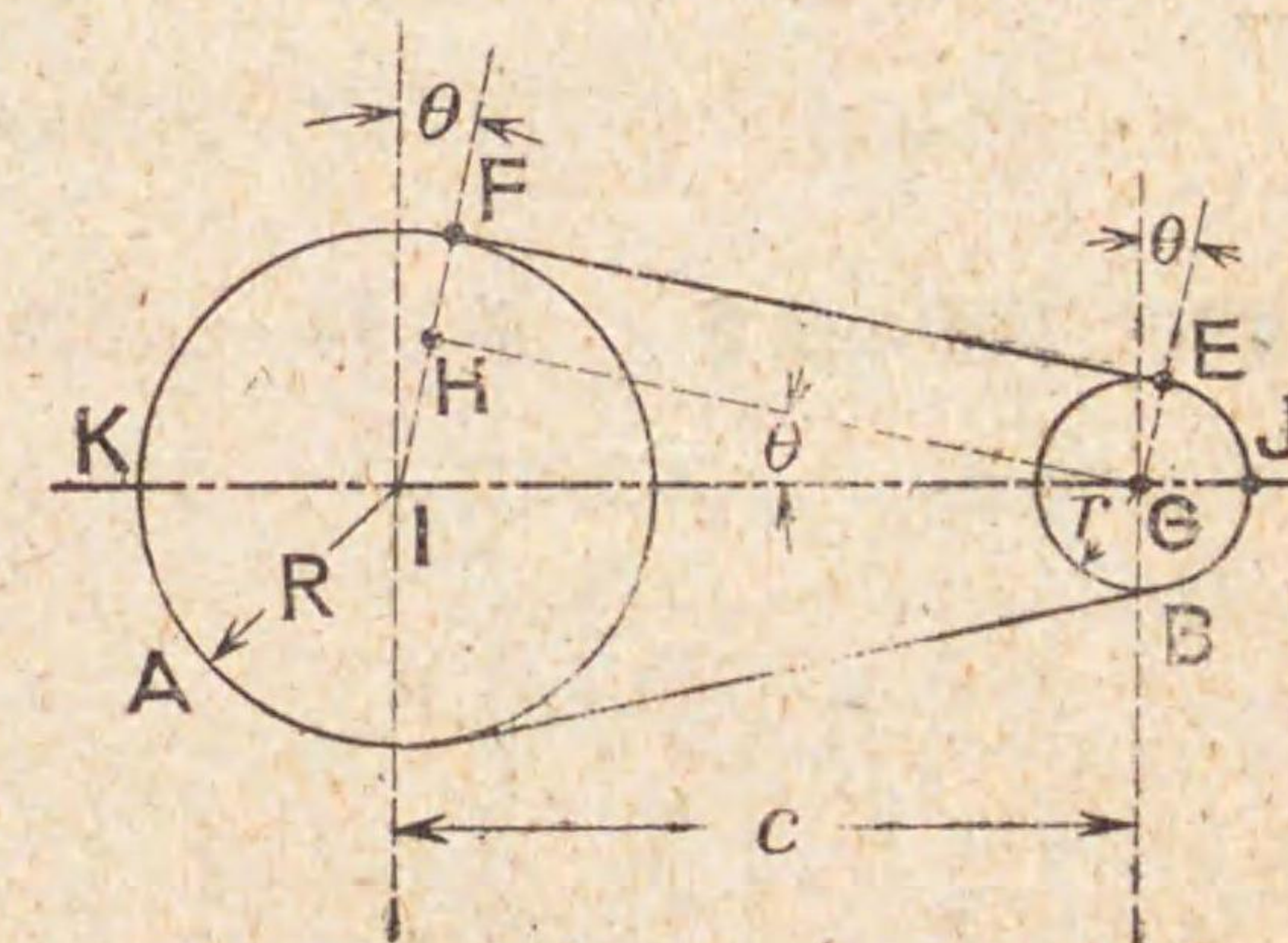
第 224 圖



……を運轉する場合に多くの機械の内一臺だけ運轉を止めたいとき動力軸の回轉を止めると他の多くの機械迄も空しく休ませなければならぬことになる。然るに第 224 圖に示せる如き擒縱車 (fast and

loose pulleys) の装置を使ふと他の機械の運轉を止めないで一臺の機械  $M_1$  だけを止めることが出来る。圖中 P は主動軸で多くの主動車 D は之と共に間斷なく回轉して居る。F と L とは機械一臺毎について居る所謂擒縱車と稱する調車で F は軸に固定してあるが L は軸上で自由に空轉する。今調帯が  $M_1$  に於けるが如く D と F とに掛つて居るときは動力が F の車軸に傳はつて機械が運轉するが調帯が  $M_2$  に於けるが如く D と L とに掛ると L 車が軸上に空轉して機械は止まる。故に D の車軸は間斷なく回轉して居ても調帯の位置を F と L との間に掛け換へるだけで機械を廻はすことも止めることも出来る。D 車の幅は F 車と L 車の幅の和に等しくし且つ D 車は中凸にしな

第 225 圖



い。S は掛換装置である。  
114 調帯の長さ A, B 兩車が同一平面上に横はるとき調帯の掛け方には二通りある第 225 圖に示すのは袈裟掛け調帯 (open belt) と稱し第 226 圖に示すのは巻掛け調帯 (crossed belt)



と名づける袈裟掛けのときは兩車  
の回轉方向は同一になるが禪  
掛けのときは互に反對になる。

袈裟掛け調帶の長さ 小車  
の中心から調帶の直線部に並  
行線 GH を引くと GH は直線  
部の長さと同じになる。c を兩

車軸間の距離とし R, r を兩車の半径とし  $\theta$  を調帶の直線部と中心連結  
線間の角度を弧度法で計つたものとすると

$$\overline{EF} = \overline{HG} = \sqrt{c^2 - \overline{IH}^2} = \sqrt{c^2 - (R-r)^2}$$

$$\widehat{KF} = \left(\frac{\pi}{2} + \theta\right) R$$

$$\widehat{EJ} = \left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) r$$

故に袈裟掛け調帶の全長  $l_0$  は

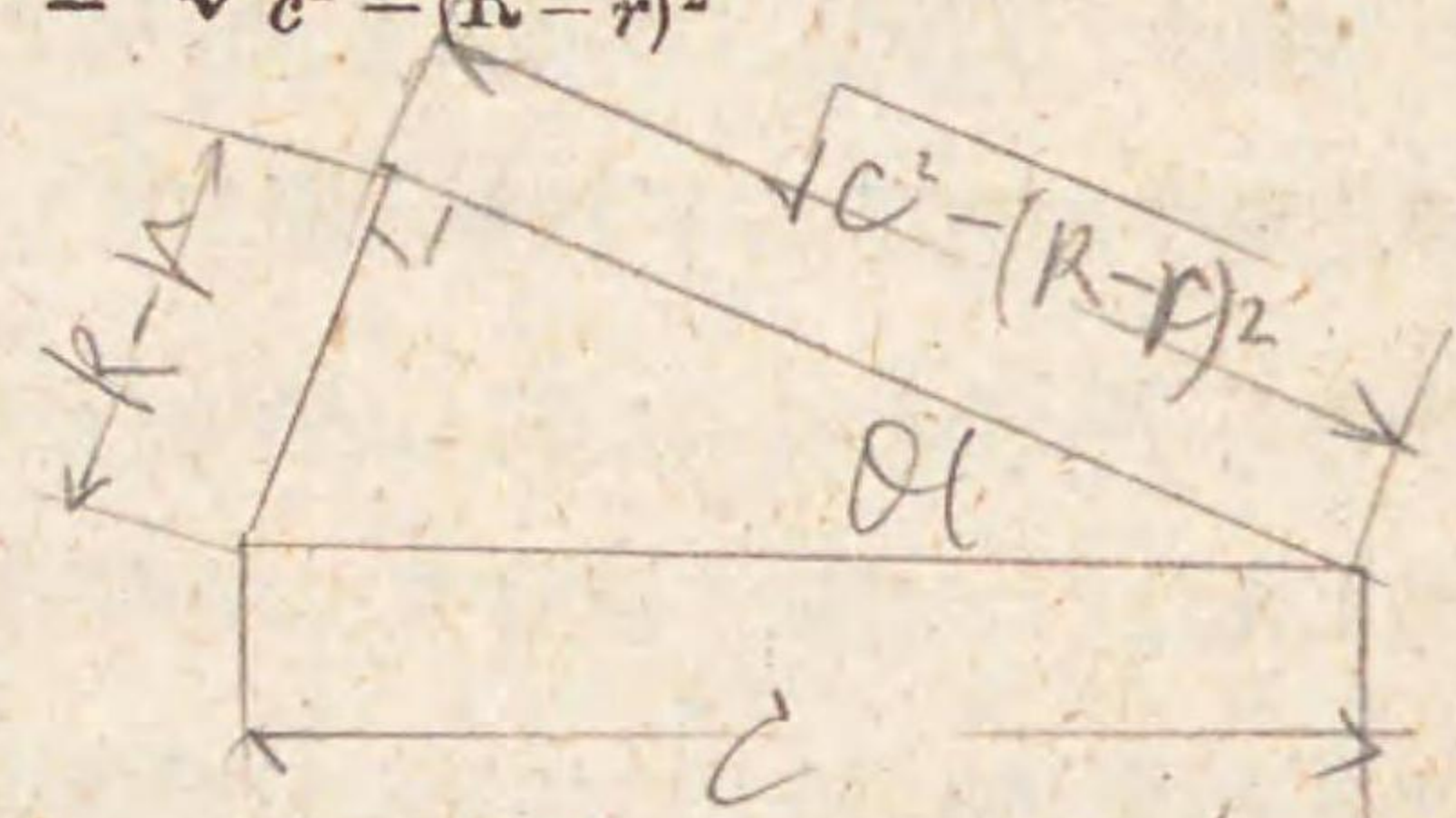
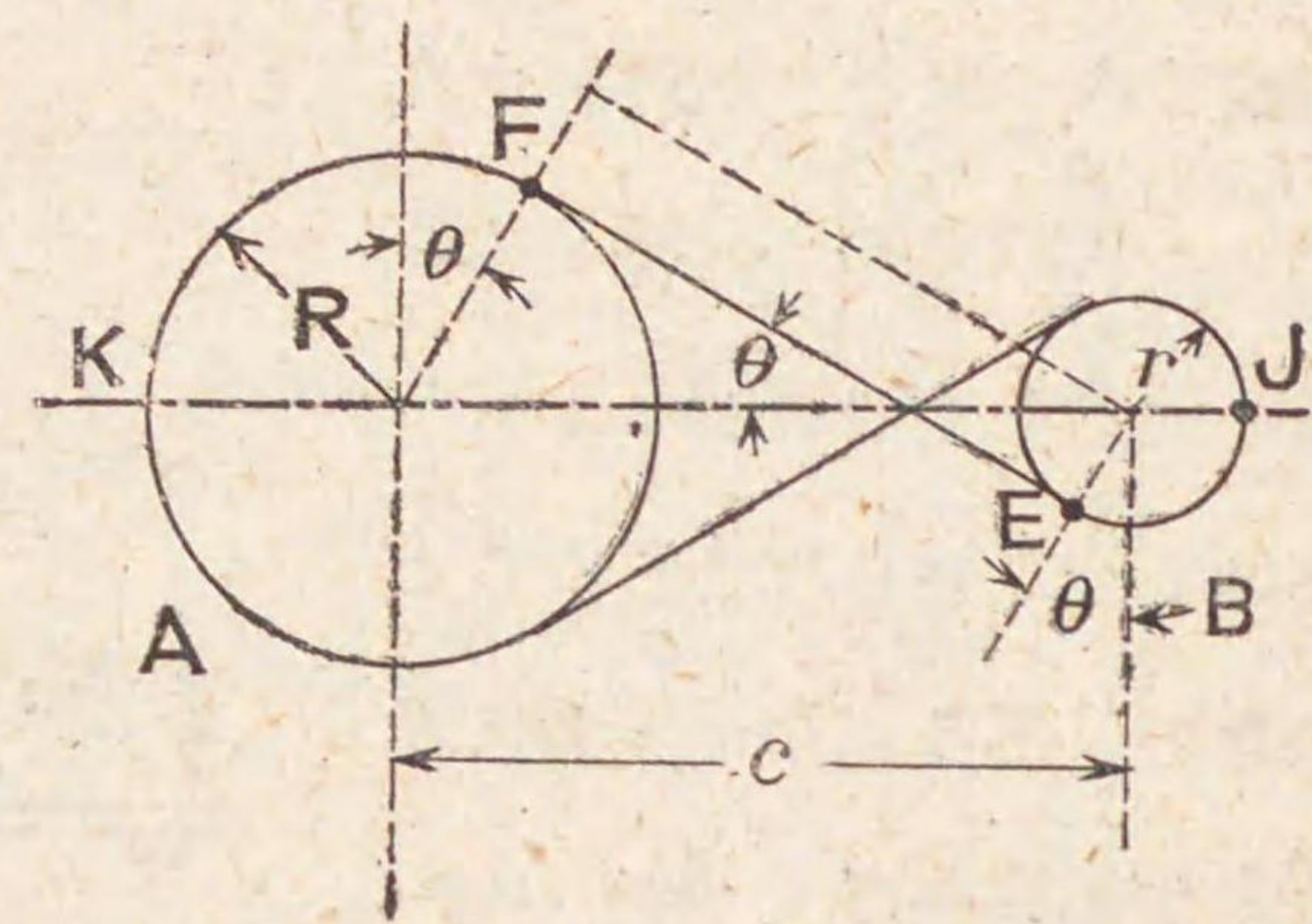
$$\begin{aligned} l_0 &= 2 \left[ \overline{FE} + \widehat{KF} + \widehat{EJ} \right] \\ &= 2 \left[ \sqrt{c^2 - (R-r)^2} + \left(\frac{\pi}{2} + \theta\right) R + \left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) r \right] \\ &= 2 \sqrt{c^2 - (R-r)^2} + \pi(R+r) + 2(R-r)\theta \\ &= 2 \sqrt{c^2 - (R-r)^2} + \pi(R+r) + 2(R-r) \sin^{-1} \frac{R-r}{c} \dots (1) \end{aligned}$$

禪掛け調帶の長さ 前と同一の記號を用ふると

$$\overline{EF} = \sqrt{c^2 - (R+r)^2}$$

$$\widehat{KF} = \left(\frac{\pi}{2} + \theta\right) R$$

$$\widehat{EJ} = \left(\frac{\pi}{2} + \theta\right) r$$



故に禪掛け調帶の全長  $l_c$  は

$$\begin{aligned} l_c &= 2 \left[ \overline{EF} + \widehat{KF} + \widehat{EJ} \right] \\ &= 2 \left[ \sqrt{c^2 - (R+r)^2} + \left(\frac{\pi}{2} + \theta\right) R + \left(\frac{\pi}{2} + \theta\right) r \right] \\ &= 2 \sqrt{c^2 - (R+r)^2} + (R+r) \left( \pi + 2 \sin^{-1} \frac{R+r}{c} \right) \dots (2) \end{aligned}$$

〔例題〕 直径 900,300 mm なる 2 個の調車の中心距離 2.5 m なるとき袈裟  
掛け調帶の長さを求む。

題意により  $c = 2500 \text{ mm}$ ;  $R = 450 \text{ mm}$ ;  $r = 150 \text{ mm}$  にして  $\theta$  を  
度に直したものを D とすると

$$\sin \theta = \sin D = \frac{R-r}{c} = \frac{450-150}{2500} = 0.12000$$

三角函数の表で D は  $6^\circ 54'$  であることが分る。之を弧度法で示した角  $\theta$   
と直すと

$$\theta = 6 \frac{54}{60} \times \frac{\pi}{180} = 0.12043$$

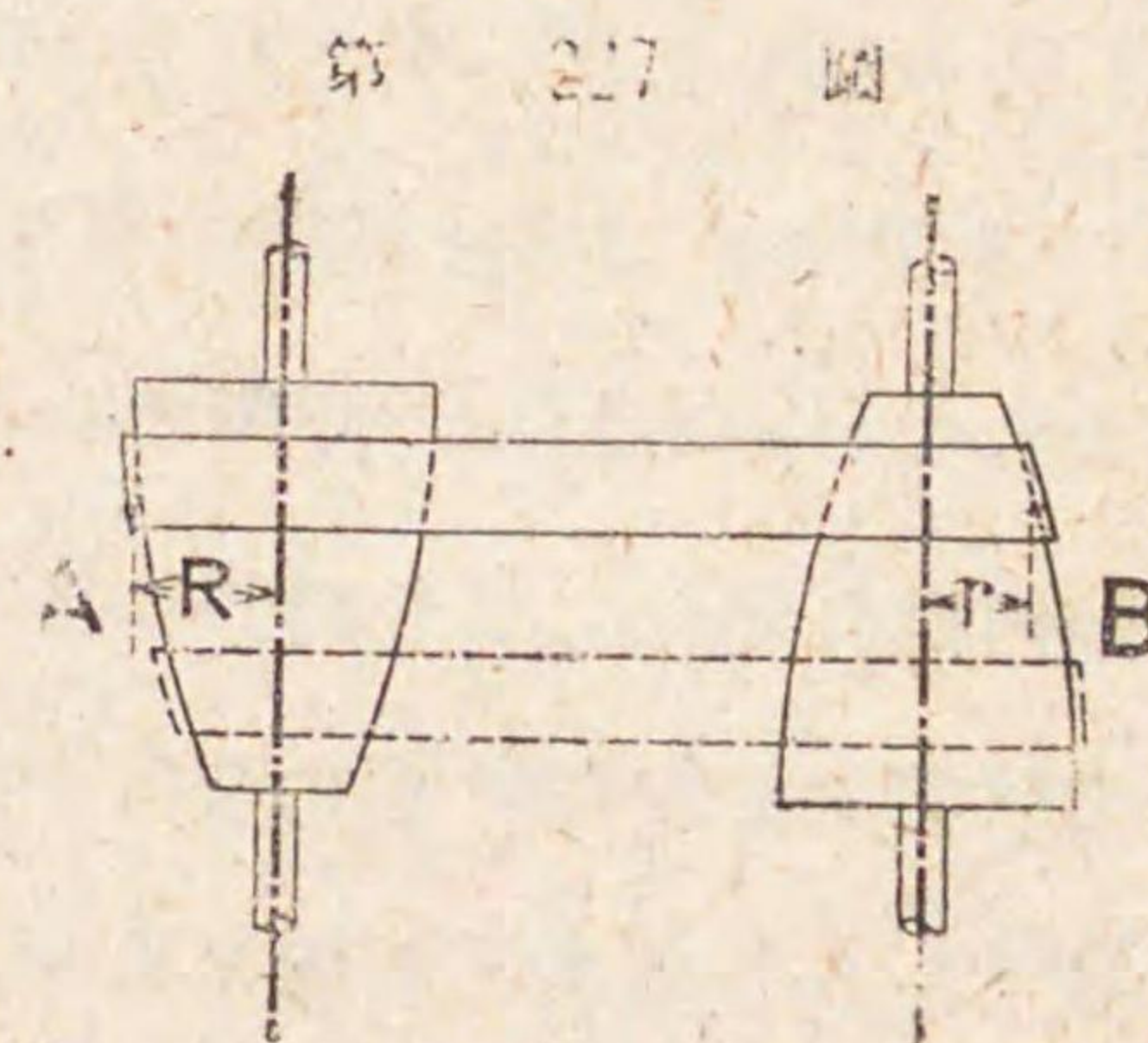
故に

$$\begin{aligned} l_0 &= 2 \sqrt{2500^2 - (450-150)^2} + \pi(450+150) + 2(450-150) \times 0.12043 \\ &= 6921 \text{ mm} \end{aligned}$$

15 錐形調車 等速回轉をする主動軸から運動をとる從動軸の同

轉速度を随意に變へたいといふことは  
屢々起る問題であるが錐形調車 (cone  
pulley) を用れば其目的を達すること  
が出来る。第 227 圖は A が主動車で  
一分間 N 回轉の等速運動をするもの  
とすると B 車の一分間の回轉數 n は

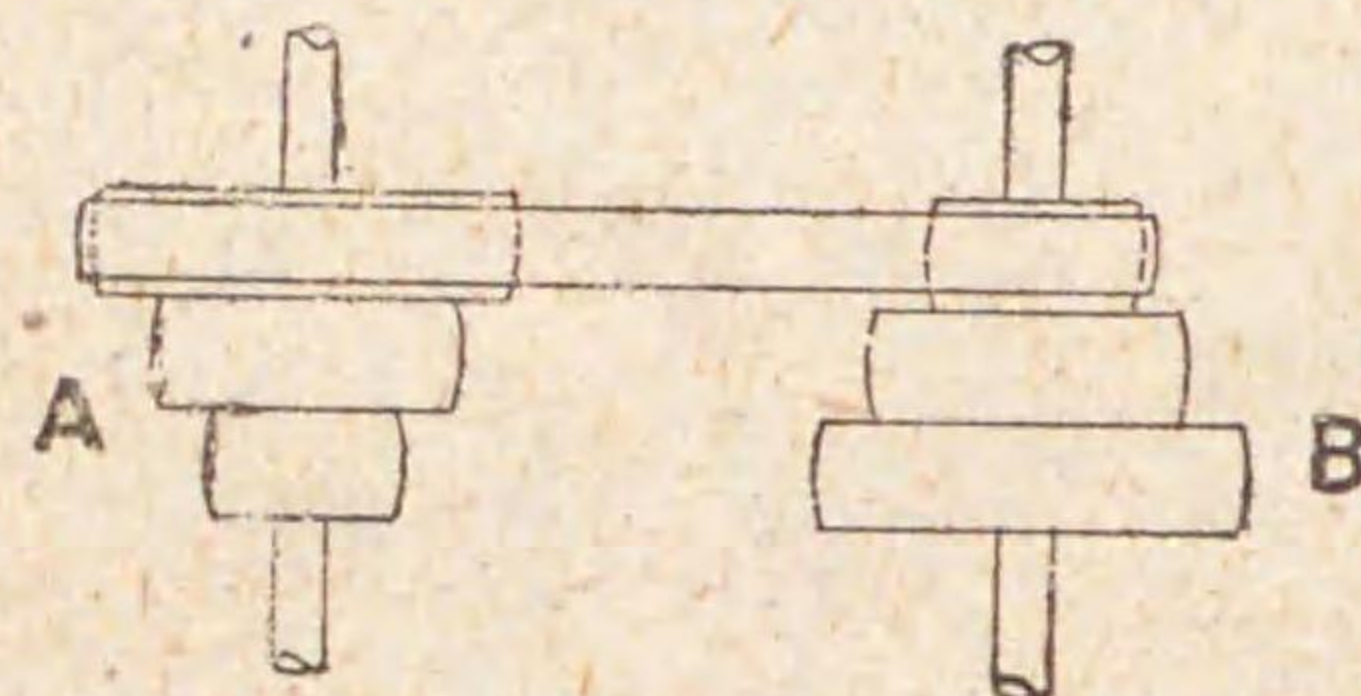
$$n = \frac{R}{r} \times N$$



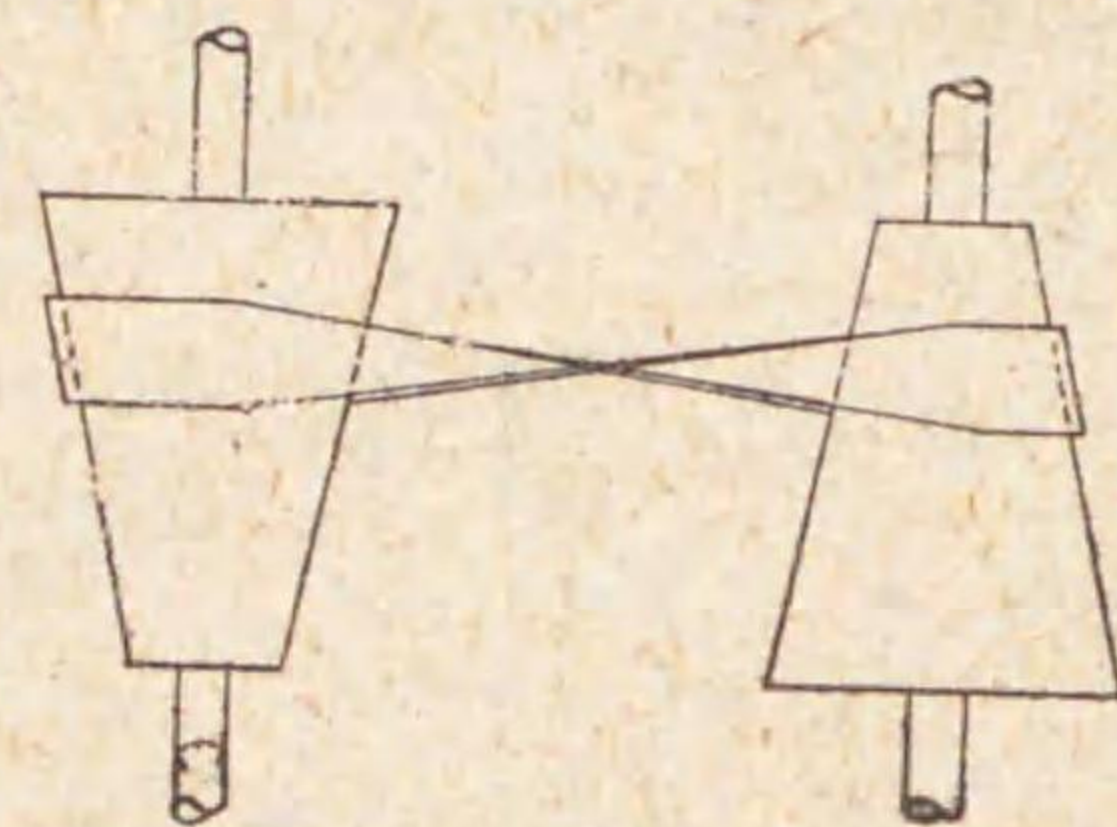


となるが  $N$  が常數でも  $\frac{R}{r}$  の値は調車が錐形であるから調帯を掛けた實線の位置と、點線で示した位置とでは異り従つて  $n$  の回轉數は調帯の位置によつて變ることになる。調車の形を第 227 圖の如く圓錐形又は圓錐類似の形にすると  $n$  の回轉數は一定範圍内では如何なる速度にすることも出来るのは都合がよいが特別の装置をつけて置かないと第 112 章で述べた理由によつて調帯が調車の直徑の大きい方へ登り行く虞れがある。故に多くは第 228 圖に示すが如く段付調車 (stepped cone pulley) を用ひる。然し之では從動軸  $B$  の回轉速度は段數が三段ならば三通りにしか變へることが出来ぬ。

第 228 圖



第 229 圖



錐形調車にしても段付調車にしても同一の調帯を場所を變へて掛け代へるのであるから兩車の半徑は調帯の位置如何に拘らずたるみもせず又餘計に引張られもしないやうな大きにしなければならぬ。然るに第 114 章の式 (2) を見るに禱掛け調帯の長さ  $l_0$  は  $c$  と兩車の半徑の和とによりて定まるものであるから、兩車の半徑の和さへ變化しなければ各の半徑の大きは如何様に變化しても調帯の長さには變化を生ぜぬ。故に禱掛けのときは第 229 圖に示すが如く頂角の等しい圓錐形にすればよい。袈裟掛け調帯の長さ  $l_0$  を示す式中には兩車の半徑の和と差との項を含んで居るから調車の形は多くは第 227 圖に示すやうになる。

116 段付調車の設計法 段付調車では調帯を第一段より順次に第二段第三段と掛け換ゆるに從て從動軸の回轉速度は等比級數を以て變化して行くやうに設計するものである。例へば從動軸の毎分回轉數が最低 50, 最高 400 で、段數が 4 ならば回轉數は 50, 100, 200, 400 とすればよい。此際等比は二である。第一段へかけた時の毎分回轉數を  $n_1$  とし最後段即ち第  $s$  段へかけたときの回轉數を  $n_s$  とすると等比  $g$  は次の式から出すことが出来る。

$$g = \sqrt[s-1]{\frac{n_s}{n_1}}$$

そして第一段より順次に各段へ調帯を掛け換へると其回轉數は

$$n_1; n_2 = n_1 \times g; n_3 = n_1 \times g^2; n_4 = n_1 \times g^3; \dots n_s = n_1 \times g^{s-1}$$

となる。

段付調車の設計は常に兩軸の中心距離  $c$  と主動軸の毎分回轉數  $N$  と從動軸の最低及び最高回轉數  $n_1, n_s$  と段數  $s$  を與へて各段の半徑を計算することである。そして主動車と從動車は製作の都合上同一のものを唯据付けの向を逆にして使ふことが多い。即ち主動車の第一段第二段……第  $s$  段の半徑を  $R_1, R_2, \dots, R_s$  とし從動車のそれを  $r_1, r_2, \dots, r_s$  とすると

$$R_1 = r_s; R_2 = r_{s-1}; R_3 = r_{s-2}; \dots R_s = r_1$$

とするのである。從て此場合には

$$\frac{r_s}{N} = \frac{N}{n_1}$$

となる。又調車の直徑の最大限又は最小限が與へられる事もあるが之は多く設計者の判断で定める。

袈裟掛け段付調車の設計法  $c, N, n_1, n_s, s$  が與へられると上記の方法で  $g$  を出し  $n_2, n_3, n_4, \dots$  を計算する。そこで見込により調車の最小又は最大徑を定める。之を  $R_1$  としやう。然るときは



$$\frac{R_1}{r_1} = \frac{n_1}{N}$$

の関係より直ちに  $r_1$  を算出することが出来る。そこで第 114 章の式

(1) に依つて  $R_1, r_1$  にかゝる袈裟掛け調帯の長さ  $l_0$  を出す。

第二段目の半徑を出すには

$$\frac{R_2}{r_2} = \frac{n_2}{N} \dots \dots \dots (A)$$

$$l_0 = 2\sqrt{c^2 - (R_2 - r_2)^2} + \pi(R_2 + r_2) + 2(R_2 - r_2)\sin^{-1} \frac{R_2 - r_2}{c} \dots (B)$$

の聯立方程式で未知數  $R_2$  及び  $r_2$  を出せばよいが (B) 式は普通の方法では解くことが出来ぬから次の如く簡略にする。即ち (B) 式中右邊の第一項は

$$2\sqrt{c^2 - (R_2 - r_2)^2} = 2c \left\{ 1 - \left( \frac{R_2 - r_2}{c} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \dots$$

$$= 2c \left\{ 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{R_2 - r_2}{c} \right)^2 - \frac{1}{8} \left( \frac{R_2 - r_2}{c} \right)^4 - \dots \right\}$$

となるが  $(R_2 - r_2)$  は  $c$  に比べて非常に小さいから  $\left( \frac{R_2 - r_2}{c} \right)^4$  及び四乗以上は省略して殆んど差支ない。故に

$$2\sqrt{c^2 - (R_2 - r_2)^2} \approx 2c - \frac{(R_2 - r_2)^2}{c} \dots \dots \dots (C)$$

とすることが出来る。又 225 圖  $\theta$  での角は非常に小さいから  $\theta = \sin \theta$  と置いて差支ない。故に

$$\theta = \sin \theta = \frac{R_2 - r_2}{c} = \sin^{-1} \frac{R_2 - r_2}{c} \dots \dots \dots (D)$$

となる。(C), (D) の近似値を (B) に入れると

$$l_0 = 2c - \frac{(R_2 - r_2)^2}{c} + \pi(R_2 + r_2) + 2(R_2 - r_2) \times \frac{R_2 - r_2}{c}$$

$$= 2c + \frac{(R_2 - r_2)^2}{c} + \pi(R_2 + r_2) \dots \dots \dots (B')$$

となる。故に第二段の半徑を見出すには  $R_2, r_2$  を未知數とする二次の聯立方程式 (A), (B') を解けばよいことになる。同様に第  $m$  段の半徑を見

出すには

$$\frac{R_m}{r_m} = \frac{n_m}{N} = \frac{g^{m-1} \times n_1}{N}$$

$$l_0 = 2c + \frac{(R_m - r_m)^2}{c} + \pi(R_m + r_m)$$

なる聯立方程式から算出することが出来る。

**嚙掛け段付調車の設計法** 此場合にも袈裟掛けの場合と同様にして先づ  $r_1$  を出し  $R_1 + r_1 = k$  とする。次に第 114 章の式 (2) を見るに嚙掛け調帯の長さ  $l_0$  は兩車の半徑の和によりて定まる數値であるから此和さへ變りなくば  $l_0$  には變化が起らない。故に嚙掛けの場合には

$$R_1 + r_1 = R_2 + r_2 = \dots \dots = R_m + r_m = \dots \dots = R_s + r_s = k$$

となる。故に第二段の半徑は

$$R_2 + r_2 = k$$

$$\frac{R_2}{r_2} = \frac{n_2}{N}$$

の方程式から直ちに發見することが出来る。他段の半徑も同様に發見することが出来る。

[例題 1] 主動軸の毎分回轉數 100, 從動軸の回轉數は最高 300, 最低 40 にして兩軸間の中心距離  $2m$  なるとき四段の袈裟掛け段付調車を設計せよ但し主動車中の最小車の半徑は  $50\text{ mm}$  とし調革の厚さはなきものとす。

$R_1$  が最小車であるためには第一段へ調革をかけたとき從動車の回轉速度が最低でなければならぬ。故に題意により

$$N = 100; n_1 = 40; n_s = n_4 = 300; s = 4;$$

$$c = 2000\text{ mm}; R_1 = 50\text{ mm}$$

故に

$$g = \sqrt[3]{\frac{300}{40}} = 1.96$$



$$n_2 = g \times n_1 = 1.96 \times 40 = 78.4$$

$$n_3 = g^2 \times n_1 = 1.96^2 \times 40 = 153.3$$

$$\frac{R_1}{r_1} = \frac{n_1}{N}$$

$$\therefore r_1 = \frac{100}{40} \times 50 = 125 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{(B)} \dots \dots l_0 &= 2c + \frac{(R_1 - r_1)^2}{c} + \pi(R_1 + r_1) \\ &= 2 \times 2000 + \frac{(50 - 125)^2}{2000} + \pi(50 + 125) = 4552.6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{(A)} \dots \dots \frac{R_2}{r_2} = \frac{78.4}{100}$$

$$\text{(B')} \dots \dots 4552.6 = 2 \times 2000 + \frac{(R_2 - r_2)^2}{2000} + \pi(R_2 + r_2)$$

此聯立方程式を解くと

$$R_2 = 78.4 \text{ mm}; \quad r_2 = 100 \text{ mm}$$

となる。第三段は

$$\frac{R_3}{r_3} = \frac{153.3}{100}$$

$$4552.6 = 2 \times 2000 + \frac{(R_3 - r_3)^2}{2000} + \pi(R_3 + r_3)$$

を解きて

$$R_3 = 106.5 \text{ mm}; \quad r_3 = 69.5 \text{ mm}$$

となり、第四段も同様にして

$$R_4 = 131.1 \text{ mm}; \quad r_4 = 43.7 \text{ mm}$$

となる。此等の結果を表にすると

|       | 従動車の毎分<br>回 轉 數 | 主動車の半徑<br>mm | 従動車の半徑<br>mm | 兩半徑の和<br>mm |
|-------|-----------------|--------------|--------------|-------------|
| 第 一 段 | 40.0            | 50.0         | 125.0        | 175.0       |
| 第 二 段 | 78.4            | 78.4         | 100.0        | 178.4       |
| 第 三 段 | 153.3           | 106.5        | 69.5         | 176.0       |
| 第 四 段 | 300.0           | 131.1        | 43.7         | 174.8       |

此結果を見ても知れる通り兩軸間の距離が車徑に比べて甚しく近くないときは袈裟掛け段車でも各段に於ける兩半徑の和は殆んど常數に近い。又調帶は運轉中伸張するものであるから斯かる僅少な差違は無いものと認めて差支ない。即ち  $R_1 + r_1 = R_2 + r_2 = \dots = \text{常數}$  とすると襷掛け段車と設計法が全然同一になり計算が頗る簡便になる。

(例題 2) 主動軸の毎分回轉數 120, 従動軸の最高回轉數は其最低回轉數の五倍なる四段の襷掛け段付調車を設計せよ但し主動車と従動車は同形とし其最大半徑を 150 mm とし調帶の厚さは零とす。

題意により

$$N = 120; \quad s = 4; \quad \frac{n_2}{n_1} = 5;$$

$$r_1 = 150 \text{ mm}$$

そして兩車が同形であるから

$$\frac{n_1}{N} = \frac{N}{n_2}$$

$$n_1 n_2 = 5 n_1^2 = N^2$$

$$\therefore n_1 = \frac{N}{\sqrt{5}} = \frac{120}{\sqrt{5}} = 53.7$$

$$n_2 = 53.7 \times 5 = 268.5$$

$$g = \sqrt[3]{5} = 1.71$$

$$n_2 = g n_1 = 91.8$$

$$n_3 = g^2 n_1 = 157.1$$

$$\frac{R_1}{r_1} = \frac{n_1}{N}$$

$$\therefore R_1 = \frac{53.7}{120} \times 150 = 67 \text{ mm}$$

$$R_1 + r_1 = 67 + 150 = 217 \text{ mm}$$

$$R_2 + r_2 = 217$$

$$\frac{R_2}{r_2} = \frac{n_2}{N} = \frac{91.8}{120}$$



之を解くと

$$R_2 = 94 \text{ mm} ; r_2 = 123 \text{ mm}$$

となる、そして此場合第三段は第二段の逆、第四段は第一段の逆になるから

$$R_3 = r_2 = 123 \text{ mm} ; r_3 = R_2 = 94 \text{ mm}$$

$$R_4 = r_1 = 150 \text{ mm} ; r_4 = R_1 = 67 \text{ mm}$$

此等の結果を表で示すと

|       | 従動車の毎分<br>回 轉 數 | 主動車の半徑<br>mm | 従動車の半徑<br>mm |
|-------|-----------------|--------------|--------------|
| 第 一 段 | 53.7            | 67           | 150          |
| 第 二 段 | 91.8            | 94           | 123          |
| 第 三 段 | 157.1           | 123          | 94           |
| 第 四 段 | 268.5           | 150          | 67           |

117 調帯の調車上に於ける摩擦及び傳達動力 調車が運轉して居るときは調車の兩側に於ける調帯の張力  $t_1, t_2$  は同一でない(第 230 圖参照) 若し  $t_2$  が  $t_1$  より大なるときは  $t_2$  は緊張側 (tight side) に於ける張力といひ  $t_1$  を弛緩側 (slack side) に於ける張力と名づける。そして此兩張力の差が有効回轉力 (driving force) として調車の周邊にかゝるのであるから  $t_1, t_2$  を  $kg$  で表はし調車の圓周速度を毎分  $V \text{ m}$  とすると調帯の傳達動力  $KW$  は

$$KW = 0.0098(t_2 - t_1) \times \frac{V}{60} \text{ キロワット} \dots \dots (1)$$

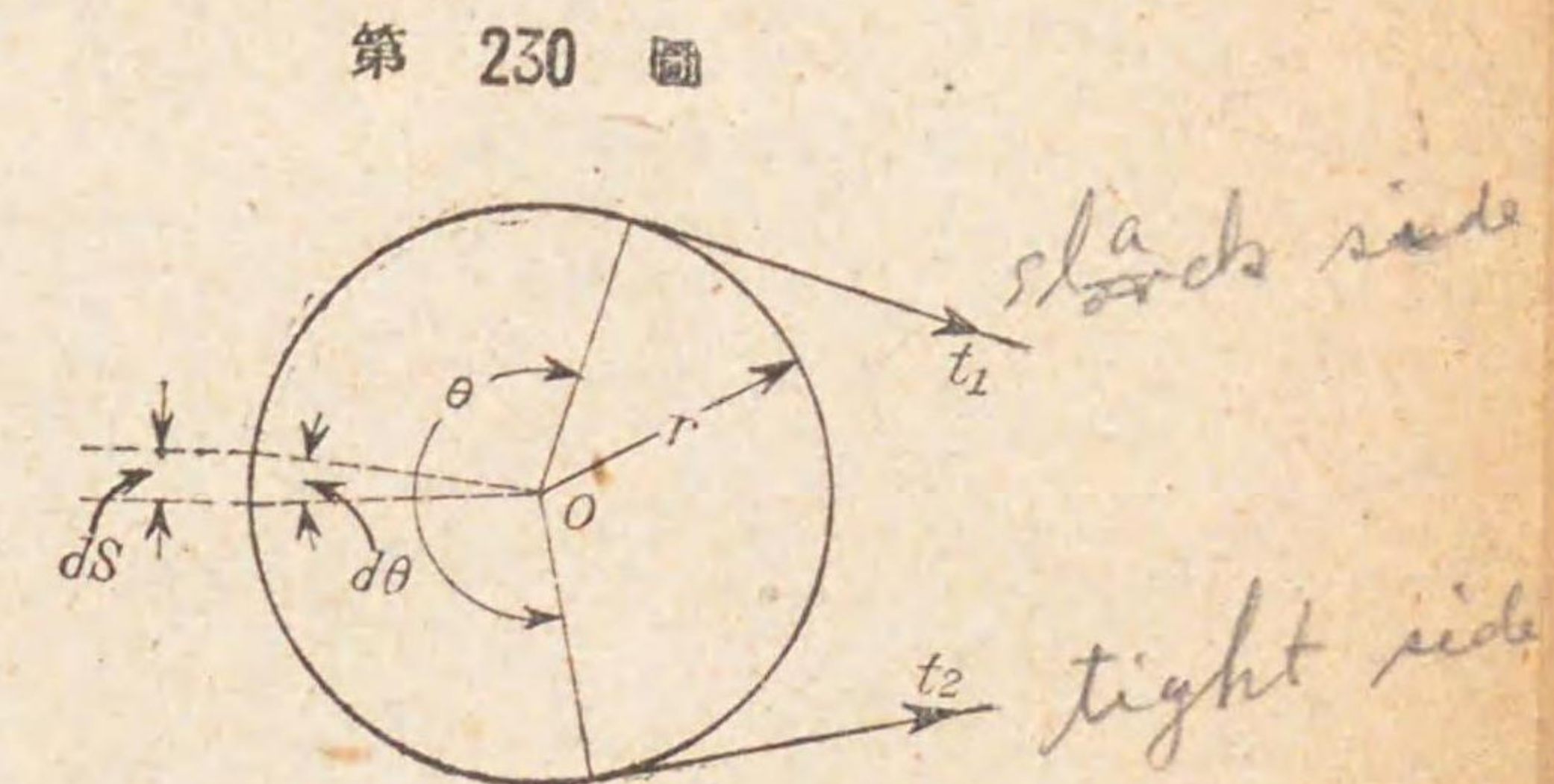
となる。 $t_2$  と  $t_1$  の差が餘り大きくなると調帯が緊張側で切れるか又は調車の上で滑る。

調帯が調車の上で將に滑らんとするときの  $t_1$  と  $t_2$  との関係は次で示される。

$$\frac{t_2 - \frac{wv^2}{g}}{t_1 - \frac{wv^2}{g}} = e^{\mu\theta} \dots \dots (2)$$

式中  $t_1$  は弛緩側に於ける調帯の張力 ( $kg$ )  
 $t_2$  は緊張側に於ける調帯の張力 ( $kg$ )

- $v$  は調帯の速度 ( $m/秒$ )
- $w$  は調帯の長さ 1 メートルの重さ ( $kg$ ) (獸皮製調帯の重さは 1 立方  $cm$  につき約  $0.001 \text{ kg}$  なり)
- $\theta$  は調帯の接觸部が軸心に於て圍む角度 (弧度法にて)
- $\mu$  は調帯と調車との間の摩擦係數
- $e$  は自然對數の底で 2.7183
- $g$  は地球引力の加速度  $9.8 \text{ m}/(秒)^2$



式 (2) は次の如き方法で出すことが出来る。

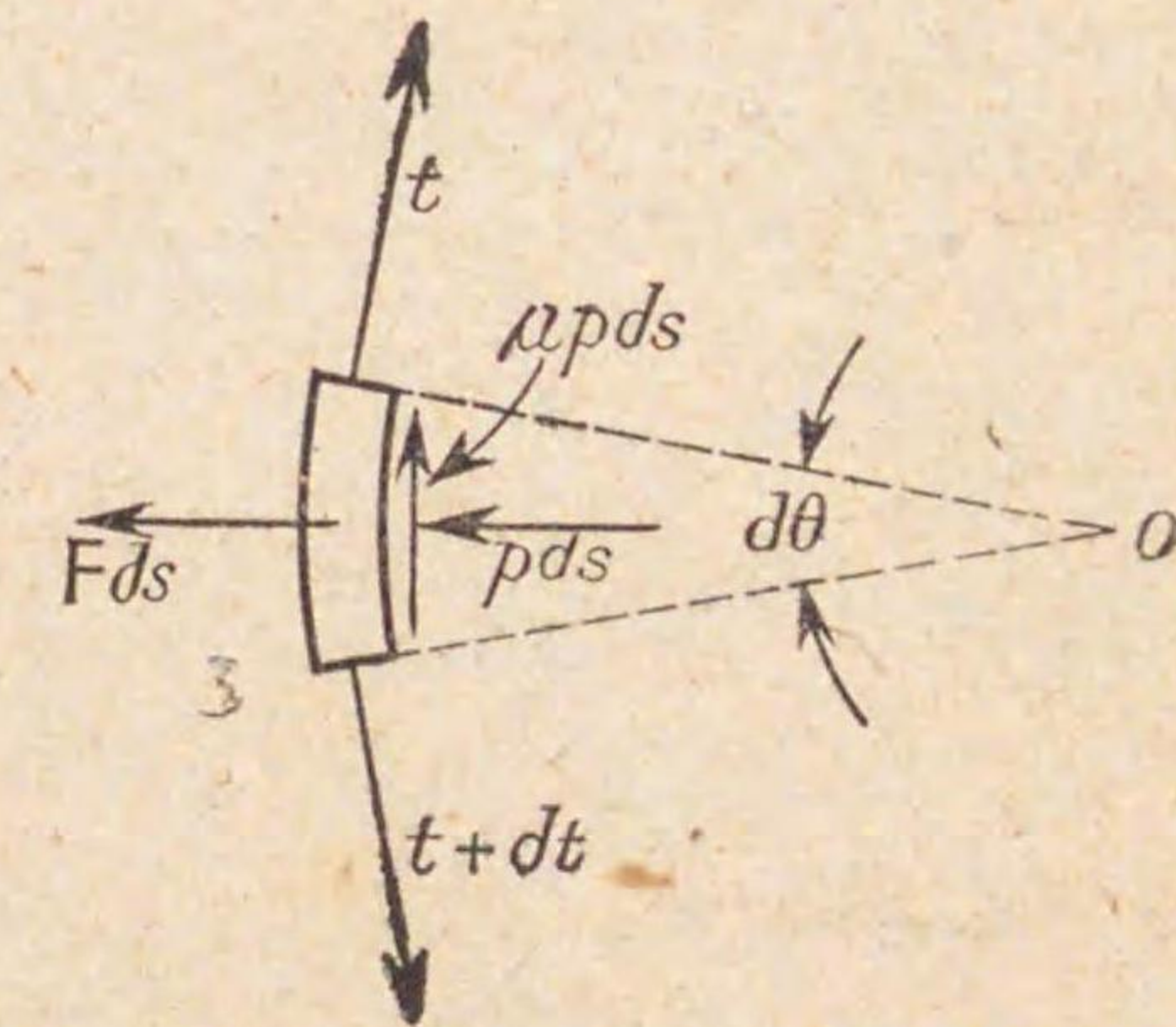
- $r$  を調車の半徑 ( $m$ )
- $t$  を調車に巻き付ける部分の任意斷面に於ける調帯の張力 ( $kg$ )
- $F$  を調帯の長さ  $1 \text{ m}$  に起る遠心力 ( $kg$ )
- $p$  を調帯の長さ 1 メートルと調車の表面との間の壓力 ( $kg$ )

とすると

$$F = \frac{w}{g} \times \frac{v^2}{r}$$

なることは明かである。今第 230 圖で調帯の極小部分  $ds$  をとると之には第 231 圖に示すが如く  $t + dt$ ,  $F ds$  (遠心力),

第 231 圖





$pds, \mu pds$  (摩擦) なる五つの力が働き之が平衡状態にある。而して半徑方向に於ける平衡を考ふれば

$$\begin{aligned}
 pds + Fds &= t \sin \frac{d\theta}{2} + (t+dt) \sin \frac{d\theta}{2} \\
 &= 2t \sin \frac{d\theta}{2} \\
 &= t d\theta
 \end{aligned}$$

故に

$$\begin{aligned}
 pds &= td\theta - Fds \\
 &= td\theta - \frac{w}{g} \times \frac{v^2}{r} \times rd\theta \\
 &= (t - \frac{wv^2}{g}) d\theta
 \end{aligned}$$

又軸心 O 點の回りのモーメントを取ると (調帯の厚さを  $\delta$  とす)

$$(t+dt)r = (t+\mu pds)r$$

即ち

$$dt = \mu pds = \mu (t - \frac{wv^2}{g}) d\theta$$

$$\frac{dt}{t - \frac{wv^2}{g}} = \mu d\theta$$

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{dt}{t - \frac{wv^2}{g}} = \mu \int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta$$

$$\log \frac{t_2 - \frac{wv^2}{g}}{t_1 - \frac{wv^2}{g}} = \mu \theta$$

$$\therefore \frac{t_2 - \frac{wv^2}{g}}{t_1 - \frac{wv^2}{g}} = e^{\mu \theta}$$

若し調帯が動かぬときか (即ち  $v = 0$ ) 速度が低いときは遠心力の影響がなくなり (2) の関係は

$$\frac{t_2}{t_1} = e^{\mu \theta} \dots \dots \dots (3)$$

となる。

回轉力を  $Pkg$  とすれば

$$t_2 - t_1 = P$$

之と (2) より直ちに次の関係が得られる。

$$t_2 = \frac{e^{\mu \theta}}{e^{\mu \theta} - 1} P + \frac{wv^2}{g} \dots \dots \dots (4)$$

$$t_1 = \frac{1}{e^{\mu \theta} - 1} P + \frac{wv^2}{g} \dots \dots \dots (5)$$

遠心力作用が無いものとするれば

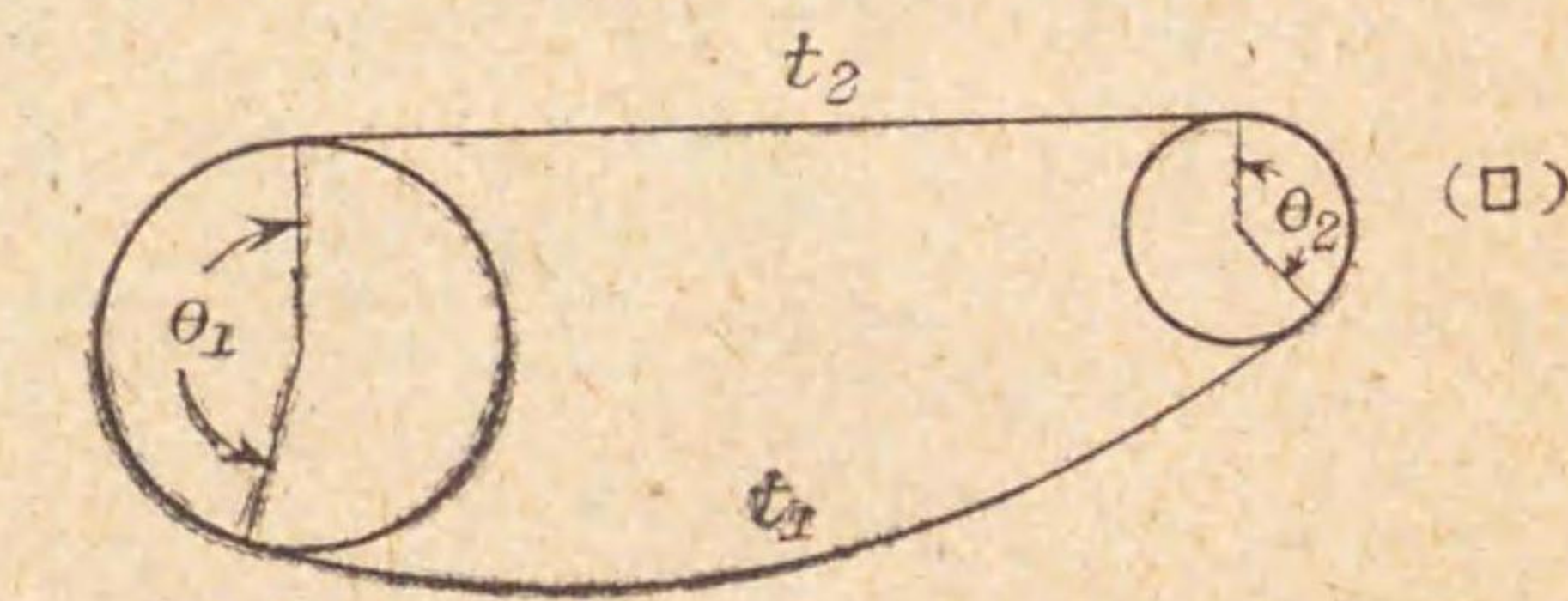
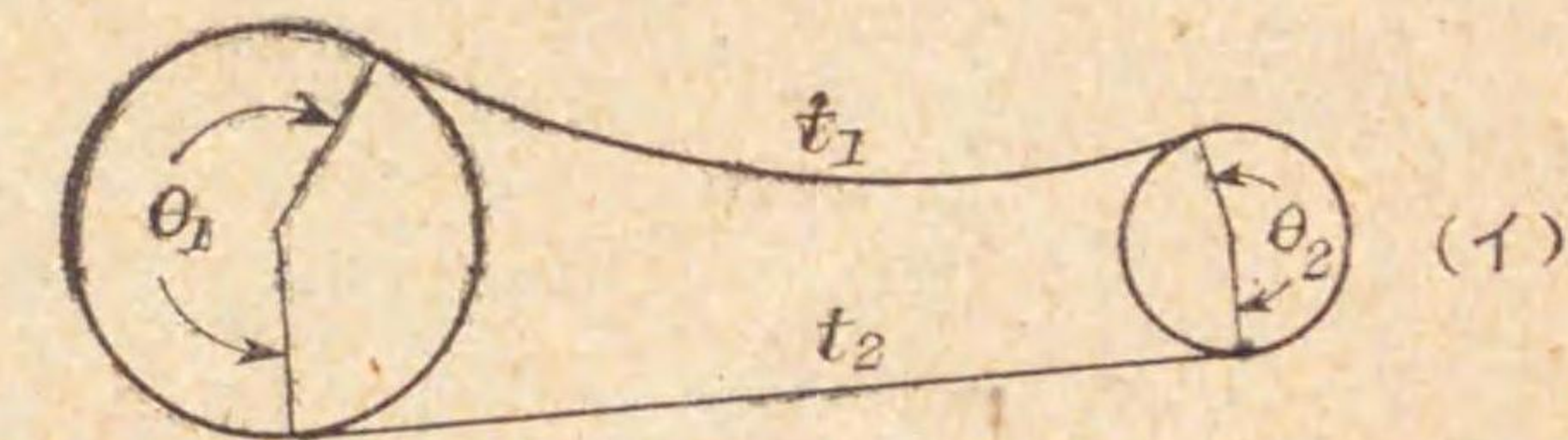
$$t_2 = \frac{e^{\mu \theta}}{e^{\mu \theta} - 1} P \dots \dots \dots (6)$$

$$t_1 = \frac{1}{e^{\mu \theta} - 1} P \dots \dots \dots (7)$$

調帯の厚さや幅は最大張力なる  $t_2$  に耐えるやうに設計すべきであるが式 (4) 及び (6) を見るに同じ回轉力 (従て同じ動力) を傳へるのに  $t_2$  を成るべく小さくするには  $e^{\mu \theta}$  の値を成るべく大きくしなければならぬ。之が爲めには  $\mu$  と  $\theta$  の値を出来るだけ大きくせねばならぬ。  $\theta$  を大きくする

爲めには第 232 圖 (イ) に示す如く下側が緊張側になるやうにする (ロ) 圖に示す如く上側を緊張側とすると  $\theta$  が小くなる。又  $\mu$  の値を大きくする爲め稀には調帯の外周に摩擦係數の大なる物質を張り付けることがある。式 (2), (3),

第 232 圖



(4), (5), (6), (7) 中の  $\theta$  の角は主動車と從動車の角  $\theta_1, \theta_2$  の内で (第 232 圖) 小さい方 (袈裟掛のときは常に小徑の車に起る) をとらねばならぬ。調帯はどちらの車の上で滑つても困るからである。又此等の式は調帯が調車の上で將に滑らうとするときの關係を示すものであるが調帯を實用する際には滑つてはならぬから滑りに對し相當な安全率を持たねばならぬ。それには調帯を普通の鐵製調車にかけたときは前記の式中  $\mu$  を 0.3 乃至 0.4



とすればよい  $\mu$  の實際の値は之よりも高いからである。

【例題】 毎分 250 回轉する直徑 1500 mm の主動車が 3 m を距つる直徑 300 mm の從動車に 32 キロワットを傳ふるとき袈裟掛け調帶の緊張側及び弛緩側に於ける張力を求む但し調帶の幅 300 mm 厚さ 6 mm にして運轉中に於ける  $\mu$  の値は 0.35 とす。

$$\text{調帶の速度} = V = 250 \times \pi \times \frac{1500}{1000} = 1178 \text{ m/分}$$

$$\text{有効回轉力} = P = (t_2 - t_1) = \frac{60}{V} \times \frac{\text{KW}}{0.0098}$$

$$= \frac{60}{1178} \times \frac{32}{0.0098} = 166.3 \text{ kg}$$

$$\theta = \pi - 2 \times \sin^{-1} \frac{R-r}{c}$$

$$= \pi - 2 \sin^{-1} \frac{750-150}{3000}$$

$$= 2.739.$$

$$t_2 = \frac{e^{\mu\theta}}{e^{\mu\theta}-1} P + \frac{wv^2}{g}$$

$$= \frac{2.7183^{0.35 \times 2.739}}{2.7183^{0.35 \times 2.739} - 1} \times 166.3$$

$$+ \frac{\frac{300}{10} \times \frac{6}{10} \times \frac{1000}{10} \times 0.001 \times \left(\frac{1178}{60}\right)^2}{9.8}$$

$$= 269.7 + 70.8$$

$$= 340.5 \text{ kg}$$

$$t_1 = t_2 - P = 340.5 - 166.3 = 174.2 \text{ kg}$$

緊張側に於ける内力  $\sigma$  は

$$\sigma = \frac{340.5}{\frac{300}{10} \times \frac{6}{10}} = 18.9 \text{ kg/(cm)}^2$$

118 調帶の最初張力 調帶を最初調車に取付けるときには相當に緊張して巻付けねばならぬ。調車が靜止して居るとき其兩側に於ける張力

は即ち此張力で之を最初張力 (initial tension) と名づける。調車に回轉力がかゝると最初張力は漸々緊張側に於て増加し弛緩側に於て減少し行きて遂に其差が回轉力になつて廻り出すのである。故に同一の回轉力  $P$  を傳へるにも最初張力の大小に應じて  $t_2, t_1$  の張力は異なるべきである。 $t_0$  を最初張力とすると之は  $t_2, t_1$  の平均よりは少し小さく其間の關係は略ぼ次の式で示すことが出来る。

$$t_0 = \frac{(\sqrt{t_1} + \sqrt{t_2})^2}{4}$$

故に前章の例題に示す目的を達するのに

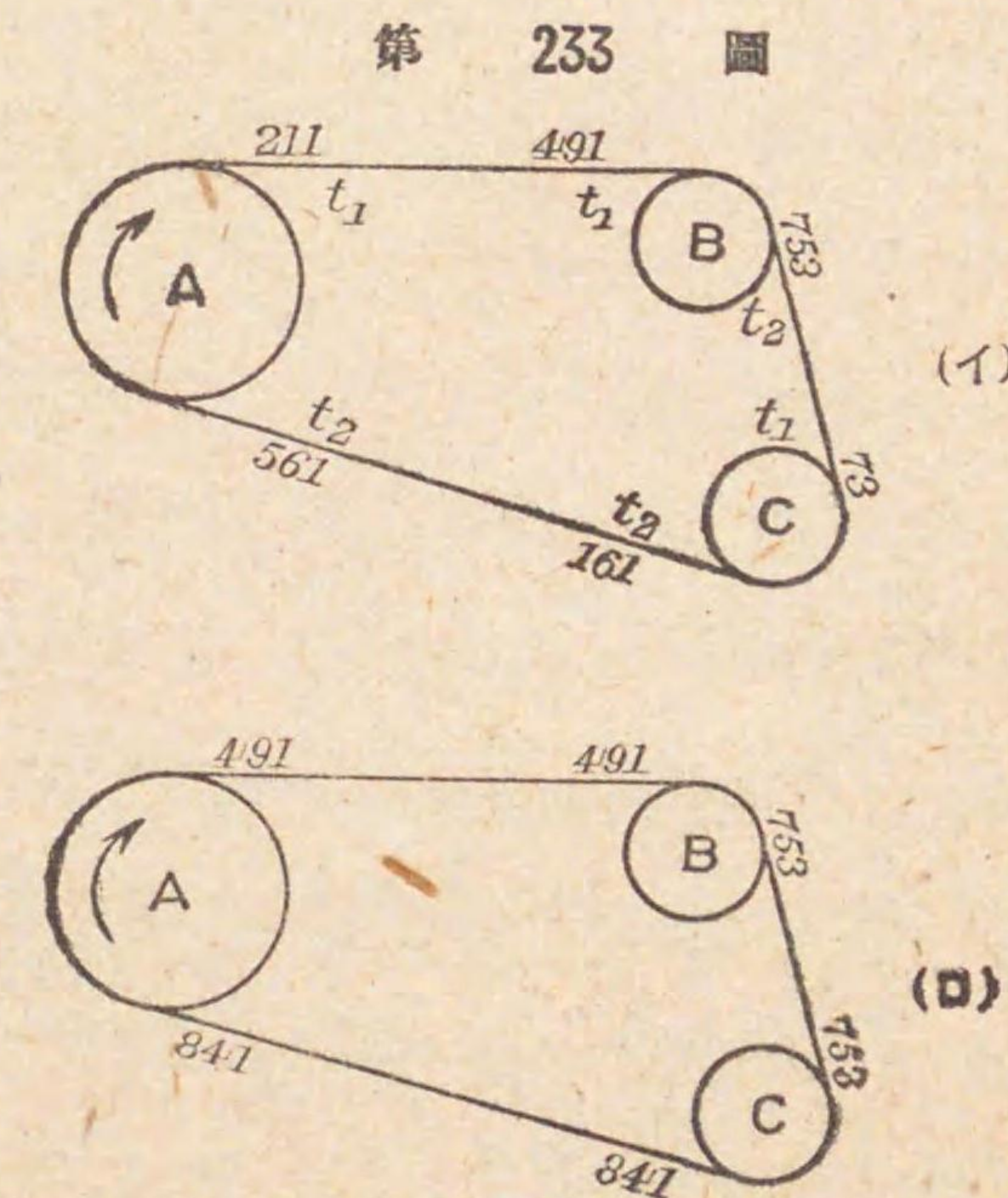
$$t_0 = \frac{(\sqrt{174.2} + \sqrt{340.5})^2}{4} = 250.5 \text{ kg}$$

の最初張力を與へると  $t_2$  と  $t_1$  が例題で示した如く 340.5 及び 174.2 kg となる。されば前章の如き問題を解くには實は  $t_0$  の値を與へなければ  $t_2$  や  $t_1$  を算出することは出来ぬのである。

119 數個の從動車を同時に運轉する調帶に起る最大張力 第

233 圖 (イ) に示す如く一本の調帶で二個以上の從動車を運轉するときは調車の一個一個について第 117 章に説明せる計算法で算出した六種の張力中其最大張力は必ずしも調帶内に起る最大張力にはならぬ。例へば主動車

A が 40 キロワットを出し二個の從動車 B 及び C を運轉し内 30 キロワットは B 車が吸収





し C 車は残り 10 キロワットを吸収すべきものとし A, B, C 車が調帯と接觸する角度はそれぞれ  $160^\circ, 70^\circ, 130^\circ$ , とし調帯の速度は毎分 700 m とする。然るときは第 117 章中の式 (1) 及び (3) を應用して計算すると各車の回轉力及び其兩側に於ける張力は次の表のやうになる

|            | A   | B   | C   |
|------------|-----|-----|-----|
| 同 轉 力 (kg) | 350 | 262 | 88  |
| $t_2$ (kg) | 561 | 753 | 161 |
| $t_1$ (kg) | 211 | 491 | 73  |

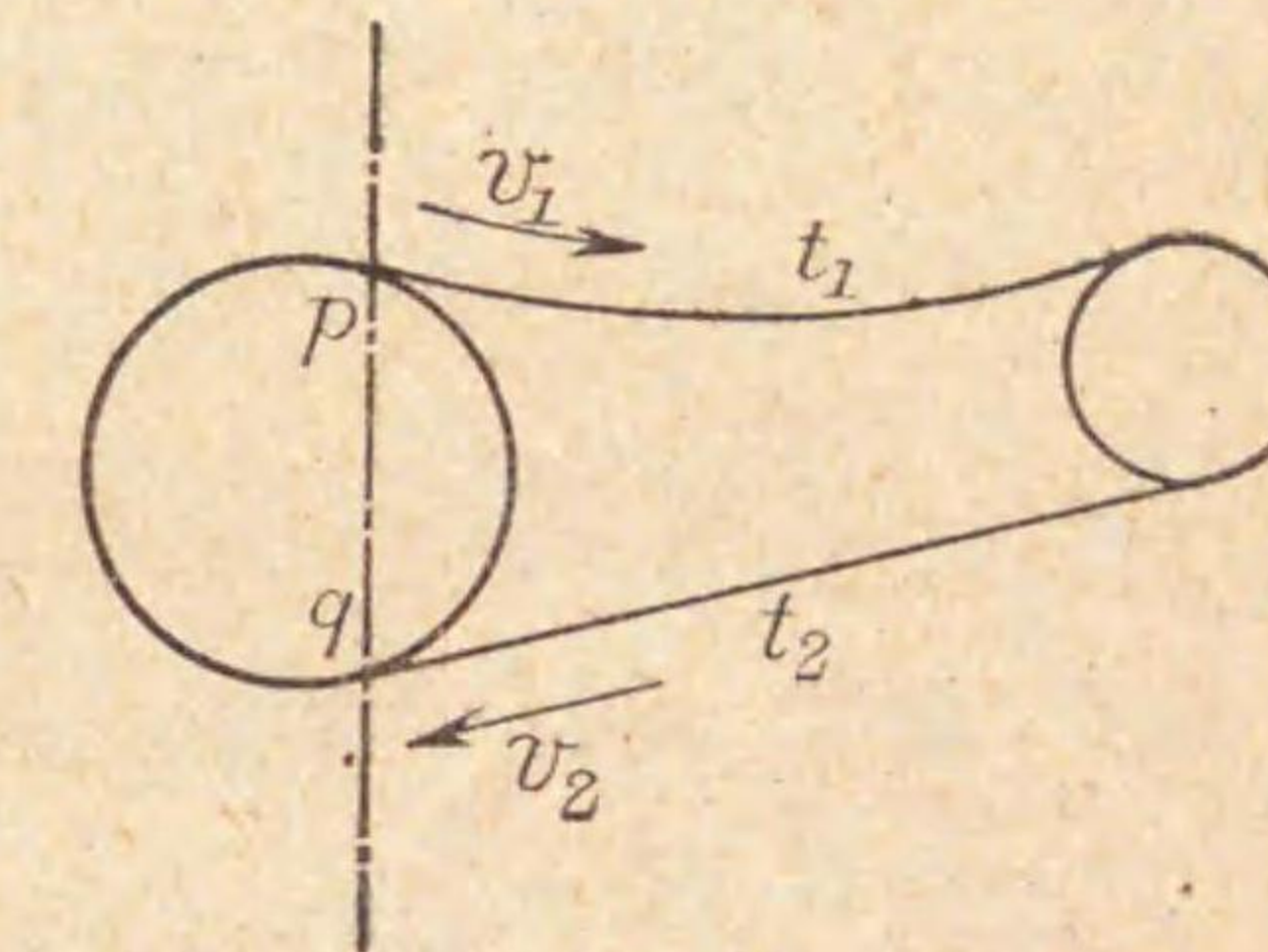
上記六種の張力 ( $t_2, t_1$ ) をそれぞれ第 233 圖の相當場所に記入する。(主動車では進入側が緊張側即ち  $t_2$  となり退出側が弛緩側  $t_1$  となるが從動車では進入側が  $t_1$  で退出側が  $t_2$  となる) 上記六種の張力中 753 kg が最高であるから、B 車の  $t_2$  を出發點とする。B の  $t_2$  が 753 kg ならば  $753 - 262 = 491$  kg が B の  $t_1$  になる。調帯の直線部に於ては其張力は均一であるから A の  $t_1$  も 491 kg でなければならぬ。従つて A の  $t_2$  は 491 kg に其回轉力 350 kg を加へたる 841 kg でなければならぬ。次に 841 kg は C の  $t_2$  になるから C の  $t_1$  は 841 kg から C の回轉力 88 kg を引き去つた残り 753 kg になる而して之は出發點の張力なる B の  $t_2$  と一致することゝなる第 233 圖(ロ) は此訂正せる張力を記入したものである。之を見ると調帯に起る最大張力は 753 kg ではなくて 841 kg となるから調帯の強さは 841 kg に應ずるやう設計しなければならぬ。

120 調帯の速度 調帯の速度は餘り早いと波打ちをしたり (flapping) 又は車の幅の左右へ外づれやうとする横振れ (chasing) をする。其上遠心力に基く張力  $\frac{wv^2}{g}$  が大きくなつて有効回轉力 ( $t_2 - t_1$ ) が減じて來

るから第 117 章式 (1) の  $V$  が增へても  $V$  がある極限に達すると傳達動力は却て減するものである。最大動力を傳へるのは普通毎分 1300 m 前後の速度である。然し毎分 1800 m 位の速度迄は間々實用されることがある。

第 234 圖で  $p, q$  を調帯の直線部と調車との接點とし  $t_2$  を緊張側とする。 $t_2$  側に於ては  $t_1$  側よりも大なる張力を受けて居るから調帯の断面は細く従つて 1 m 當りの質量は  $t_2$  側の方が小さい。故に  $t_2$  側の速度  $v_2$  は  $t_1$  側の速度  $v_1$  よりも大きくないと調帯の質量は漸々断面  $pq$  の右方に全部蓄積せねばならぬことになるが之は不合理であるから  $q$  點で  $v_2$  の速度は漸々變化し行きて  $p$  點では  $v_1$  となる。此現象を調帯の匍匐作用 (creeping) と名づける。

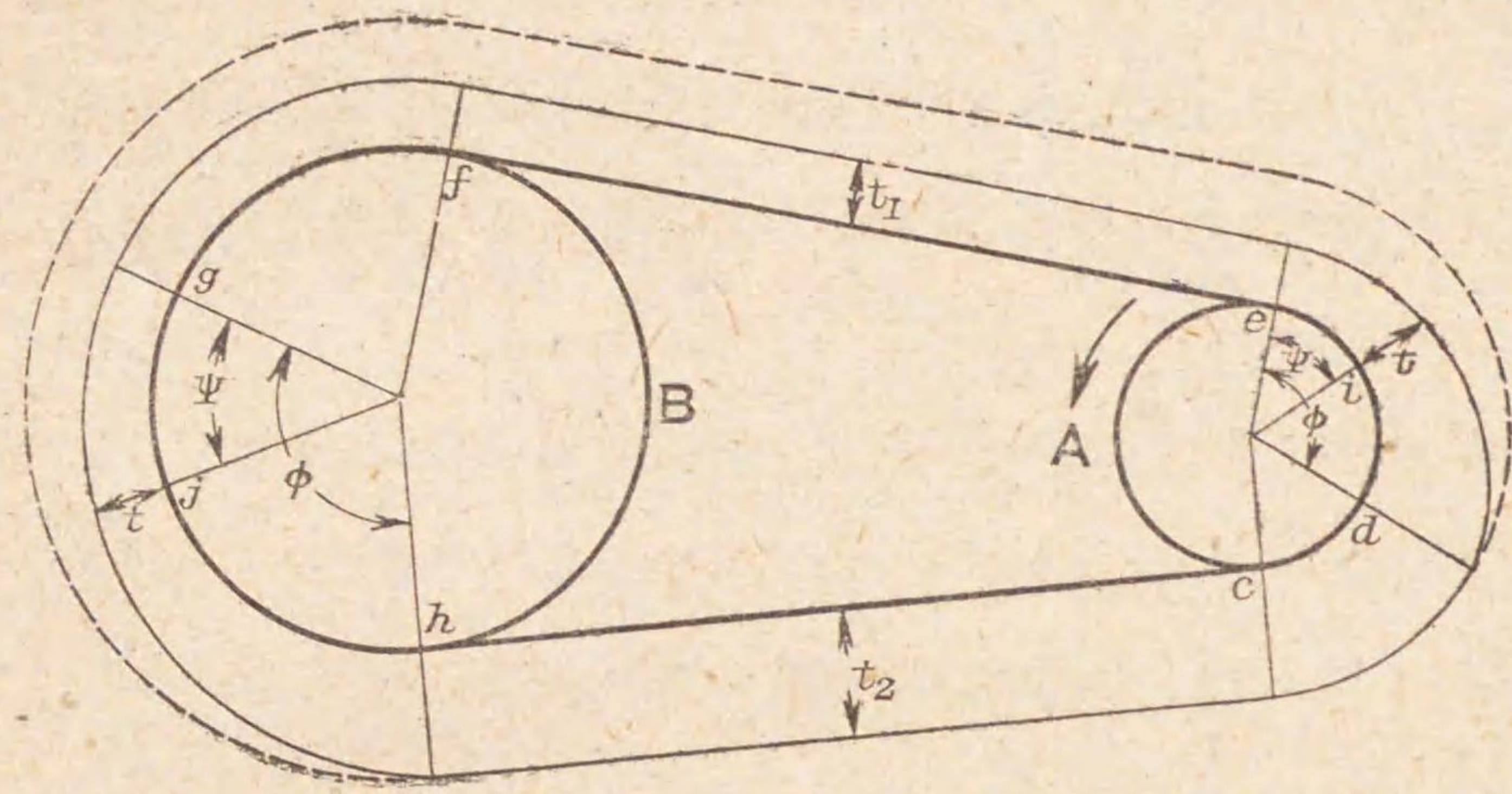
第 234 圖



然るに調車の周圍の速度は  $p$  點でも  $q$  點でも同一であるから調帯には匍匐作用に基く滑りが必ず起るものである。

121 調帯に於ける張力の分布 第 117 章の式 (2) は調帯が調車上で滑るときとの關係を示すものであるが調帯は第 120 章に述べた理由で必ず調車上で滑るものであるから摩擦係數  $\mu$  の値を滑るとき値よりも小さくとりて設計せられたる調帯内に起る張力の分布状態は如何様になるべきかといふ疑問が起る。之に就て少し研究して見やう。第 235 圖に於て主動車 A が矢の方向に回轉して所定動力を所定速度で從動車 B に傳ふるときは第 117 章式 (4), (5) により (但し此式中  $\mu$  の値は設計の値にて滑るとき値より小なり) 緊張側及び弛緩側の張力  $t_2, t_1$  を出すことが出来る。そして  $t_2$  は勿論圖の下側にある。先ず A 車を考へると  $t_2$  の張力で





e 點へ進入して來た調帯は其まゝ  $t_2$  の張力を維持しながら進行しようとするが d 點まで來ると始めて e 點に於ける張力  $t_1$  の影響をうけて第 120 章に述べた匍匐作用が起り d 點より張力が漸々減少し e 點に至り遂に  $t_1$  となる。故に de の間では調帯と車との間に滑りが起り此部分では摩擦係數  $\mu$  の値は滑る時の値を取る (設計の時の  $\mu$  とは別の値なり) 故に e 點から計つた  $\phi$  の角は第 117 章式 (2) の内の  $\mu$  に滑る時の値を入れて出した  $\theta$  の値と等しかるべきである。従て ed の間で張力は不変で  $t_2$  となる。次に B 車でも同様に  $t_1$  の張力で f へ進入し來れる調帯は g 點に至るまで其のまゝ  $t_1$  の張力を維持し、g 點から匍匐作用が始まり漸次張力を増し遂に h 點で  $t_2$  に達する。第 117 章式 (2) から分る通り  $\phi$  の角度は A, B 兩車とも同一であるべき故 g 點の位置は h 點より  $\phi$  の角度をとると知ることが出来る。e 及び g 點から計つた任意の角度  $\psi$  の點 i 及び j (但し  $\psi < \phi$ ) に於ける張力  $t$  は第 117 章式 (2) に  $\theta$  の代りに  $\psi$  を入れ、 $\mu$  は滑るとき値を入れ  $t_2$  の代りに  $t$  とし之を解いて出した  $t$  の値をとるべきは説明する迄もない。第 235 圖に於て調帯と其外に引いた並行線間の半径距離は調帯の各位置に於ける張力の大きさを示すものである。

122 調帯の傳動効率 調帯傳動装置では軸受に起るものが損失の主なるものであるが其他調帯が調車上で滑る時に起る摩擦や調車にかゝるときの変曲作用に基く損失もある。袈裟掛け調帯の傳動効率は普通 95 パーセント位のものであるが球入軸受を使ふと 97 パーセントにも達することがある。襷掛け調帯では接觸角  $\theta$  が大きくなるから同じ動力を傳へるのに調帯の張力は小さくなるから軸受で起る損失は少くなるが調帯の交叉するところで互に擦れ合ふから効率は却て袈裟掛け調帯の場合よりも低くなる。

123 調帯の材料 調帯は多く獸皮で作るが又木綿製のものもある。革製のは鞣した牛皮の背部 1.5 m 程を切り之を長く縦ぎ合せたものである。革の厚さは 4 乃至 6 mm 位であるから厚い調革を作るには二枚三枚又は四枚重ねにする。其重ね合せの枚數によつて一重帯 (single belt) 二重帯 (double belt) 三重帯 (triple belt) 又は四重帯 (quadruple belt) と名づける。革の重さは平均 1 立方 cm につき 0.001 kg 餘で其破壊張力は  $200 \text{ kg}/(\text{cm})^2$  位であつて常用張力は革の縦手効率を 0.3 位にし安全率を 3 又は 4 位にとるから結局 20 乃至  $15 \text{ kg}/(\text{cm})^2$  にとる。革は調帯に仕上げても毛の生へて居た方の面 (hair side) は滑らかであるが肉について居た面 (flesh side) は粗である。調車と接觸する面は毛、肉何れの側を撰ぶべきかといふことに就ては學者の説區々として一定しない。肉側を調車に觸れしむべしと主張するものは肉側の方が摩擦係數が大いからよいと云ひ反對説では肉側は強靱であるが毛側は弱いから毛側を調車に接觸して置くと摩滅は毛側に起るから調革の強さはさして減らないと主張して居る。調革は間斷なく眞直になつたり調車に沿ふて彎曲したりして反復内力を受けるから調車の徑を餘り小さくすると調革の壽命が短くなる。調車の直径は革の厚さの 35 倍



を最小限度としてある。

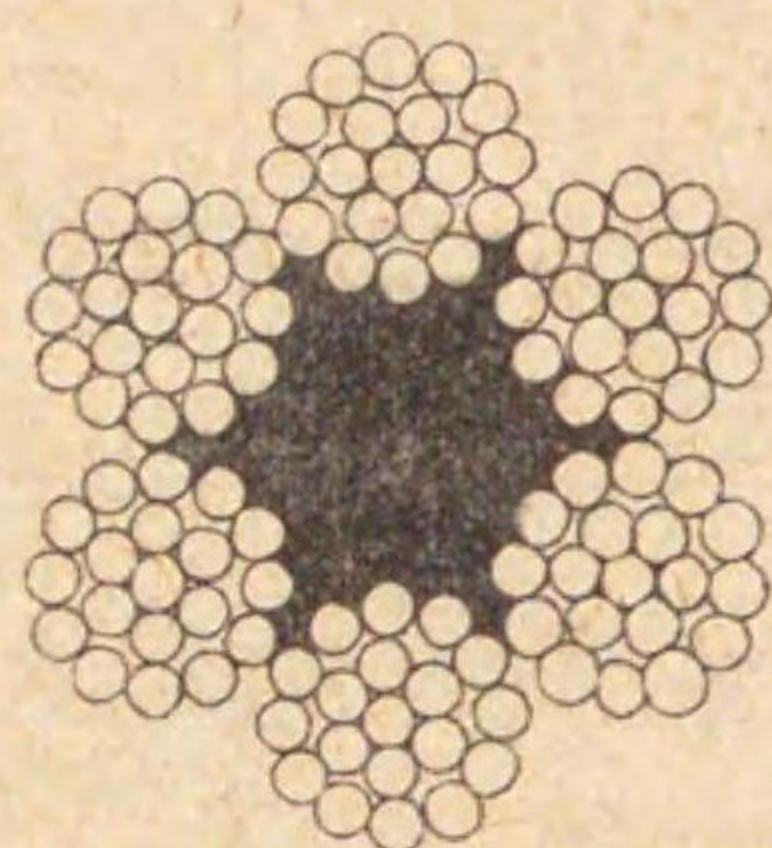
木綿製調帯 (cotton belt) は重に綿布を折り重ねて足袋底のやうに縫合せて製るが、厚く一重に織つたものもある。耐張力は革よりも強くゴム引にしたものは濕つた場所にも使ふことが出来る。

## (II) 調 繩

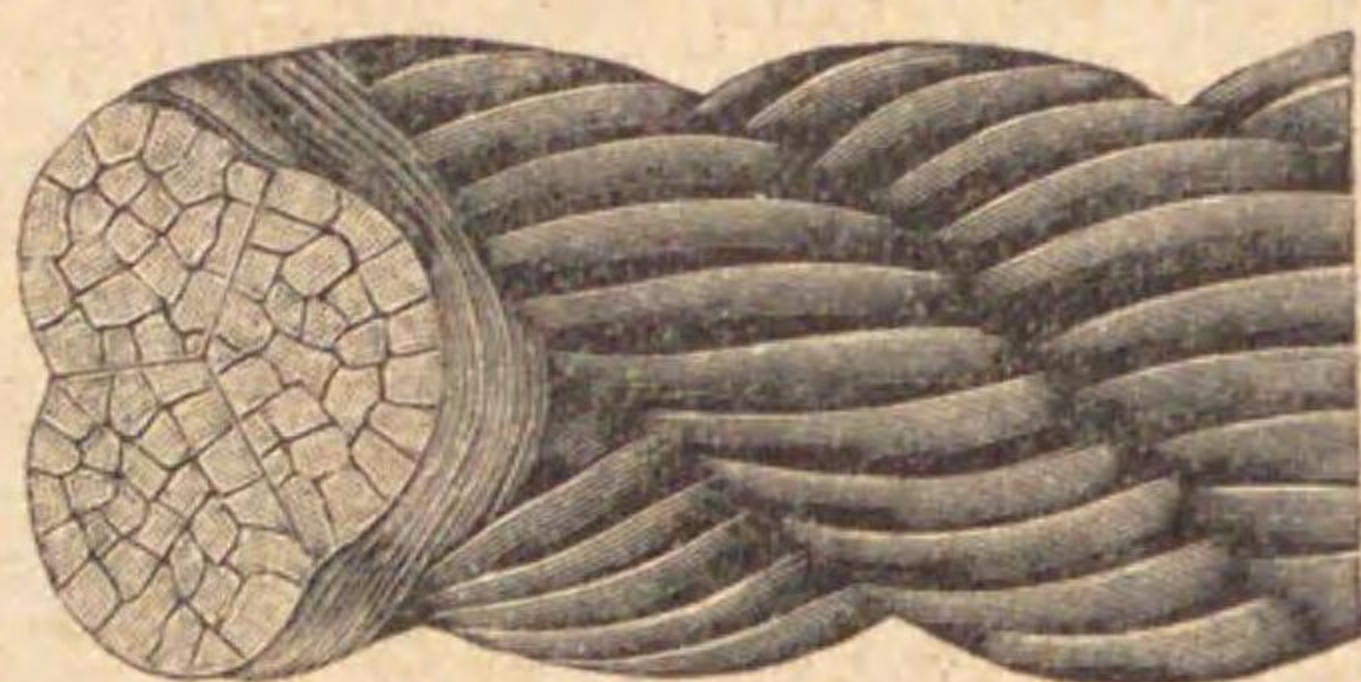
124 調繩 調繩は断面が略圓形であるから外づれないやうにする爲め調車の周囲には繩溝 (groove) を穿つのが常である。調車の回轉速比を計算するとき其有効直徑は繩の太さの中心で計らねばならぬ。

傳動用に使ふ調繩は多く木綿製麻製又は針金製である。木綿繩 (cotton rope) 又は麻繩 (hemp rope) を造るには先づ絲を縫り合せて一本の子繩 (strand) を作り更に三本の子繩を縫り合せて第 236 圖に示すが如き一本の繩とするのである。米國では麻繩を多く用ひるが其他の國では寧ろ木綿繩の方がよく用ひられて居る屈撓性は木綿製の方がよいが強さは麻製の方が大き

第 237 圖



第 236 圖



第 238 圖



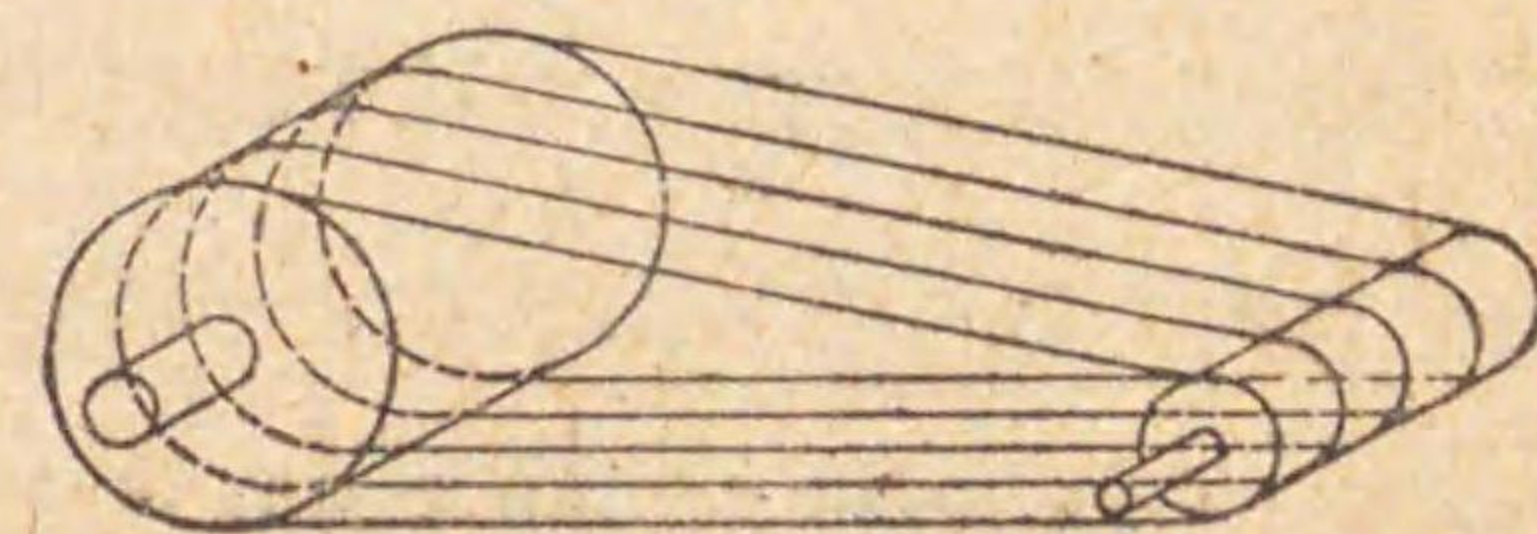
い。針金繩 (wire rope) は數本の針金を縫り合せて一本の子繩を作り更に六本の子繩を一本の纖維質の繩を心として第 237 圖及第 238 圖に示したやうに縫り合せたものである。繩の太さは多く直徑で示すが時によると外接圓周の長さ (girth) で示すこともある木綿繩や麻繩は直徑 25 乃至 50 mm のが多く使はれる。其常用張力は  $d \text{ cm}$  を繩の直徑とすると  $11 d^2 \text{ kg}$  位にするとよい之は  $14 \text{ kg}/(\text{cm})^2$  の内力に相當し安全率は 40 乃至 50 位に相當する。又其 1 m の重さは略  $0.07 d^2 \text{ kg}$  になる。調車の直徑は繩が之に巻付いたとき彎曲に基く内力が高くなつてはいかぬから繩の直徑の 30 倍を最小限とする。

木綿繩や麻繩は其性質や用法が針金繩とは大いに異なるから先づ木綿繩や麻繩のことを述べやう。

125 傳動装置として調帯と調繩との比較 調帯の幅や厚さには極限があるから餘り大い動力を傳へることは出来ぬが調繩では太さに制限はあるが本數を増せば其總斷面積は調帯の斷面積よりは遙に大きくすることが出来るから一層大なる動力を傳へることが出来る。又兩調車間の距離が餘り遠いと調帯では波を打つて故障が起り易いが調繩では遠い方が具合がよく 7 乃至 30 m 位の距離で常に使はれて居る。

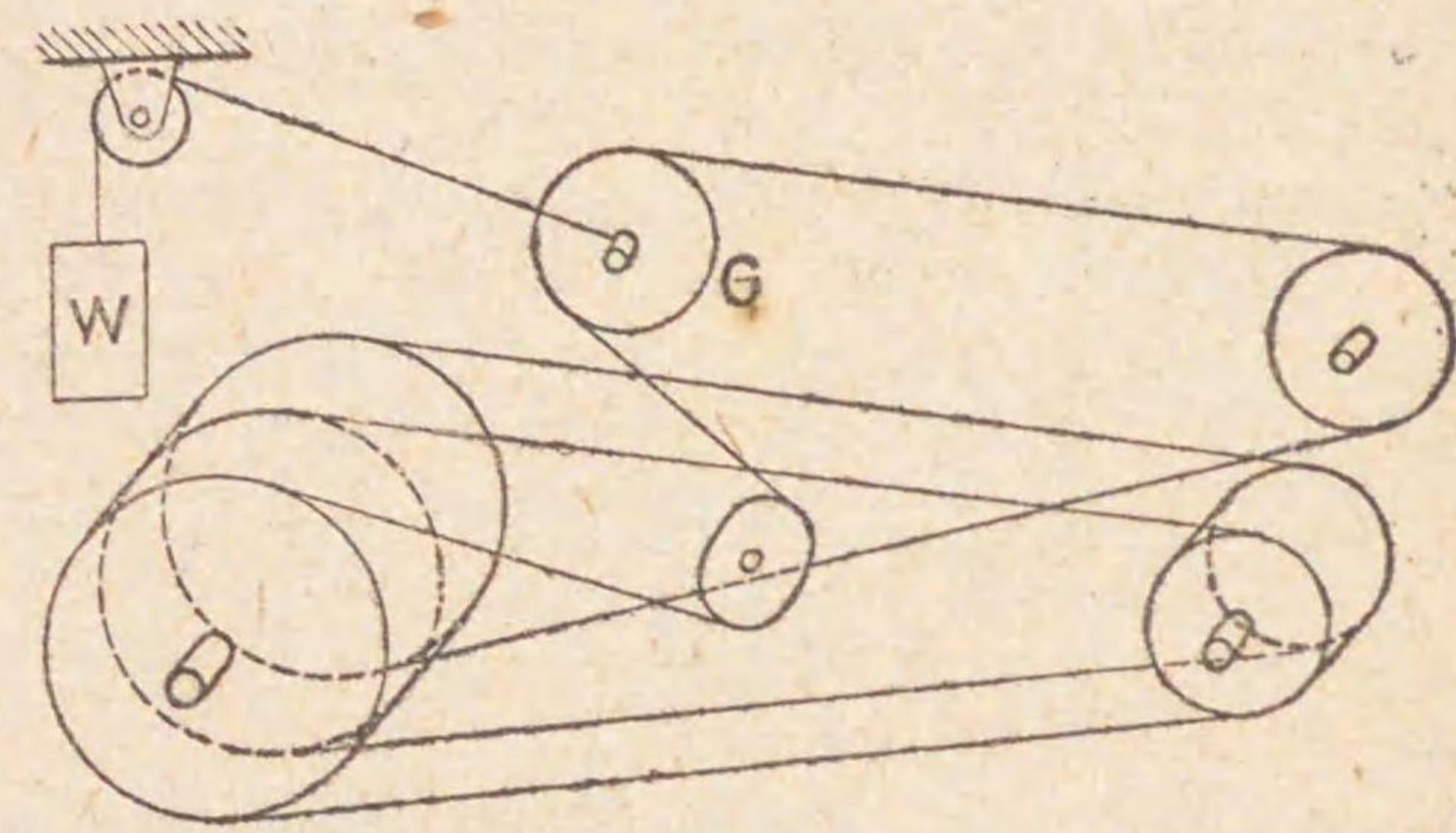
126 英國式及び米國式 主動車と從動車との間に調繩を卷掛ける方式に英國式と米國式との二つがある。英國式では第 239 圖に示すが如く調車に澤山の溝があつて之に一本一本別個の環狀をなせる繩を卷付くるのであるが米國式では第 240 圖に示すが如く全體が唯一本の長い繩で之を調車間に幾重にも卷付くるのである。英國式と米國式との長短

第 239 圖





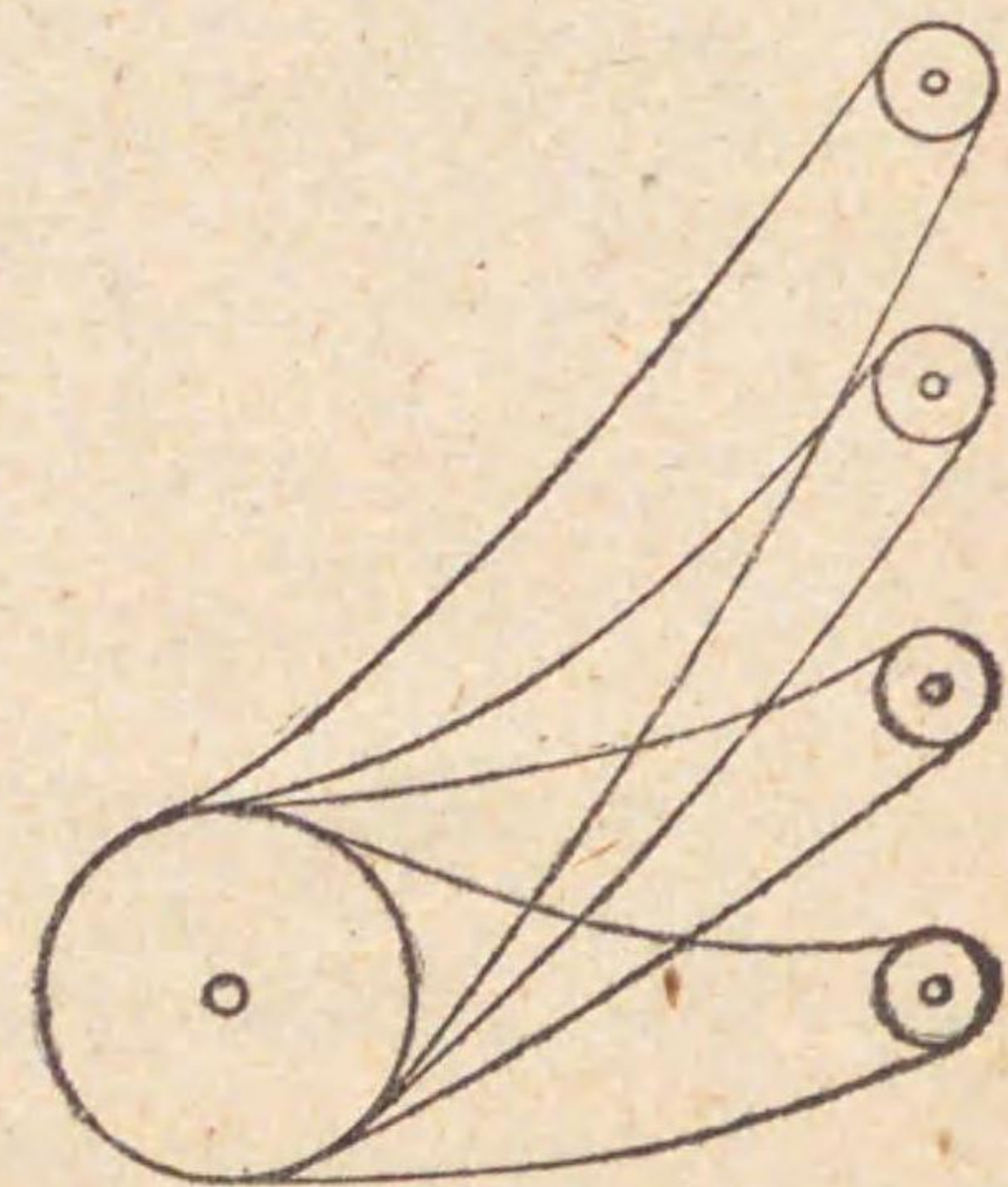
を比較すれば(イ)英國式では數多ある繩の内一本や二本切斷しても動力を傳へるには猶餘裕があるから其儘運轉することが出来るが米國式では一ヶ所でも繩が切れると全體が役をしなくなるから運轉を止めなければならぬ。(ロ)繩の縫目は兎角太くなり勝ちであるが此縫目が運轉中調車へ來ると衝動を受けて回轉が滑でなくなり爲めに繩が波を打つたり音を出したりするものである英國式では縫目の數が多いが米國式では唯一ヶ所しか縫目がない。(ハ)英國式では澤山の繩を一様に緊張することは困難であるから此等が均一に回轉力を負擔しないで幾分遊び勝ちのものが出来るのは止むを得ないが米國式では繩の一卷が負擔する回轉力が均一になる。(ニ)新しい繩は使ひ始めの時伸びて弛るみを生ずるもので之が餘り増えると英國式では一本一本の繩を切り縮めて縫ぎ直す必要があるが米國式では縫ぎ直すのは一ヶ所よりよから



第 240 圖

面倒が少く且つ少し許りの弛るみならば

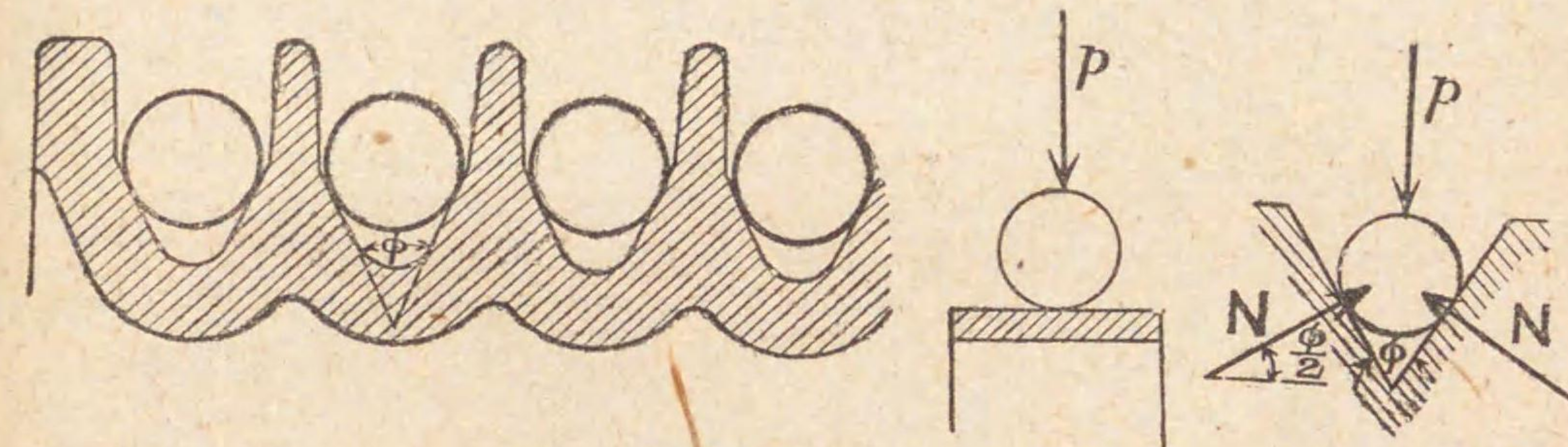
案内車 G を W によつて引寄せると主動車と從動車との間に生ずる弛みを吸取らせることが出来る。又此装置によつて W の重量 (又は力) を増減すれば最初張力を加減することも出来る。一個の主動車で數個の從動車を運轉するには調帶よりも調繩の方が都合がよい。英國式では



第 241 圖

第 241 圖に示す如く總ての繩は全部主動車に掛けるが從動車には其動力に應ずる丈の繩數をかける。米國式では第 240 圖に示すやうに從動車の動力に應じて繩の卷數を加減すればよい。

127 繩溝 動力を傳へる調車の周圍に穿つ溝の形は第 242 圖に示すが如きもので繩は  $\phi$  の角をなせる溝の兩斜面で當り溝底には觸れぬやうにしてある。其結果として繩は溝に喰込むから繩と調車との間の摩擦が増え従つて回轉力が增加する。



第 242 圖

第 243 圖

第 244 圖

調車に若し溝が無ければ第 243 圖に示すが如き状態となるから緊張側と弛緩側に於ける張力  $t_2, t_1$  の關係は第 117 章に與へた式と同様になるが第 244 圖の如き溝があると

$$p = 2 N \sin \frac{\phi}{2} \dots \dots \dots (1)$$

となるから調車面に起る垂直壓力は第 244 圖の場合に於ては第 243 圖に於ける場合よりも  $(1 \div \sin \frac{\phi}{2})$  即ち  $\text{cosec} \frac{\phi}{2}$  倍となるから従つて摩擦も  $\text{cosec} \frac{\phi}{2}$  倍となる。故に調帶に對する式中摩擦係數  $\mu$  の代りに  $\mu \text{cosec} \frac{\phi}{2}$  を置き換へると調繩に對する式になる即ち

$$\frac{t_2 - \frac{w}{g} v^2}{t_1 - \frac{w}{g} v^2} = e^{\mu (\text{cosec} \frac{\phi}{2}) \times \theta} \dots \dots \dots (2)$$

式中の記號は第 117 章で述べたのと同じである。 $\phi$  の角度は  $30^\circ$  乃至  $45^\circ$



にする此角は小い程摩擦が増えるから同じ  $t_2$  を以て大なる回轉力 ( $t_2 - t_1$ ) を出すことが出来る。 $\mu$  の値は麻繩は 0.15 木綿繩は 0.20 に取ればよい。調帯には相當な最初張力を與へる爲め緊張して調車に掛けないと調車は滑つて動力を傳へないが調繩は重いから調車に掛けるときにひどく弛るまして置いても重さで相當の最初張力が出来るから滑る虞れはない。但し兩車間の水平距離は少くとも 7m 位はないと重量が不足する。

第 244 圖で繩が溝へ喰込まんとすると溝の斜面に摩擦が起る。之を考慮に入れると式 (1), (2) は多少の變更を來す。即ち

$$p = 2N \sin \frac{\phi}{2} + 2\mu N \cos \frac{\phi}{2} \dots \dots \dots (3)$$

$$\frac{t_2 - \frac{w}{g}v^2}{t_1 - \frac{w}{g}v^2} = e^{\mu \times \frac{1}{\sin \frac{\phi}{2} + \mu \cos \frac{\phi}{2}} \times \theta} \dots \dots \dots (4)$$

式 (2), (4) を比べると式の右邊は式 (4) の方が小さいから同一の裝置で同一の動力を傳へるのに  $t_2$  の値は式 (4) で出した方が大きくなる (第 117 章参照) 故に設計するときには式

(2) で計算するよりも式 (4) を用ひる方が安全である。(例題参照)

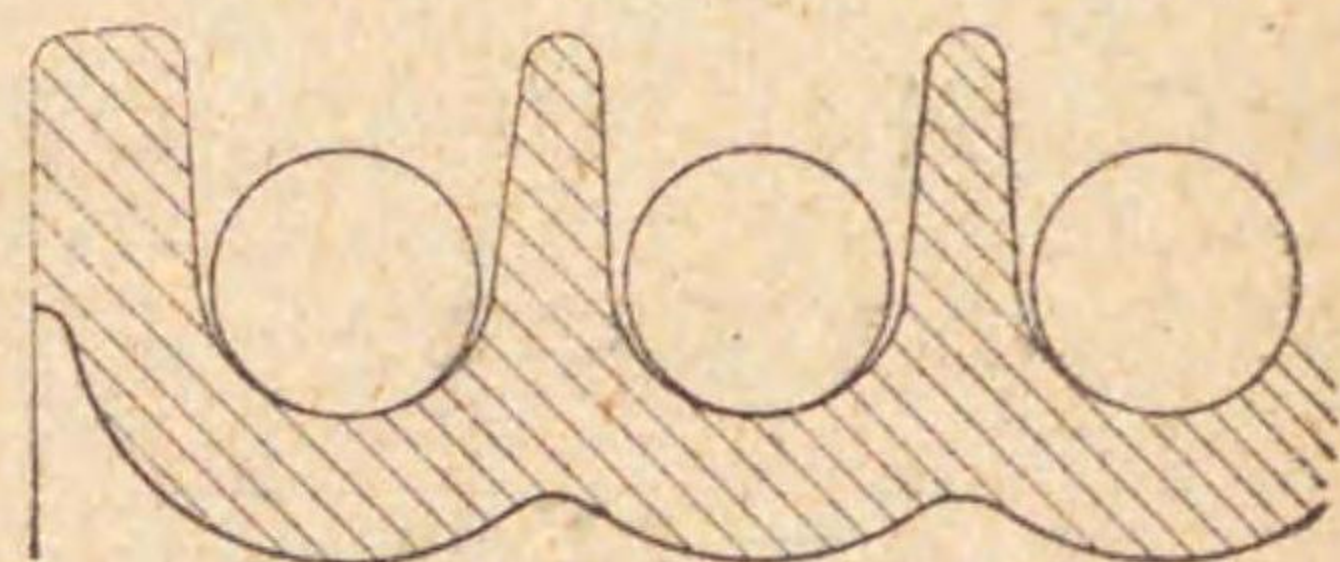
案内車では摩擦を増す必要がないか

ら繩は第 245 圖に示す如く溝底で觸るやうになつて居る。

(例題) 小車の直徑 1200 mm, 大車の直徑 2500 mm 其中心距離 9m にて小車が 1 分間 425 回轉にて 300 キロワットを安全に傳へるには木綿繩の太さ及び本数は幾干とすべきか。但し溝の角度は  $40^\circ$  とす。

以上の如き調車の配置で繩が少しも弛まぬものとするれば弧度法で計つた大車の  $\theta$  は 3.29 となり小車の  $\theta$  は 3.00 となる (第 114 章参照) 故に計算では小車の  $\theta$  をとるべきである。然し繩は事實に於て相當弛るむし且

第 245 圖



つ調車の中心距離が常に遠いから  $\theta$  はいつも二直角即ち  $\pi$  に等しとして計算して差支ない。茲では  $\theta = 3.00$  として計算を進めることにしやう扱て

$$\begin{aligned} \text{許容さるべき繩の最大直徑} &= \frac{\text{小車の直徑}}{30} \\ &= \frac{1200}{30} = 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

故に繩は直徑 35 mm のものを使用することとする。

$$t_2 = 11d^2 = 11 \times \left(\frac{35}{10}\right)^2 = 135 \text{ kg}$$

$$w = 0.07d^2 = 0.07 \times \left(\frac{35}{10}\right)^2 = 0.857 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} v &= 425 \times \pi \times \frac{1200}{1000} = 1602 \text{ m/分} \\ &= 26.7 \text{ m/秒} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{所要總回轉力} &= KW \times \frac{60}{V} \times \frac{1}{0.0098} \\ &= 300 \times \frac{1}{26.7 \times 0.0098} = 1146 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$(2) \dots \dots \frac{135 - \frac{0.857}{9.8} \times (26.7)^2}{t_1 - \frac{0.857}{9.8} \times (26.7)^2} = e^{0.2 \operatorname{cosec} 20^\circ \times 3.00}$$

$$\therefore t_1 = 74.9 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{繩一本の回轉力} &= t_2 - t_1 \\ &= 135 - 74.9 = 60.1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{繩の所要本數} = \frac{1146}{60.1} = 19.1 \text{ 本}$$

$$(4) \dots \dots \frac{135 - \frac{0.857}{9.8} \times (26.7)^2}{t_1 - \frac{0.857}{9.8} \times (26.7)^2} = e^{0.2 \times \frac{1}{\sin 20^\circ + 0.2 \cos 20^\circ} \times 3.00}$$

$$\therefore t_1 = 85.7 \text{ kg}$$



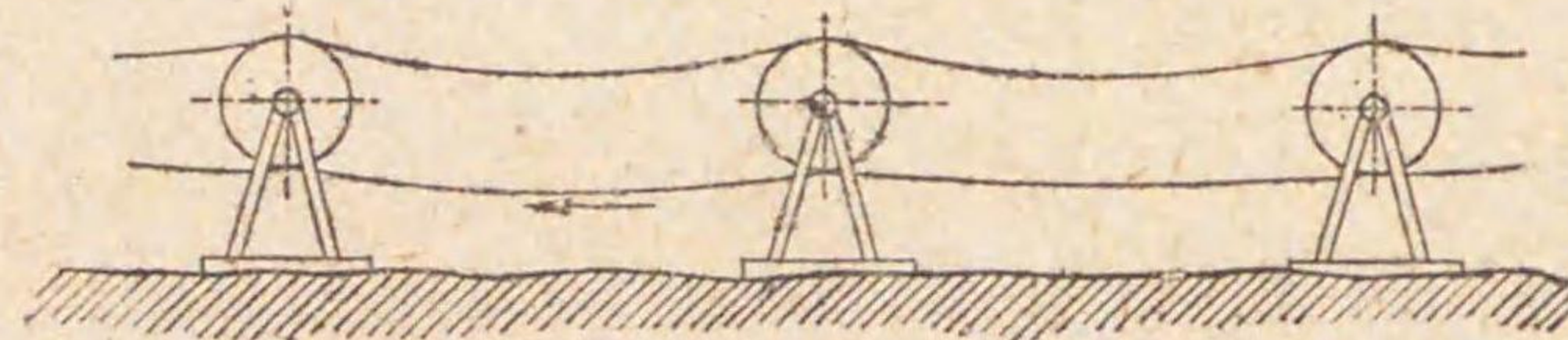
繩一本の回轉力 =  $135 - 85.7 = 49.3 \text{ kg}$

繩の所要本數 =  $\frac{1146}{49.3} = 23.2 \text{ 本}$

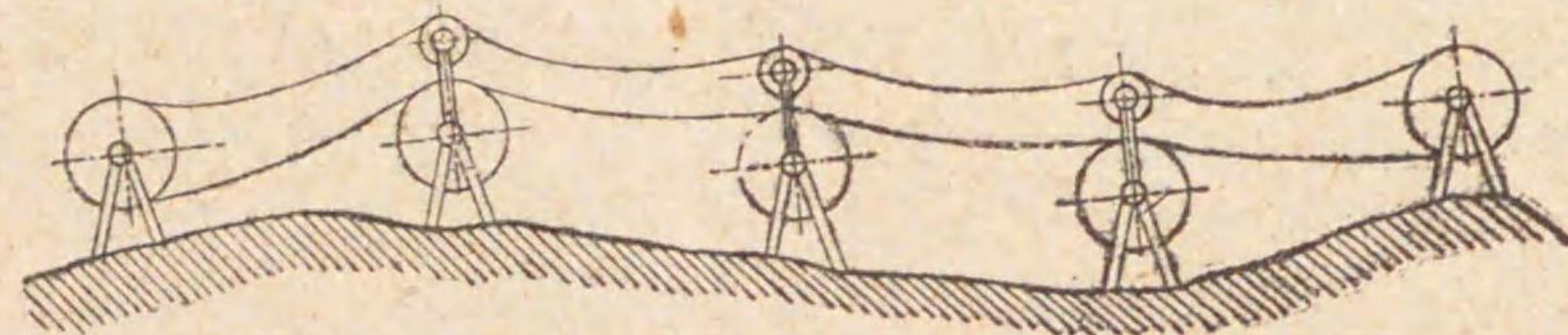
英國式に繩を掛けると回轉力を均一に負擔せぬから 2 本位の餘裕を見込んで直徑 35 mm の木綿繩を (2) 式の計算では 21 本、(4) 式の計算では 25 本使へばよい。此結果を見ても分る通り同じ装置で同一の動力を傳へるのに (4) 式の計算法に従へば繩の所要本數が多くなるから一層安全といふべきである。

128 針金繩傳動裝置 針金繩は長距離に動力を傳達するのによく使つたものであるが現今では電氣を使つた方が一層簡便であるから餘り使

第 246 圖



第 247 圖

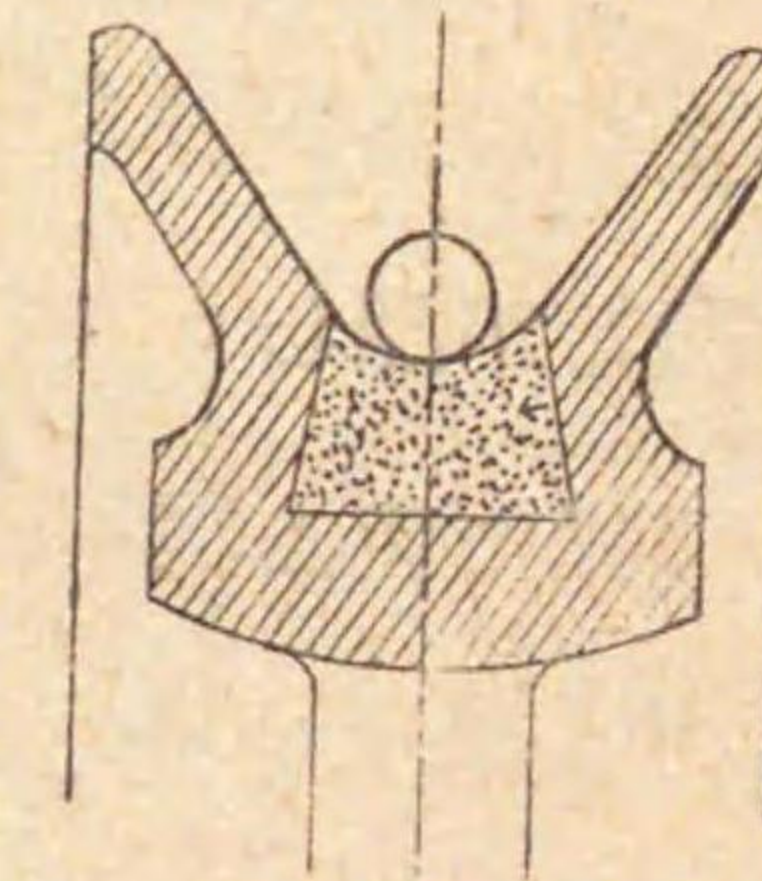


はれなくなつた。兩調車間の距離は 25 乃至 150 m 位である。兩調車間の距離が 150 m よりも遠いときは第 246 圖に示すが如く中間に媒介調車を設くるか又は第 247 圖に示す如く案内車を以て弛みを支へる。調車と調車との距離は調帶の場合に比べると非常に遠くて弛みが多いから針金繩は其間で直線と見做すことは出来ぬ。繩の弛む形は理論上垂曲線 (catenary) と稱する曲線となるが此曲線は計算が面倒であるから拋物線 (parabola) として取扱ふ。實地使用する位の繩の弛みでは垂曲線としても拋物線としても殆

んど差はない。

針金繩の強さは針金の材料の善惡、針金の直徑の大小、(針金は細きもの程 1 平方 cm 當りの張力強し) 針金の條數に依るものであるから繩の太さだけで其強さを直ちに推知することは出来ぬ。之は針金繩製造者の型録に依る外はない。又其屈撓性の程度は針金の材料、針金の太さ及び繩の太さに依るが之も型録に示してある數字に従ふが一番よい。(針金繩の屈撓性は之を卷掛けて差支なき調車直徑の最小限度で與へて居る) 針金繩に起る内力は動力傳達に基く張力と、調車に接觸して回轉運動をなすときに起る遠心力に基く張力と、調車に卷掛かれる部分を受くる彎曲作用との三原因に依つて起る。此内第三因による内力を成るべく小さくする爲め調車の直徑は大きくするがよい。普通 2 m 弱乃至 5.5 m 位にする。針金繩の調車にも周圍に繩溝をつけるが其形は第 127 章で述べたのとは異り針金繩は第 248 圖に示す如く溝底で調車に接觸するやうにしてある。若し第 242 圖に示す如く溝に喰込むやうにして置くと針金繩が直きに摩滅するからである。又溝底には革や木の如き物質を張つて針金繩の調車上に於ける滑りを防ぐと共に繩の摩滅を防ぐ用に供する。針金繩は常に 1 本で全動力を傳へるから調車に穿つ繩溝は一條でよい。

第 248 圖



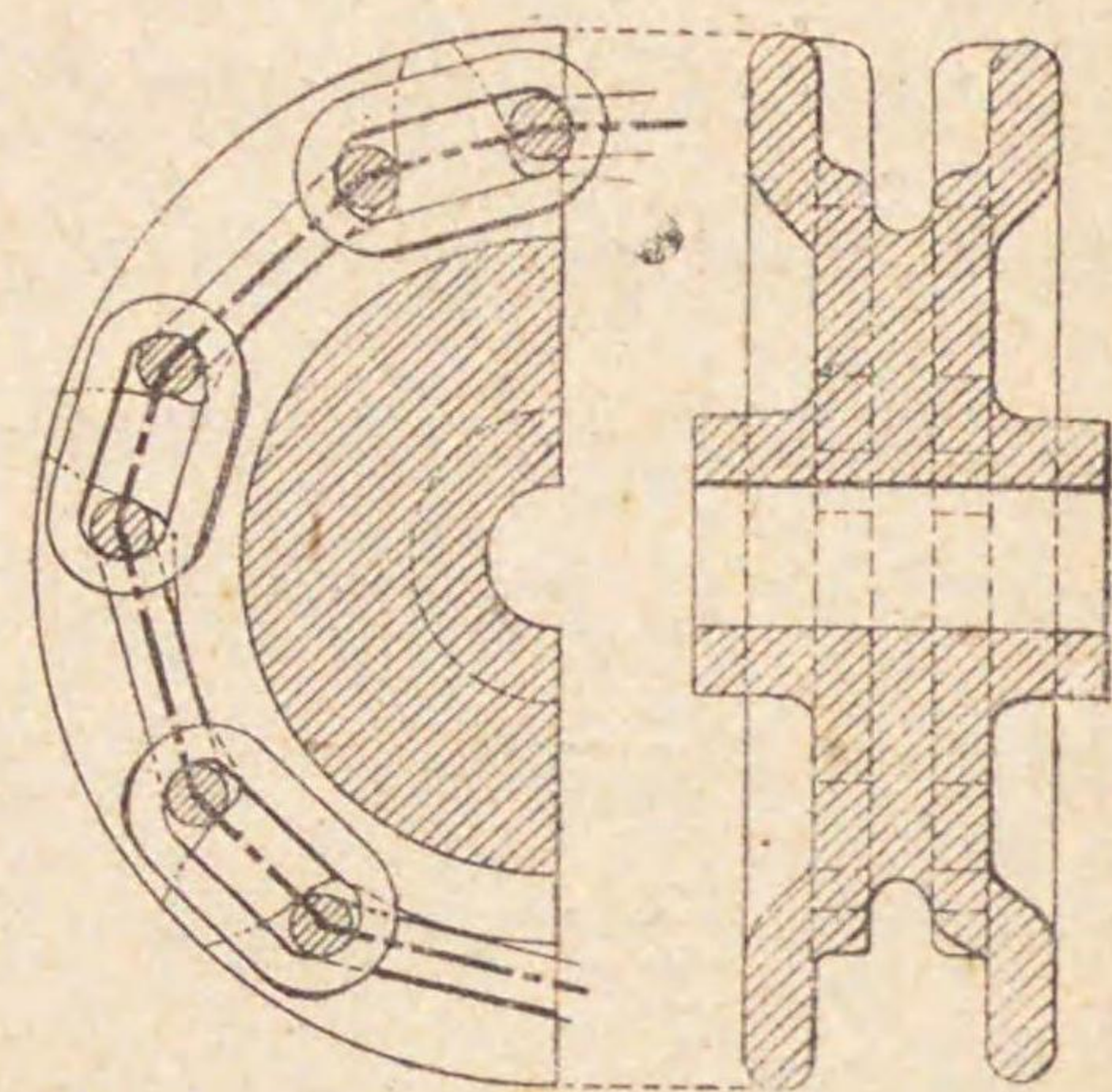
### (III) 調 鎖

129 調鎖傳動裝置 卷掛け媒介節の速度が比較的遅くて兩調車間に傳へる回轉力が大きいときや確實に滑りなしで運動を傳へる必要のあるときは調鎖を用ゐる。調鎖の形は第 249 圖に示す如き橢圓形の輪を繋いだも

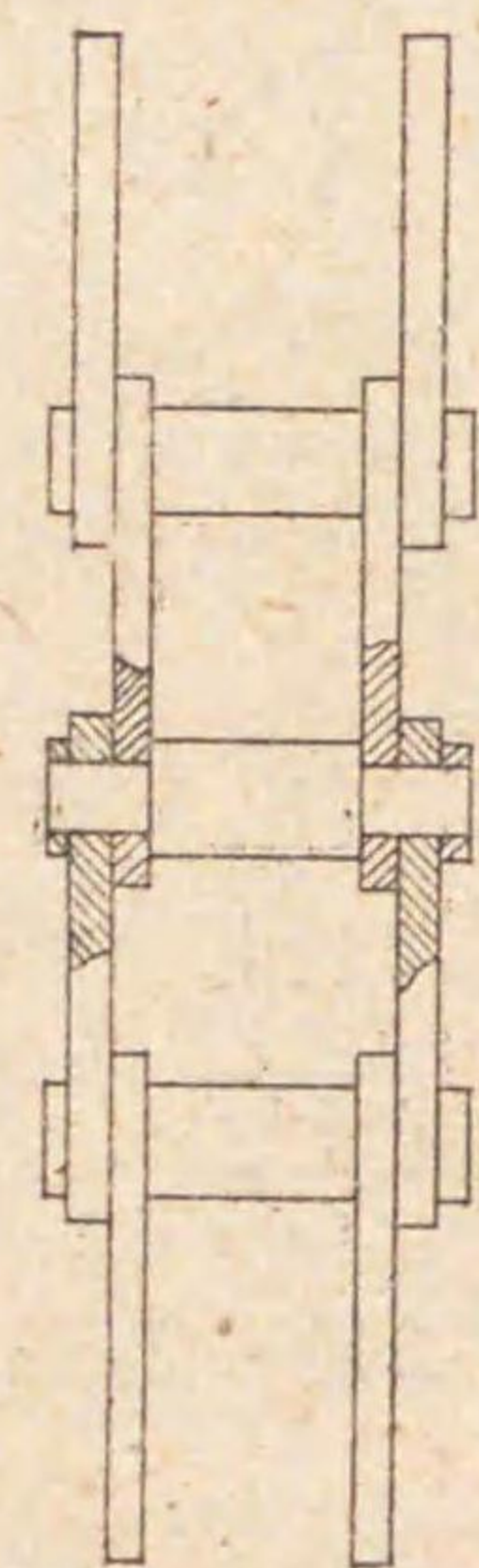


のものもあるし、第 250 圖に示す如きものもある。第 249 圖では調車の有効表面は鎖線で示した如く長邊と短邊とが一つ置きに並ぶ多角形となり第 250 圖では正多角形となる。何れにしても其有効表面が圓形でないから調車間の角速度比は間断なく周期的に變化する。但し其變化の度合は狭い範圍内で起るに過ぎぬから實際上さして差支がない。然し鎖の速度が早いときは之が爲めに發音が烈しくなる。

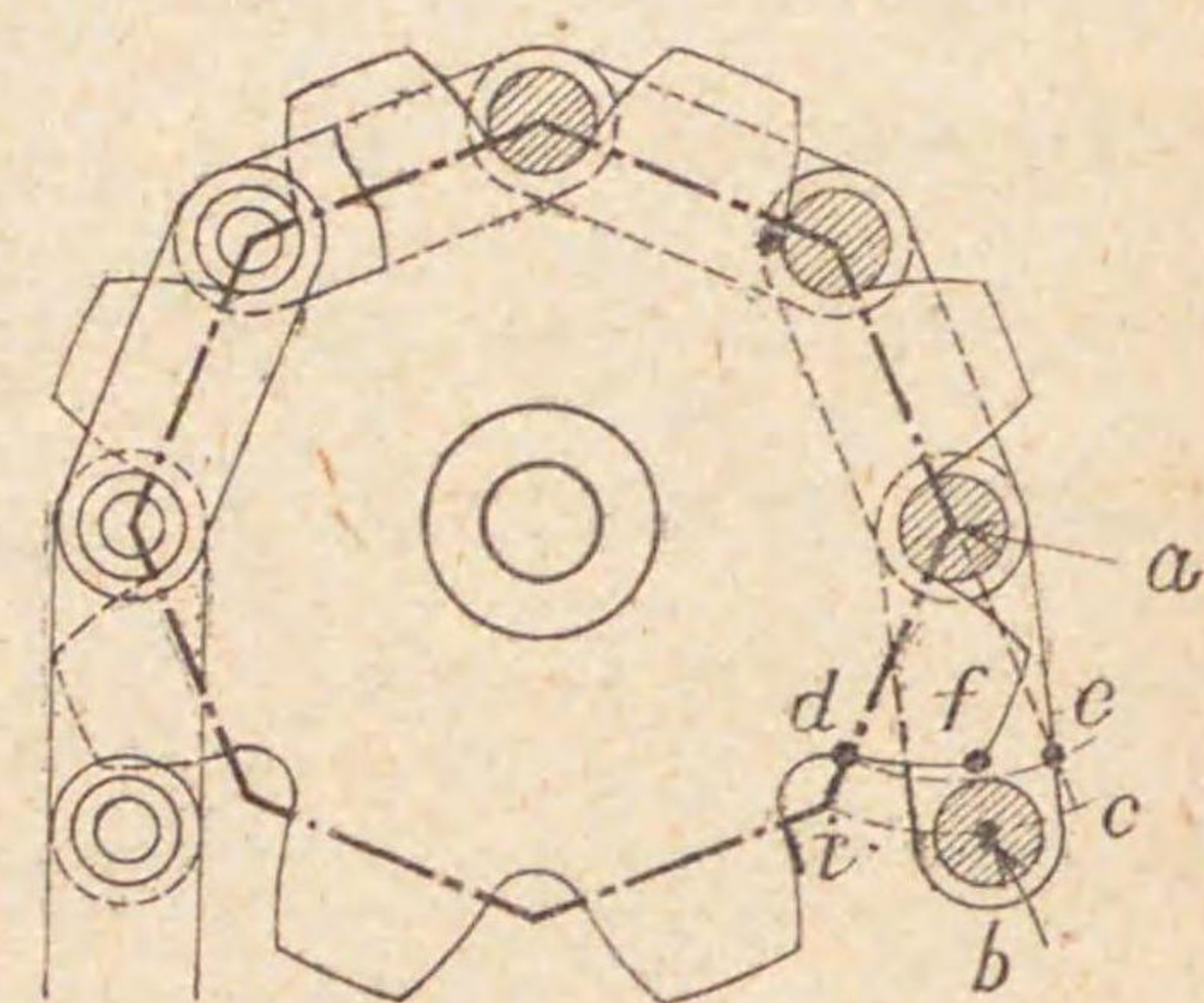
第 249 圖



調鎖に使ふ調車の表面には齒があつて鎖と嚙合ふから運動の傳へ方が確實である。此の如き調車を鎖齒車 (sprocket wheel) と名づける。鎖齒車の齒の形は第 250 圖に示すが



第 250 圖

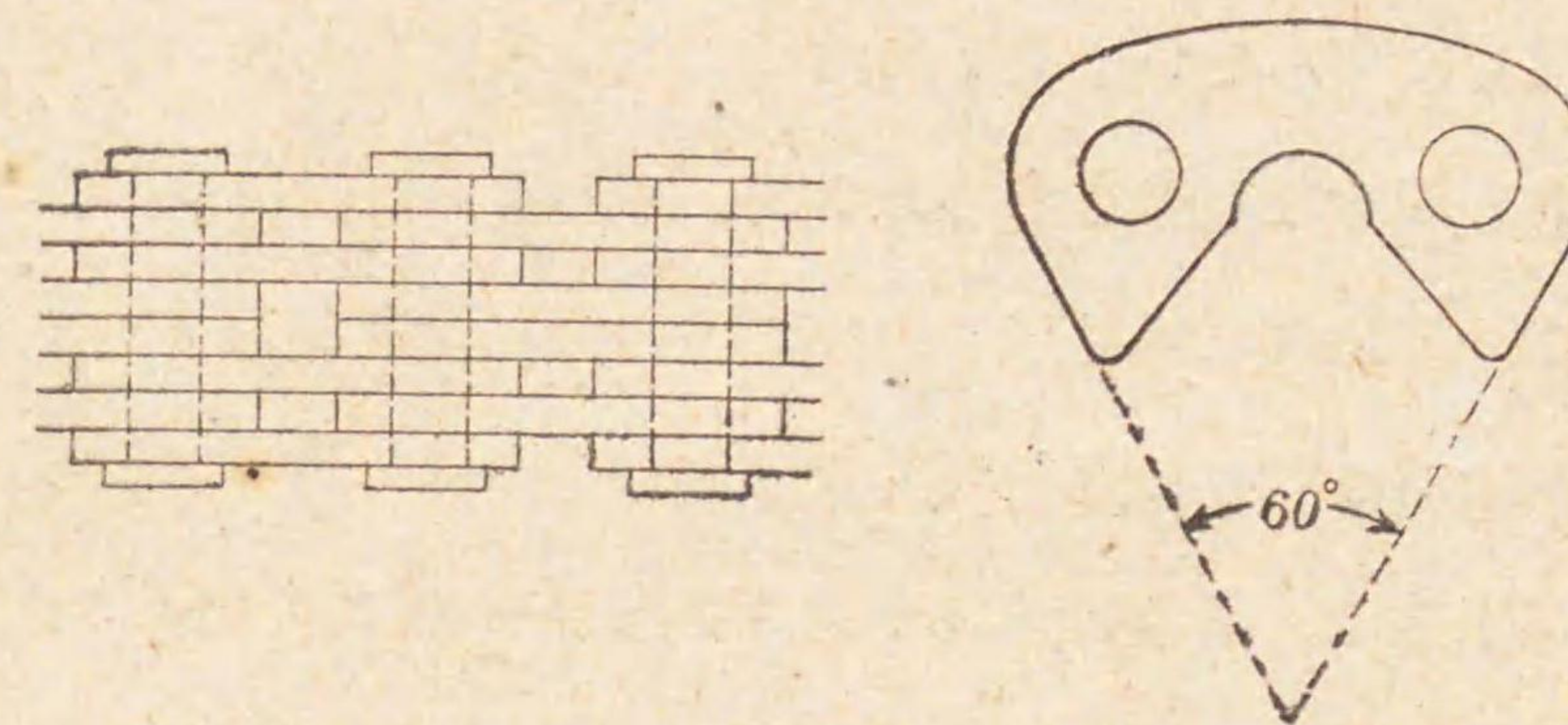


如く點  $a$  を圓心とする圓弧  $de$  で形成すべきである。何となれば鎖が車に巻掛かるとき點  $b$  は  $a$  を圓心とする圓弧  $ibe$  を畫き、ピン  $b$  の表面は鎖の一節の長さ  $ab$  よりピンの半徑を減じたる長さを半徑とする圓弧を畫くからである。實際ではピンが齒面と擦れぬやうにする爲め齒形は  $de$  よりも少しく内方なる  $df$  の形にするがよい。第 249 圖の鎖齒車の齒形も略同様な方法で形成せられて居る。

### 130 高速調鎖

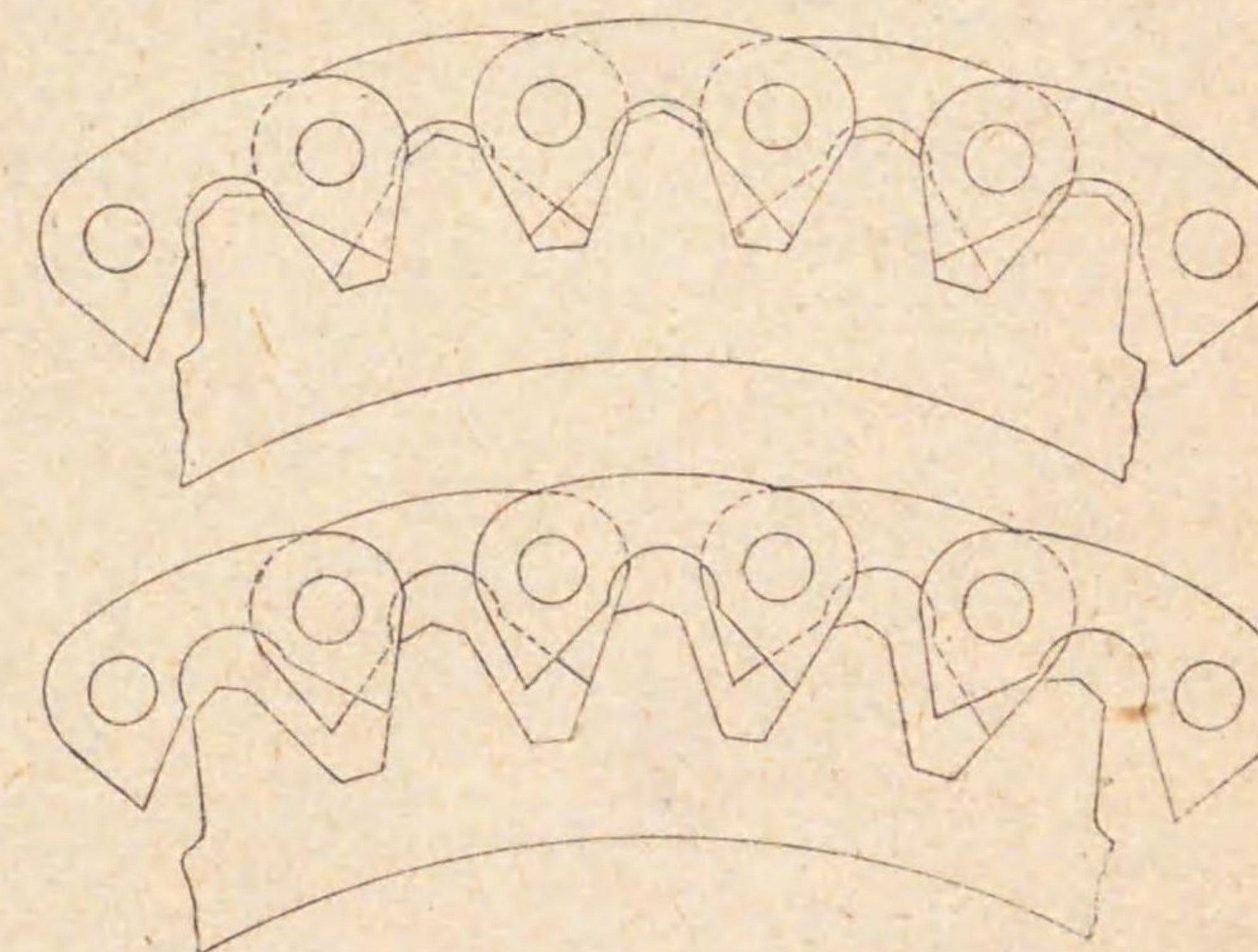
普通の調鎖では高速運轉が出来ぬのと、鎖が摩滅して一節の有効長さが伸びたとき鎖齒車とうまく嚙合はぬやうになることが缺點である。依つてレノルド氏 (Renold 又は Reynold と書く) は第

第 251 圖



251 圖に示せる如く犬の顔を前から見たやうな形の板を澤山ピンで織ぎ合せた調鎖を案出した。板の兩端は直線形で之が第 252 圖に示せる如く直線形の齒形と嚙合ふ。第 253 圖は鎖が摩滅したときの嚙

第 252 圖



第 253 圖

合を示すものである。鎖がピンの表面で摩滅して其 1 節の長さ即ちピンとピンとの中心距離が伸びても鎖は鎖齒車の齒先きに近い所で嚙合ふやうになり前よりも大徑を以て巻付くから嚙合はがたがたしない。

### 131 フュージー

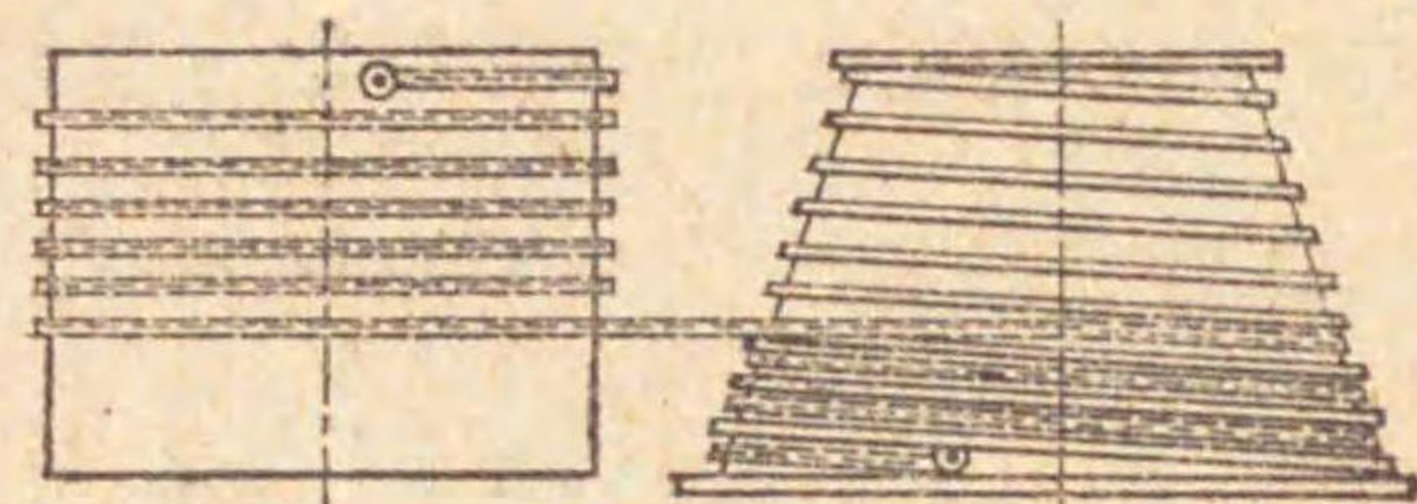
第 254 圖は昔時時計仕掛けに使つたもので、ぜんまいは圓錐形の調車軸に取付け時計の齒車列は圓錐形の調車軸に連結し



である。ぜんまいが戻るに従つて繩  
又は鎖は圓錐形調車より解けて圓錐  
形調車に巻付くやうにしてあるから  
ぜんまいの歪みエネルギーで時計が

廻される。然るにぜんまいは戻るに従つて力が弱くなり従つて時計の齒車  
列を廻らす力も弱くなるべき筈であるが、ぜんまいの力が弱り繩又は鎖の  
張力が減ると反比例に圓錐形の半径が増すから圓錐形調車軸の受くる廻  
轉モーメントは略ぼ均一に保たれ従つて齒車列の齒に傳へる廻轉力を均一  
に保つことが出来る。此圓錐形調車をフュージー (fusee) と稱へる。

第 254 圖



## 第七編

## リンク仕掛

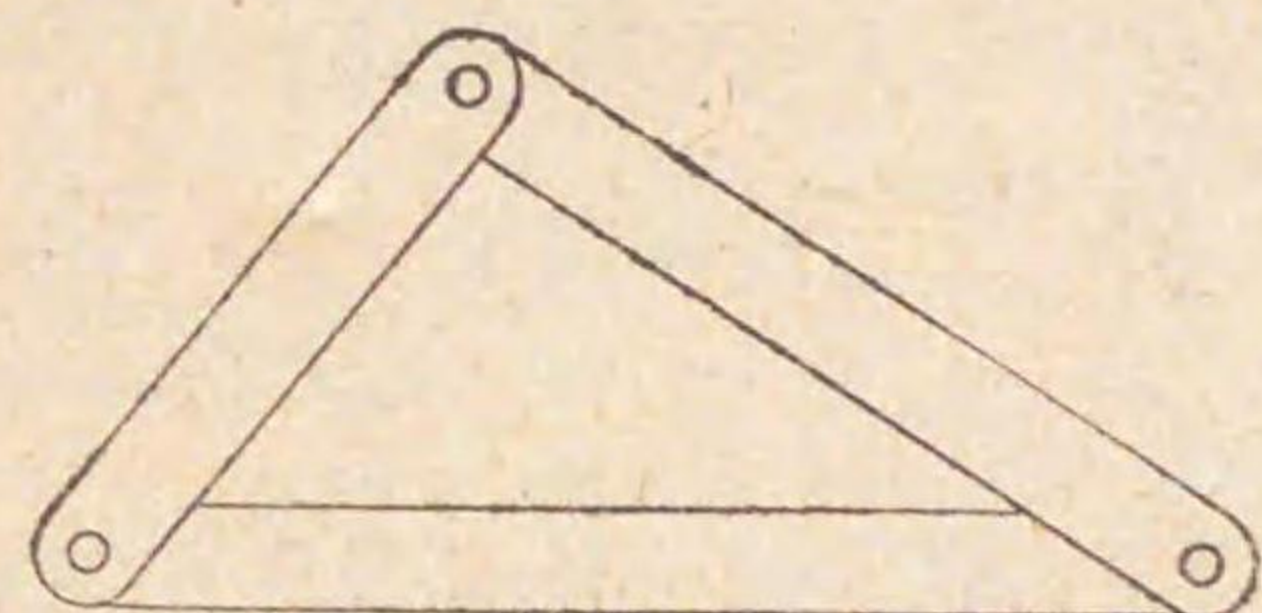
132 リンク仕掛 リンク仕掛 (linkwork) とは多くは比較的長い棒  
を組合せて出来て居る一種の機構で棒と棒とは多くはピンで連結せられて  
居るが (即ち廻り對偶であるが) 往々滑り對偶であることもある。此機構  
ではピン其他の摩擦部の大きさが棒の長さとは比べると多くは甚だ小さいから滑  
りの分量も従つて少く動力の摩擦損失が少い。且つ傳へる力の割合に全體  
の構造が輕快になる。リンク仕掛の運動は他の機構の運動と比べると多く  
は甚だ複雑して居るから所要運動を爲すべきリンク仕掛の構造を一般解法  
から編み出すといふことは殆んど不能である。唯リンク仕掛の構造が與へ  
られた場合に其の運動状態が如何様になるかを研究するより外に致し方は  
ない。

リンク仕掛を構成する棒の中で固定節の廻りに回轉運動をするものをク  
ランク (crank) といひ、固定節の廻りに往復角運動をするものを槌 (lever)  
と名づける。槌の往復する角範囲は 360 度を超えることは殆んどない。

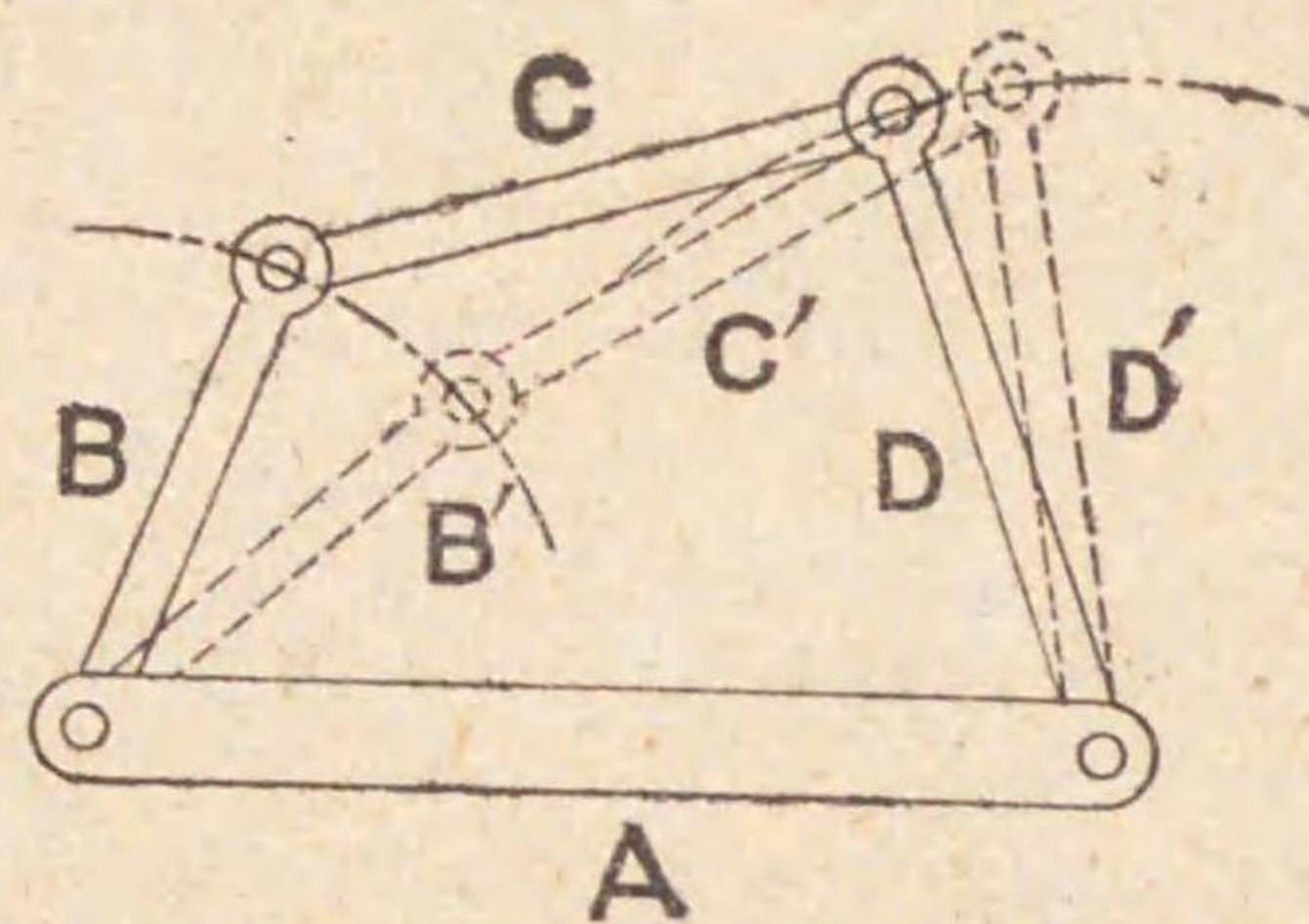
133 四つ棒回轉連鎖 廻り對偶のみで成立して居る連鎖では節の  
數は四個が最小限である。節の數が三個であるときは第 255 圖に示す如く  
各節は隣節と廻り對偶をして居ても各節の間には關係運動が起り得ないか  
ら (棒が曲るか又は折れない以上三角形は變形し得ない) 構造物 (第 2 章參  
照) となつて連鎖たるの資格が消滅するからである。節の數が第 256 圖に  
示す如く四個であるときは各節の間に關係運動が成立するのみならず四個  
の内一節 A が固定せる場合に他の一節 B が B' の新位置へ來ると残り



第 255 圖



第 256 圖

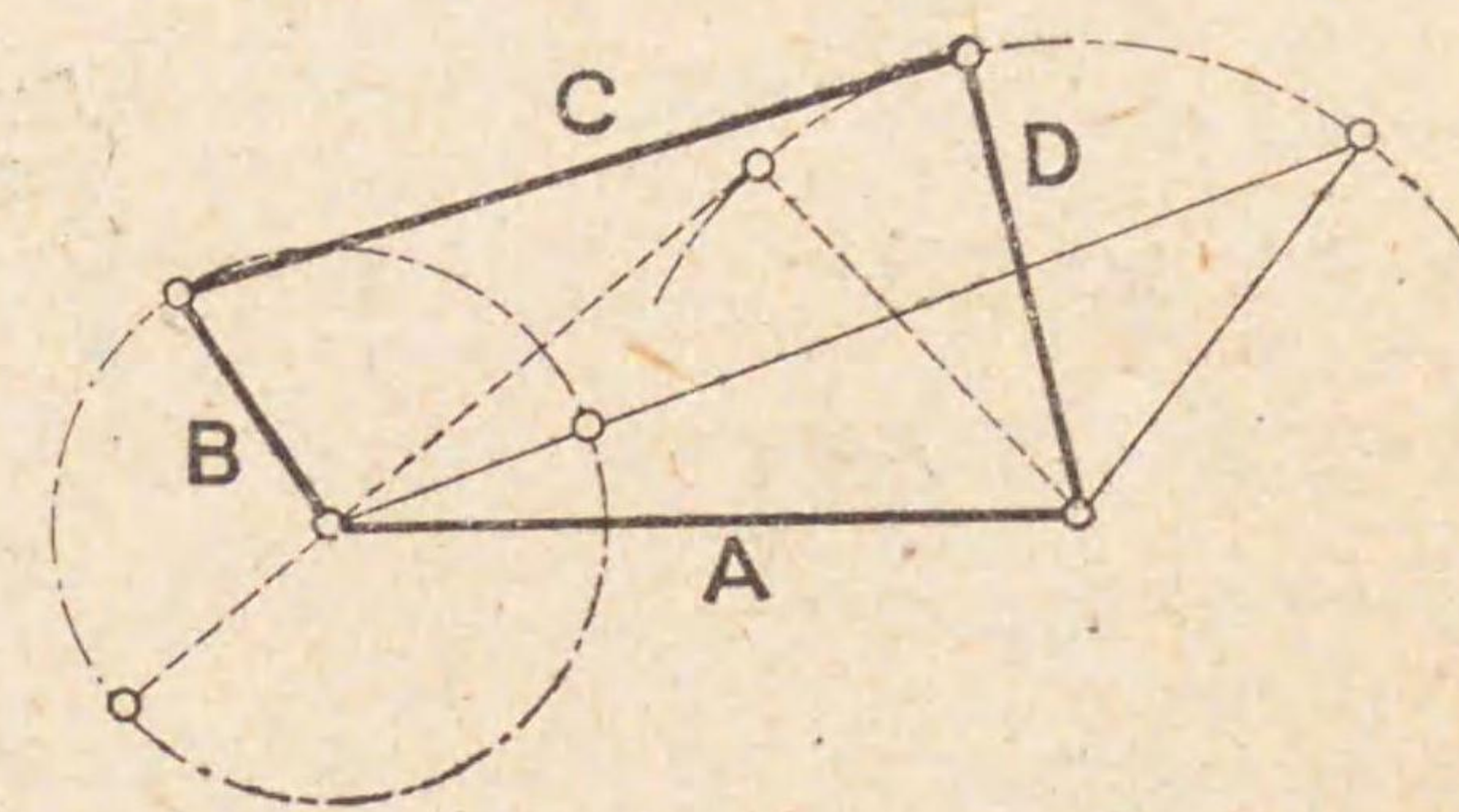


の節 C 及び D の新位置は點線で示した C' 及び D' の位置より外へは動き得ない。故に第 256 圖に示す如く廻り對偶を爲す 4 本の單節で成立して居る連鎖は限定連鎖である。此連鎖は機構學上頗る重要なもので特に四つ棒廻轉連鎖 (quadric crank chain) と名づける。又節の数が 5 個 (又は 5 個以上) の時は第 4 章で説明した通り複節を用ゐなければ限定連鎖にはなり得ない。故に廻り對偶を爲す單節のみで成立する限定連鎖は四つ棒廻轉連鎖以外には存在しないことが知れる。

134 連鎖の交替 第 4 章の終りで述べた如く限定連鎖中の 1 節を固定すると機構となり、又同一の限定連鎖でも固定すべき節を變へると別種の機構が出来る。斯くの如き方法で種々の機構を編み出すことを連鎖の交替 (inversion of chain) と名づける。以下數章に亘つて四つ棒廻轉連鎖に交替を施して如何なる機構が得られるかを研究して見やう。

135 挺クラックの機構 第 257 圖に示す如く四つ棒廻轉連鎖 A B C D の節 A を固定した場合に節 B は回轉運動をなしてクラックとなり、節 D は往復角運動をなして挺となるときは之を挺クラックの機構 (lever-crank mechanism) と名づけ四つ棒廻轉連鎖の第一交替である。節 D が往復角運動をする兩極端位置は節 B と節 C とが一直線上に来る場合と (細線で示した位置) 之が相重なる場合 (點線の位置) とである。四つ棒

第 257 圖



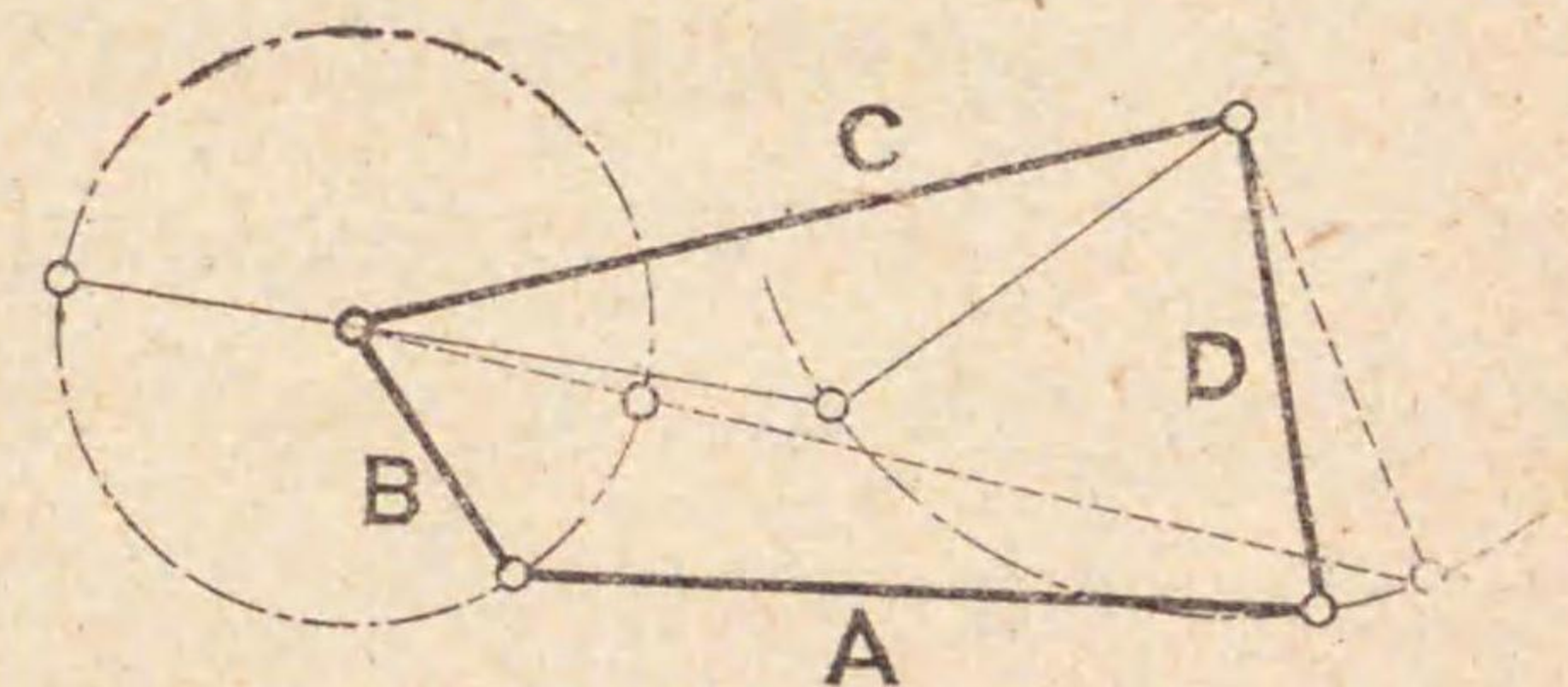
A, B, C, D の長さをそれぞれ  $a, b, c, d$  とすると挺クラックの機構を成立せしむる爲めに  $a, b, c, d$  の間には次の關係が成立せねばならぬ。

$$a + d > b + c \dots \dots \dots (1)$$

$$(c - b) + d > a \dots \dots \dots (2)$$

(1) の關係は細線で示した三角形から出来るし (2) の關係は點線の三角形から出来る。

第 258 圖



第二の交替として A の對邊なる節 C を固定すると矢張り挺クラックの機構が出来る。何となれば C を固定した場合に挺クラック機構とな

るの條件は第 258 圖の點線及び細線の三角形より

$$a + b < c + d \dots \dots \dots (3)$$

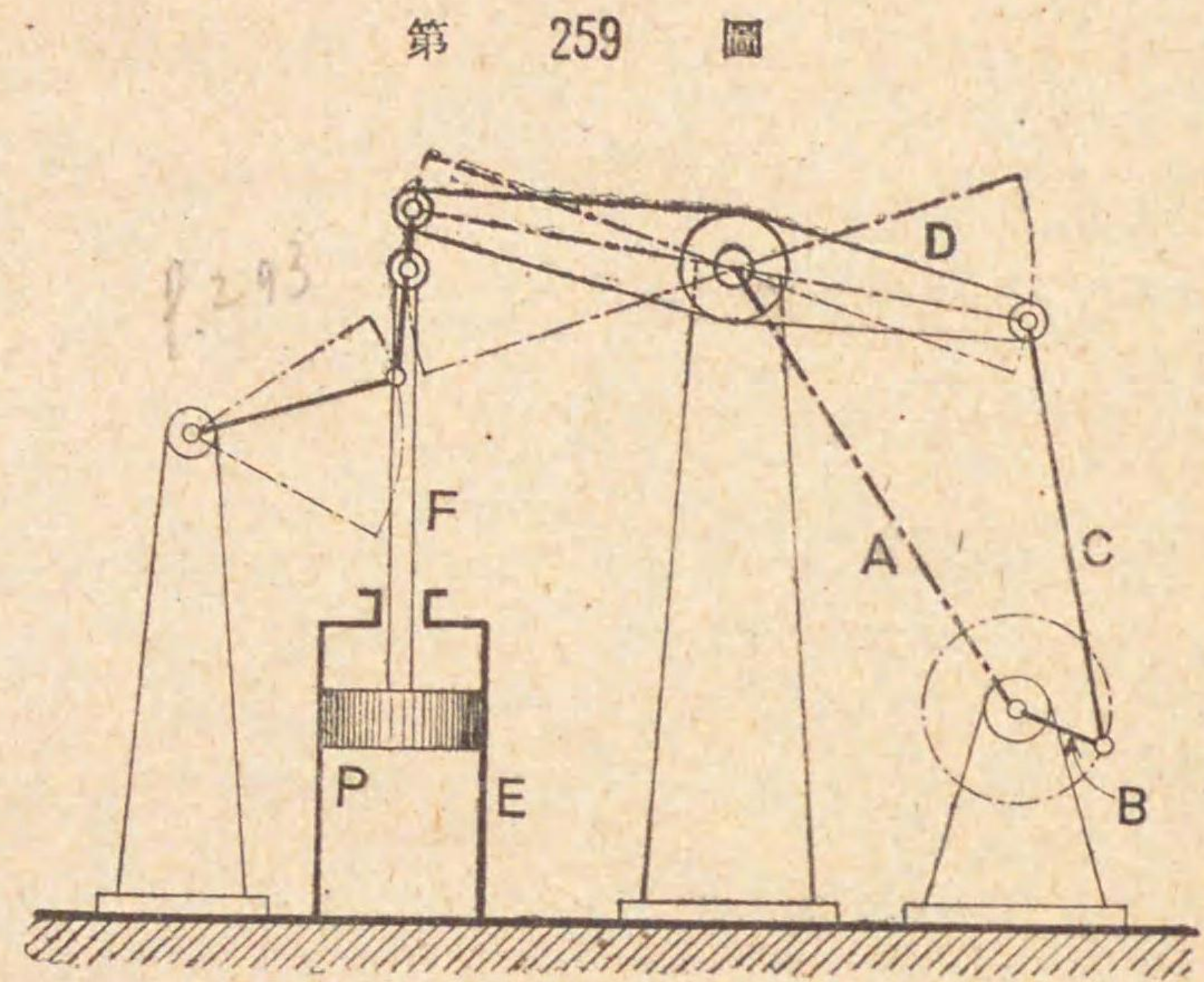
$$(a - b) + d > c \dots \dots \dots (4)$$

であるが (3) の關係は (2) の關係を書き直すと出来るし、又 (4) の關係も (1) の關係を書き直すと出来るからである。故に A を固定節として挺クラックの機構が出来るなら A の對邊なる C を固定節としても必ず挺クラックの機構が出来ねばならぬ。

挺クラック機構の應用で最も著名なのはジェームス、ワット時代の蒸汽機關即ち第 259 圖に示す如き天秤機關 (beam engine) の機構である。E は



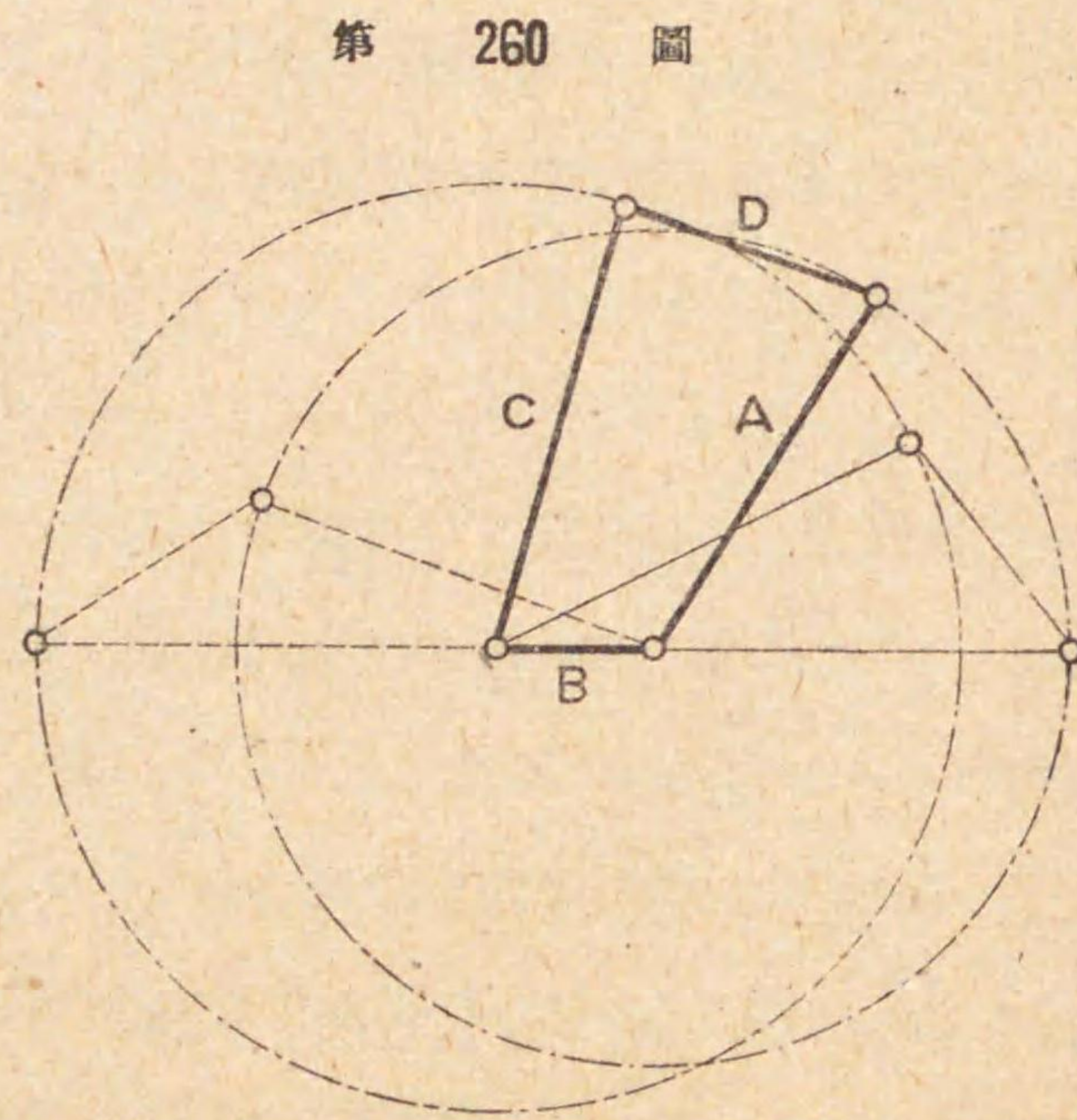
シリンダーで之に蒸  
汽を入れるとピスト  
ン P に上下運動を  
起す。之がピストン  
ロッド F によつて  
挺 D に往復角運動  
を與へる。D の往  
復角運動は更に C  
によつてクランク B



に回轉運動を與へる。鎖線で示した A は第 257 圖の A に相當し A, B, C, D は挺クランクの機構となる。A の實際の形は必ずしも鎖線で示した直線でなくともよい。第 259 圖では A の實際の形は 2 個の軸受臺と地球の一部とで成立して居る。然し機構學の眼で見ると二個の軸受臺や地球の一部は A の鎖線と同價値のものである。斯くの如く固定節なる機脚は往々異様の形狀を爲すこと

が多い。

136 二組クランクの機構 第 256 圖の最短節 B を固定すると節 A と節 C が回轉運動を爲し、第 260 圖に示す如く双方ともクランクとなるから之を二組クランクの機構 (double crank



mechanism) と名づける。又引リンクの機構 (drag link mechanism) とも呼ぶ。二組クランクたるの條件は細線及び點線の三角形から

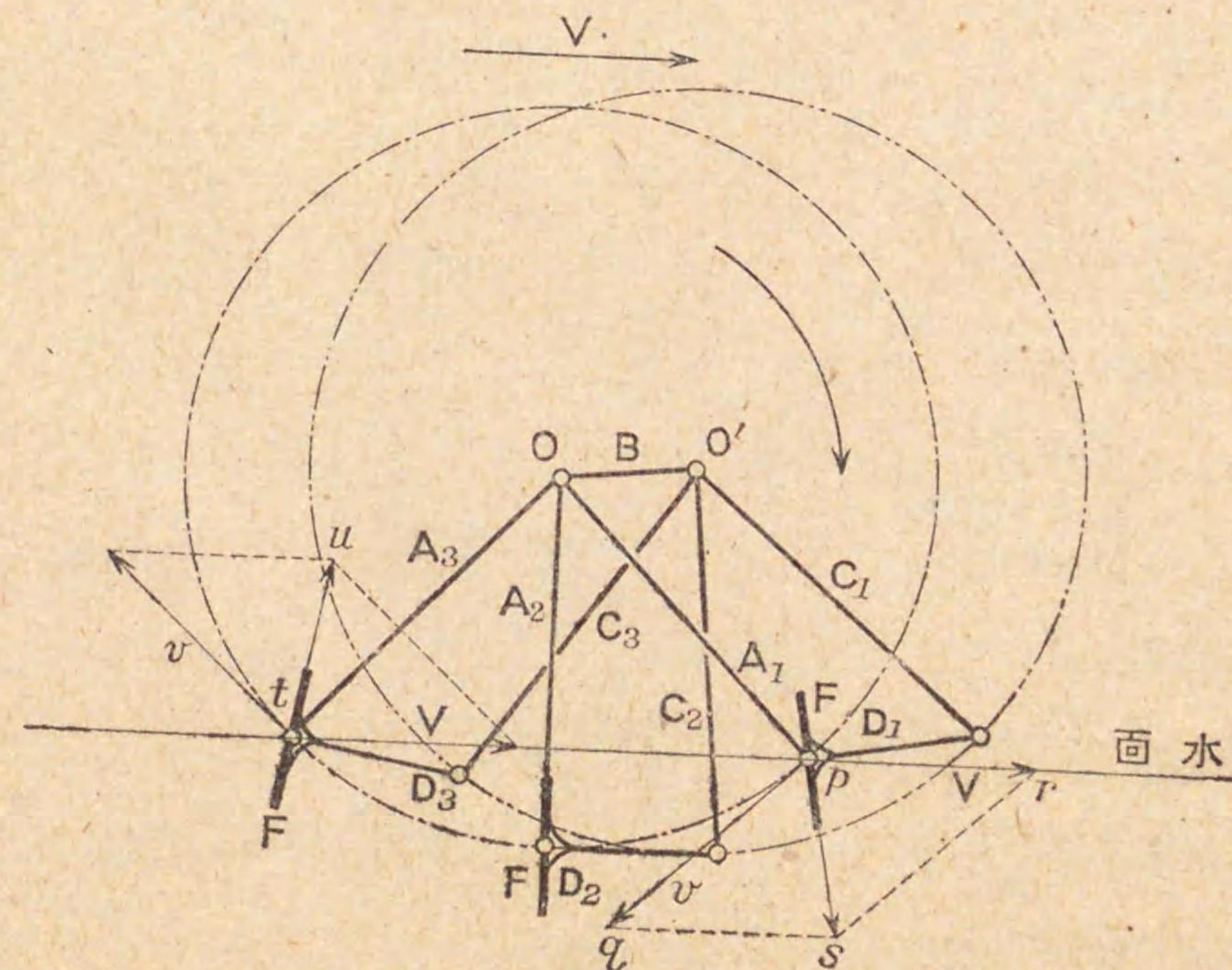
$$a+b < c+d \dots \dots \dots (5)$$

$$b+c < a+d \dots \dots \dots (6)$$

となるが此等の條件は第 135 章の (2) 及び (1) の條件と同一であるから A を固定した場合に挺クランクの機構が出来るなら之に交替を施して A の隣節なる最小邊 B を固定節とせば必ず二組クランクの機構が出来ることが分る。(式(5),(6)より直ちに  $b < d$  の關係が成立する)

二組クランクの機構は河川などを航行する小蒸汽船の水掻車 (paddle wheel) の水掻き (loat) を動かすのに使はれたことがある。水掻きは平な板であるが水へ這入り込む時や水から出る時は恰も刀物で物に切り込むやうに板幅の方向に動かなければ良くない。然らざれば水へ這入り込む時は板の平面で水をたゞきつけ、水から出るときは水を弾ね上げ動力の損失とな

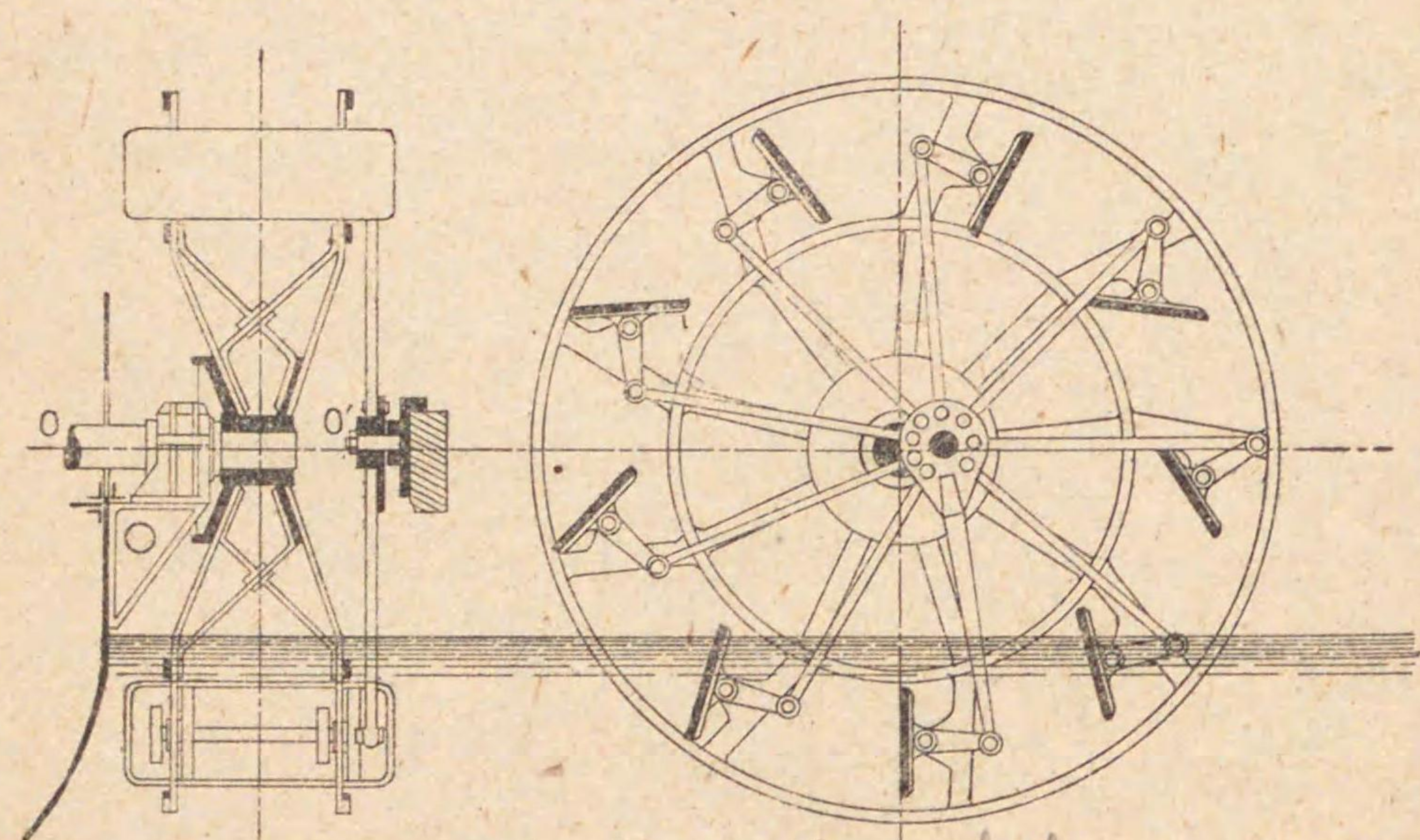
第 261 圖





るのみならず船の動揺を起す原因になる。依つてモルガン氏は二組クランクの機構を應用し上記の要件を充たす水掻車を發明した。之を**モルガン式搖動水掻車** (Morgan's feathering paddle wheel) と名づける。第 261 圖及び第 262 圖は即ちそれである。第 261 圖の F は水掻きで之は O を車軸とする車周に取付けてある。今車周は矢の方向に  $v$  の圓周速度を以て廻り船は  $V$  の速度で進むものとする。水掻きは水に這入り込むときは船體に對しては車周に接線方向に  $v$  即ち  $pq$  の關係速度を持ち、船自身は地球又は河水に對し  $V$  即ち  $pr$  の速度を持つから水掻きは水に對しては對角線  $ps$  の關係速度を持つことになる。故に (1) の位置では水掻きは  $ps$  の方向に向くやうにすべきである。同様の理で水掻きが水から出るとき即ち (3) の位置では水掻きは矢張り對角線  $tu$  の方向に向けるべきである。又水掻きが最低位置即ち (2) の位置へ來たときは水平に動くから水掻きは垂直になるがよい。水掻きの向は其背後に固着してある棒 D で動かす。D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> は同一物が唯位置を變じただけであるから勿論其長さが同一であるが

第 262 圖



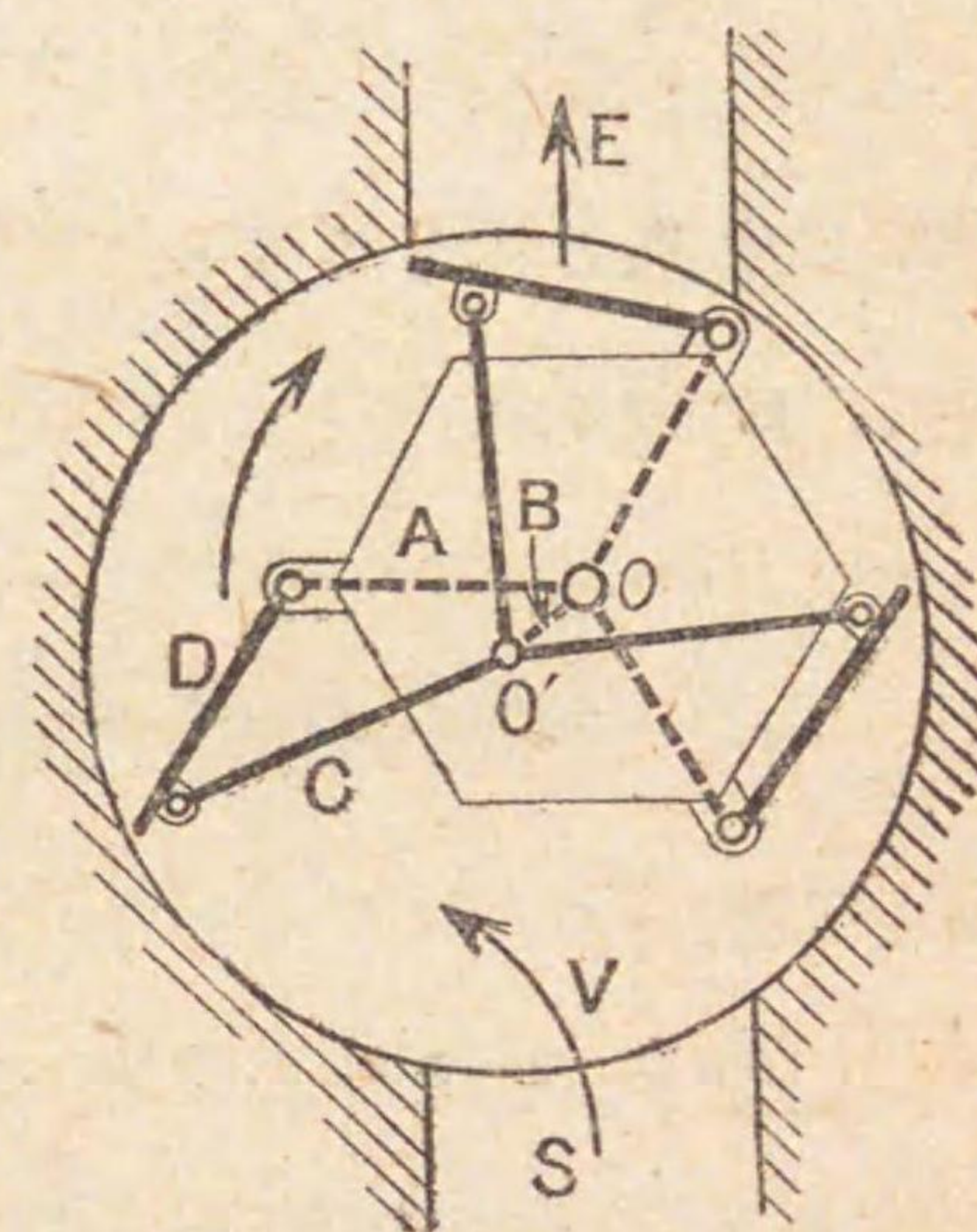
Morgan's feathering paddle wheel

其右端を通る圓の圓心  $O'$  を見出し  $O'$  點と總ての D 棒の後端とを連結すると船體の一部なる  $OO'$  が第 260 圖の B 節となり船體と車の半径と棒 D, C によつて二組クランクの機構が出来る。第 262 圖はモルガン式搖動水掻車の構造を示す圖である。

第 263 圖は二組クランクの機構を通氣機械に應用したものである。機械

は圓壩形に穿つた孔の内へ据付け孔の兩端には平な蓋がしてある。六角胴の軸  $O$  は一方の蓋を貫いて動力で矢の方向に廻はされ他方の蓋にはピン  $O'$  がつけてある。六角胴には圓壩孔と同じ長さの板 D の幅の一端が蝶番ひで取付けてあり板幅の他端は棒 C で  $O'$  と連結して居るそして  $O'$  は圓壩の中心にあるが  $O$  は少し偏よつて居り且つ  $O, O'$  は何れも

第 263 圖



固定軸であるから之を結ぶ直線を B とすると B は固定節となり、六角胴の半径を A とすると A, B, C, D は二組クランクの機構になる。今此機械が矢の方向に廻ると容積  $V$  の空氣は行く行く吸込口 S と連絡を絶たれ吐出口 E に近づくに従ひ容積が小さくなり遂に E へ押し出される。

137 二組挺の機構 四ツ棒回轉連鎖の最後の交替として第 256 圖の節 D を固定すると二組挺の機構 (double-lever mechanism) が出来る。之は第 264 圖に示す如く節 A 及び節 C が細線及び點線で示した兩極端位置の範圍内で往復角運動をするものである。細線と點線の三角形から四つ棒の長さの條件が出来るが之は第 135 章で述べた (1), (2) の條件と同一であるから節 A を固定して挺クランクとなる連鎖は之に交替を施して節 D



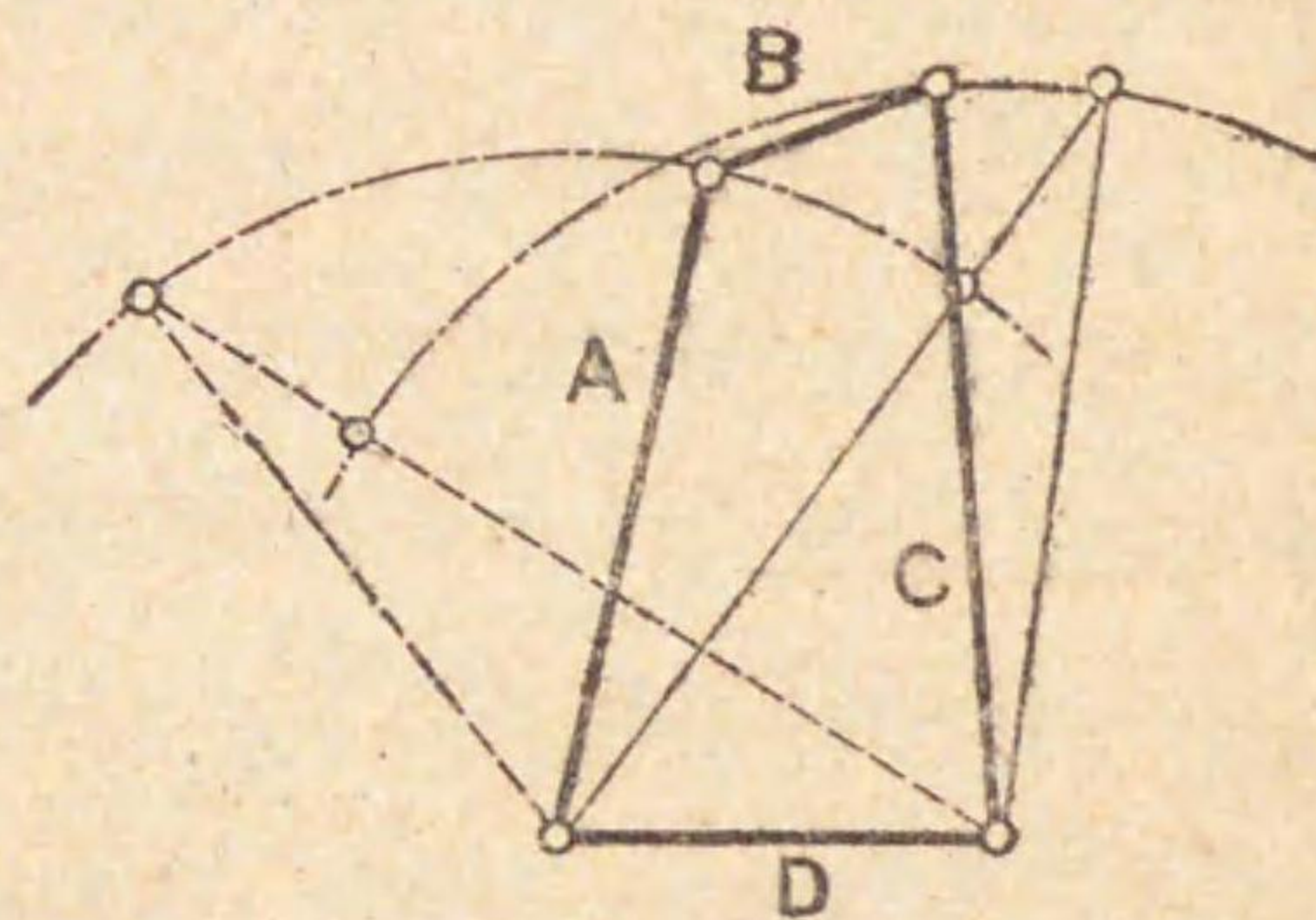
を固定せば必ず二組挺の機構になることが知れる。此機構は餘り應用されて居ない。

以上述べ來つた如く四つ棒回轉連鎖の交替によつて四種の機構が出来る筈であるが内二種は同種のものとなるから結局三種の異つた機構が出来ることが分る。

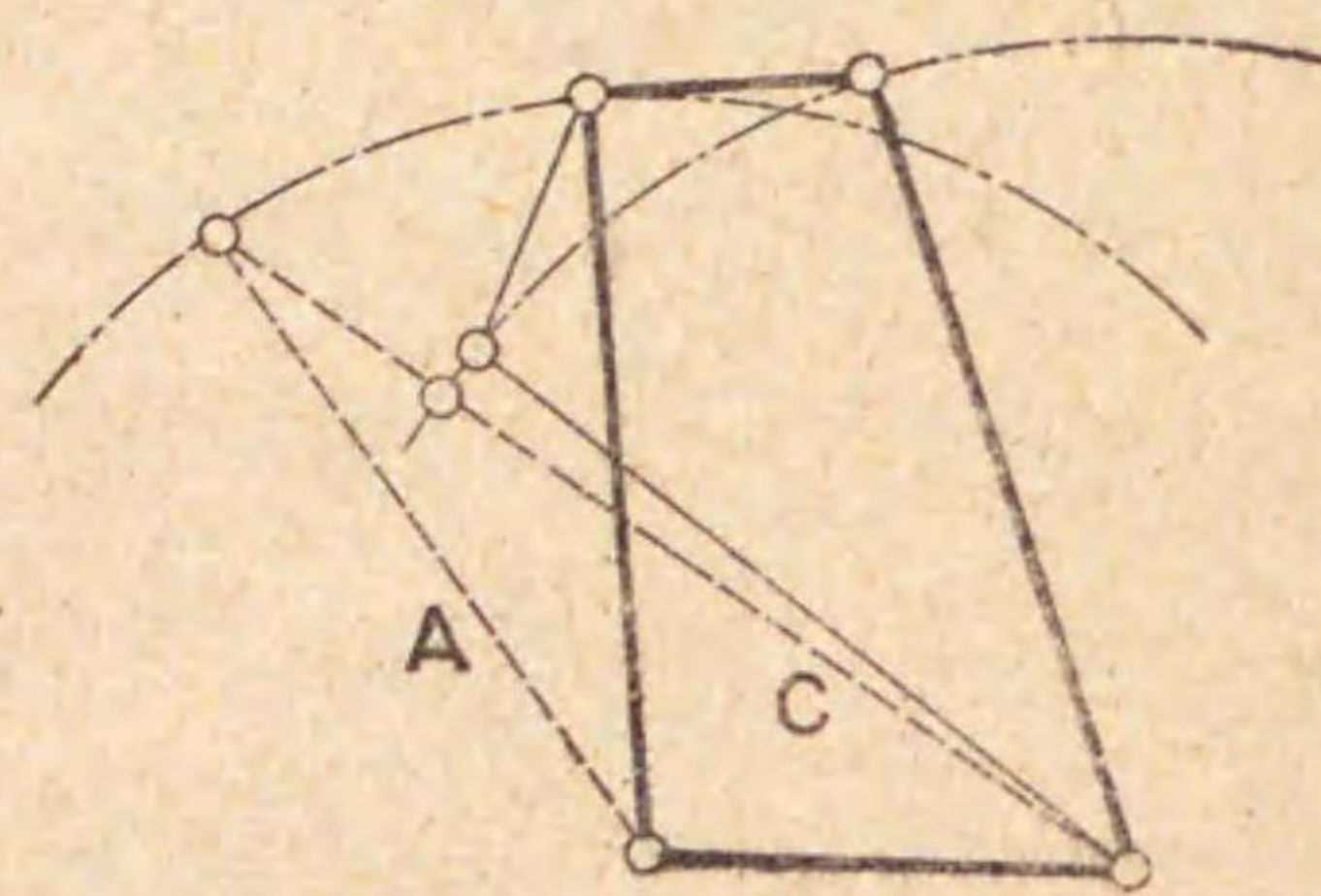
138 <sup>オヒワケ</sup>機構の追分點及び死點 或種の機構では運轉中特別の位置へ來ると主動節の動き方は一定して居ても從動節は二様に動き得ることがある。例へば第 265 圖の二組挺機構が點線で示した位置に於ては主動節 A が少し動いて太線で畫いた位置へ來ると從動節 C は太線の位置へ動くことも出来るし、又細線の位置をとることも出来る。斯くの如き位置を機構の追分點 (change point) と名づける。追分點では機構の運動制限が不充分になるのである。

或種の機構では運轉中特別の位置へ來ると主動節に力を加へても從動節を動かし得ないことがある。例へば第 257 圖に示せる挺クランクの機構で D を主動節とし機構が細線又は點線で示した位置へ來ると D に如何なる力を加へても從動節なる B には回轉運動を與へることは出来ぬ。斯くの如き位置を機構の死點 (dead point or dead centre) と名づける。死點は多く追分點で起るものである。例へば第 257 圖で機構が死點へ來たとき主動

第 264 圖



第 265 圖



節 D が少し動くとき從動節 B は時計の針と同方向にも亦反対方向にも動き得るから死點たると同時に追分點である。然れども追分點は常に必ずしも同時に死點でないことは第 265 圖の例で知ることが出来る。

139 四つ棒回轉連鎖の應用 四つ棒回轉連鎖の應用は第 135 章以來其場合場合に説明したが猶興味ある應用の二三を次に述べやう。

並行運動並に直線運動機構 之は後編で別に説明することにしよう。

倍力装置 小さい力を加へて大きい力を出させるリンク仕掛けを倍力装置 (toggle joint) と名づける (齒車などを應用したものは倍力装置と稱せず) 倍力装置にも色々があるが茲では四つ棒回轉連鎖で出来て居る倍力装置を述べやう。

第 12 圖及び第 13 圖は四つ棒回轉連鎖であるが D を固定節とすると節 A, B の角速度の比は第 7 章で述べた如く

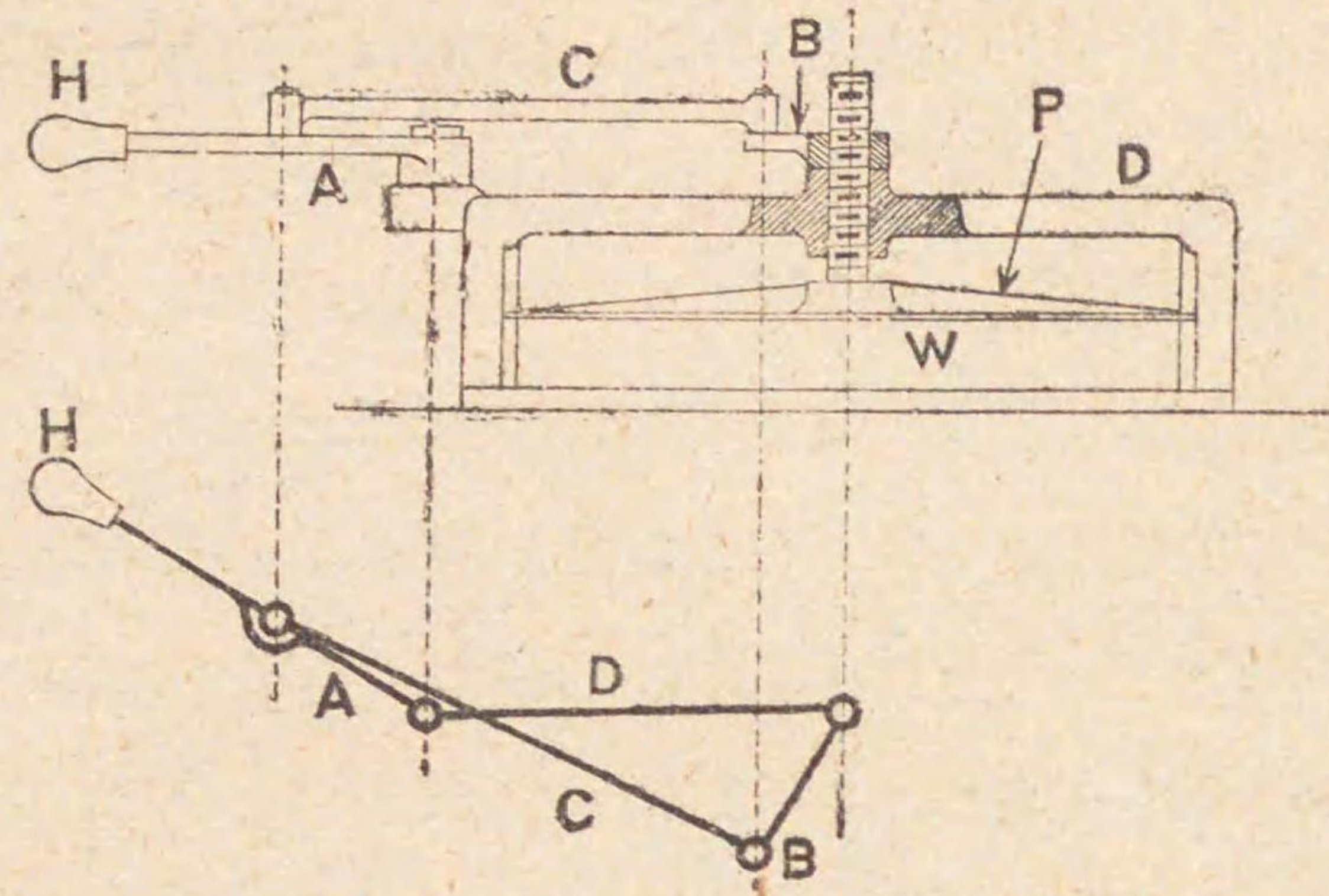
$$\frac{\omega_a}{\omega_b} = \frac{O_b i}{O_a i}$$

となる。今若し (第 13 圖で) 節 A と節 C が略ぼ一直線上に來るか、又は (第 12 圖で) A と C とが略相重なる位置へ來ると i 點は  $O_a$  點に近づき  $O_a i$  が非常に短くなるから前記方程式を見ると  $\frac{\omega_a}{\omega_b}$  の比が非常に大きくなり節 A が大なる角運動をしても節 B は極めて僅小なる角運動しかしないことになる。故に節 A に小さい回轉力を加へると節 B に大い回轉力を出させることが出来る。

第 266 圖は倍力装置を應用せる手動壓搾機 (hand press) を示し壓搾せんとする品物は W の場所に入れ板 P で押付くるのである。P の背部にある棒にねじが切つてあるから B 節を廻すと P が押下げられる。(B とねじ棒の間には滑リキー (feather key) が入れてある) D が機胴で A, B, C, D は四つ棒回轉連鎖になつて居るから圖に示す如く節 A, C が略ぼ相重なる



第 266 圖



位置では節 A の先端にある柄 H に小さい力を加へると節 B には大なる回轉力が加はり P は大なる力で押下げられることになる。

第 267 圖も倍力装置應用の一例で之は手動剪斷機 (shearing machine) で

ある。柄 H を押下げると C がつばつ

て節 B の右端を押下げ W の場所に

品物を入れると之を鋏み切るのでは

ある。D は機胴で鎖線で示した A, C,

B, D は四ツ棒回轉連鎖を形成し品物

を鋏み切る頃には節 A, C が略ぼ一

直線上に来るやうにしてあるから其時は B に大なる回轉力が加はり堅い

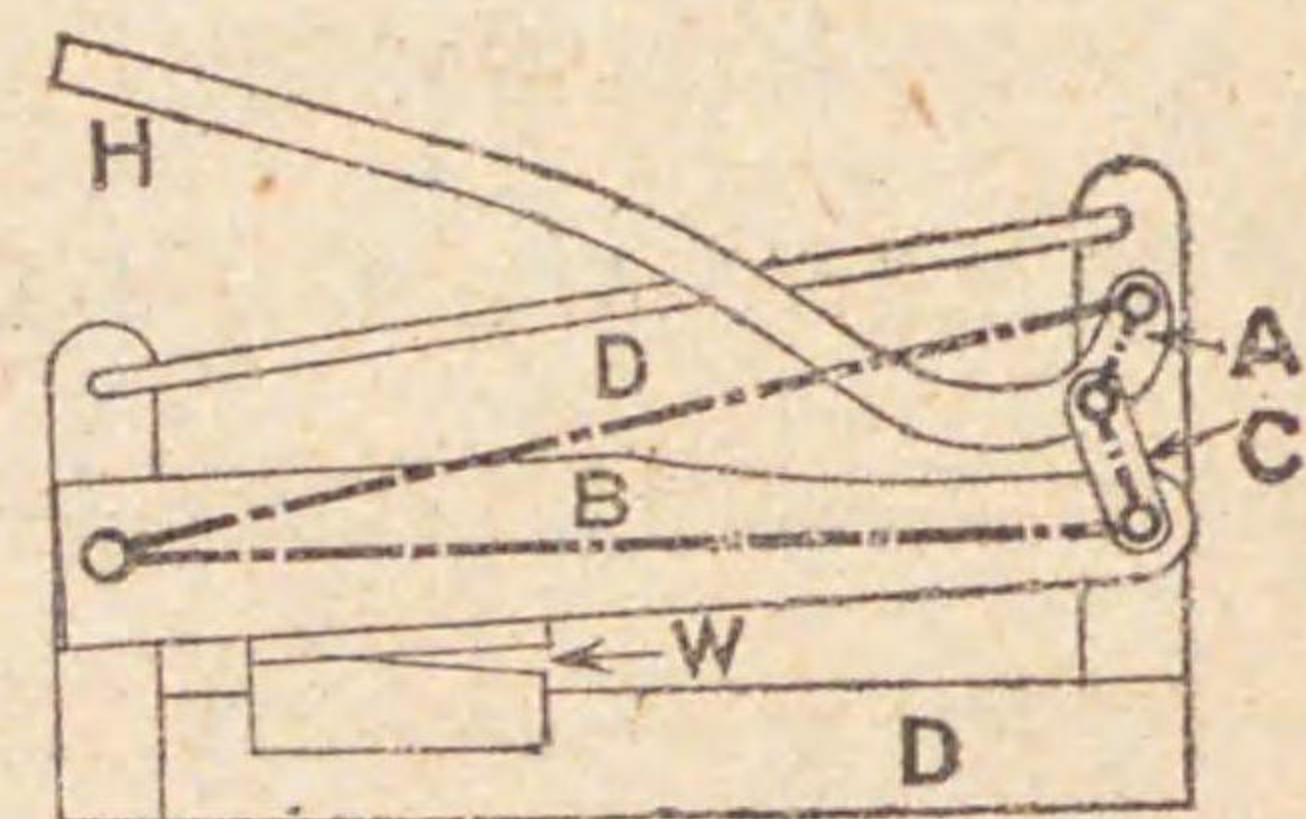
ものをも能く鋏み切るのである。

140 滑り子回轉連鎖 四ツ棒回轉連鎖を少しく變形すると滑り子

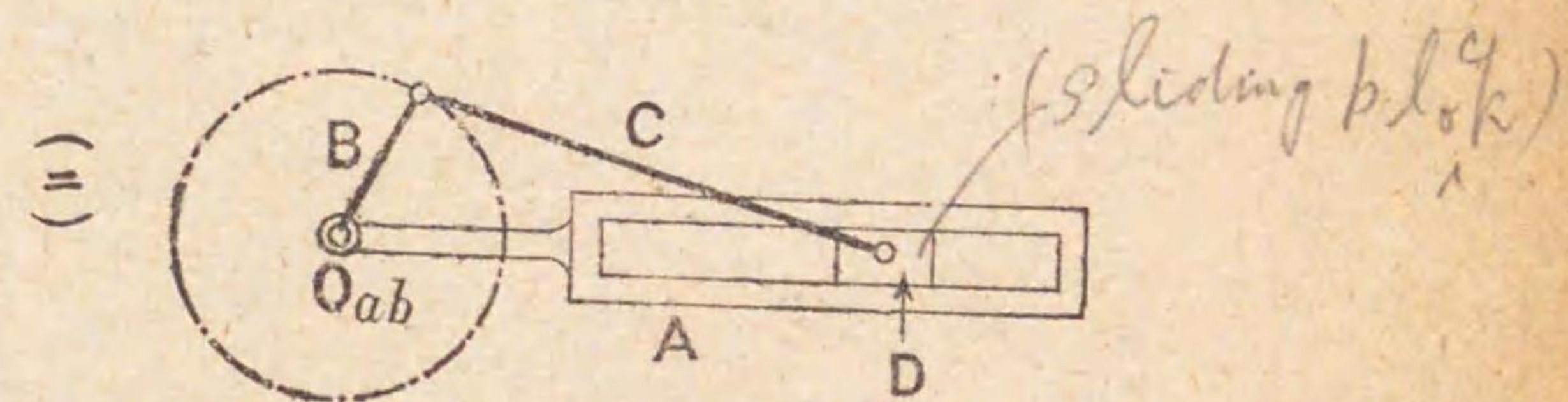
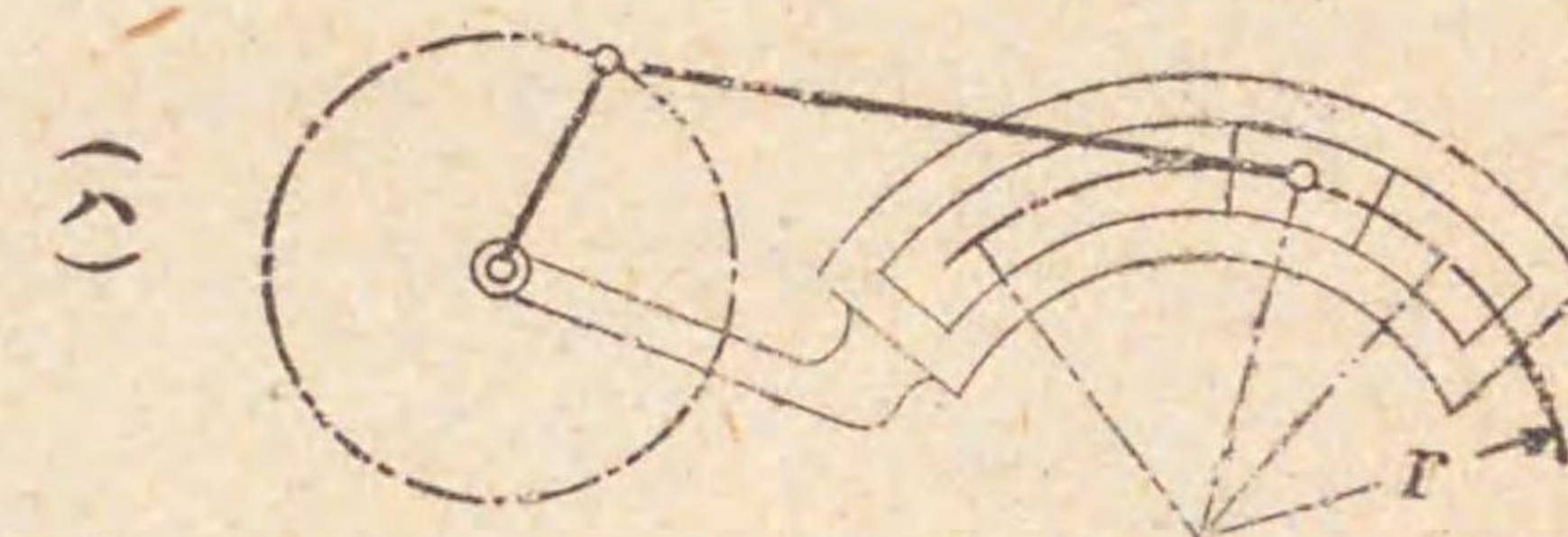
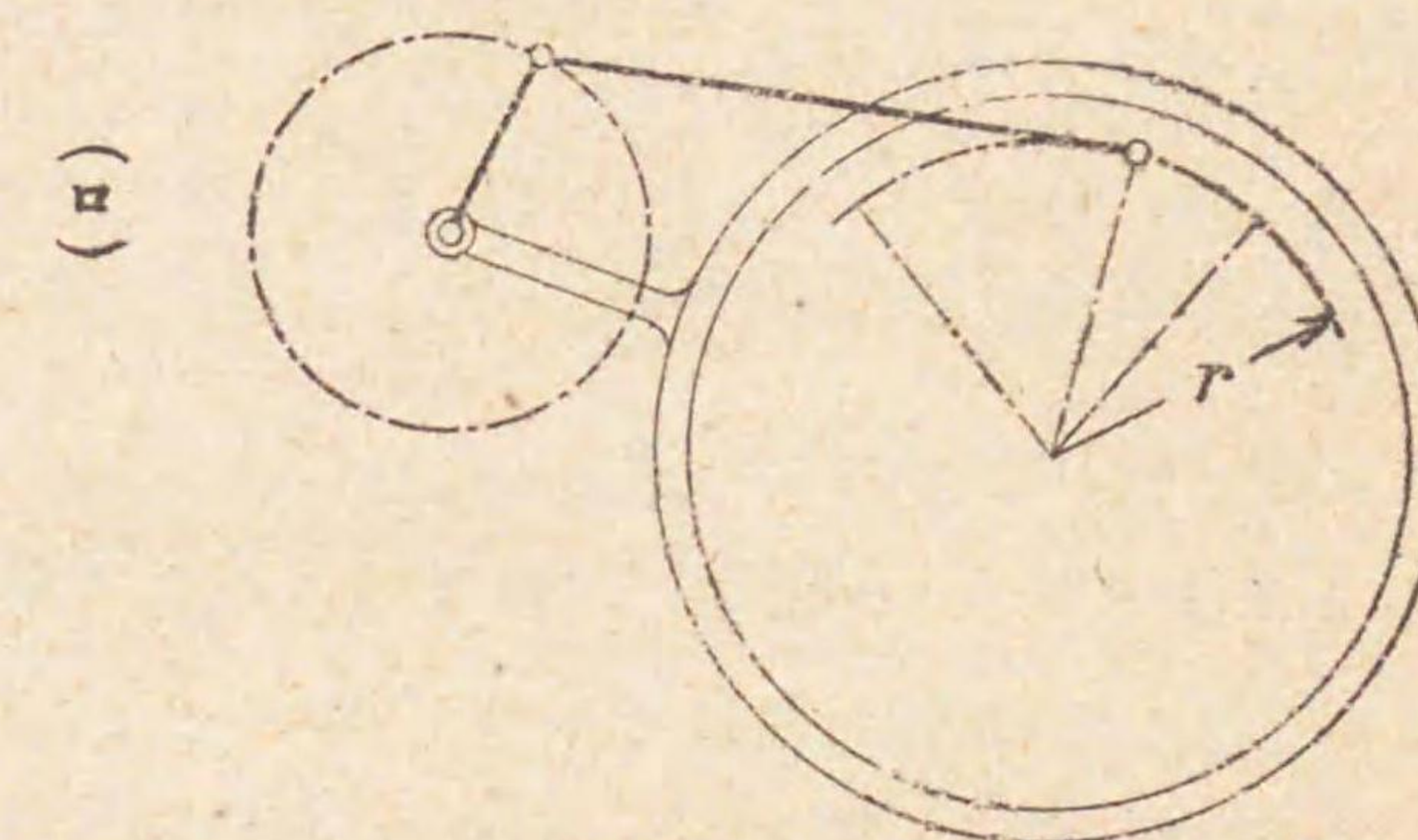
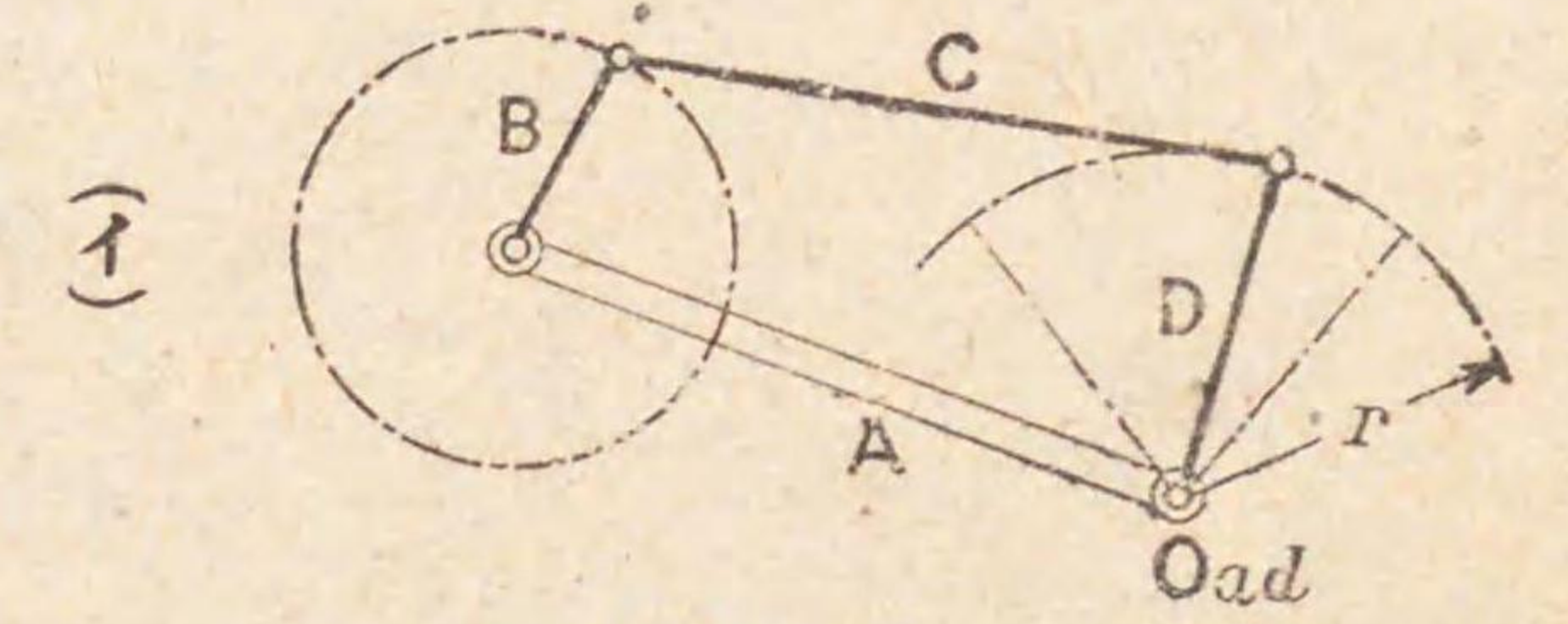
回轉連鎖 (slider crank chain) と稱する重要な連鎖が出来る。第 268 圖の

(イ) は四ツ棒回轉連鎖で節 A を固定すると挺クランクの機構となることは既に第 135 章で述べた通りであるがピン  $O_{ad}$  の太さは機構の動き方に

第 267 圖



第 238 圖



は何等の影響を及ぼすものでない。依つてピンの半径を棒

D の長さよりも大きくすると (ロ) 圖の如く棒 D は變形して圓板となるけれども機

構の動き方は變化なく B が回轉運動をすれば D は矢張り往復角運動をする。更に一

歩を進めると D は圓板でなくとも (ハ) 圖に示す如く單

に圓板の一部であつて之が圓弧狀に穿つた A の溝中に移動する滑り子 (sliding block)

であつても各節の關係運動は (イ) 圖と同一である。今若し滑り子の移動する圓弧の半径

r が無限大になり従て滑り子が直線運動をなし且つ其方向が (ニ) 圖に示すが如く  $O_{ab}$  點を通るとき

は之を滑り子回轉連鎖と名づける。故に滑り子回轉連鎖は四ツ棒回轉連鎖の變形したものと見做すことが出来る。此連鎖は交替を施すと各種の蒸汽

機關の機構が出来るから重要である。

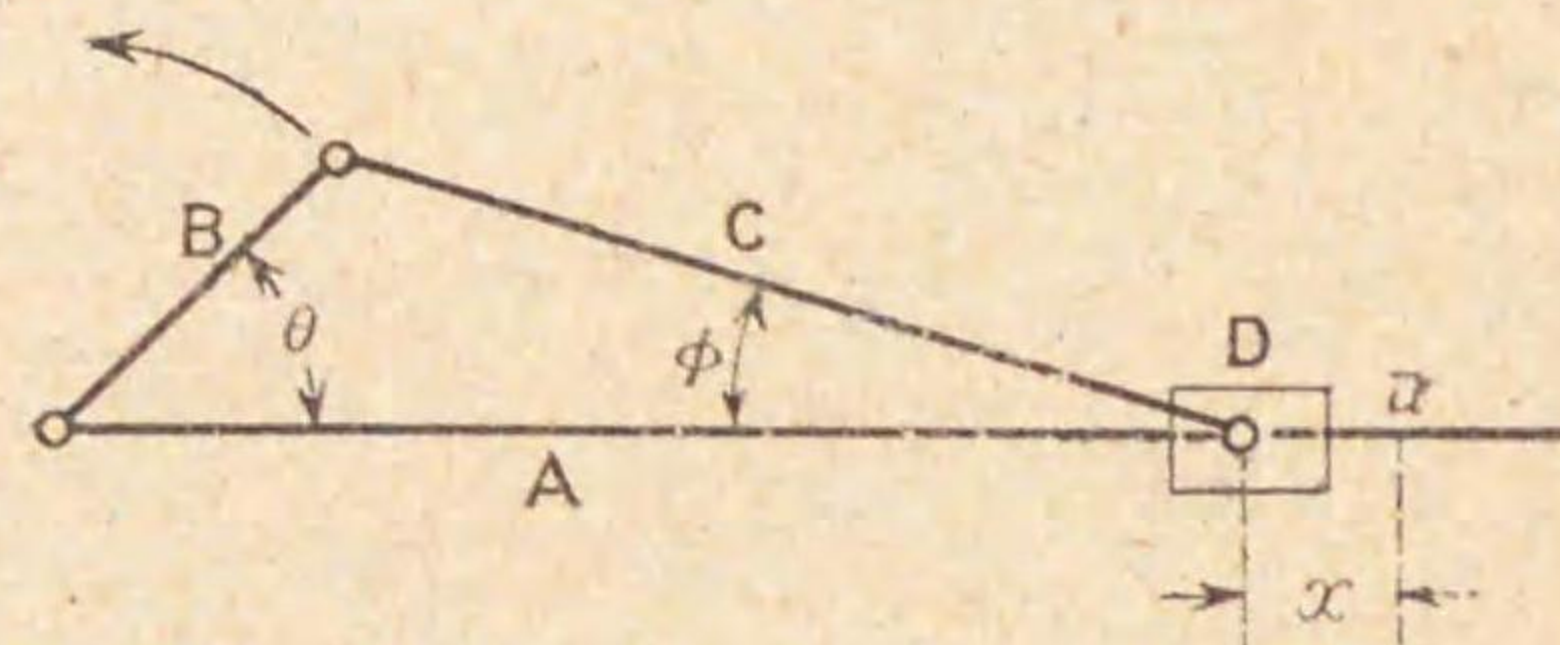
141 普通蒸汽機關の機構 滑り子回轉連鎖 (第 268 圖) (ニ) の節 A を固定すると普通の蒸汽機關や内燃機關の機構が出来る。即ち滑り子 D は

クロスヘッドやピストンロッドやピストンとなり、節 C はコネクチ



ングロッドとなり、節 B はクラ  
ンクとなり、 $O_{ab}$  はクランク軸  
となる。

第 269 圖



クランク軸にはフライホイール  
をつけるから等速回転運動をする  
ものと認めて差支ない。其時のクロスヘッドやピストンの速度線圖の書き方は  
第 31 圖で説明し、又其加速度線圖の書き方は第 39 圖で説明したが數學的に此等  
の線圖を畫くことも出来る。次に其方法を説明しやう。

第 269 圖でクランク B の長さを  $r$  とし、コネクティングロッド C の長さを  $l$   
とし、クロスヘッド D が  $t$  時間を以て右端位置  $u$  より  $x$  だけ移動するまで  
に B, C が動いた角をそれぞれ  $\theta, \phi$  とし、 $l/r = n$  としクランクの等角速度  $\frac{d\theta}{dt}$   
を  $\omega$  とし、クロスヘッドの速度を  $v$  とし、其加速度を  $\alpha$  とすると

$$x = r + l - r \cos \theta - l \cos \phi$$

$$r \sin \theta = l \sin \phi$$

となるから

$$x = r + l - r \cos \theta - l \left(1 - \frac{\sin^2 \theta}{n^2}\right)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (1)$$

$$v = \frac{dx}{dt} = r \sin \theta \frac{d\theta}{dt} + \frac{l \sin 2\theta}{2n^2} \left(1 - \frac{\sin^2 \theta}{n^2}\right)^{-\frac{1}{2}} \frac{d\theta}{dt}$$

$$= \omega r \sin \theta + \frac{\omega l \sin 2\theta}{2n^2} \left(1 - \frac{\sin^2 \theta}{n^2}\right)^{-\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2)$$

$$\alpha = \frac{d^2x}{dt^2} = \omega^2 r \cos \theta + \left(1 - \frac{\sin^2 \theta}{n^2}\right)^{-\frac{1}{2}} \times \frac{\omega^2 l \cos 2\theta}{n^2}$$

$$+ \frac{\omega l \sin 2\theta}{2n^2} \times \frac{\omega 2 \sin \theta \cos \theta}{2n^2} \left(1 - \frac{\sin^2 \theta}{n^2}\right)^{-\frac{3}{2}}$$

$$= \omega^2 r \left\{ \cos \theta + \left(1 - \frac{\sin^2 \theta}{n^2}\right)^{-\frac{1}{2}} \times \frac{\cos 2\theta}{n} + \left(1 - \frac{\sin^2 \theta}{n^2}\right)^{-\frac{3}{2}} \times \frac{\sin^2 2\theta}{4n^3} \right\}$$

$$= \omega^2 r \left\{ \cos \theta + \frac{\cos 2\theta}{n} \left(1 - \frac{\sin^2 \theta}{n^2}\right) + \frac{\sin^2 2\theta}{4n^3} \right\}$$

$$= \omega^2 r \left\{ \cos \theta + \frac{\cos 2\theta}{n} \left(1 - \frac{\sin^2 \theta}{n^2}\right)^{\frac{3}{2}} \right\}$$

$$= \omega^2 r \left\{ \cos \theta + \frac{\cos 2\theta}{n} + \frac{\sin^2 2\theta - 4 \cos 2\theta \sin^2 \theta}{4n^3} \right\}$$

$$= \omega^2 r \left\{ \cos \theta + \frac{\cos 2\theta}{n} + \frac{\sin^4 \theta}{n^3} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

$$= \omega^2 r \left\{ \cos \theta + \frac{\cos 2\theta}{n} + \frac{\sin^2 \theta}{n^2} \right\}$$

式 (1), (2), (3) によつて  $\theta$  の任意の位置に於ける  $x, v, \alpha$  の値を出し線圖  
を引くことが出来る。

次にコネクティングロッドの角速度や角加速度は第二編で説明した圖式解剖法  
を應用しても出来るが數學的に出すには次のやうにすればよい。

$$r \sin \theta = l \sin \phi$$

$$\sin \theta = n \sin \phi$$

$$\cos \theta \frac{d\theta}{dt} = n \cos \phi \frac{d\phi}{dt}$$

$$\therefore \text{角速度} = \frac{d\phi}{dt} = \frac{\cos \theta}{n \left(1 - \frac{\sin^2 \theta}{n^2}\right)^{\frac{1}{2}}} \frac{d\theta}{dt}$$

$$= \frac{\omega \cos \theta}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{角加速度} = \frac{d^2\phi}{dt^2} = \frac{-\sin \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta} + \frac{\sin \theta \cos^2 \theta}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}}{n^2 - \sin^2 \theta} \times \omega^2$$

$$= \frac{-n^2 + \sin^2 \theta + \cos^2 \theta}{(n^2 - \sin^2 \theta)^{\frac{3}{2}}} \times \omega^2 \sin \theta$$

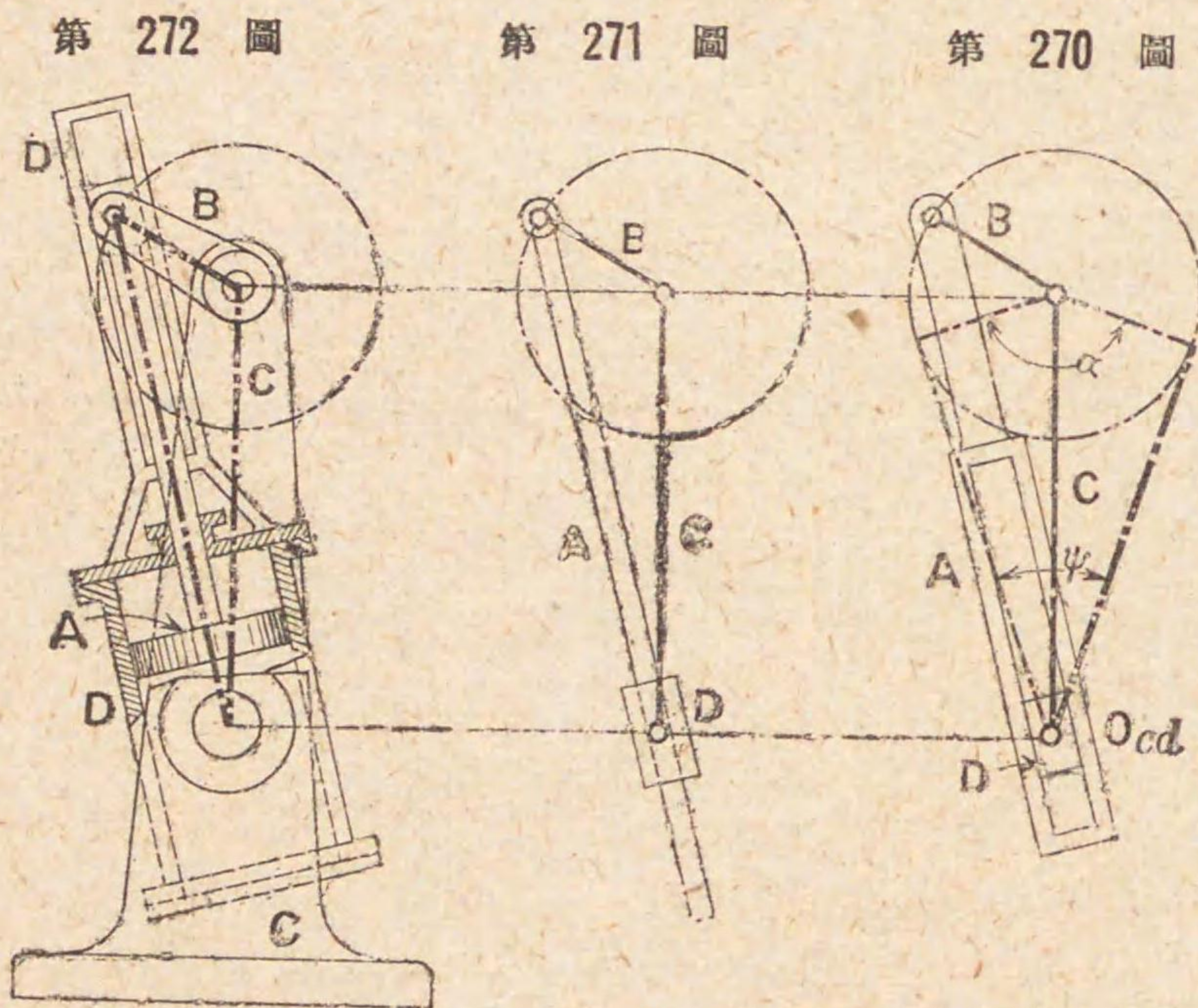
$$= \frac{1 - n^2}{(n^2 - \sin^2 \theta)^{\frac{3}{2}}} \times \omega^2 \sin \theta \dots \dots \dots (5)$$

142 振揺滑り子の機構 滑り子回転連鎖の第 2 交替として普通の  
蒸気機關のコネクティングロッドに相當する節 C を固定すると第 270 圖に  
示すが如き振揺滑り子の機構 (swinging block slider crank mechanism) と  
稱するものが出来るクランク B が回転運動をすると節 A は D の上を滑



りながら  $\Psi$  の角範囲内で振揺し、D も A につれて  $\Psi$  の範囲内で往復角運動をする。

昔時船用機関として盛んに使はれた<sup>ツ、フリ</sup>筒揺機関 (oscillating engine) は此機構を應用したものである。第 271 圖では節 A が節 D の内部で滑るが機構學の眼で見ると第 270 圖と實質上同一である。A 及び D の形を更に第 272 圖に示すが如くしたものが筒揺機関で D は汽筒となり A はピストン並にピストンロッドとなる。之は前にも述べた如く汽筒なる節 D が其の横腹から出て居る固定軸の廻りに往復角運動をするから筒揺機関と名づけたのである。



汽筒やピストンの運動は第二編で述べた圖法を以て解くことも出来るが次の如く數學的に解くことも出来る。

第 273 圖でクランクが死點から  $\theta$  だけ回轉した時にピストンが汽筒の内<sup>内</sup>で移動した距離を  $x$  とし  $\theta$  や  $\phi$  の角が零のときピストンロッド上の  $s$  點が  $q$  點に合するものとすれば  $qs = x$  となることは明である故に

$$z = \overline{qs} = \overline{tq-ts} = \sqrt{r^2+l^2-2rl\cos\theta}-(l-r) \dots \dots (1)$$

汽筒内に於けるピストンの滑り速度 =  $\frac{dx}{dt}$

$$= \frac{rl\sin\theta}{\sqrt{r^2+l^2-2rl\cos\theta}} \times \omega \dots \dots (2)$$

$\omega$  はクランク軸の角速度で之は等速と認めてもよい。

$$\tan\phi = \frac{r\sin\theta}{l-r\cos\theta} \dots \dots (3)$$

汽筒及ピストンの角速度 =  $\frac{d\phi}{dt}$

$$= \cos^2\phi \frac{(l-r\cos\theta)r\cos\theta-r^2\sin^2\theta}{(l-r\cos\theta)^2} \times \frac{d\theta}{dt}$$

$$= \cos^2\phi \frac{lr\cos\theta-r^2}{(l-r\cos\theta)^2} \times \omega$$

然るに (3) より

$$\cos^2\phi = \frac{(l-r\cos\theta)^2}{(l-r\cos\theta)^2+(r\sin\theta)^2}$$

$$\therefore \frac{d\phi}{dt} = \frac{lr\cos\theta-r^2}{l^2-2lr\cos\theta+r^2} \times \omega \dots \dots (4)$$

汽筒及びピストンの角加速度 =  $\frac{d^2\phi}{dt^2}$

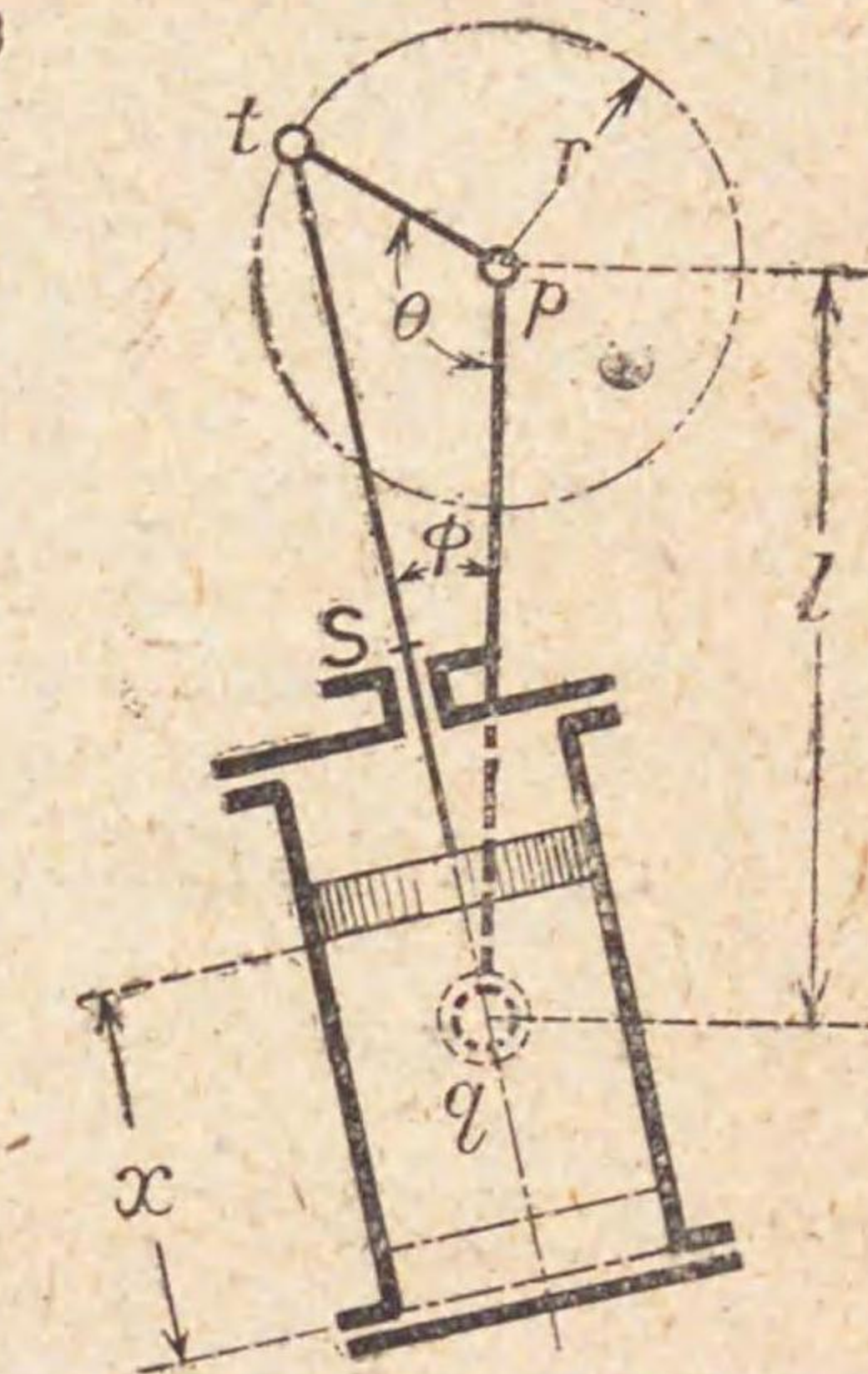
$$= \frac{(l^2-2lr\cos\theta+r^2)(-lr\sin\theta)-(lr\cos\theta-r^2) \times 2rl\sin\theta}{(l^2-2lr\cos\theta+r^2)^2} \times \omega^2$$

$$= \frac{-lr(l^2-r^2)\sin\theta}{(l^2-2lr\cos\theta+r^2)^2} \omega^2 \dots \dots (5)$$

式 (1), (2), (3), (4), (5) によりクランクの任意の位置  $\theta$  に於けるピストンの位置や、其速度や、汽筒の傾や、其角速度や、角加速度を計算することが出来る。

第 270 圖でクランク B が時計の針と同方向に回轉運動をするときはクランクが  $(360^\circ-\alpha)$  の角度だけ廻れば節 D は時計の針と同方向に  $\Psi$  の角度だけ動く。然るに  $\Psi$  の角度だけ逆に戻るにはクランクは  $\alpha$  だけ回

第 273 圖





轉すればよい。故にクランクが等速を以て回轉すると節 D の振搖は往きと戻りと速さが異なる。其時間の割合は

$$\frac{\text{往きに要する時間}}{\text{戻りに要する時間}} = \frac{360^\circ - \alpha}{\alpha} = \frac{180^\circ - \cos^{-1} \frac{r}{l}}{\cos^{-1} \frac{r}{l}}$$

となる。故に此機構は早戻り運動に應用する

ことが出来る。第 274

圖の (イ) は即ち形削り盤 (shaping machine)

の早戻り運動装置で、

圓板状をなせるクラン

ク B が矢の方向に等

速回轉運動をすると節

D の先端につけた棒

R を左右に動かし R

の右端に取付けた削り

刃物が右へ動く削り行程の間では遅く動くが削り作

業をしない所の左へ向つての戻り行程の間は早く動く。(ロ) 圖は箭搖機關

であるが (イ) 圖に示した早戻り運動装置と同一機構であることを示す爲

めに並べて畫いたものである。

143 回轉滑り子の機構

滑り子回轉連鎖の第三交替として普通の

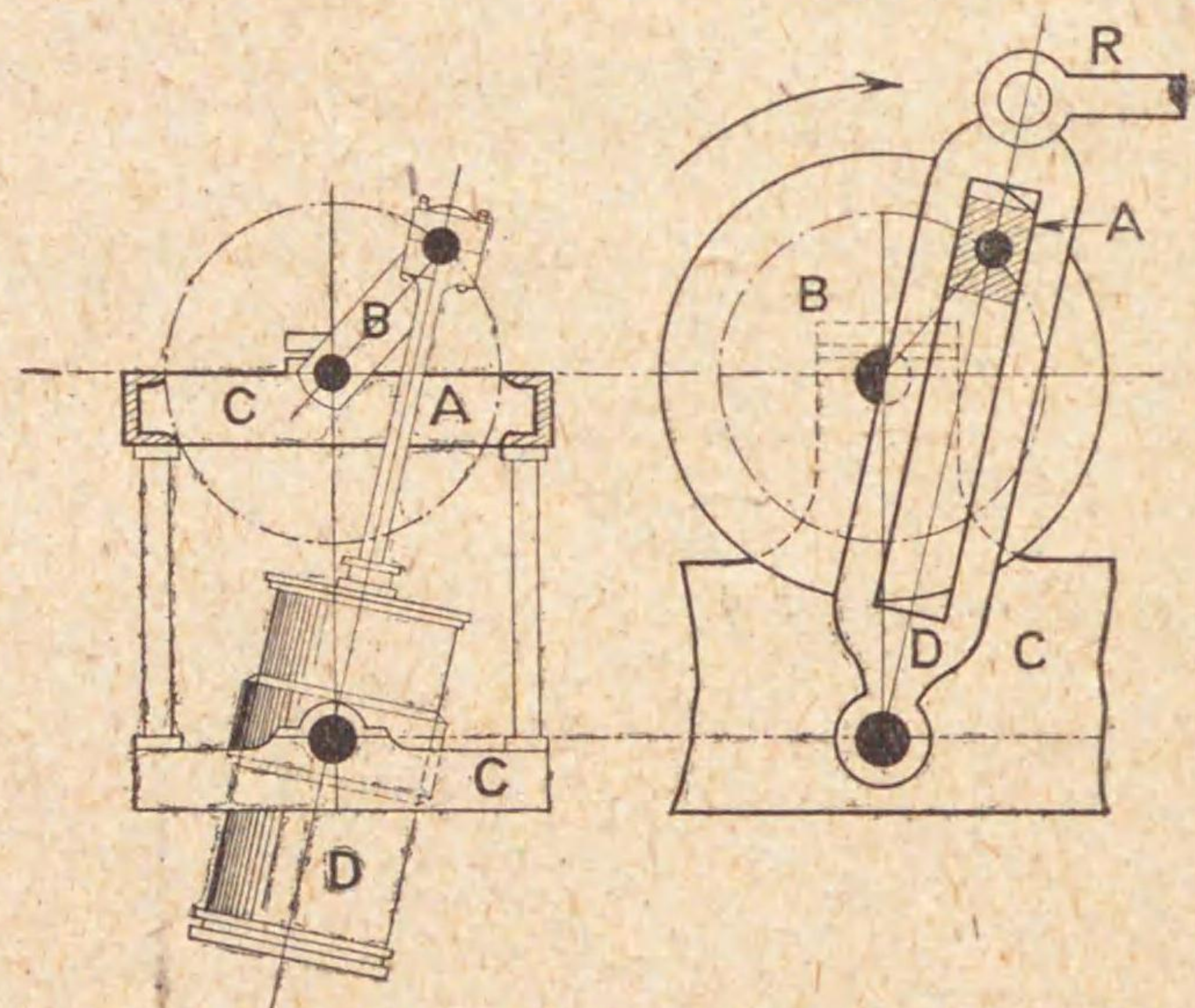
蒸汽機關のクランクに相當する節 B を固定すると節 A も節 C も回轉運

動をなし滑り子 D も A の溝中で滑りながら A につれて回轉運動をする

故に之を回轉滑り子機構 (turning block slider crank mechanism) と名づ

ける。此機構には面白い應用が澤山あるが其内一二を述べやう。

第 274 圖



(ロ)

(イ)

ホキツトラス氏早戻り運動 之は第 18 章の例 2 で述べた如く鑿盤

に應用したもので刃物が削り行程の間では遅く動き、戻り行程の間では早

く動く装置である。(第 32 圖の節 A, B, C, D はそれぞれ第 275 圖の節 B,

C, D, A に相當す) 第 32 圖の節 E

は第 276 圖に示す如く q 點につけな

いで q' 點につけても結果は同一で

ある。ホキツトラス氏早戻り運動

を應用せる鑿盤の實際の構造は、第

277 圖に示すが如く節 C は齒車の形

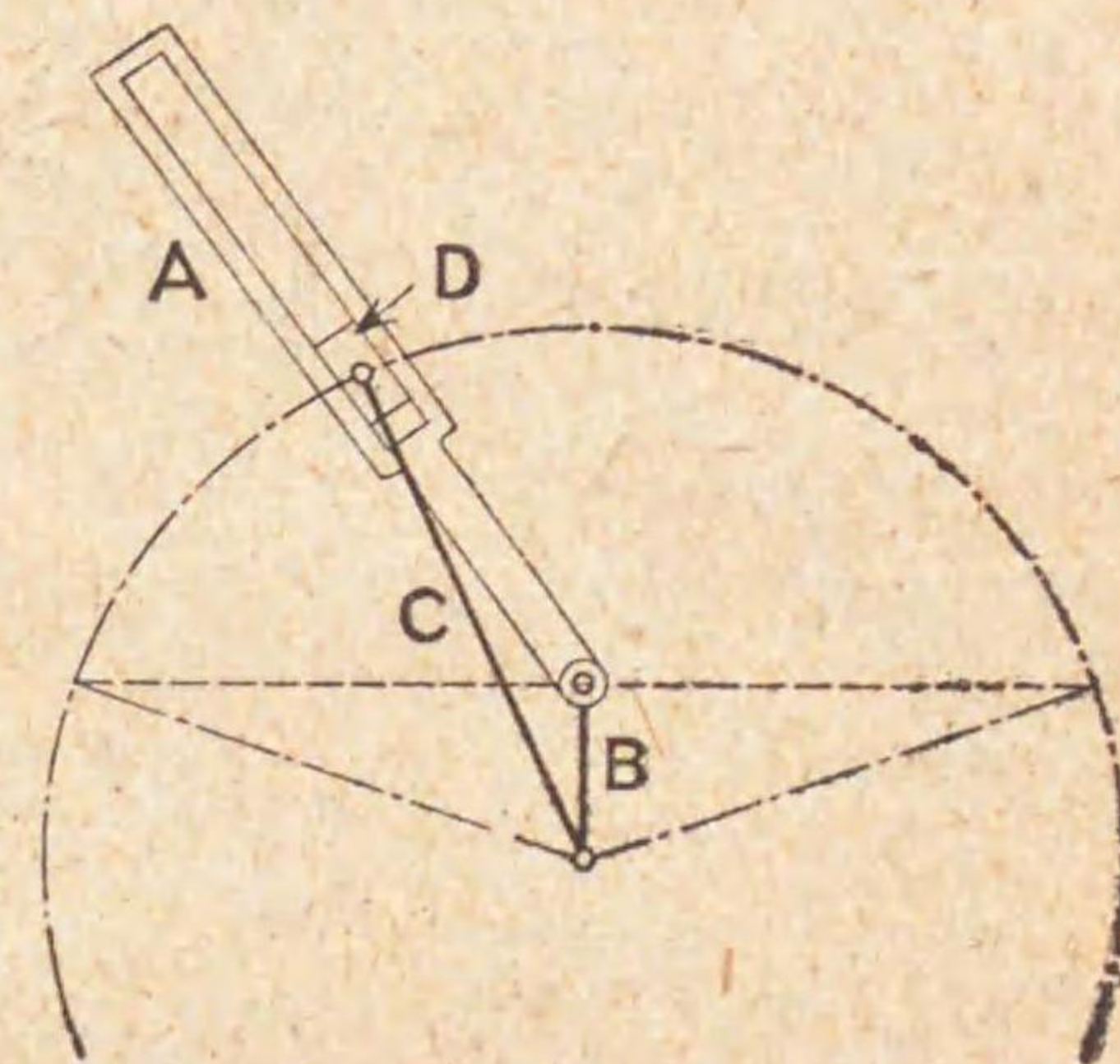
をなし之が動力によつて小齒車 G

を通じて等速を以て運轉せられる。

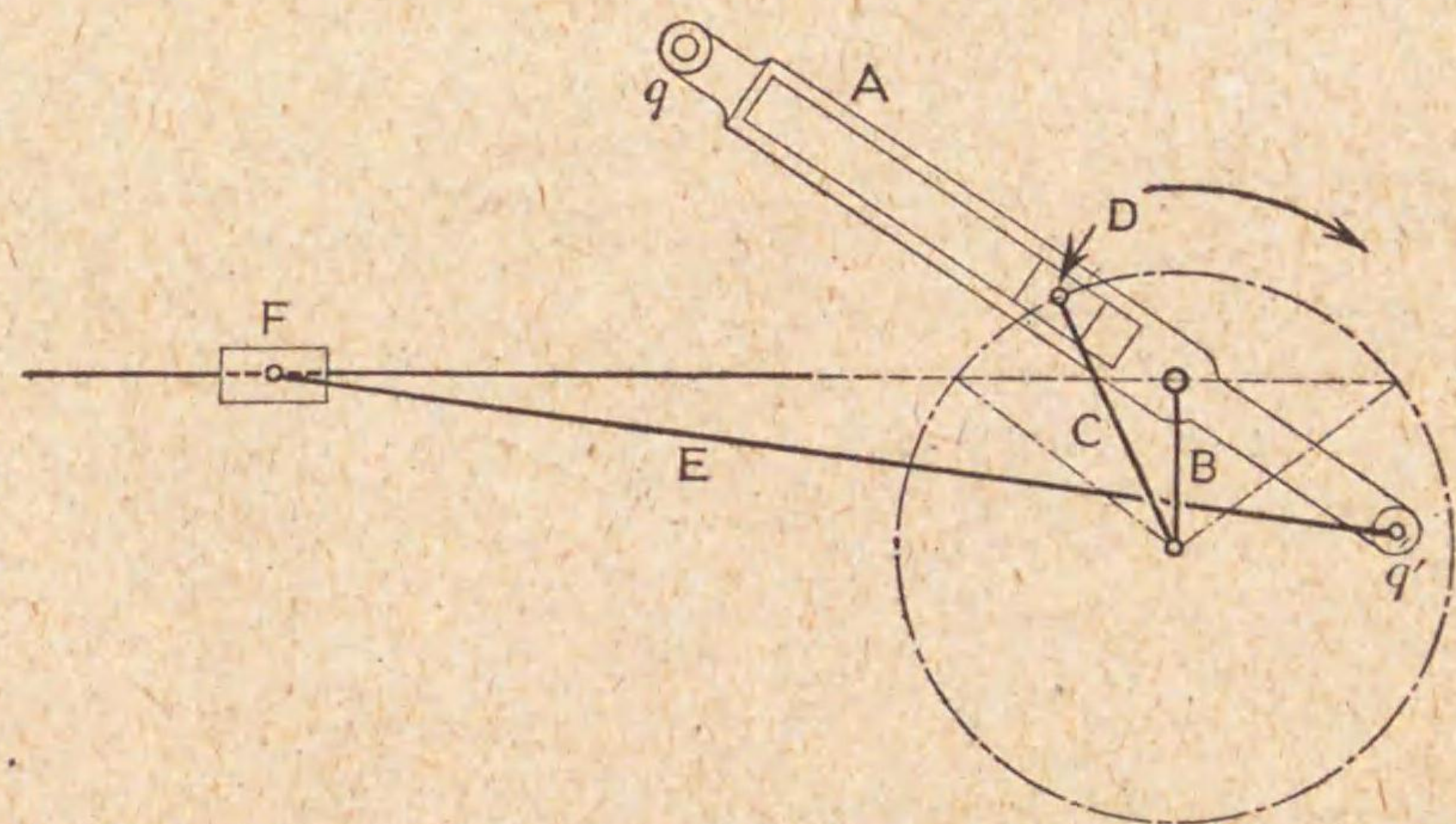
齒車 C の側面にピン P が出て居つて之が腕 A の溝にはまり A に回轉

運動を與へる。齒車 C の軸 S は特に太くして腕 A の軸 T を抱き込む

第 275 圖



第 276 圖



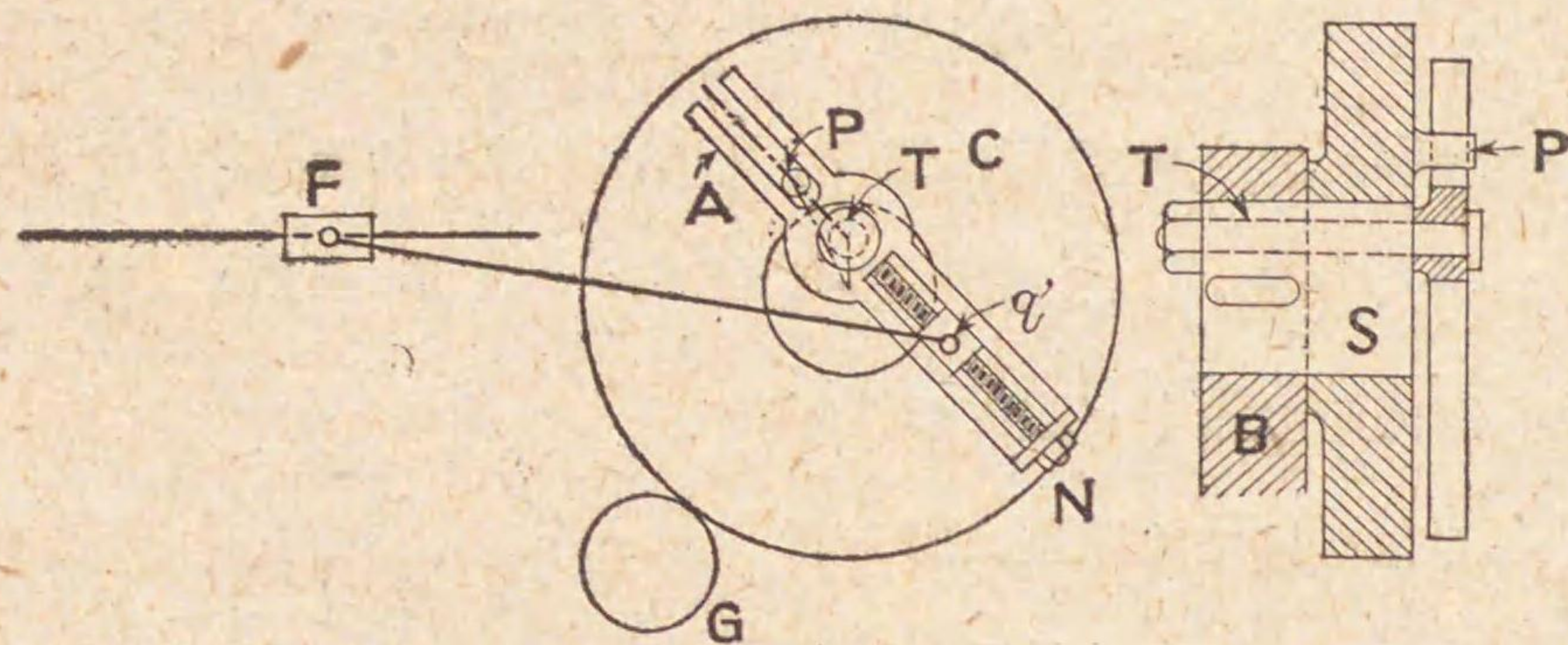
やうにしてある。軸 T 及び S は機胴 B に固着してあるから T, S, B は一

物體と見做すことが出来、T と S の中心距離が固定節 B の有効長さとな

る (即ち第 276 圖の節 B の長さとなる) ピン P と A との間には第 276



第 277 圖



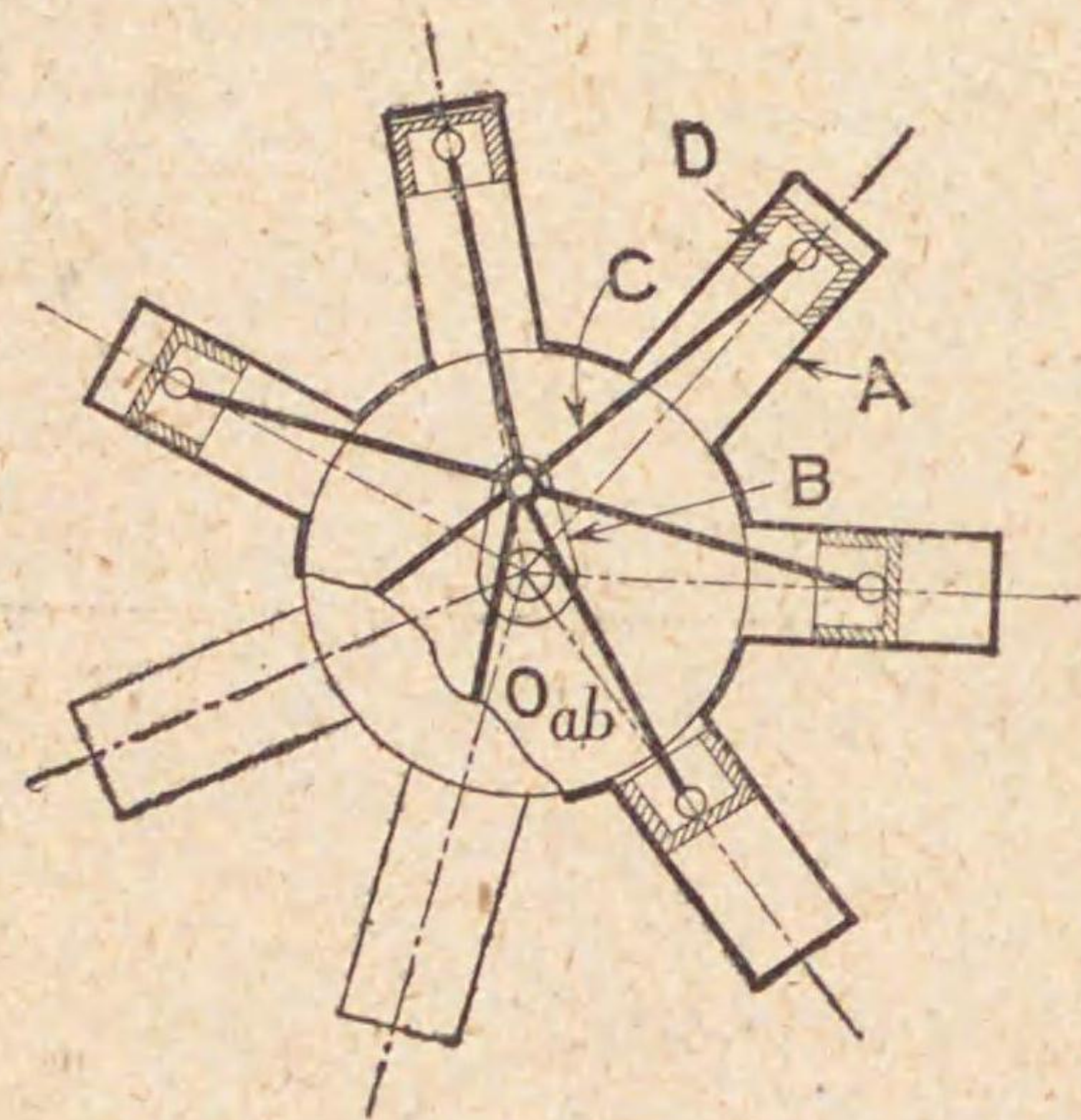
圖に示す如き滑り子 D を設くべきであるが多くは省略してある。双物が動く行程の長さは半径  $Tq'$  の二倍であるから短い品物を削るときはナット N を廻して (或は他の方法で)  $Tq'$  の長さを短くするやうにしてある。

ノーム機関 (Gnome engine) 之は飛行機に使ふ有名な發動機である。此機関は高速回轉に伴ふ振動を防ぐ爲めに第 278 圖に示す如く汽笛が 7 個あつて之が後光なりに配置され互に固着して一物體となつて居る。

クランクピンは 7 個の汽笛に共通で (實際の構造では少し異つて居るが茲では詳細の構造を説明する必要がないからクランクピンは共通であるといふて置かう) 之に 7 個のコンネクティング、ロッドが連結して居る。普通の蒸気機関のク

ランクに相當する節 B が固定して居るから汽笛内で順次に爆發が起ると機胴なる汽笛が回轉する。(若し汽笛が靜止して居れば爆發瓦斯の壓力でクランクが回轉すべきであるからクランクが固定してあらば汽笛が回轉しな

第 278 圖



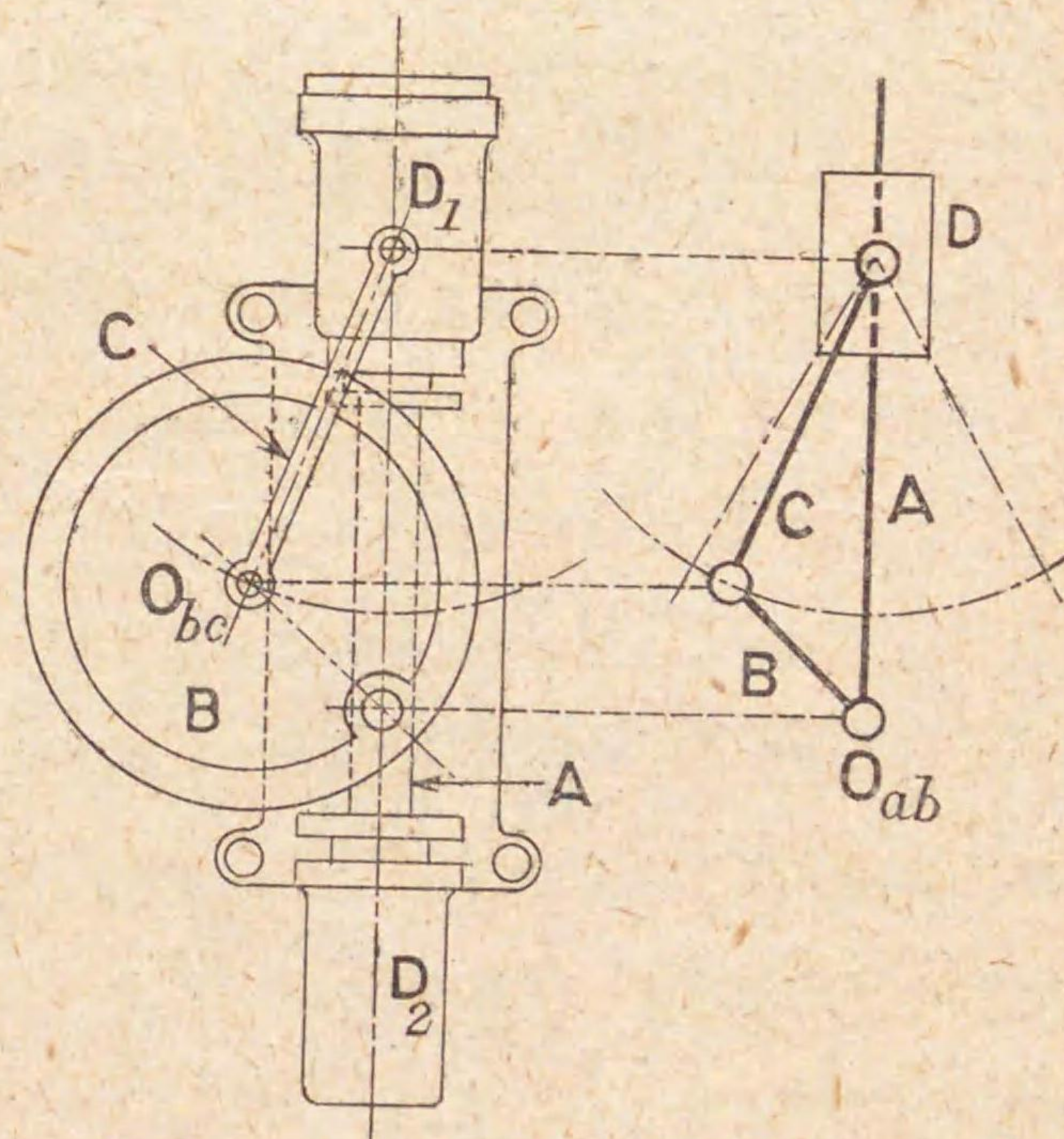
ければならぬ。別様の説明をすれば瓦斯の壓力がピストンにかゝるとコンネクティングロッドに押壓力がかゝりて此押壓力の分力が汽笛の横面を押して之を回轉せしめるのである。) 故に 7 個の汽笛の中心  $O_{ab}$  に動力軸を固着すれば之が汽笛と共に回轉する。節 A, B, C, D は第 268 圖 (=) の A, B, C, D に相當する。

144 振り子クランクの機構 滑り子回轉連鎖の第 4 交替として普通の蒸気機関のクロスヘッドに相當する節 D を固定すると第 279 圖に示す如き振り子クランクの機構 (swinging slider crank mechanism) が出来る。

節 A が D の内で出入運動をすると節 B は  $O_{ab}$  點の廻りに回轉しながら A の右へ往つたり左へ往つたりして節 C に振り子運動を與へる。此機構は應用の途極めて少く著者の知る範囲内では唯スタンナー氏振り子ポンプ (Stannah's pendulum pump) に應用せられて居るばかりである。

此ポンプは第 280 圖に示す如きもので節 D は蒸気管  $D_1$  と水管  $D_2$  と之が連結部となり、 $D_1$  に蒸氣を入れるとピストン、ロッド A に上下運動を與へ、 $D_2$  の中でポンプ作用をする。クランク B は  $O_{ab}$  點を中心と

第 280 圖 第 279 圖





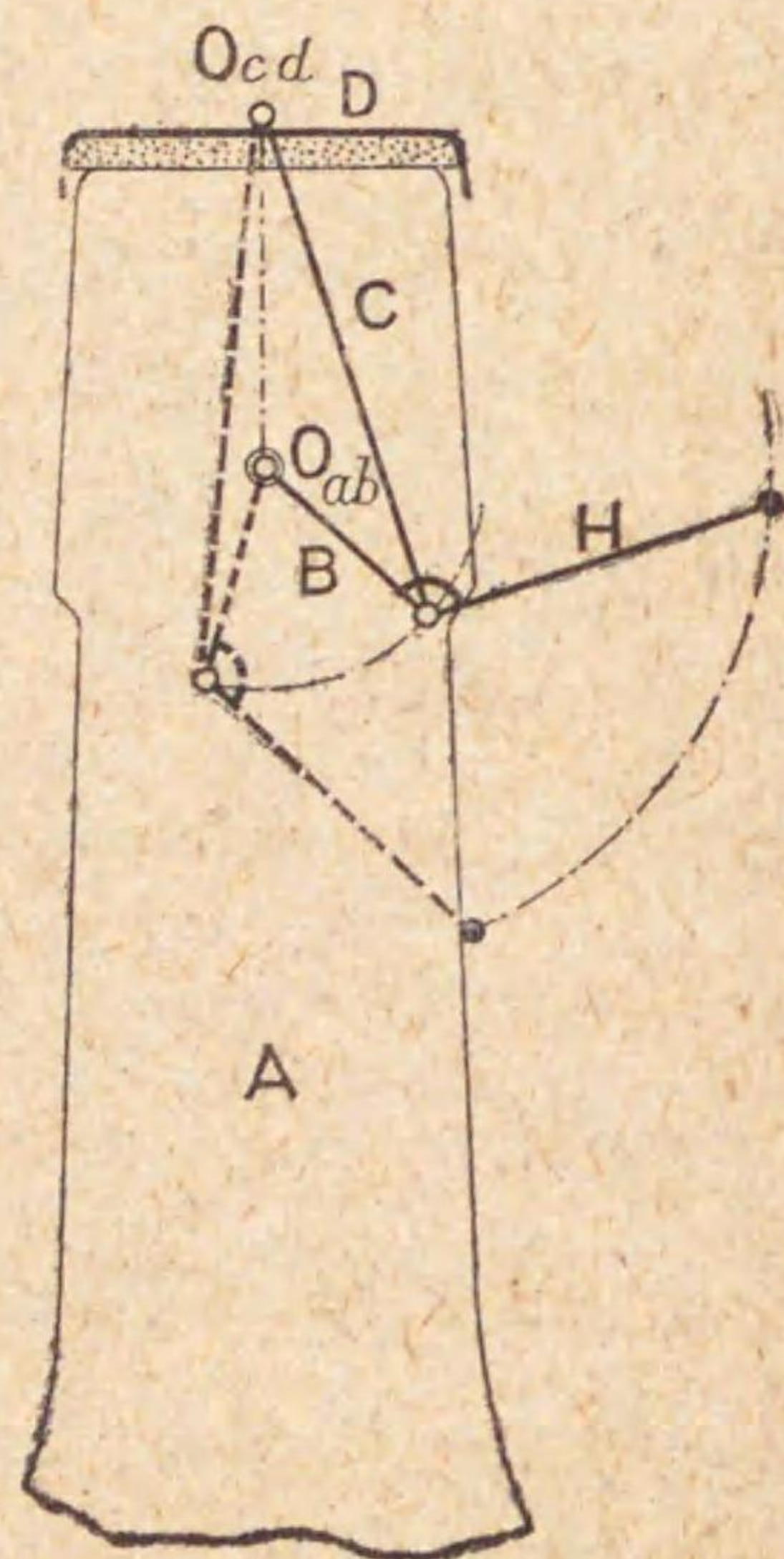
する重き圓板状をなして居るからフライホキールの作用をなし機械が死點へ來ても運動が途切れる虞れがない。圓板 B が節 C を半徑として時計の振り子のやうな運動をするから振り子ポンプといふ名をつけ小型の汽罐給水ポンプとして使つたこともあるが重量の大い車 B が振り子運動をするから機械全體に大なる振動を誘起し殆んど實用にはならない。

145 酒壘の氣密蓋の機構 滑り子回轉連鎖は今迄述べ來つた所だけでも隨分應用が廣いことが知れるが今一つ風變りの應用を述べやう。

それは普通の蒸汽機關の機構を倍力装置として牛乳壘や酒壘の氣密蓋に應用したものである。蒸汽機關が死點に近い位置に於てはクランクが澤山動いてもクロスヘッドやピストンは極めて僅しか動かぬから斯かる位置に於てクランクに小さい回轉力を加へるとクロスヘッドやピストンに大なる力を出させることが出来る。故に蒸汽機關の機構は倍力装置として使ふことが出来る筈である。第 281 圖は酒壘の

頭部の圖で蓋 D はゴム又はコルクにブリキ板をかぶせたものである。壘には  $O_{ab}$  點に凹みをつけ其内へへの字形に曲げた針金 HB の先端が挿し込んである。蓋と HB とは針金 C で連結してあるから柄 H を指で下へ押下げると H と同一物なる B は  $O_{ab}$  點を中心として回轉運動を爲し針金 C を通じて蓋 D を下方へ引寄せせる。其際  $O_{cd}$  點は  $O_{ab}$  點に向つて直線運動をするものと認めて差支ない。故に壘は蒸汽機關の機胴になり、蓋はクロスヘッドにな

第 281 圖



り、針金 C はコンネクチックロットに當り、針金 B はクランクに相當する。針金が點線で示した位置へ來ると H が壘の頸部に觸れて止まるが此位置では B は殆んど垂直で死點に近いから非常に大きい力で蓋を引き付けることになる。且つ此位置は死點を通過して少しく先へ進んで居るから針金 C の張力で B に時計の針と同方向の回轉を與へやうとするから人力を加へない以上 B が逆回轉して蓋が開く虞れがない。

146 支距滑り子回轉連鎖 第 282 圖に示す如く  $O_{cd}$  點の爲す直線運動の方向が  $O_{ab}$  點を

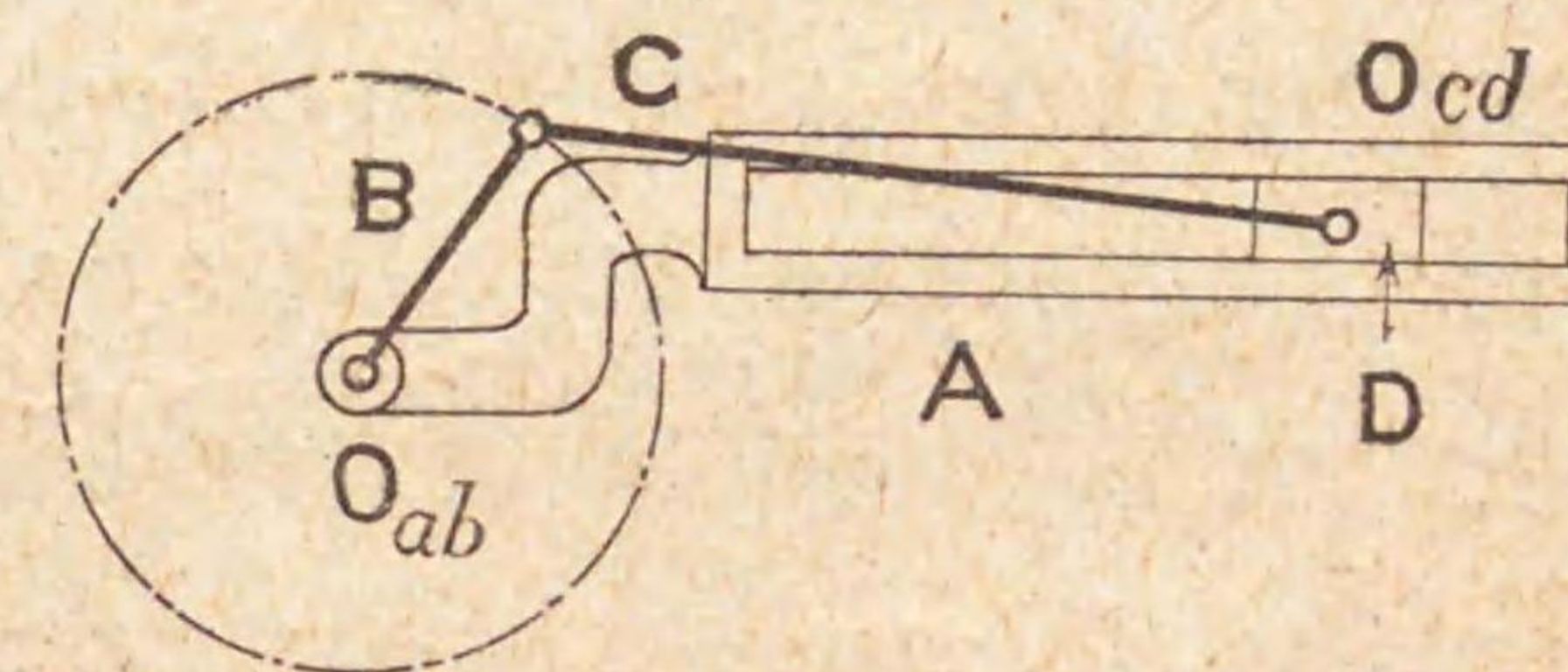
通過せぬものを支距滑り子回轉連鎖 (crossed slider crank chain) と名づける。

此連鎖に交替を施すと矢張り四種の機構が出来るが應用的比較的廣いのは節 A を固定した場合のである。次に其應用の一、二を擧げやう。

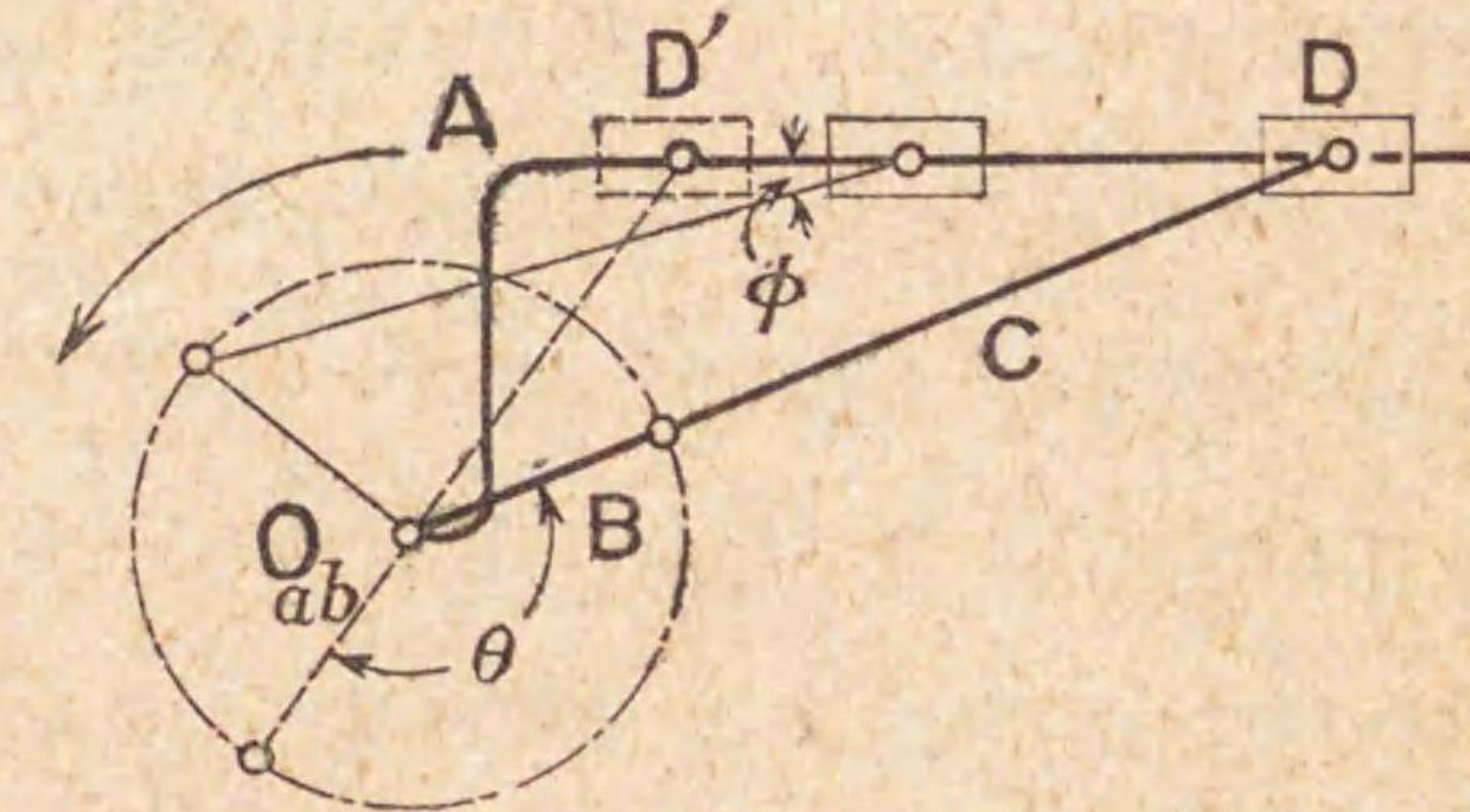
早戻り運動 節 A を固定すると工作機械の早戻り運動として應用する

ことが出来る。第 283 圖で双物を取付くべき節 D の兩極端位置は節 B と節 C とが一直線上に來るときと (太線の位置) 兩者が相重なる位置 (點線で示した位置) とである (此位置を見出すには B と C との長さの和及び差を半徑とし  $O_{ab}$  を中心として圓弧を畫き直線  $DD'$  と交る點を見出

第 282 圖



第 283 圖





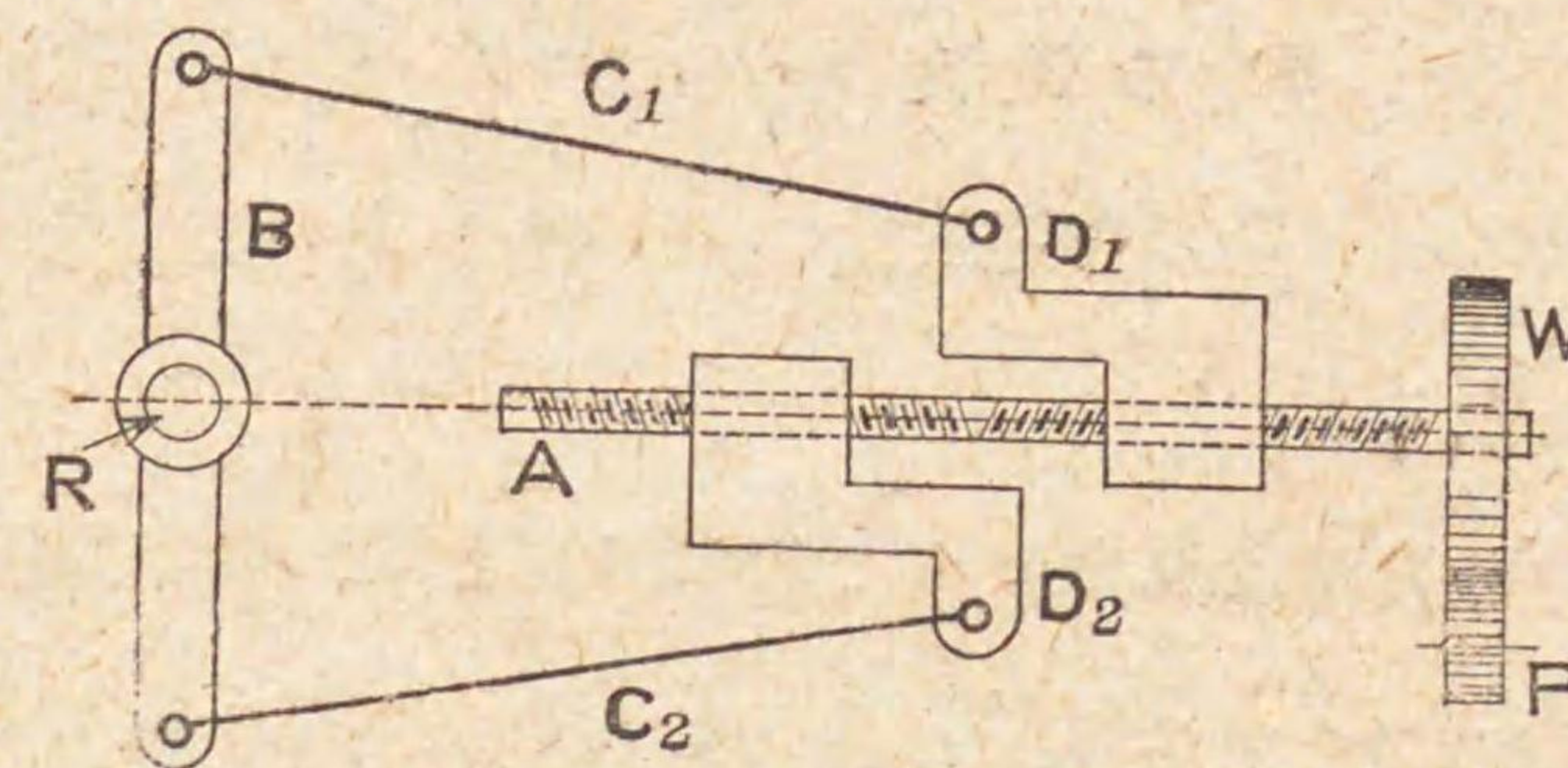
せばよい。行程  $DD'$  の長さはクランク  $B$  の二倍とは等しからず。今クランク  $B$  が矢の方向に等速回転をすると双物が  $D$  より  $D'$  へ向つての削り行程をするのにクランクは  $(2\pi - \theta)$  の角度だけ廻らねばならぬのに  $D'$  より  $D$  へ向つての戻り行程の時は小角  $\theta$  だけ廻ればよい。往きと戻りに要する時間の比は  $(2\pi - \theta) : \theta$  となることはいふまでもない。  $B$  の回転速度が知れると第二編で説明したことを應用して双物の速度線圖を引くことが出来る。

**支距汽筒を有する發動機** 自動車などのガソリン發動機は總て單働機關で瓦斯の壓力はピストンの片側にしかかからない斯かる發動機でピストンの動く方向が第 282 圖に示すが如くクランク軸を通らぬ時は——換言すれば支距汽筒 (offset cylinder) を有するときは——次ぎに述べるやうな種々の利益があるから往々此機構を應用することがある。第 283 圖で  $D$  を斯かる機關のピストンとするとピストンが爆發瓦斯の高壓を受くるときは  $D$  より  $D'$  に向つて作用行程をなし  $D'$  より  $D$  へ向つての戻り行程の間では廢汽の低壓を受くるに過ぎない。然るに高壓を受くる作用行程の間ではコネクティングロッドの傾斜角  $\phi$  が小さくて低壓を受くる戻り行程の間で傾斜角が大きくなるからピストンが汽筒壁を横に押す分力の平均値が小さくなり汽筒壁の摩滅を少くすることが出来る。又作用行程の間にクランクが回転する角度は  $180^\circ$  よりも大いからクランク軸の回転速度は普通の單働機關よりもむらがる。少くなる。

**舵取装置** 舵取装置の必要條件は第 24 章で述べて置いたが第 284 圖も其條件にかなう舵取装置の一種を示す平面圖で、機構は第 282 圖と殆ど同一である。  $R$  は舵の回転軸で原動機から齒車  $P, W$  を經て左右ねぢ (ピツチは左右ねぢとも同一なり) の切つてある棒  $A$  を回転するとナット (滑

りに相當す)  $D_1, D_2$  が  $A$  上で左右に動き棒  $C_1, C_2$  を通じて舵の回転軸を廻すことが出来る。  $A$  が一回轉し  $D_1, C_1, B, C_2, D_2$  を經て  $D_2$  を動かす分量と、  $A$  の一回轉で  $A$  が直接  $D_2$  を動かす分量とが同一でないから機構に無理が起つて

第 284 圖



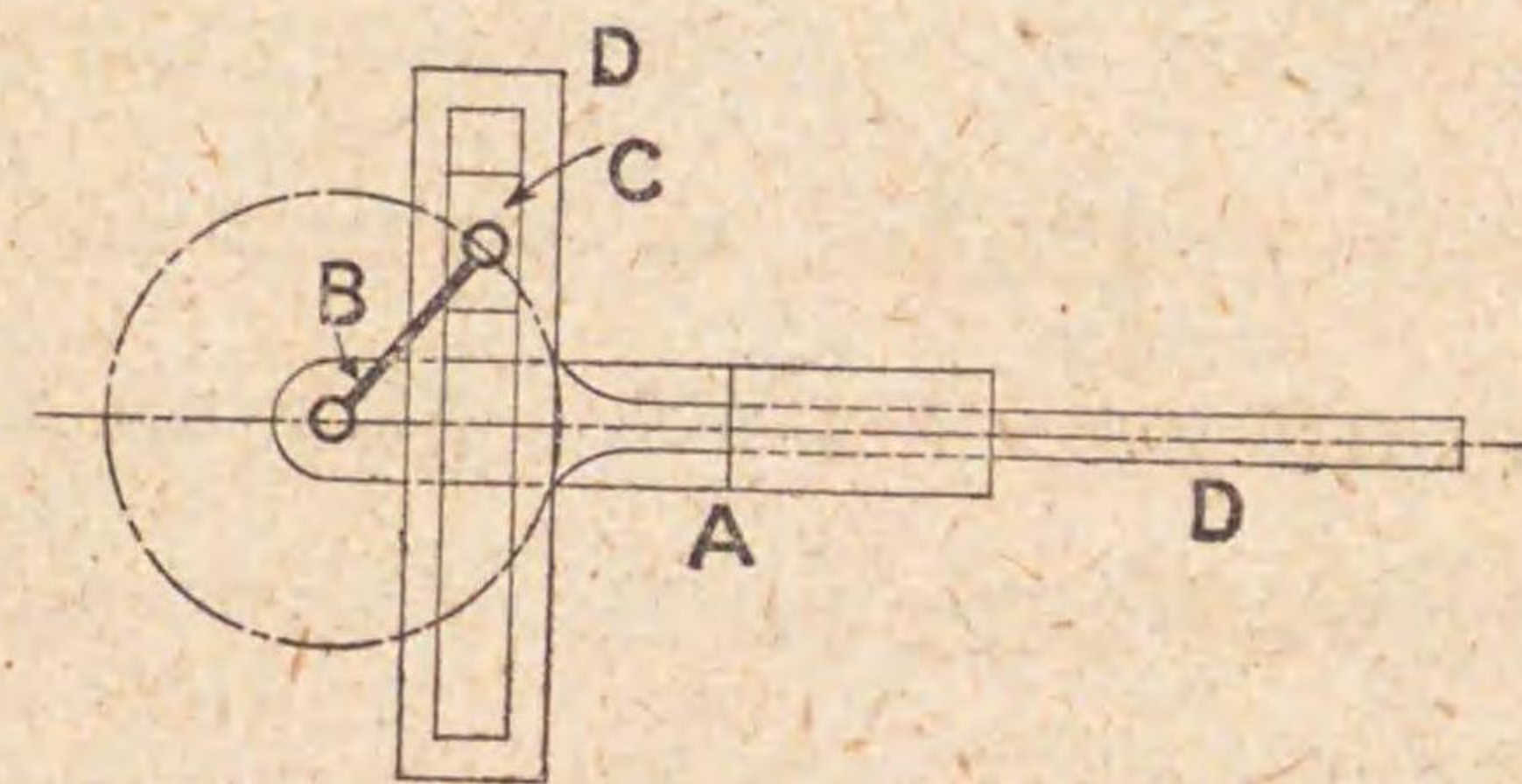
之が破壊する虞れがある。よつて棒  $A$  は其中心線の方に自由に動き得るやう軸受に多少のゆるみをつけてあ

る。第二編で述べた方法で齒車  $W$  が等速回転運動をする場合に對する舵の角速度線圖を引くことが出来る。

#### 147 二つ滑り子回轉連鎖

滑り子回轉連鎖は四つ棒回轉連鎖の變形したものであるといふ

第 285 圖



たが、之が更に變形して節  $C, D$  が滑り對偶をなし且つ  $C, D$  の關係運動が  $D, A$  の關係運動の方向と直角を爲すときは第 285 圖の如

き連鎖となる。之には二個の滑り對偶があるから二つ滑り子回轉連鎖 (double slider crank chain) と名づける。此連鎖も交替を施すと各種の重要な機構が出来る。

#### 148 二つ滑り子回轉連鎖の第一交替

之は第 285 圖の節  $A$  を固定したものでクランク  $B$  が回轉すると節  $D$  は往復直線運動を起す。實



質上直線溝を有する逆さカムの機構と同一である。B が等速回轉運動をすれば D は單一弦運動をなし、恰も普通の蒸汽機關のコンネクティングロツドの長さが無限大になつたのと同じ結果になる。ω を B の角速度とし r を其半徑とし、θ を A, B 間の角度とすると

$$D \text{ の速度} = r\omega \sin \theta$$

$$D \text{ の加速度} = r\omega^2 \cos \theta$$

となる。

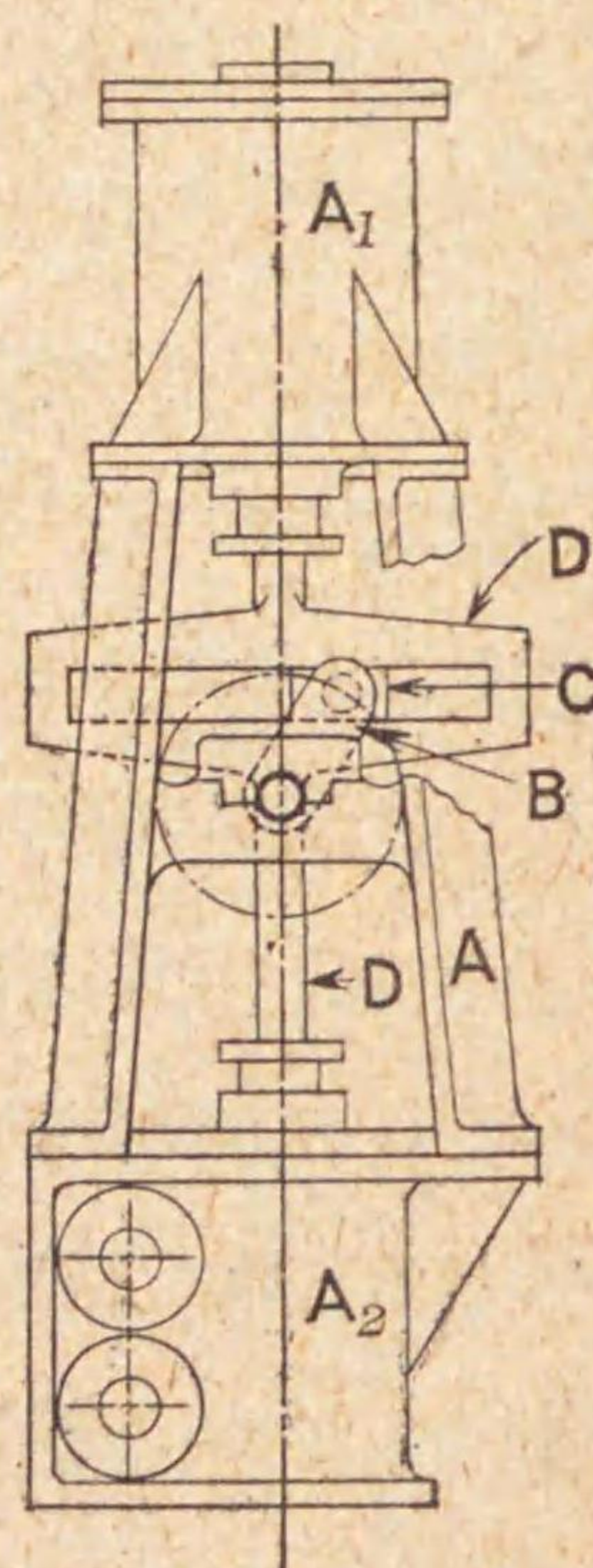
此機構は第 269 圖に示すが如き汽罐給水用の直動蒸汽ポンプ (direct acting steam pump) に應用せられて居る。A<sub>1</sub> は蒸

汽筒、A<sub>2</sub> は水筒で、A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> と之を連結せる足とクランクの軸受は機胴を形成し第 285 圖の節 A に相當する。ピストン、ロツドは A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> に共通で中央に短冊溝を具へ第 285 圖の節 D に相當しクランク B は機胴 A に設けてある固定軸受の中で回轉する。A<sub>1</sub> に蒸汽を入れるとピストン、ロツドの上下動を起し A<sub>2</sub> の中でポンプ作用をする。其際クランク B がある爲めピストンの上下動の長さが制限せられ且つクランク軸にフライホキールが付けてあるから (圖には省いてある) 死點へ來た時運動が途切れぬ。斯の如き

構造ではコンネクテング、ロツドが存在しないから機械全體の長さを小さくつめることが出来る。

149 二つ滑り子回轉連鎖の第二交替 第 285 圖の節 C を固定すると第 148 章で述べたのと同じ機構が出来、節 A は B の半徑の二倍

第 286 圖



を振幅とする單一弦運動をする。何となれば A の B, D に對する關係運動は C の B, D に對する關係運動と同一であるからである。

150 二つ滑り子回轉連鎖の第三交替 第 285 圖の節 D を固定すると楕圓を畫く機構が出来。D が固定して居ると O<sub>ab</sub> 點は上下動し O<sub>ac</sub> 點は水平動するから第 285 圖の節 D は第 287 圖の D の如く直角に溝を穿つた板とすることが出来る。

第 287 圖

今溝の交叉點を原點とし溝を x, y の軸とし節 B の中心線上の一點 P の坐標を x, y とし節 B と溝 x との間の角を θ とすると

$$x = m \cos \theta$$

$$y = n \sin \theta$$

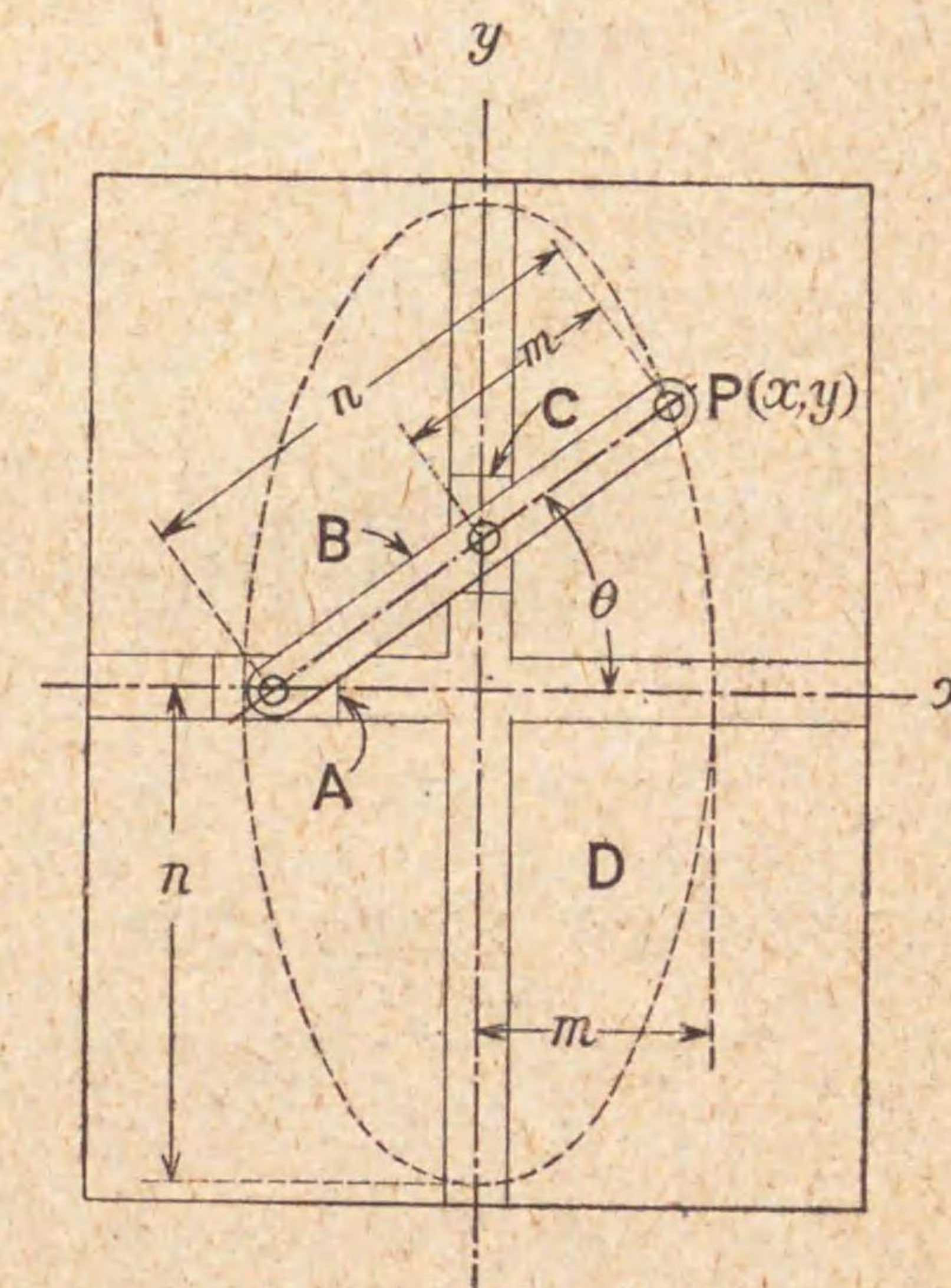
なるが故に此二式より θ を

驅除すれば

$$\frac{x^2}{m^2} + \frac{y^2}{n^2} = \cos^2 \theta + \sin^2 \theta = 1$$

となり P 點は 2m, 2n を短徑と長徑とする楕圓を畫くことが知れる。P 點は O<sub>ab</sub>, O<sub>bc</sub> の中間に在つてもよい但し其正中心にあるときは特別の場合として圓形を畫く。

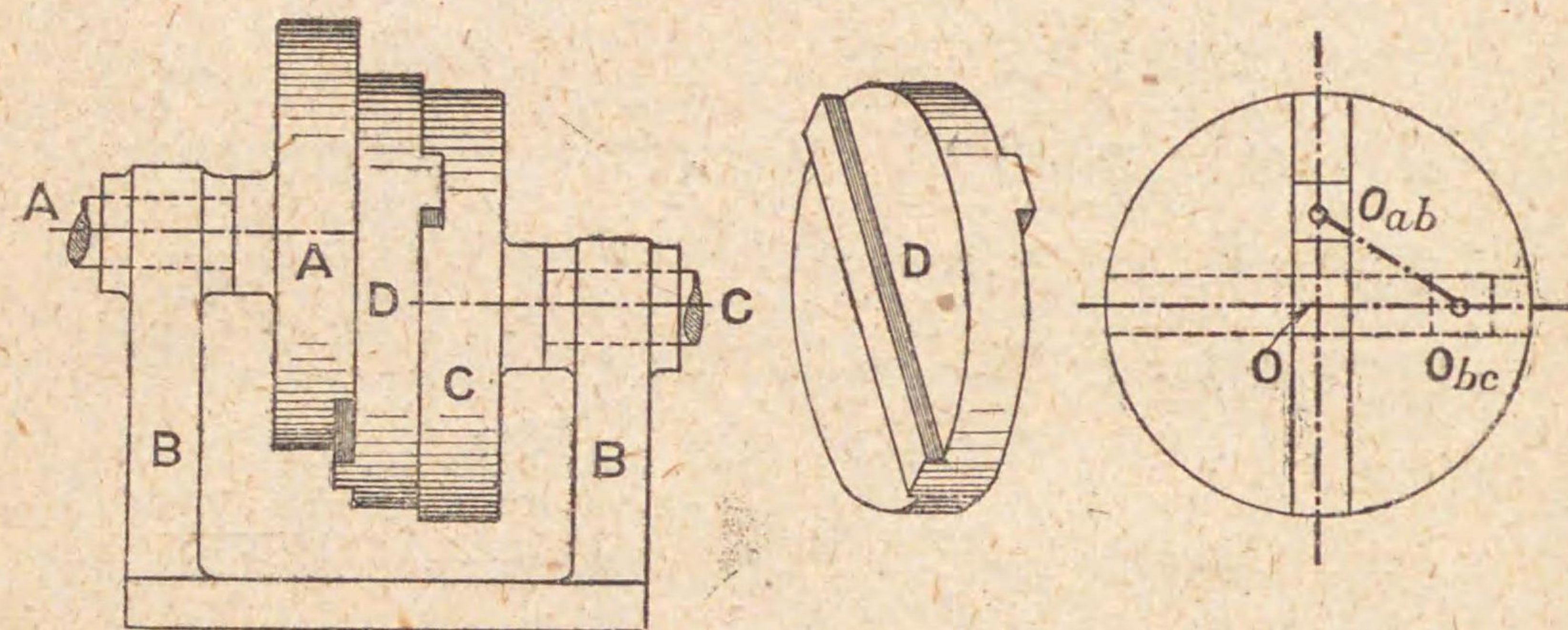
151 二つ滑り子回轉連鎖の第四交替 第 285 圖又は第 287 圖の節 B を固定するとオールドハムの軸繼ぎ (Oldham coupling) と稱し二個の並行軸間に回轉を傳へる一種の軸繼ぎに應用せる機構が出来。節 B が固定して居ると C, D, A は互に滑り對偶をして居るから何れも B に對し





同一の角運動をする。依つて  $O_{ab}$  點と  $O_{bc}$  點とに二並行軸を固着して置く。節 D の媒介によつて兩軸間に同一の回轉運動を傳へるべきである。實際の構造は第 288 圖に示す如きもので節 D は兩面に眞直の突起物を有する圓板状をなし節 A, C は軸及び軸端に固着せる圓板を形成し此等の圓板には眞直の溝があつて此内に D の突起が嵌り込んで居る。二軸を支へ

第 288 圖



る軸受が機胴 B を構成する。角  $O_{ab}$   $O_{bc}$  は直角であるから此機構の運轉中 O 點の移動する軌跡は  $O_{ab}$   $O_{bc}$  を直径とする圓であることは明である。

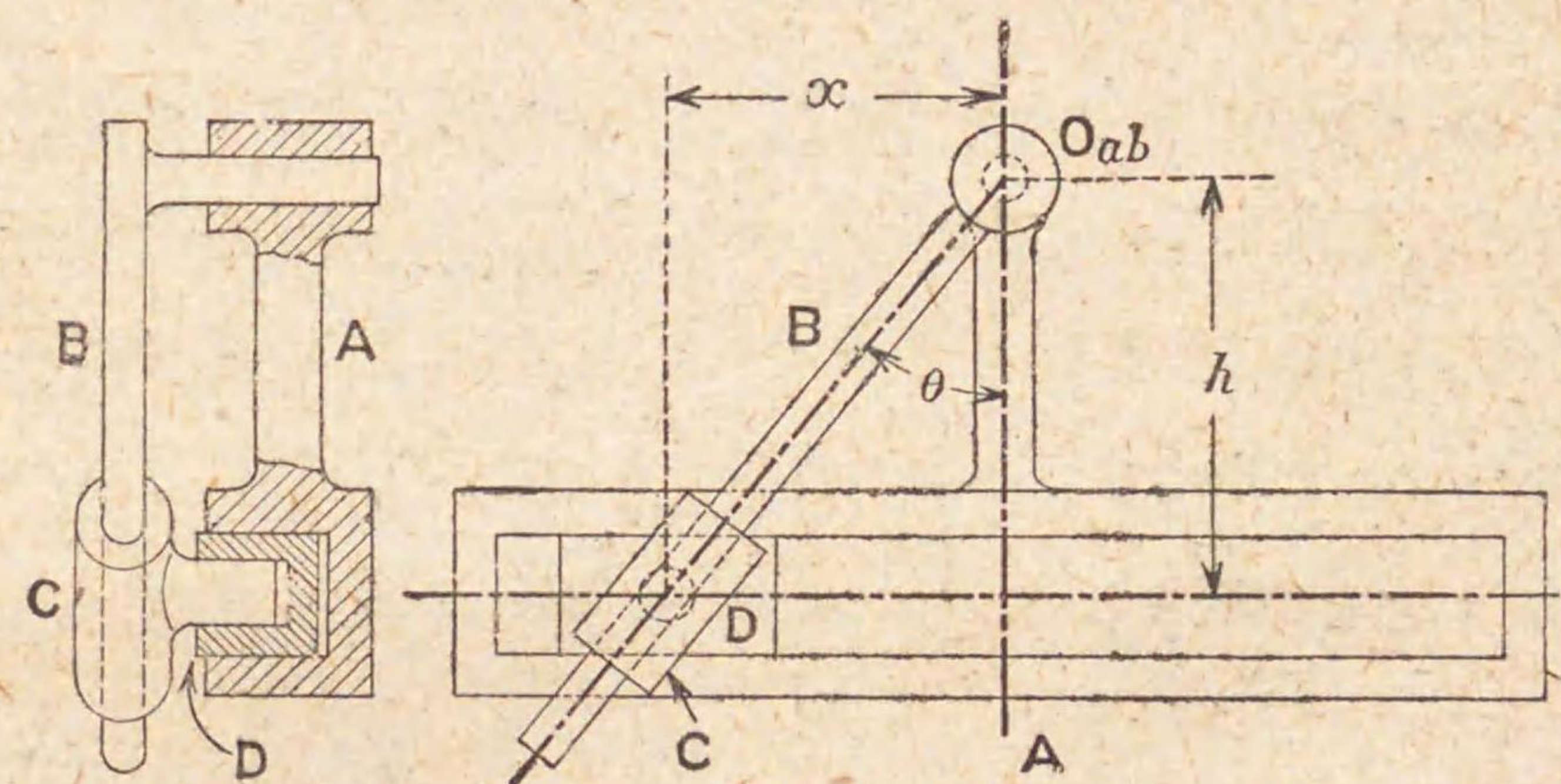
之と實質上同一の機構で旋盤に取付け楕圓を削り出す装置がある之を楕圓チアツク (elliptic chuck) と名づける。例へば第 287 圖で B を固定節とせば B 上の點 P に刃物をつけて置くと D が回轉する際之が楕圓形に削られる。楕圓チアツクの實際の構造は説明を省いて置かう。

猶第 285 圖の節 D に穿つた短冊溝を垂直にしないで斜にすると別種の連鎖が出来、之に交替を施すと又四種の機構が出来る。

152 二つ滑り子挺連鎖 第 289 圖に示すが如く四つの節が何れも一方で滑り對偶をしながら他方で廻り對偶をなし且つ二個の内一つの滑り

子 D の動く方向が  $O_{ab}$  點を通らぬものを二つ滑り子挺連鎖 (crossed slide chain) と名づける。此連鎖は前に述べた如く總ての節の組合せ方が同一であるから何れの節を固定しても同一の機構が出来る。次ぎに一二の應用を述べやう。

第 289 圖



舵取装置 ラブソン氏滑り子 (Rapson's slide) と稱する舵取装置は此機構を應用したものである。

之は船の船先と艦とを結ぶ直線に直角を爲す方向に第 289 圖に示せる A の短冊溝を固定し、舵の回轉軸を  $O_{ab}$  點に於て B に固着し、原動機より鎖を以て滑り子 D を溝の中で左右に引張り舵を動かす仕掛けである。舵が中央位置から動いた角度  $\theta$  が増加するにつれて舵の抵抗力も共に増加するが之に應ずるには滑り子 D が等速等力 (鎖の引張る力は一定不變なり) を以て動くとき B 即ち舵の角速度は  $\theta$  が増加するに従つて小さくなればよい。舵の角速度を  $\omega$  とし滑り子 D の等速度を  $v$  とし  $h, x$  の寸法を第 289 圖に示せる如くとると  $\omega$  と  $\theta$  との間には次の關係が成立する。

$$\omega = \frac{v}{h} \cos^2 \theta$$

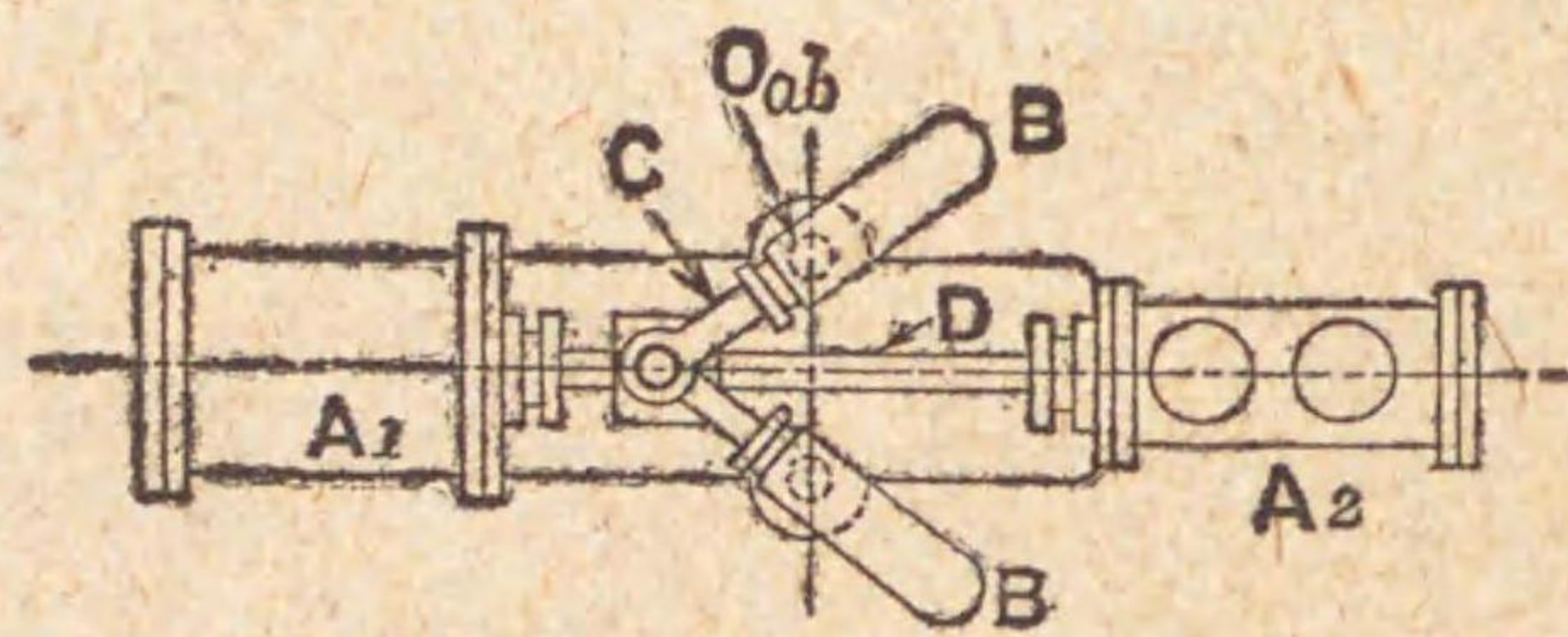


$$\left[ \begin{aligned} \tan \theta &= \frac{x}{h} \\ \therefore \omega &= \frac{d\theta}{dt} = \frac{\cos^2 \theta}{h} \times \frac{dx}{dt} \\ &= \frac{v}{h} \cos^2 \theta \end{aligned} \right]$$

依つて角速度は  $\theta$  の増加するに従つて  $\cos^2 \theta$  に正比例して小さくなり回轉モーメントは之に逆比例して大きくなる。

**補壓水筒付きのワージントンポンプ** 第290圖はワージントン (Worthington) 式の直動蒸気ポンプで汽筒  $A_1$  に蒸気を入れるとピストンロッド  $D$  の往復運動を起し水筒  $A_2$  の中でポンプ作用をする。此ポンプでは蒸気の經濟上  $A_1$  の中でピストンの行程の途中で蒸気の供給をカットオフ (cut off) し之を膨脹さし

第 290 圖



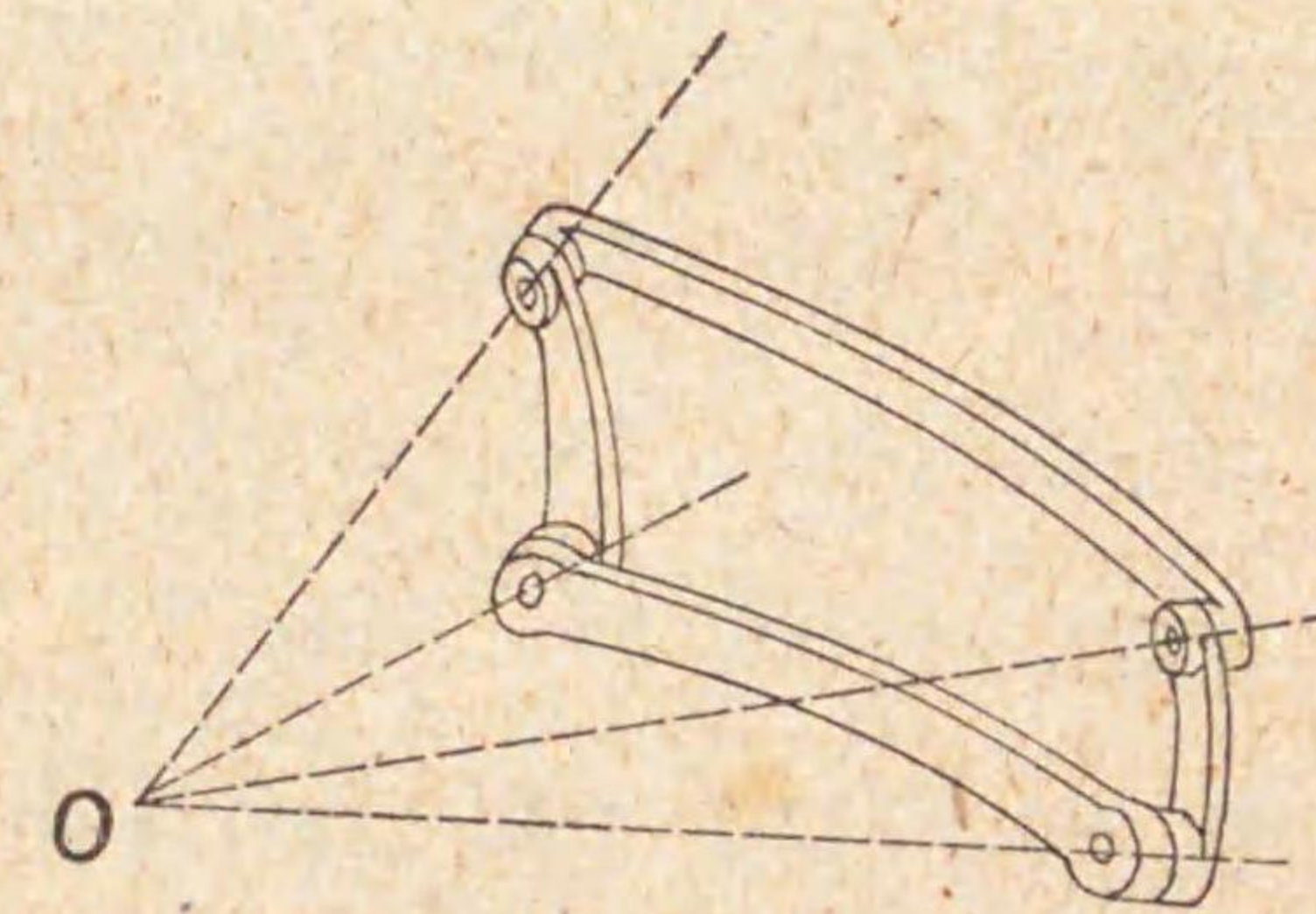
て使用して居るが、其缺點は行程の終りに近づくに従ひ蒸気の壓力が降下して  $D$  を動かす力が弱くなり  $A_2$  の中でポンプ作用を爲

す能力がなくなることである。依つてワージントンポンプでは補壓水筒  $B$  (compensating cylinder) をつけて居る。  $B$  は其横腹  $O_{ab}$  點に於て軸を有し之が機胴  $A$  の軸受に支へられて居る。又軸の内部には孔があいて居て之を通じて定壓力の水が常に  $B$  の内部に来て居る。  $A_1$  内のピストンは行程の初めに於ては  $D$  を右方に押し  $A_2$  の内でポンプ作用をすると同時に其有り餘る蒸気壓の餘力を以てプランジャー  $C$  (plunger) を水壓に逆らひて補壓汽筒  $B$  の内へ押込む。其際  $B$  内の水は上記軸に穿つた孔を通して容器の内に壓力を受けたまゝで貯へられる。斯くて  $A_1$  内のピストンが其

行程の半を經過し蒸気の壓力降下する頃となれば補壓汽筒  $B$  の傾が逆になるから一度容器の内に押し出された水が再び  $B$  に入り來り其壓力によつて  $C$  を押出すから弱くなつた  $A_1$  内の壓力を補ひ相共に  $D$  を右方に押し  $A_2$  の内でポンプ作用を繼續せしむるのである。此ポンプの  $A$  ( $A_1$  及び  $A_2$  を含む)  $B, C, D$  は第289圖の  $A, B, C, D$  に相當し兩者は全然同一の機構であることが知れやう。

**153 放射軸連鎖** 今迄述べ來つた連鎖では總て軸が互に並行であつたから之を總稱して並行軸連鎖 (cylindric chain) と呼ぶが第291圖に示

第 291 圖

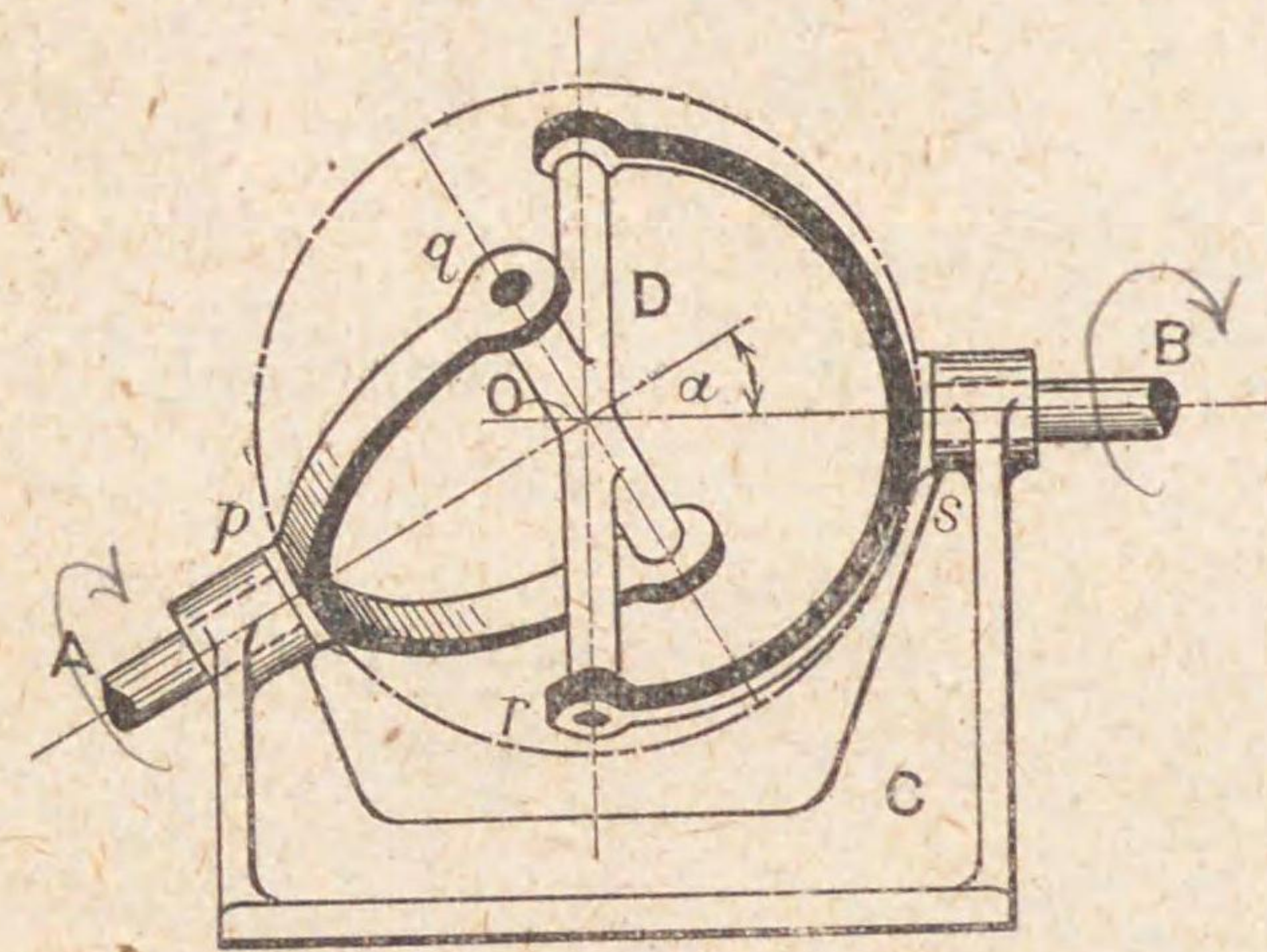


すが如く軸の方向が總て一點  $O$  に集るものは之を放射軸連鎖 (conic chain) と名づける。後者では各節は  $O$  を中心として球面運動をすること明である。並行軸連鎖は球の半径が無限大になつた特別の場合であると思ふことが出来る。

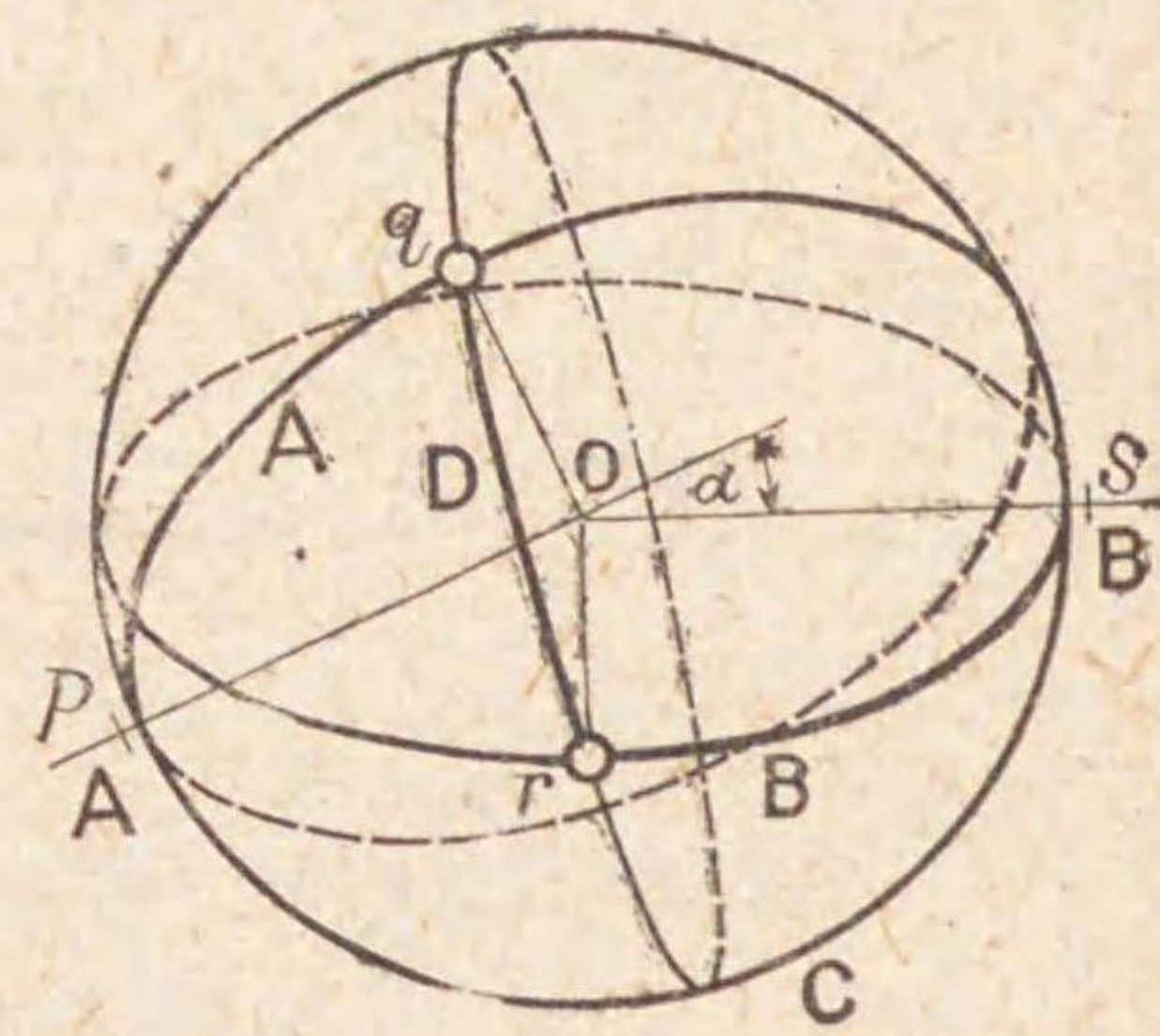
放射軸連鎖を應用して居る機械は甚だ少いがフック氏の軸繼 (Hooke's joint) は之が應用の一例である。之は第292圖に示す如きもので交叉せる二軸の間に回轉運動を傳へるものである。  $A, B$  軸の端は二又になつて居て之が十字形の棒  $D$  の四端でピン継手になつて居る。そして十字形の交叉點は  $A, B$  軸の交叉點と一致して居るから第292圖は第293圖の太線で書いた  $A D B C$  といふ球面四ツ棒と實質上同一で放射軸連鎖で出來て居る機構なることが知れる (第292圖の軸受は第293圖の節  $C$  に相當し第292圖の十字棒の一部  $q o r$  は第293圖の圓弧狀の棒  $q r$  と實質上同一なり)  $B$  軸が一回轉すると  $A$  軸も一回轉するが兩軸の角速度は位置によつて



第 292 圖

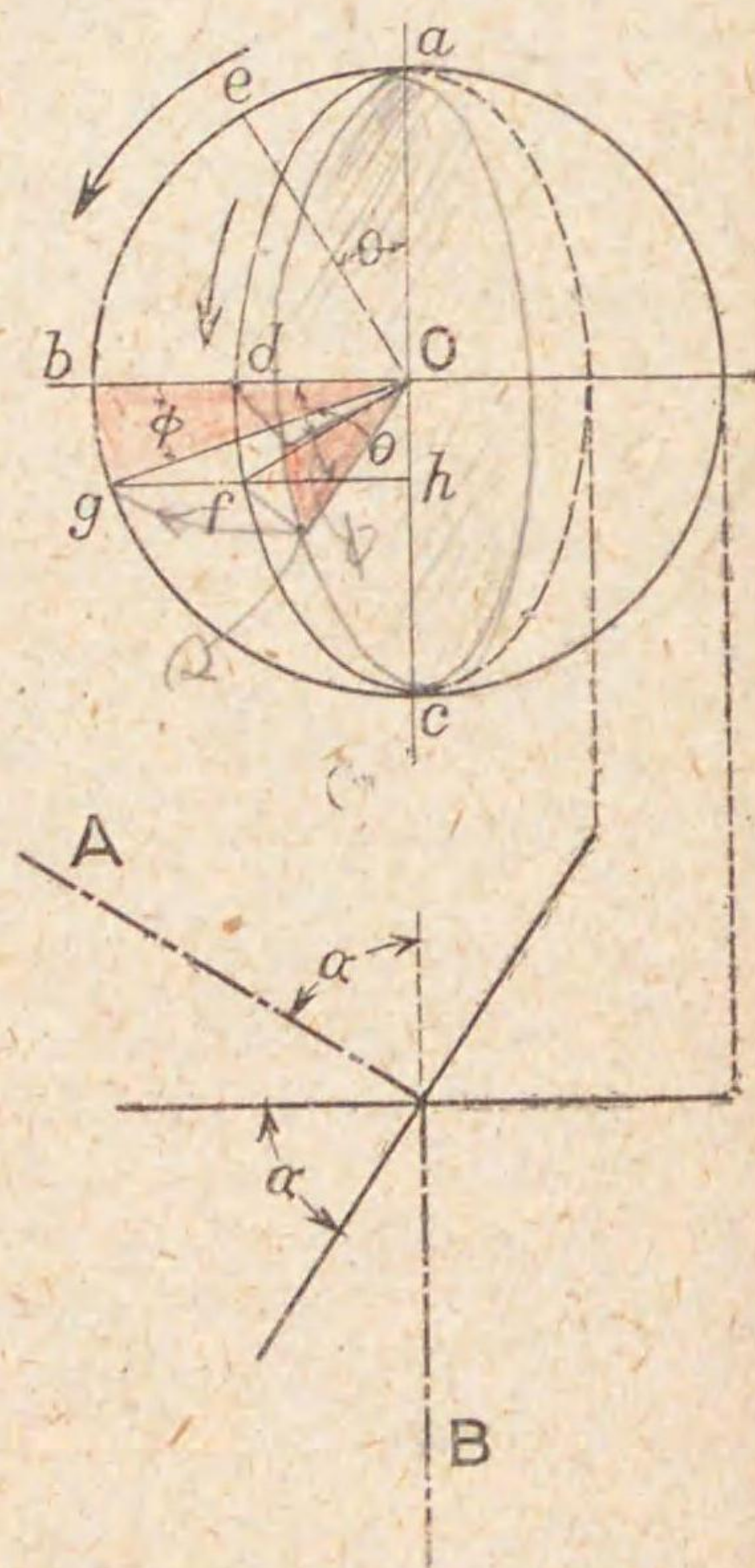


第 293 圖



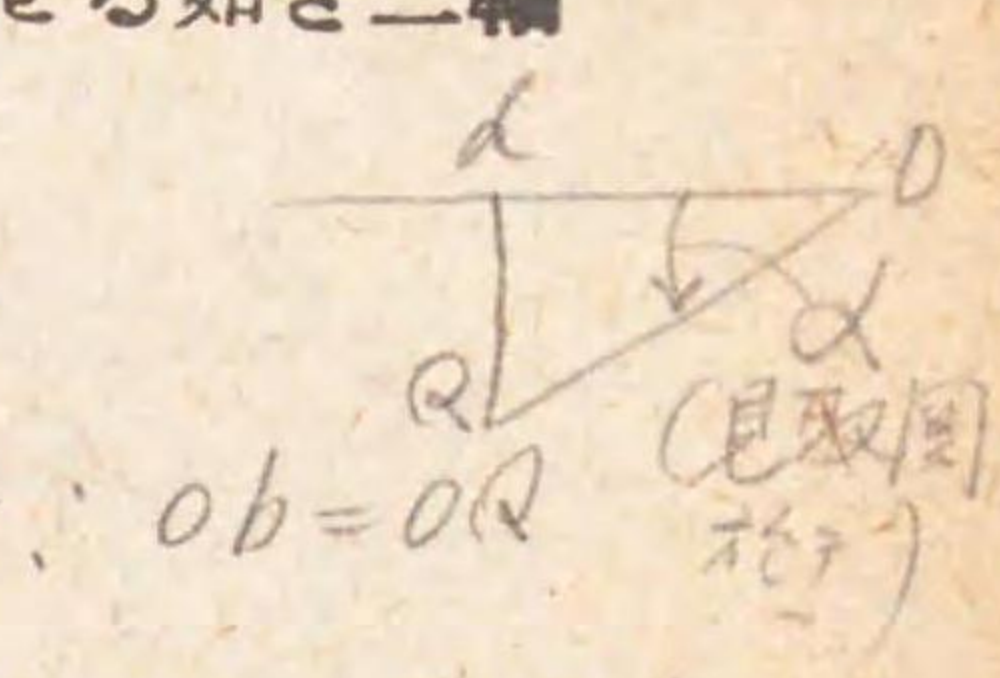
間断なく變化するから B 軸が等速回轉運動をしても A 軸は變速回轉運動をする。其角速度は次ぎの如き方法で出すことが出来る。二軸が回轉するとき二個の二又の先端が畫く二個の圓を B 軸に直角な平面上に投影すると (第 294 圖) 第 292 圖の r 點の通路は圓 abc となり、q 點の通路は橢圓 adc となる。今 r が a に在るときは q 點は勿論 d 點にあるが r が theta の角運動をなして e 點へ來たとき q 點が f 點へ來たとすると十字棒の角 qOr は直角で且つ腕 Or は abc の平面上に横はるから角 qor の投影角なる角 of も直角となり角 dof も theta となる。r 點を通じて水平線 gfh を引くと投影圖上で dof に見ゆる角の實際の大きさは bog となるから B 軸が theta の角運動をすれば A

第 294 圖



軸は phi の角運動をすることになる。故に alpha を第 294 圖に示せる如き二軸間の補角とすると

$$\frac{\tan \phi}{\tan \theta} = \frac{oh}{gh} = \frac{fh}{gh} = \frac{od}{ob} = \cos \alpha$$



$$\therefore \tan \phi = \tan \theta \cos \alpha \dots \dots \dots (1)$$

微分學を應用すると此式から次の關係が成立する

$$\omega_a = \frac{\cos \alpha}{1 - \sin^2 \theta \sin^2 \alpha} \times \omega_b \dots \dots \dots (2)$$

omega\_a, omega\_b は軸 A, B の角速度である。

式 (1) を時間について微分すれば

$$\sec^2 \phi \frac{d\phi}{dt} = \cos \alpha \sec^2 \theta \frac{d\theta}{dt}$$

$$\omega_a = \frac{d\phi}{dt} = \omega_b \cos \alpha \frac{\sec^2 \theta}{\sec^2 \phi}$$

$$= \omega_b \cos \alpha \frac{\sec^2 \theta}{1 + \tan^2 \phi}$$

$$= \omega_b \cos \alpha \frac{1}{\cos^2 \theta (1 + \tan^2 \theta \cos^2 \alpha)}$$

$$= \frac{\cos \alpha}{1 - \sin^2 \theta \sin^2 \alpha} \times \omega_b$$

式 (2) の theta を 0, 90, 180, 270, 360 度とし其時の omega\_a を算出し之を表示すると

|           |                     |                       |                     |                       |                     |
|-----------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| theta =   | 0°                  | 90°                   | 180°                | 270°                  | 360°                |
| omega_a = | cos alpha x omega_b | 1/cos alpha x omega_b | cos alpha x omega_b | 1/cos alpha x omega_b | cos alpha x omega_b |

となり omega\_a は cos alpha x omega\_b と 1/cos alpha x omega\_b との間に變化し omega\_a は一直角毎に omega\_b よりも早くなつたり遅くなつたりすることが分る。A 軸と B 軸との角速



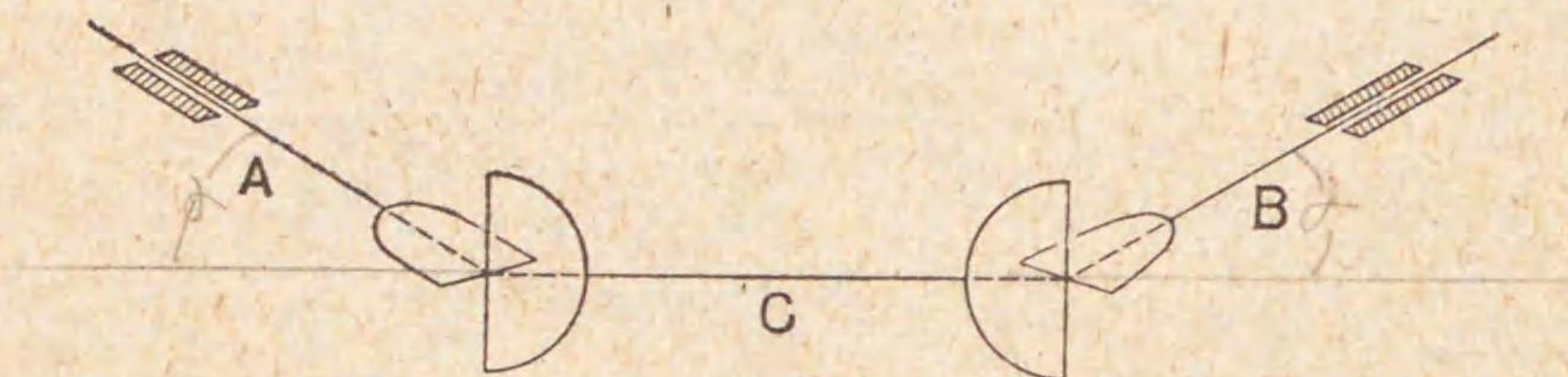
度が等しくなる瞬間位置は式 (2) に  $\omega_a = \omega_b$  と置いて  $\theta$  を解けばよい。  
 又軸 B が等速回轉運動をするときの A 軸の角加速度を示す式は式 (2) を更に微分すると直ちに出来る。

$$A \text{ 軸の角加速度} = \frac{d^2\phi}{dt^2} = \frac{\sin 2\theta \sin^2 \alpha \cos \alpha}{(1 - \sin^2 \theta \sin^2 \alpha)^2} \omega_b^2 \dots \dots (3)$$

B 軸が等速回轉運動をするとき A 軸の角速度の變化する範圍は  $\alpha$  の角が大きくなるに従つて増加する (前記の表を参照すべし) から  $\alpha$  が 30 度を越す場合に此軸繼を用ふることは稀である。又運轉中に  $\alpha$  の角が變化しても二軸間に回轉運動を傳へ得るから撓み軸繼 (flexible coupling) として使ふことも出来る。

A 軸と B 軸との角速度を常に同一とするには第 295 圖に示すが如く A, B

第 295 圖

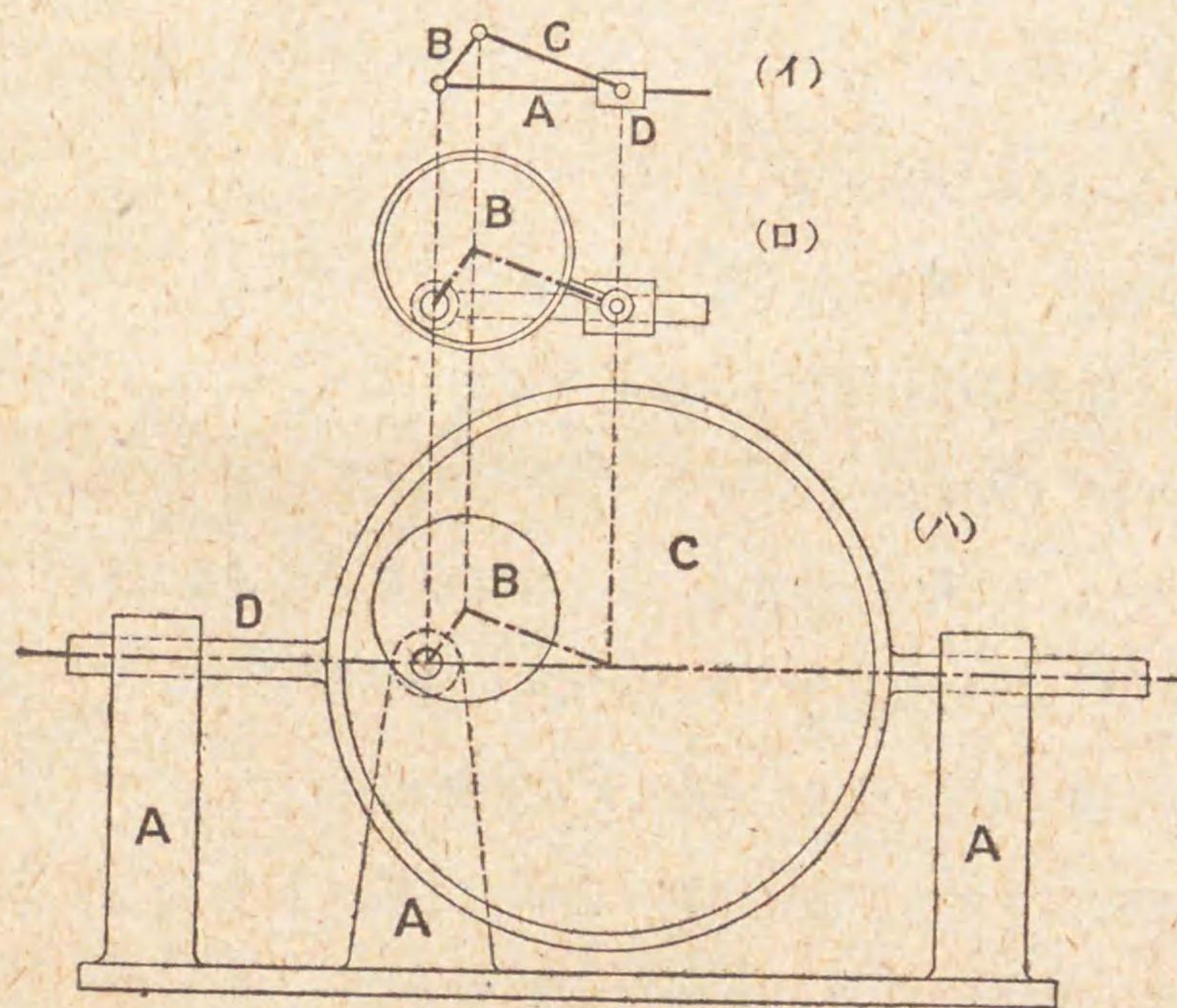


の間に第三軸 C を設け A, C の間の角と C, B の間の角を等しくし C 軸の両端につけてある二叉を同一平面内に横はるやうにすればよい。斯くすれば A, C の間の角速度比は B, C の角速度比の逆数になるからである。

154 機素の膨脹 機構を構成する機素を大きくすると外形は大いに變化するけれども他節の運動に少しも變化を起さぬことがある。之を機素の膨脹 (expansion of element) と稱へる。例へば第 268 圖 (イ) のピン  $O_{ad}$  (即ち機素 D) を膨脹し  $O_{ad}$  の半径が  $O_{ca}$  を抱き込むやうになると (ロ) 圖の構造となるが之が爲めに他節の動き方には變化が起らぬといふたが之も機素膨脹の一例である。又第 275 圖の節 B が膨脹しピン  $O_{bc}$  の半

徑が大きくなつてピン  $O_{ab}$  を抱き込んだものが第 277 圖となる (軸 S が軸 T を抱き込み居れり) 又第 296 圖 (イ) の滑り子回轉連鎖に於て節 B が膨脹し  $O_{bc}$  の半径が  $O_{ab}$  を抱き込めば (ロ) 圖に示す如く蒸汽機關の辨装置に使用するエキセントリック (eccentric) の機構が出来る。更に節 C を膨脹し  $O_{ca}$  の半径が節 B を抱き込むやうにすると (ハ) 圖の構造になる

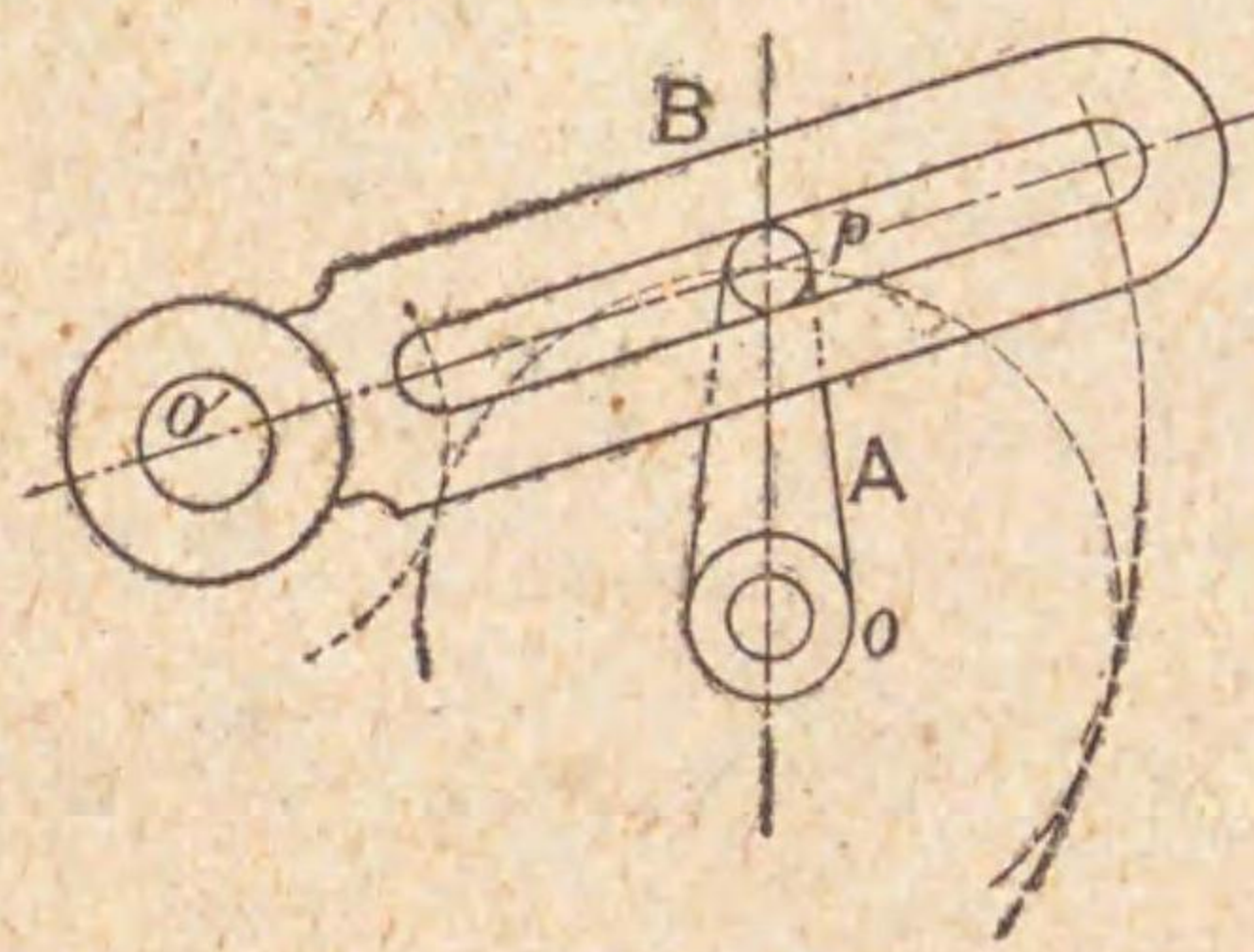
第 296 圖



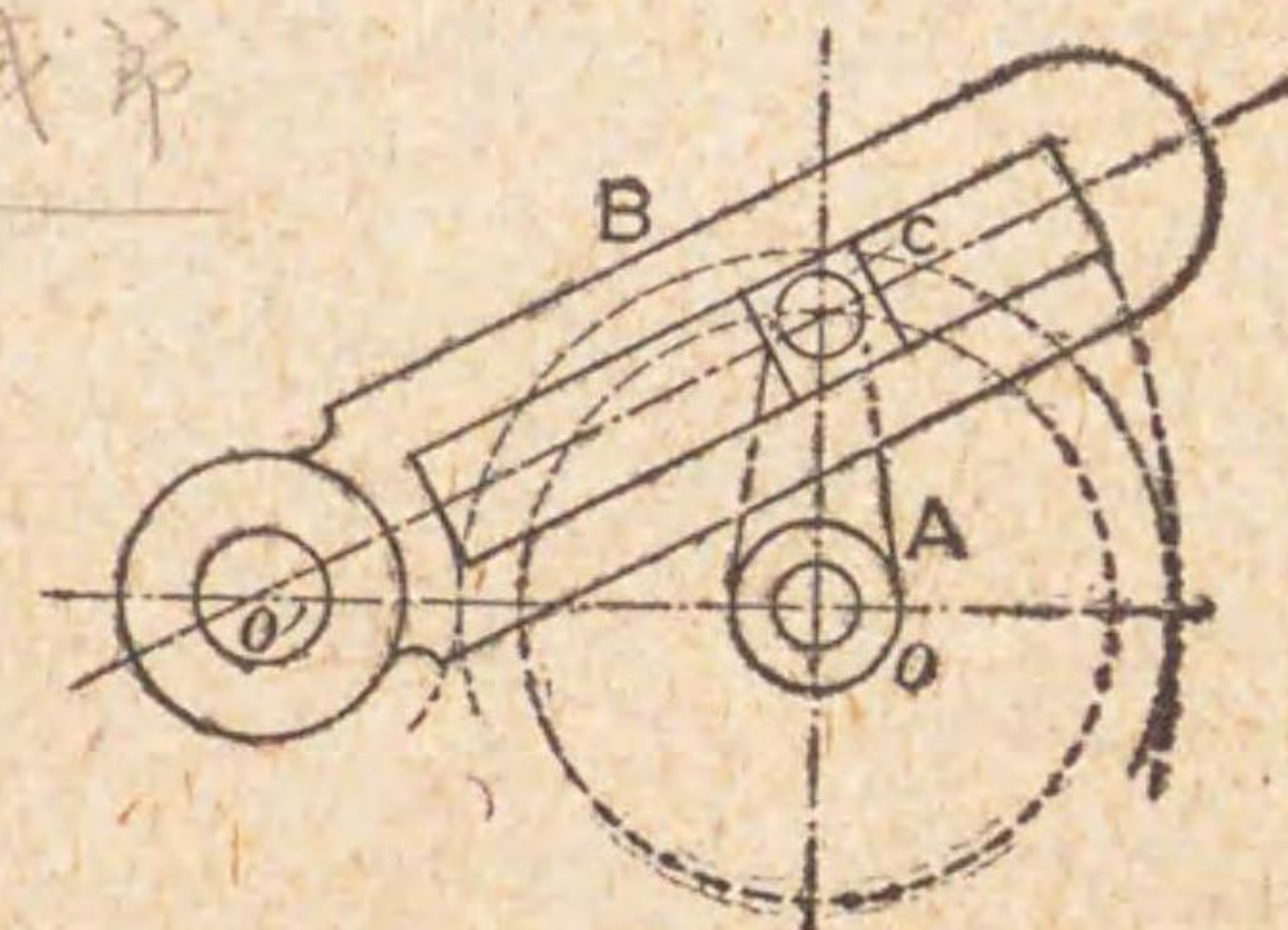
p 265  
276 圖

155 連鎖の補節 連鎖は時として節の数を増補しても他節の關係

第 297 圖



第 298 圖



277 圖



運動には何等の變化を生じないことがある。之を連鎖の補節 (augmentation of chain) と名づける。例へば板カムが第 191 圖 (イ) に示す如く直接に従動節の尖端に作用する代りに第 193 圖に示す如くカムと従動節との間に轉子を増補しても従動節の動き方には何等の變化が起らぬやうなものである。又第 297 圖で腕 A が回轉すると B は往復角運動をするが第 298 圖に示す如く A の先端にあるピン  $p$  と B の短冊溝との間に滑り子 C を補節しても B, A の動き方は第 297 圖と同一である。補節は線點對偶を面對偶に變へる爲めに行ふことが多い。

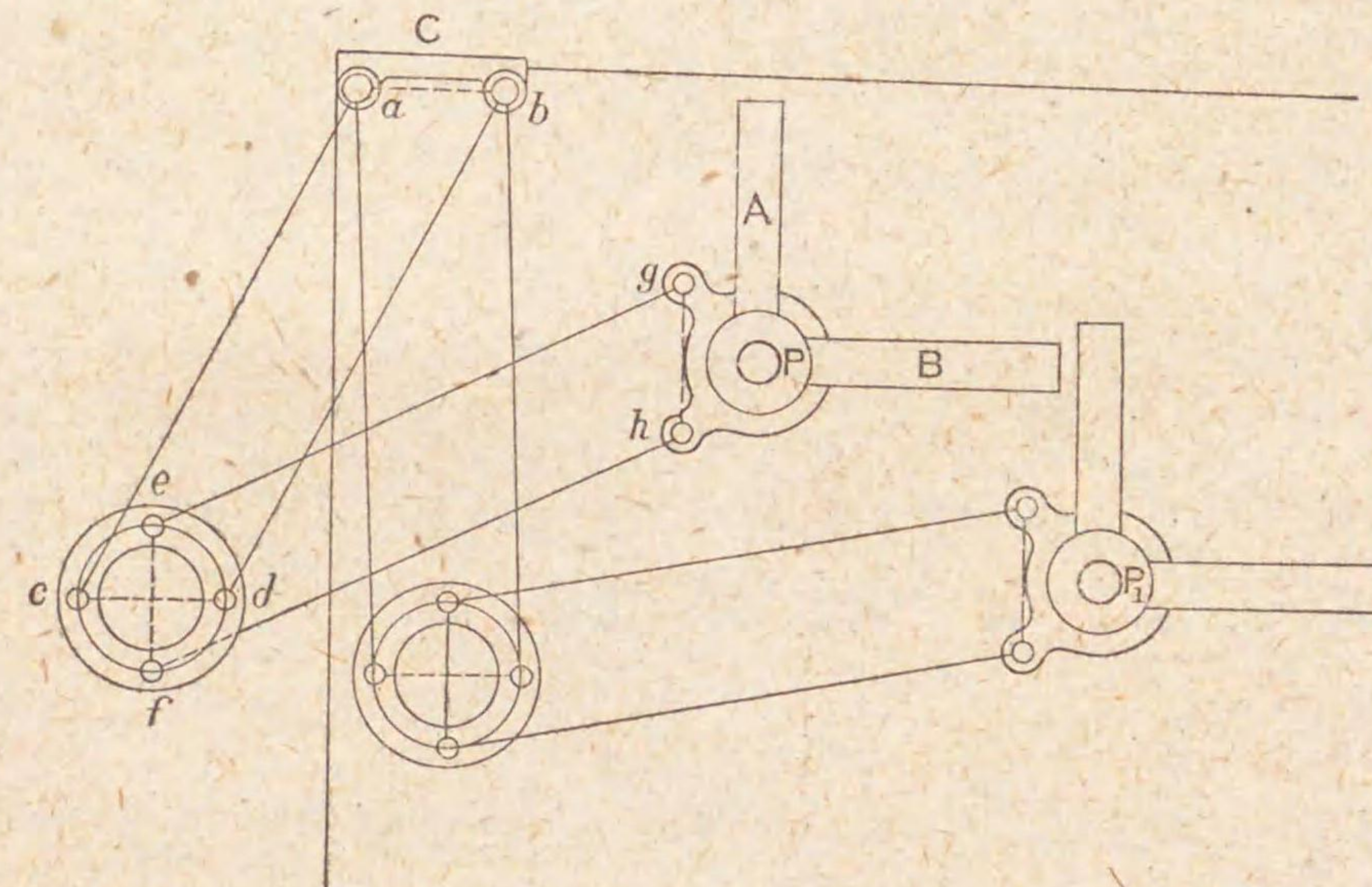
156 連鎖の減節 之は補節の逆で連鎖中の一節又は數節を省略しても時としては他節の關係運動に變化を生じないことがある。之を連鎖の減節 (reduction of chain) と名づける。第 298 圖の節 C を省略して第 297 圖の構造としたり、又はカム装置の轉子を省略するのは減節の例である。第 277 圖で P と A の短冊溝との間に滑り子を省略したのも減節の一例である。減節は瞬間中心の軌跡を應用すると往々之を行ふことが出来る。例へば第 61 圖に對する説明に於て四ツ棒回轉連鎖  $cd, de, ef, fe$  で傳へる運動も A, B の橢圓 (之は  $cd, ef$  間の瞬間中心軌跡なり) で傳へる運動も同一であるといふたが四ツ棒ならば節の數は四個であるが A, B を使へば A, B の外に軸受となるべき棒  $ef$  を加へて節の數は三個となるから一個減節されたことになる。

## 第 八 編

### 竝行運動機構及び直線運動機構

157 竝行運動機構 竝行運動機構 (parallel motion mechanism) とは機構中の二個又は二個以上の點が常に相竝行せる線を畫くものである。

第 299 圖



現今知れて居る竝行運動機構は並行四邊形を爲せる四ツ棒回轉連鎖の應用に非ずんば卷掛け媒介節を應用したものが多し。

竝行定規 之は第 299 圖に示す如きもので竝行線を引くのに使ふ製圖道具である。  $abde$  は竝行四邊形で  $ab$  即ち節 C を製圖板の左上の隅に固定して置くと  $e$  點と  $d$  點とは常に竝行線を畫き線  $cd$  は常に線  $ab$  と竝行になる。又  $efhg$  も竝行四邊形であるから P の位置を製圖板上任意の位置  $P_1$  へ動かしても定規 A, B は元の位置と竝行になる故に P を動かしては A, B に沿ふて線を引くと竝行線を引くことが出来る。斜向の竝行線を

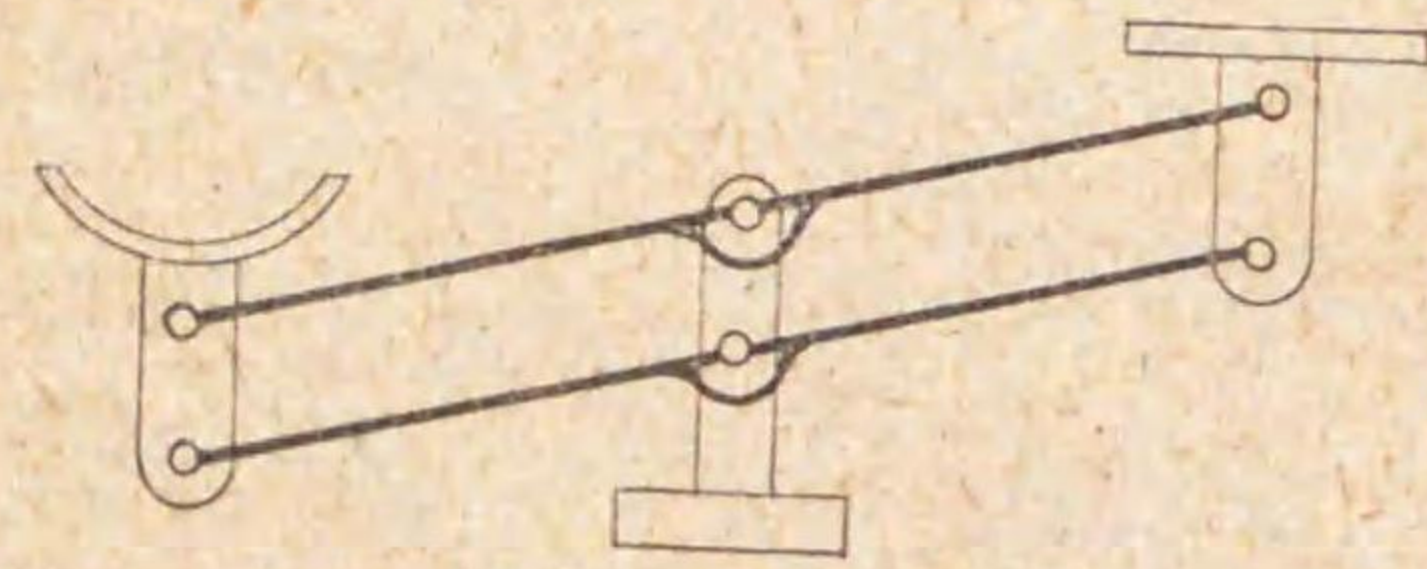


畫くには P のねじを弛るめて A, B の向を斜にし更に P を締付ればよい。

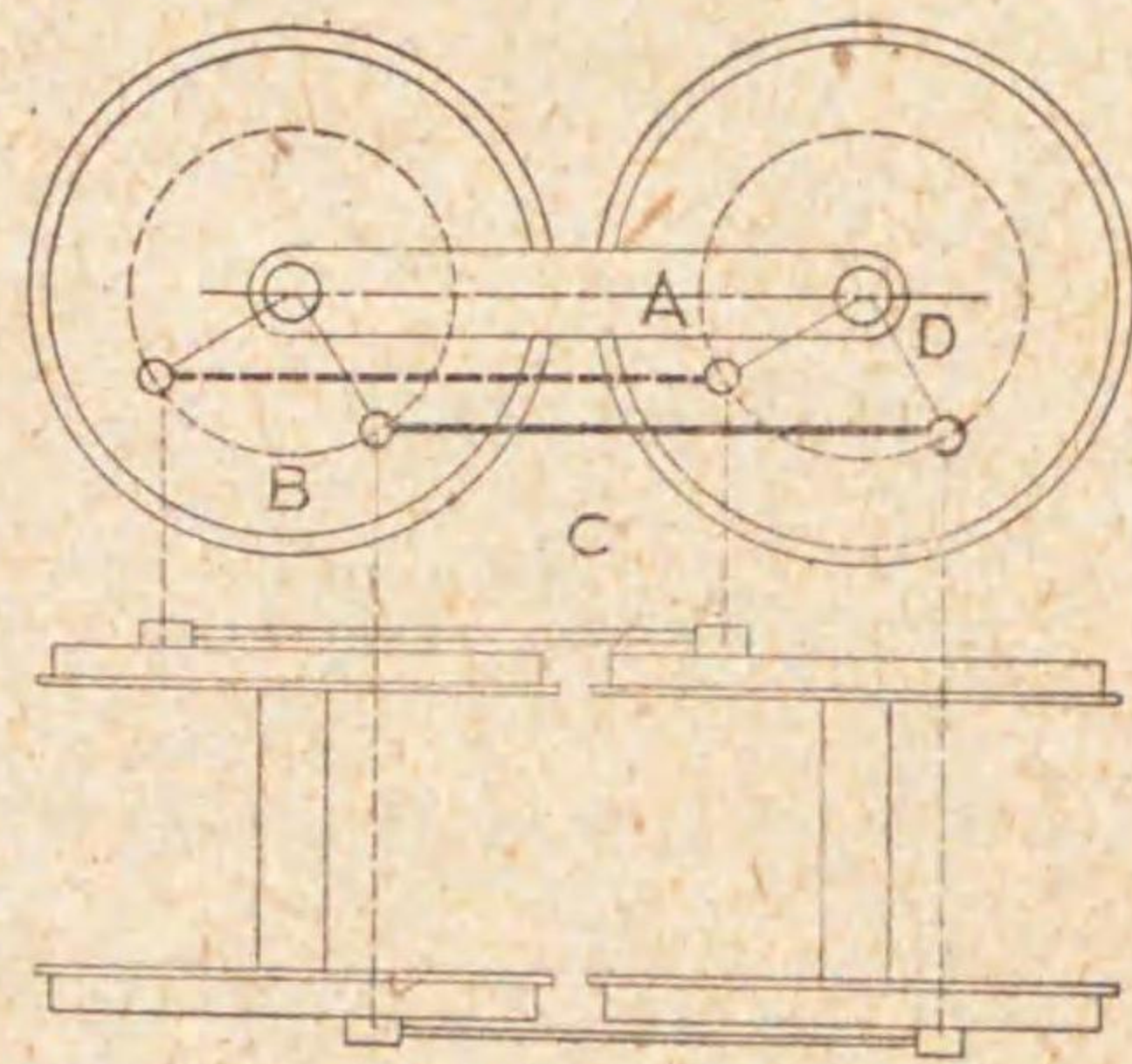
ロバール氏の秤 (Roberval balance) 之は第 300 圖に示すが如く五個の節から成る二個の並行四邊形で左右の腕の長さの等しいものである。斯くの如き構造では右の皿が上下に動く分量は常に左の皿が上下に動く分量と等しいから分銅や品物を皿上何れの位置へ置いても其重量相等しき以上は必ず平衡すべきである。故に此秤では重量を計る手間が簡便である。

機関車 機関車が重い列車を牽引し得る爲めには機関車自身が重くなければならぬ。之が軽いと機関車の動輪がレールの上で空轉する。然かし

第 300 圖



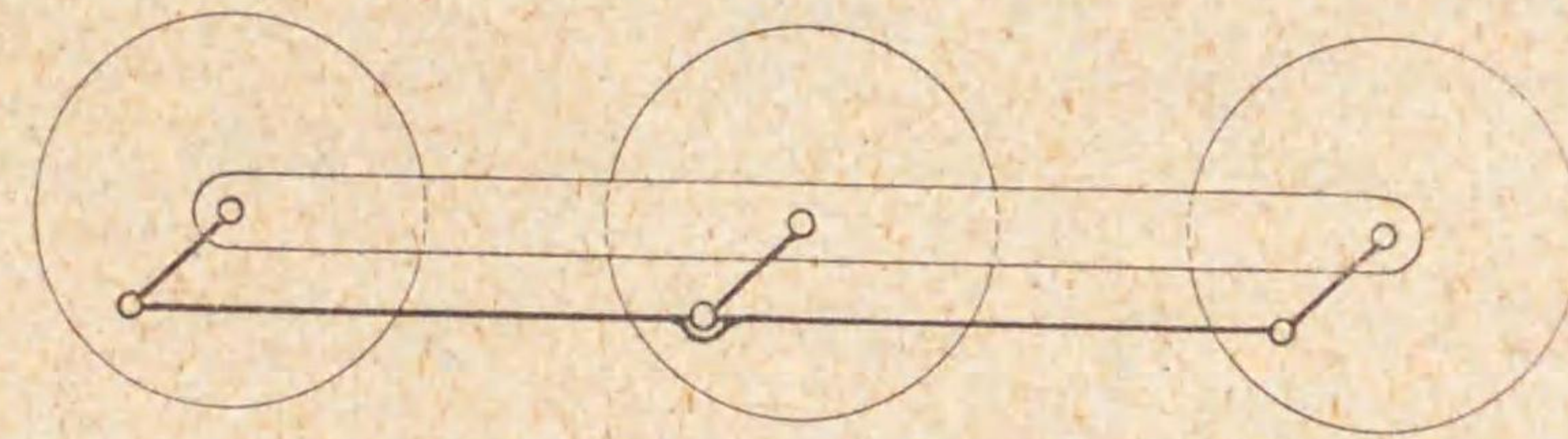
第 301 圖



機関車の重量が餘り重くなるとレールが折れる虞れがあるから其車輪の數を増して車輪一個で支へる重量を輕減して居る然るに機関車が列車を牽引する爲めの有効重量は蒸汽機關のピストンに連結して之により直接回轉せしめらるゝ動輪の支ふる重量であるから細きレール上で重き列車を牽引する爲めには機関車の車輪の數を増加し此等の車輪を互に連結して蒸汽機關の動力が之等の車輪に傳達するやうにせねばならぬ。此目的を達する爲めに並行四邊形の機構を應用して居る第 301 圖は動輪の數が四個の場合の構造を示すもので A は機関車の車體を示す節である、蒸汽機關の動力が動

輪 B に固着してあるクランクピンに傳はると B を回轉するのみならず棒 C に依つて蒸汽機關の動力は車輪 D にも傳はり、D が分擔して支へて居る機関車の重量は有効重量となる。そして ABCD は並行四邊形にしてあるから B 車も D 車も同一回轉をする。並行四邊形の四邊が一直線上に來ると機構が死點で且つ追分點 (追分點へ來るとそこで B, D 兩車輪が互に逆方向に回轉するかもしれぬ) となるが機関車には其兩側に別個の蒸汽機關と並行運動装置がついて居て兩側のクランクは互に直角をなすやうに取付けてあるから死點追分點に依つて起る危険を避けることが出来る。動輪の數が第 302 圖に示す如く六個又は六個以上のときは追分點は起らぬ。

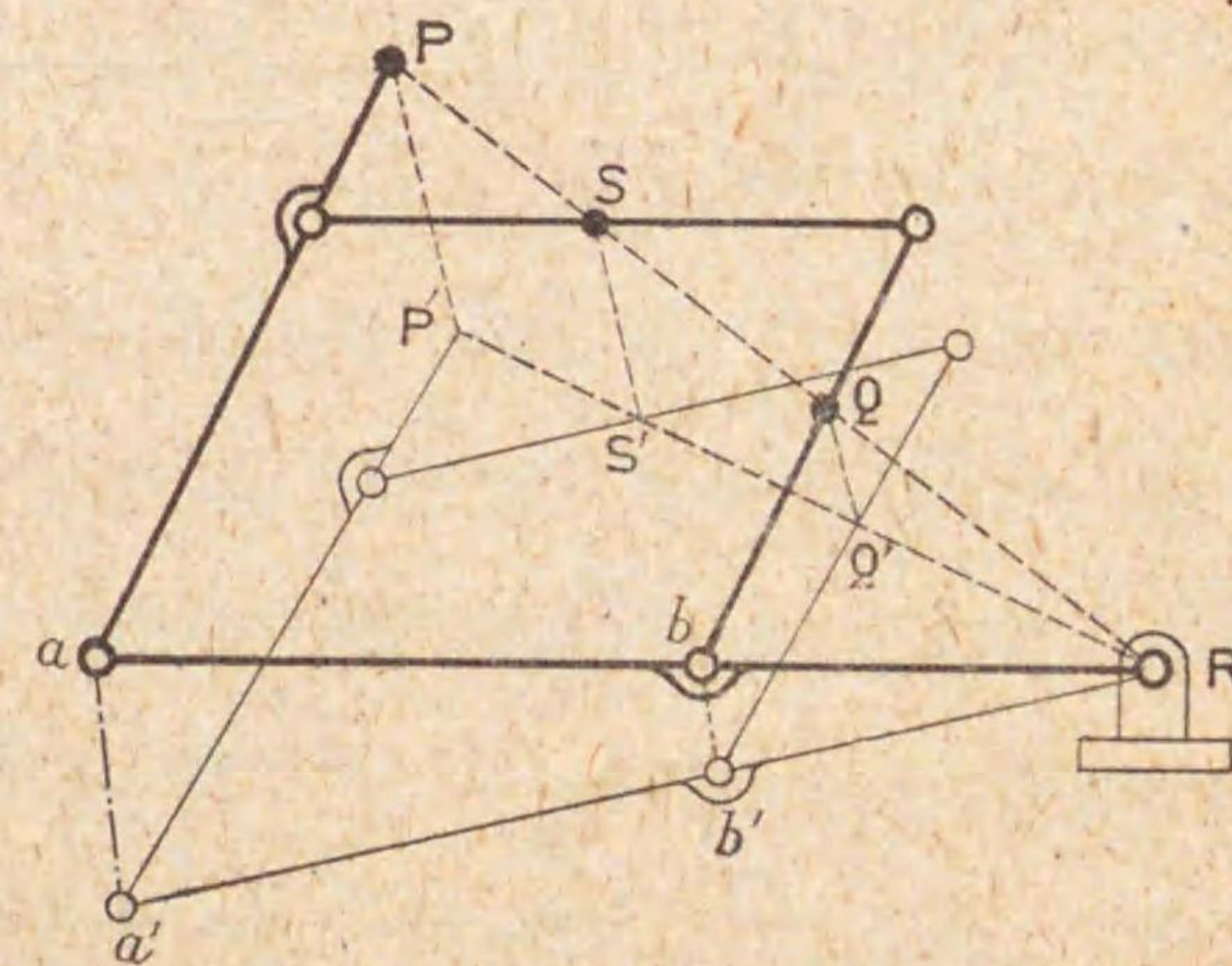
第 302 圖



縮圖器 原物と相似形に之を縮寫したり又は之を擴大する機械を縮圖器 (pantograph) と名づける。其構造は第 303 圖に示す如く並行四邊形をなせる四本の棒より成立し、一直

第 303 圖

線上に横はる點 P, Q, R の内 R 點を固定すると P 點と Q 點は相似形を畫き、P 點の畫く形と Q 點の畫く形との大きさの比は aR と bR の長さの比に等しくなるものである。故に Q 點に鉛筆をつけ P 點





を原圖に沿ふて動かせば之を縮寫することが出來、P 點に鉛筆をつけ Q 點を原圖に沿ふて動かせば之を擴大して寫すことが出来る。此機械が相似形を畫く理由は P 點と Q 點との動く方向は常に竝行で且つ其動く長さは常比  $aR:bR$  に等しいからである。第 303 圖で細線は機構が少しく動いた位置とする。此新位置に於ても先の P 點 Q 點 (即ち P' 及び Q' 點) は必ず固定點 R を通る直線上に來る。何となれば

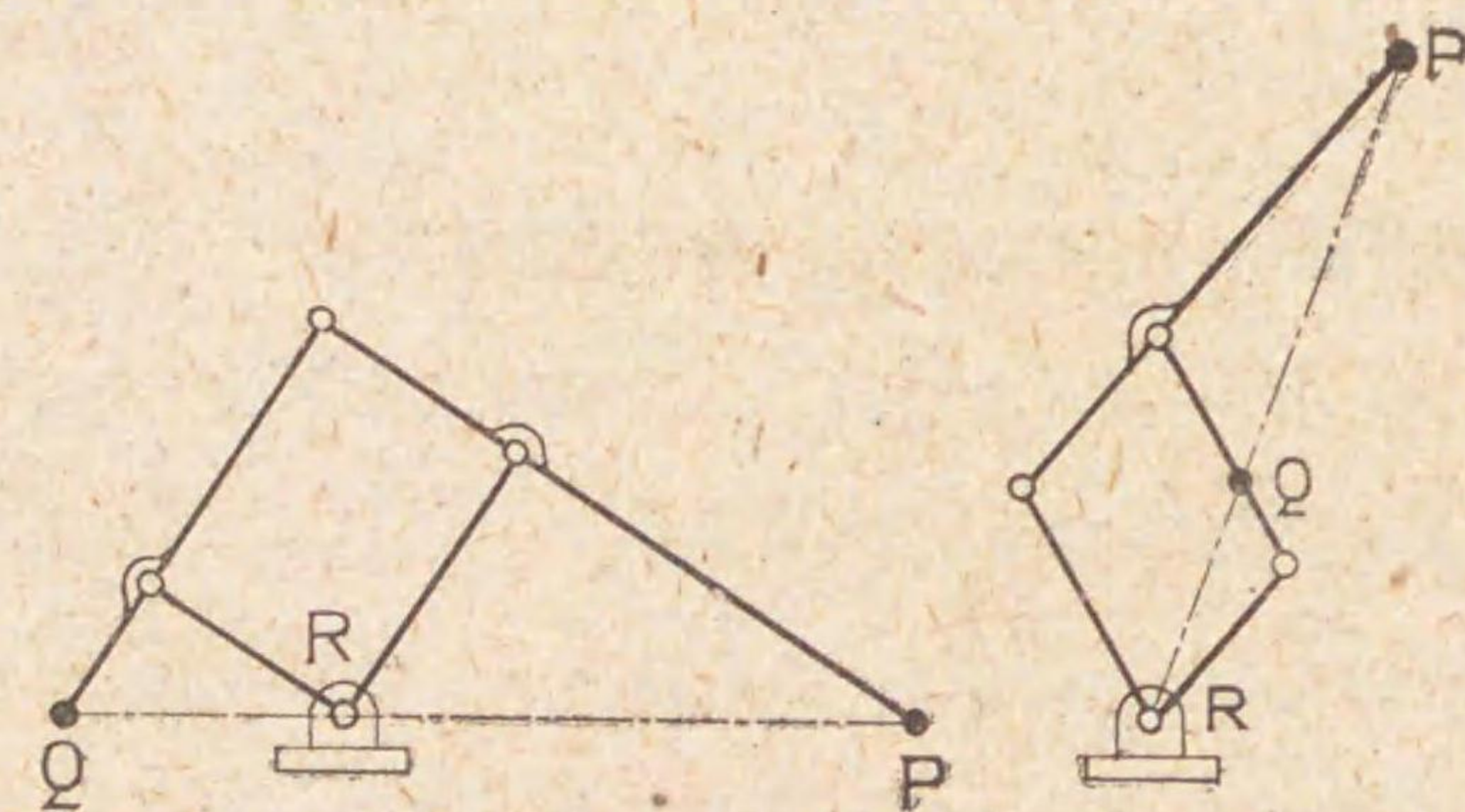
$$\angle P'a'R = \angle Q'b'R; \quad \frac{P'a'}{a'R} = \frac{Q'b'}{b'R} = \frac{Pa}{aR} = \text{常數}$$

なるが故に三角形 P'a'R 及び Q'b'R は相似三角形となるからである。次に P', Q', R が一直線上へ來るならば

$$\frac{RQ}{RP} = \frac{RQ'}{RP'} = \frac{Rb}{Ra}$$

であるから直線 PP' は直線 QQ' と竝行で、且つ其長さの比は  $Ra:Rb$  なる常比と等しくなり P 點と Q 點は相似形を畫くのである。

第 303 圖で S 點も相似形を畫く。又 R 點を棒 ab 上で滑らせて Rb の長さを變じ且つ Q 點の位置を R の新位置と P 點とを結ぶ直線上に移すと縮尺割合



第 304 圖

を適宜に變へることが出来る。又 P, Q, R の位置は竝行四邊形上で一直線上に横はる點に選べば如何なる配置にしても差支ない。(第 304 圖参照)

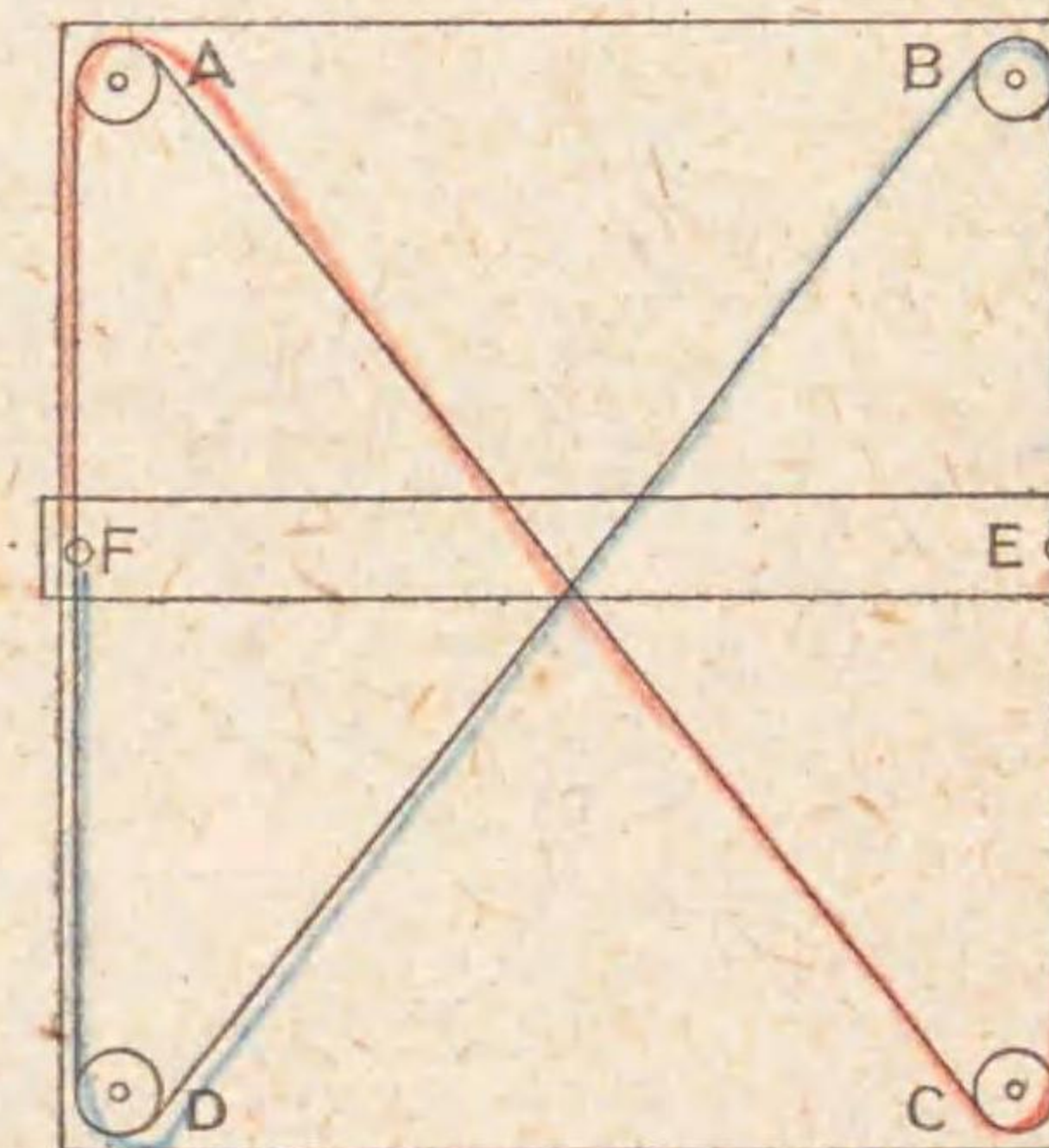
第 304 圖の右方の装置は蒸汽機關や内燃機關の圖示馬力を計るときに往々用ひられる。クロスヘッドの行程 (stroke) の長さはインヂケートル線圖の長さよりも遙かに大きいからインヂケートル線圖をとるときはクロス

スヘッドの運動を縮小して寫し出す仕掛けが必要である。そして兩者の運動は正比例しなければならぬ。P 點をクロスヘッドに取付け、Q 點に紐を結付け、且つ紐を張る方向を案内車によつてピストンロッドと竝行ならしむると紐の他端に連結されたインヂケートルの構造 (第 319 圖参照) により第 319 圖の鉛筆 P の畫くインヂケートル線圖の水平動はクロスヘッドの水平動と正比例することになる。

第 305 圖は卷掛媒介節を用ひた竝行定規である。製圖板の裏面の四隅に A, B, C, D の車をつけ圖に示せる如く糸を

第 305 圖

張り直線定規 EF の兩端を製圖板の裏面迄折曲げ E, F 點で糸に取り付けると F 點と E 點との上下動が同一になるから定規 EF は竝行運動をする。然し糸は張力によつて伸びるものであるから精確な竝行運動はしない。



158 直線運動機構 直線運動機

構 (straight line motion mechanism) とは機構中の一點が他の直線物に嚮導せらるゝことなくして直線を畫くものである。往時は工作機械の精確なものがなくて精確な平面を削り出すことが困難であつたから機械の一點に直線運動をさせる必要のある場合には (例へば蒸汽機關のピストン、ロッドの端を直線上に導くが如し) 斯くの如き機構も必要であつたが今日では其必要が甚だ薄くなつた。此機構は大別すると眞正に直線を畫くものと直線に近き線を畫くものと二つにすることが出来る。前者を眞直線運動機構 (exact straight line motion mechanism) と云ひ、後者を近似直線運動機構 (approximate straight line motion mechanism) と名づける。



外國の書物には直線運動機構と竝行運動機構の兩語をよく混同して使用して居るが之は區別せねばならぬ。

ポーリエー氏 (Peaucellier) の真正直線運動機構 之は第 306 圖に示すが如く

A, B, C, D, E, F, G, H なる八本の棒が廻り對偶をなし棒の長さは (棒の記號を以て長さを示すものとすれば)

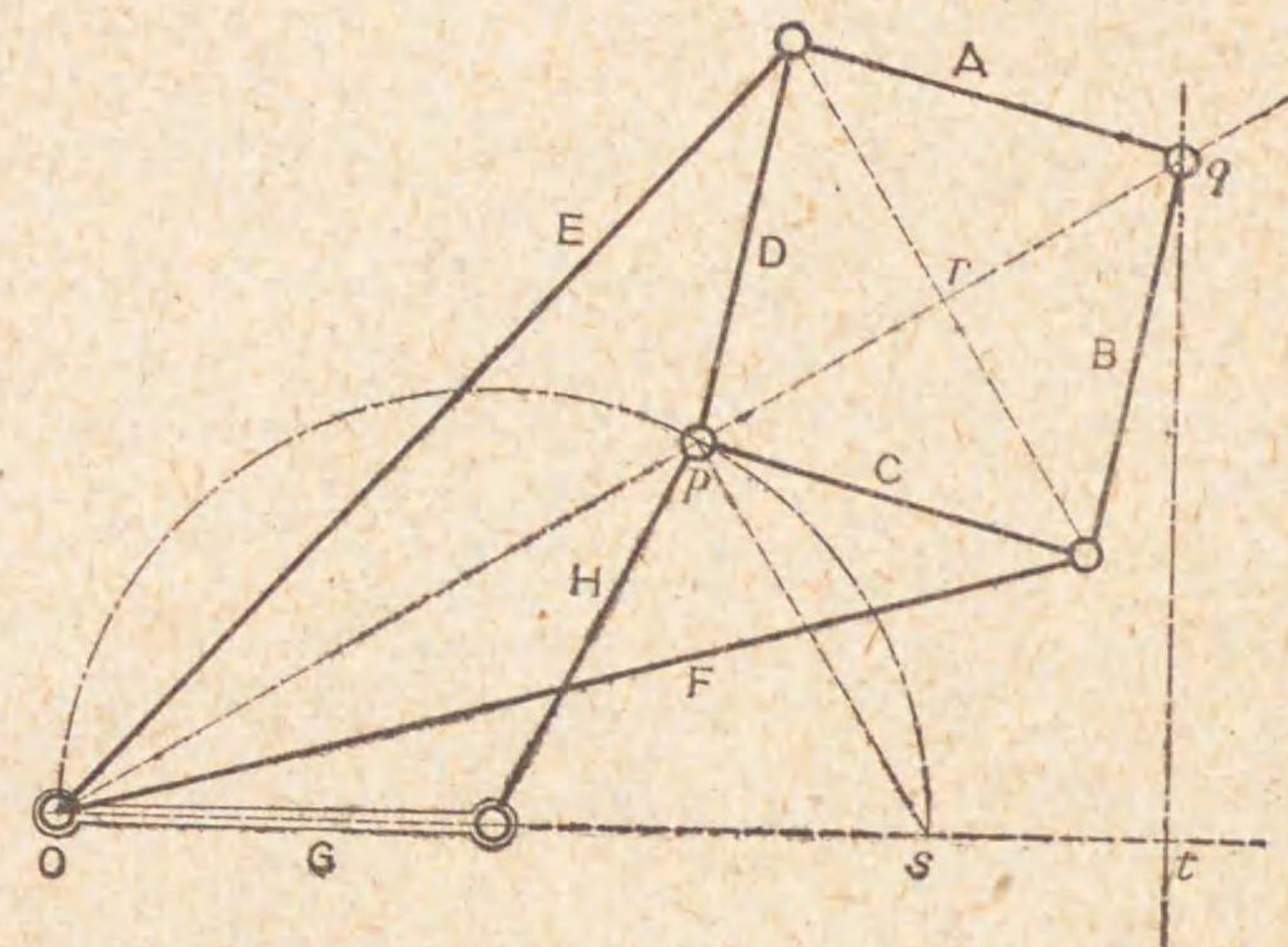
$$\begin{aligned} A &= B = C = D \\ E &= F \\ G &= H \end{aligned}$$

となつて居るもので、節 G を固定すると q 點は節 G に直角なる真正の直線を描くものである。各邊の長さが上記の如き關係あるときは機構がどのやうに動いても o, p, q の三點は常に一直線上に横はり且つ菱形 ABCD の兩對角線は直角に交はることは明である。故に

$$\begin{aligned} \text{常數} &= E^2 - A^2 \\ &= \overline{or}^2 - \overline{rq}^2 = (\overline{or} + \overline{rq})(\overline{or} - \overline{rq}) \\ &= \overline{oq} \times \overline{op} \end{aligned}$$

となり、機構の位置如何に拘らず  $\overline{oq} \times \overline{op}$  の相乗積の値は一定不變である。今機構の位置が移動し p 點が s 點へ來ると q 點は os の延長線上 t 點に來る (三點は常に一直線上に在ればなり) として

第 306 圖



$$\overline{oq} \times \overline{op} = \overline{ot} \times \overline{os} = \text{常數}$$

なるが故に

$$\frac{\overline{op}}{\overline{os}} = \frac{\overline{ot}}{\overline{oq}}$$

となり角 qot は共通であるから、三角形 qot 及 sop は相似形となる。然るに角 ops は半圓内の角で直角であるから角 otq も直角となる。されば機構の任意の位置に於ける q 點と t 點とを結ぶと直線 qt は常に直線 ot に直角となるから q 點は t 點を通り節 G に直角なる真正の直線を描くことが知れる。

第 306 圖で若し節 G と節 H の長さが等しくないときは q 點は節 G の延長線上に圓心を持つところの圓弧を描く。そして H > G なるときは O 點から見て凹んだ圓弧を描き、H < G なるときは反對に O 點から見て凸れた圓弧を描く。H = G なるときは其中間で直線を描くのである。棒の長さを適當に組合せると棒の長さに比し非常に大なる半徑の圓弧を描くから紙面の上に圓心を置き得ない様な大半徑の圓弧を此装置によつて紙面上に畫くことが出来る。

H の長さが G の長さと等しくないときに q 點が圓弧を描くことは次の如く證明し得る。

H, G の長さが等しくなくても o, p, q の三點は常に一直線上に横はり且つ

$$\overline{op} \times \overline{oq} = E^2 - A^2 \dots \dots \dots (1)$$

の關係は成立する。o 點を原點とし、棒 G の方向に x 軸をとり、棒 G と qpo との間の角を  $\theta$  とし、q 點の坐標を x, y とすれば

$$x = \overline{oq} \cos \theta \dots \dots \dots (2)$$

$$y = \overline{oq} \sin \theta \dots \dots \dots (3)$$

$$\overline{op} = G \cos \theta + \sqrt{H^2 - G^2 \sin^2 \theta} \dots \dots \dots (4)$$

$$(2)^2 + (3)^2 \dots \dots x^2 + y^2 = \overline{oq}^2 (\sin^2 \theta + \cos^2 \theta) = \overline{oq}^2 \dots \dots \dots (5)$$



$$(4) \dots \dots \overline{op} - G \cos \theta = \sqrt{H^2 - G^2 \sin^2 \theta}$$

$$\frac{x}{op} - 2opG \cos \theta = H^2 - G^2$$

之に (1), (2) の値を代入すれば

$$\frac{(E^2 - A^2)^2}{oq^2} - 2 \frac{E^2 - A^2}{oq} G \times \frac{x}{oq} = H^2 - G^2$$

$$\therefore \frac{x^2}{oq^2} = \frac{(E^2 - A^2)^2 - 2(E^2 - A^2)Gx}{H^2 - G^2} \dots \dots \dots (6)$$

(5), (6) より

$$x^2 + y^2 = \frac{(E^2 - A^2)^2}{H^2 - G^2} - \frac{2(E^2 - A^2)G}{H^2 - G^2} x$$

$$x^2 + 2 \frac{(E^2 - A^2)G}{H^2 - G^2} x + \left\{ \frac{(E^2 - A^2)G}{H^2 - G^2} \right\}^2 + y^2 = \frac{(E^2 - A^2)^2}{H^2 - G^2} + \left\{ \frac{(E^2 - A^2)G}{H^2 - G^2} \right\}^2$$

$$\therefore \left\{ x + \frac{E^2 - A^2}{H^2 - G^2} \times G \right\}^2 + y^2 = \left\{ \frac{E^2 - A^2}{H^2 - G^2} \times H \right\}^2 \dots \dots \dots (7)$$

之れ圓の方程式で、半徑 R は

$$R = \frac{E^2 - A^2}{H^2 - G^2} \times H \dots \dots \dots (8)$$

で圓心の位置は x 軸上原點から

$$x = - \frac{E^2 - A^2}{H^2 - G^2} \times G \dots \dots \dots (9)$$

の距離にあり、圓弧が x 軸を切る位置は原點から

$$x = \frac{E^2 - A^2}{H + G} \dots \dots \dots (10)$$

の位置にある。式 (10) は式 (7) に y = 0 として出したものである。

式 (9) に於て先づ E は A より長いとする。其とき H が G より長いと x の値は負になる。即ち圓心は o 點より左にあり、此際畫かれる圓弧は o 點から見て凹んでおる。又 G が H より長いとき即ち G > H ならば x の値が正になり、且つ圓心の位置は圓弧が x 軸を切る位置よりも一層右方にあるから此際畫かる圓弧は o 點から見ると凸らんで居るべきである。此證明は式 (10) の分母に (G - H) を乗ずると

$$(10) \dots \dots x = \frac{E^2 - A^2}{G^2 - H^2} \times (G - H)$$

此 x の値は G > H なる故式 (9) の x の値よりも小さいことは明である。

次に E < A なる場合に對しては讀者親ら機構の圖を畫き、且つ H > G, H < G の各の場合に對し圓弧が x 軸を切る位置が o 點より右にあるか左にあるかを吟味し、又圓弧は何れの方より見て凹み居るかを檢査せられんことをすゝめる。

ハート氏 (Hart) の真正直線運動機構 之は第 307 圖に示す如く A, B,

C, D, E, F なる 6 個の廻り對

第 307 圖

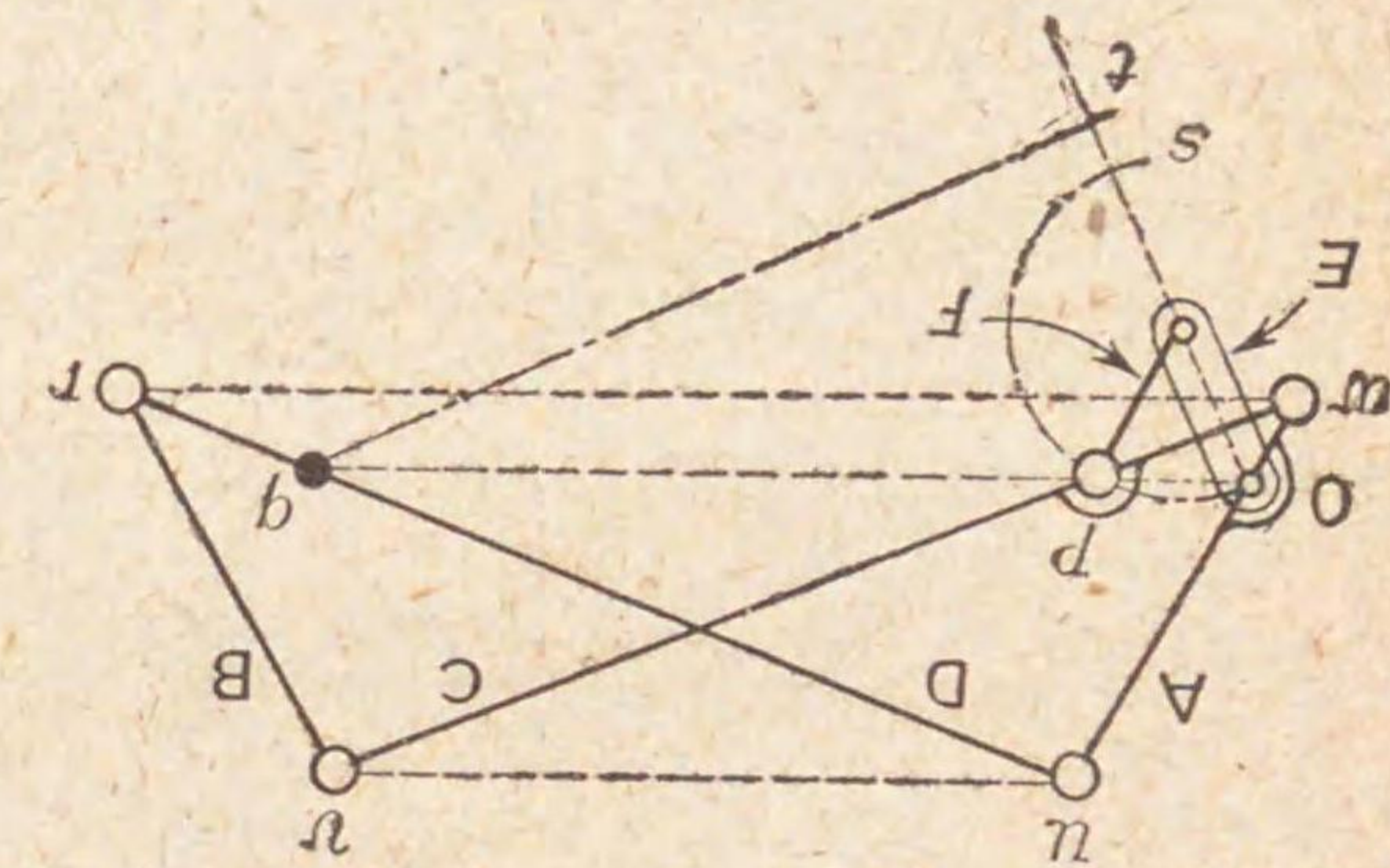
偶をなす棒より形成せられ各邊

の長さは

$$A = B$$

$$C = D$$

$$E = F$$



の關係を有し o, p, q は uv

又は wr に並行な直線上に横はる點で節 E を固定したものである。

第 307 圖で A = B; C = D であるから uv, wr, opq は機構の位置如何に拘らず、常に並行となるのみならず w, u, v, r の 4 點を通して圓を畫くことが出来る。然るときは圓の性質として

$$\overline{ur} \times \overline{wv} = \overline{uv} \times \overline{wr} + \overline{uv} \times \overline{vr}$$

$$\therefore \overline{uv} \times \overline{wr} = C^2 - A^2 = \text{常數} = k^2$$

$$\text{又 } \frac{\overline{op}}{\overline{uv}} = \frac{\overline{wo}}{\overline{wu}}$$

$$\frac{\overline{oq}}{\overline{wr}} = \frac{\overline{wo}}{\overline{wu}} = \frac{\overline{wu} - \overline{wo}}{\overline{wu}}$$

$$\therefore op \times oq = uv \times wr \times \frac{\overline{wo}}{\overline{wu}} \times \frac{\overline{wu} - \overline{wo}}{\overline{wu}}$$

$$= k^2 \times \text{常數}$$



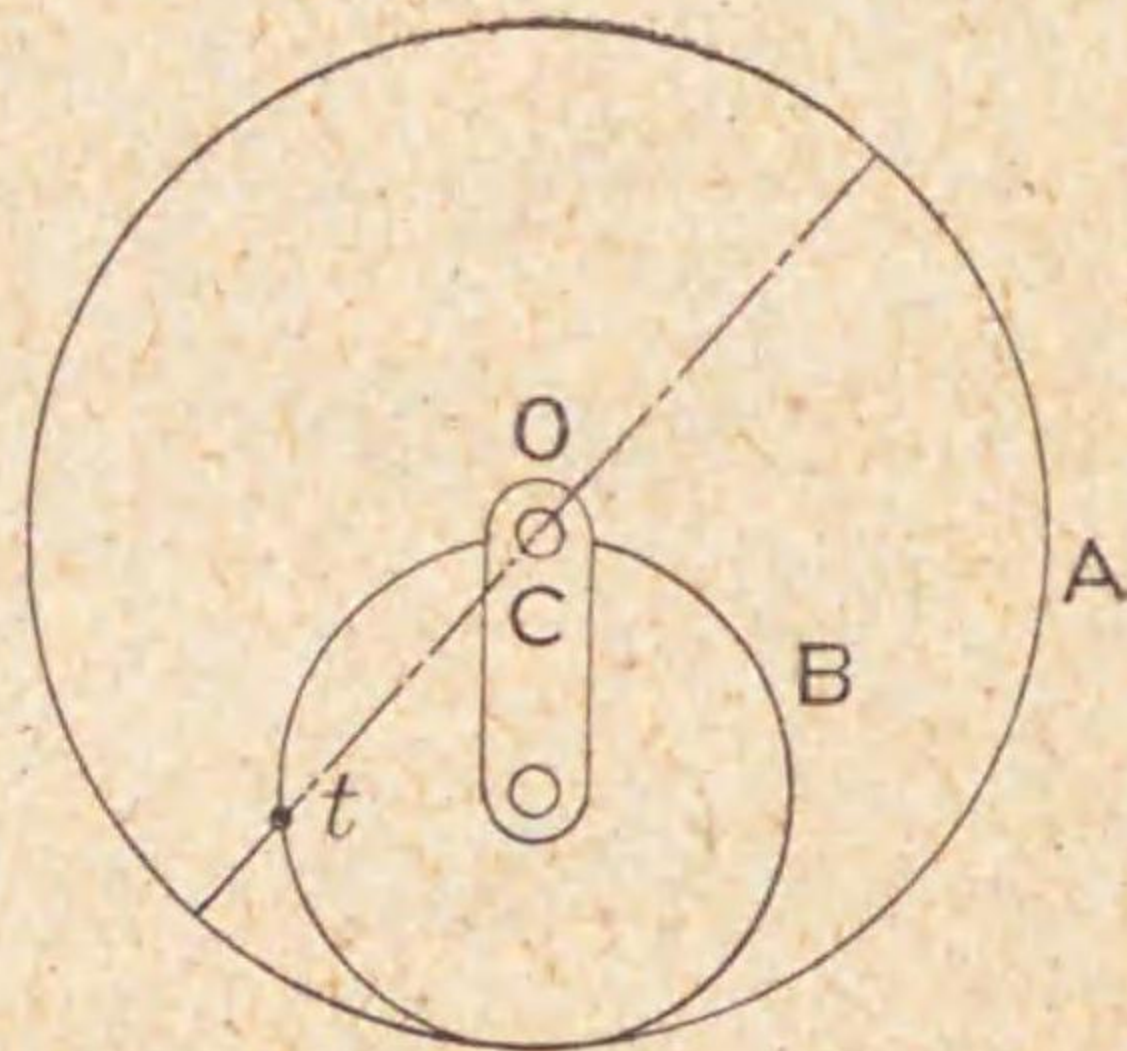
= 常数

故に此機構でも  $o, p, q$  の三點が一直線上にあり  $op \times oq$  の相乗積が常数で  $p$  點は  $o$  點を通る圓弧を畫くからボースリエーの真正直線運動機構の條で述べたのと同じ理由で  $q$  點は固定節  $E$  に直角な真正直線  $qt$  を畫くことが知れる。

齒車を用ふる法 第 308 圖に於て齒車  $A, B$  が内接嚙合をなし腕  $C$  を

$O$  軸の廻りに回轉し  $B$  車の刻み圓の直徑が  $A$  車の刻み圓の直徑の二分の一であるときは  $B$  車の刻み圓上の點  $t$  は  $A$  車の中心  $O$  を通る真正の直線を畫く (直線  $to$  は齒車の際で述べた如く内擺線の特別の場合である) 之は理論上は正しいが齒車はもともと正確に出来るものでないから實際は多少狂ふものである。

第 308 圖



スコット、ラッセル氏 (Scott-Russel) の直線運動機構 309 圖に示す如き滑り子回轉連鎖に於て節  $ab$  を  $d$  迄延長し

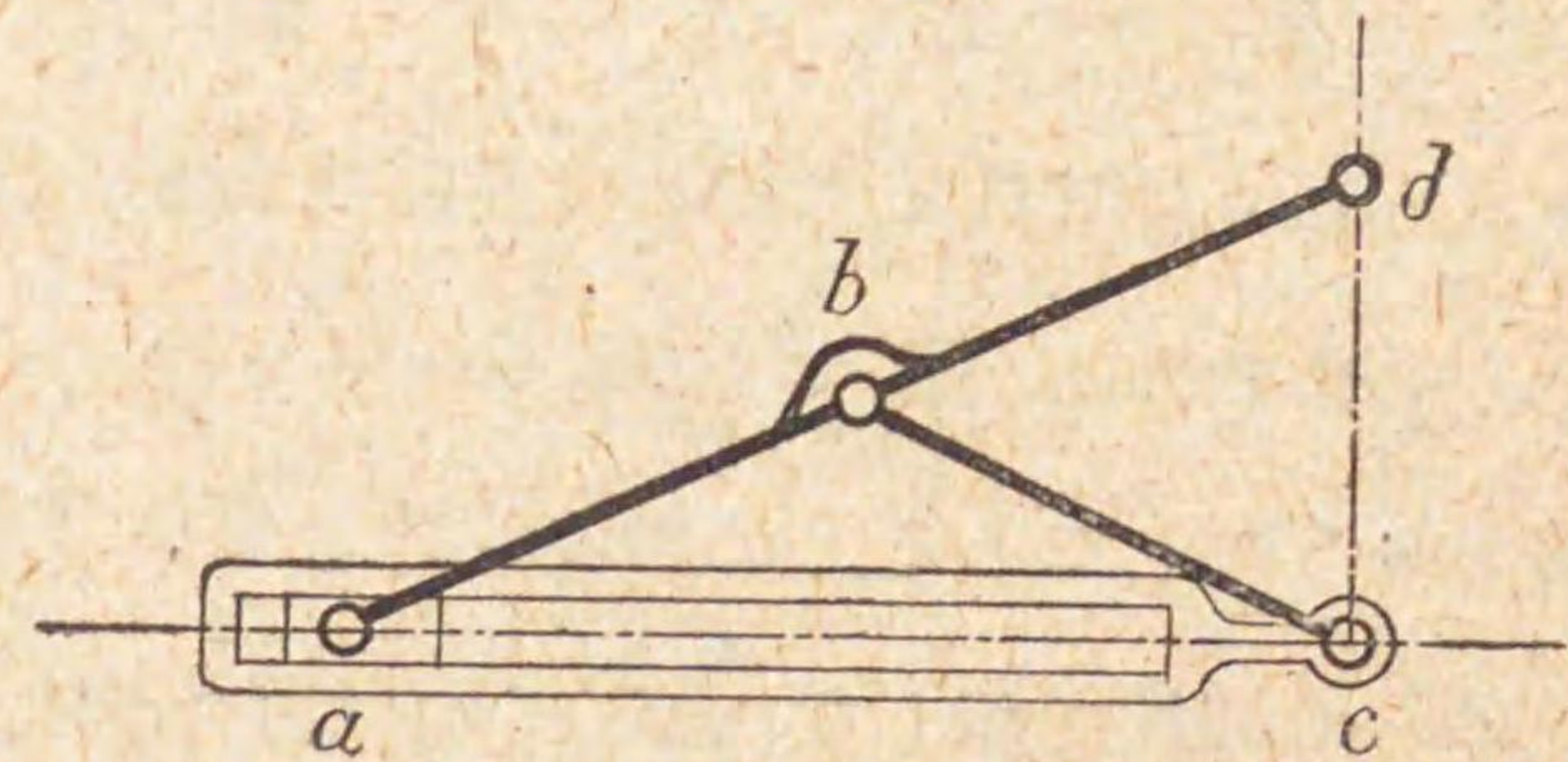
$$ab = bd = bc$$

とすると、角  $dca$  は常に直角になる。故に鉛筆を  $d$  點につけて置けば  $c$  點を通り  $ac$  に直角な真正の直線を畫く。

前圖に於て眞直な短冊溝を製ることが出来る位ならば何も苦しんで直線運動機構を考案する必要がないといふ議論が起る。そこで此機構を多少變へたものが第 310 圖である。之は死點位置の前後に於ては  $a$  點はさして動かぬから之を直線溝で嚮導する代りに節  $D$  を半徑とする圓弧上に動くやうにする。然る時は  $d$  點は近似直線を畫く。(D の方向は死點の位置

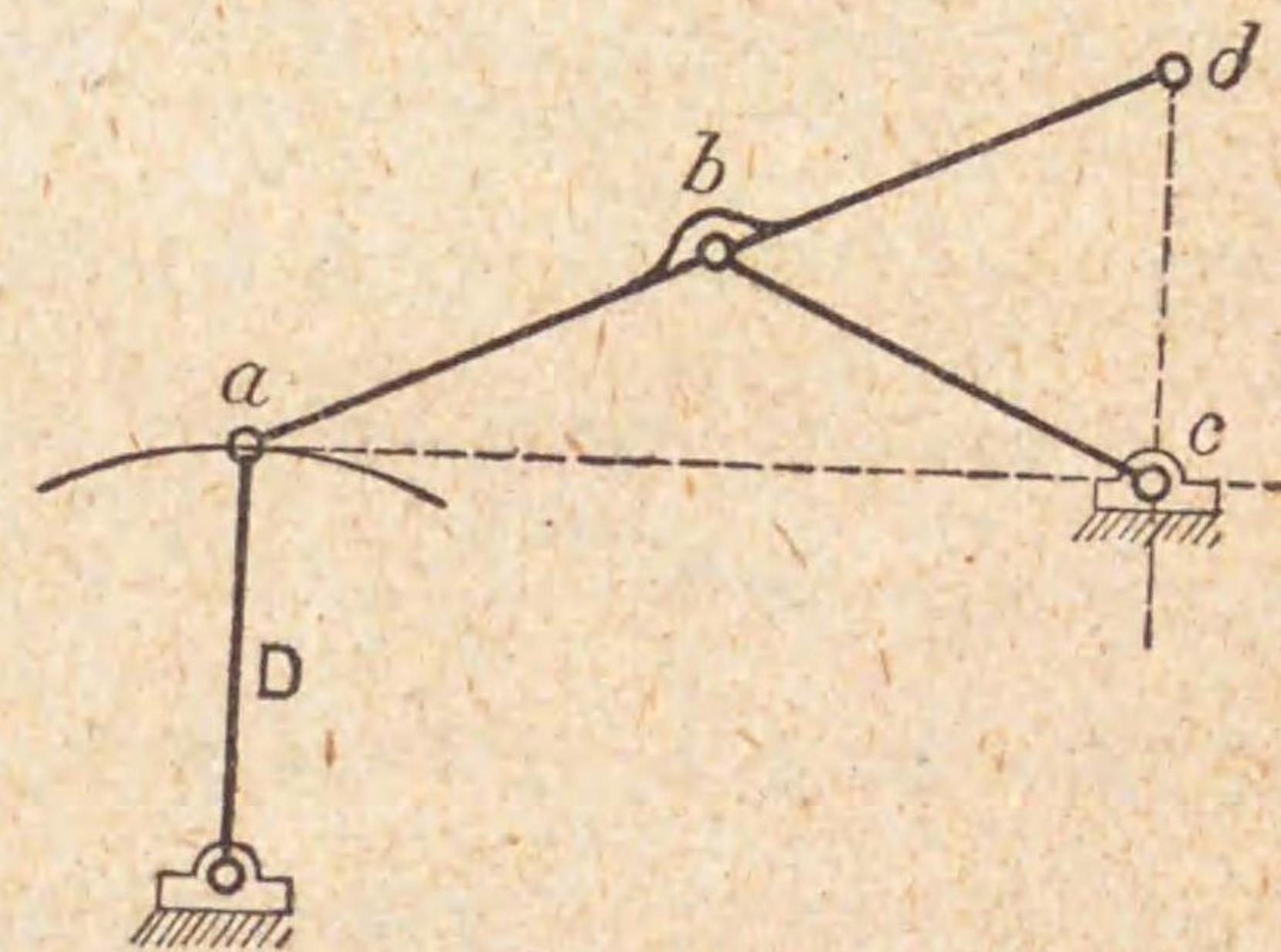
で垂直になるやうに取付け  
る)。

第 309 圖



ワット (Watt) の近似直線運動機構 之は蒸汽機關の發明者なるワットがピストン、ロッド F の上端 (第 259 圖を参照す可し) を直線に嚮導する爲めに考案

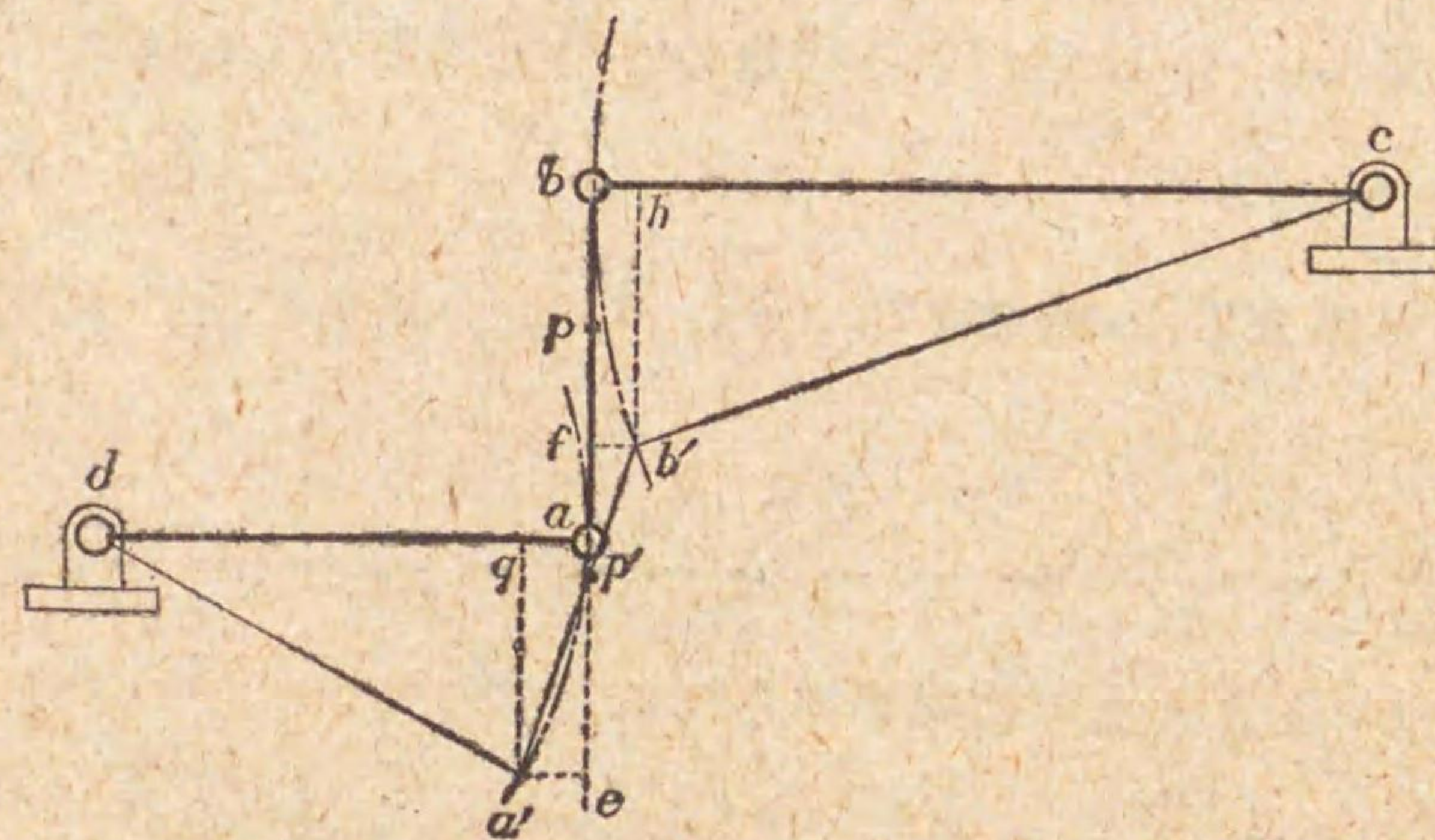
第 310 圖



したものである (F の上端を圓弧運動を爲す節 D の左端に直接に連結すると F の上端が左右に動くことを要し F が折れる虞れがある) 其構造は第 311 圖に

示すが如く  $c, d$  で固定節に取付けられた  $da, ab, bc$  なる三本の棒から成立し、棒  $ab$  中の一點  $p$  が近似直線を畫くものである。常識で考へても

第 311 圖





棒  $bc$  と棒  $da$  が太線で書いた並行の位置から少しでも動くと  $b$  點は右へ動き  $a$  點は左へ動くから  $b, a$  二點の間では右へも左へも動かぬ點  $p$  があるらしく思はれる。而して其點は太線で書いた  $bc, da$  に直角の方向に動くべきである。棒  $ab$  は棒  $bc, da$  が並行となつたとき多くは之と直角を爲すやうにしてある。 $p$  點の位置を見出すには次のやうにする。機構が少し動いて細線で示した  $da'b'c$  の位置へ來たとする。其際  $p$  點が直線(近似)を畫く爲めには  $p$  點は  $ba$  の延長線上  $p'$  點へ來ねばならぬ。そして三角形  $p'a'e$  は三角形  $p'b'f$  と相似形であるから

$$\frac{p'a'}{p'b'} = \frac{a'e}{b'f} = \frac{ag}{bh} \dots \dots \dots (1)$$

然るに圓の性質として ( $a$  點  $b$  點は圓弧上に動く)

$$ag(2 \times ad - ag) = a'g^2$$

$$bh(2 \times bc - bh) = b'h^2$$

なる關係があるが  $ag$  は  $2 \times ad$  に比べると非常に小さく、又  $bh$  は  $2 \times bc$  に比べると非常に小さいから之を省略すると上の二式は

$$2 \times ag \times ad = a'g^2 \dots \dots \dots (2)$$

$$2 \times bh \times bc = b'h^2 \dots \dots \dots (3)$$

となる。又機構の動き方が少いときは  $a'b'$  の傾斜は甚しくならぬから  $b$  點の下る分量  $b'h$  も  $a$  點の下る分量  $a'g$  も殆んど等しい即ち

$$a'g = b'h \dots \dots \dots (4)$$

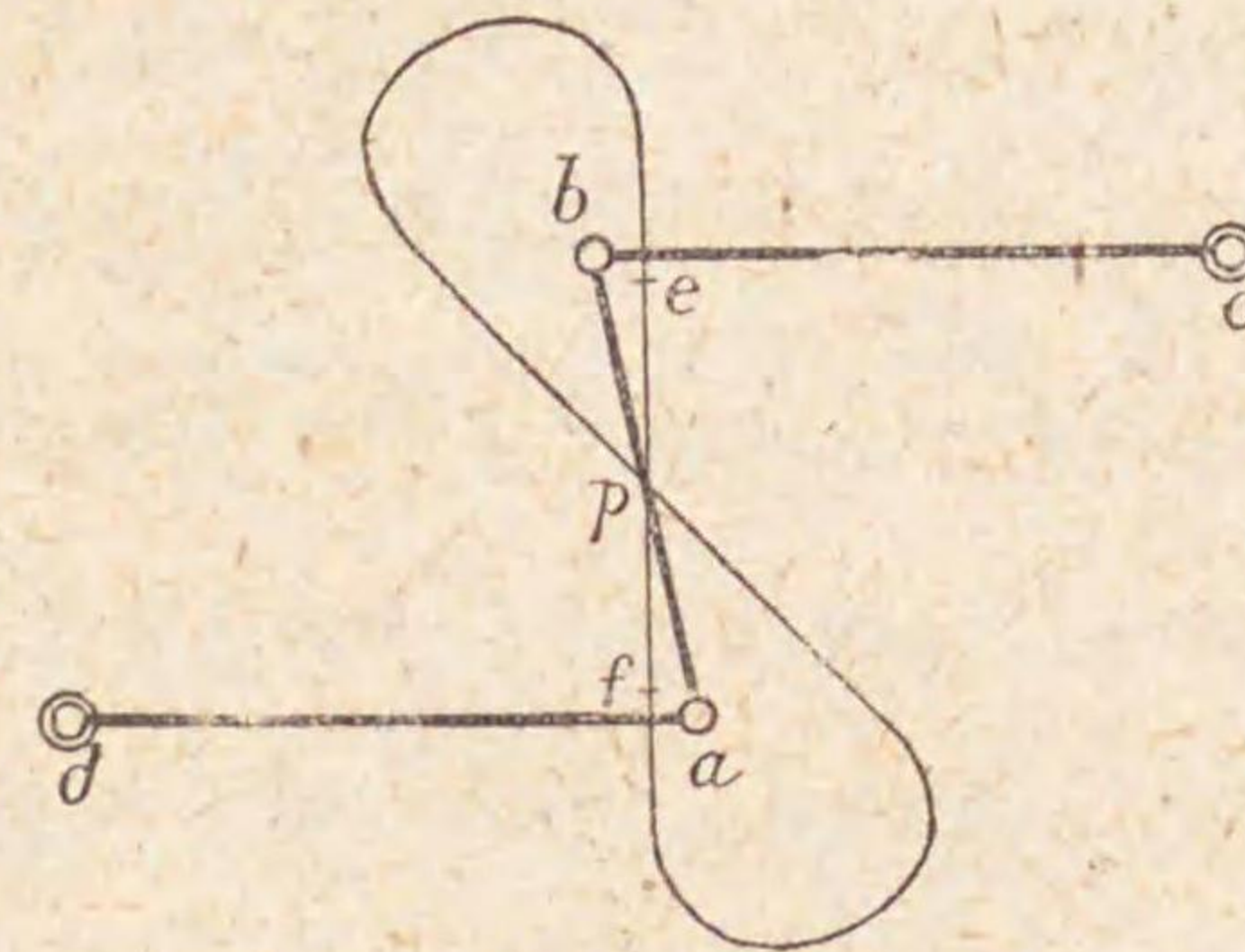
とすることが出来る。依て (2), (3), (4) より直ちに次の關係が成立する。

$$\frac{ag}{bh} = \frac{bc}{ad} \dots \dots \dots (5)$$

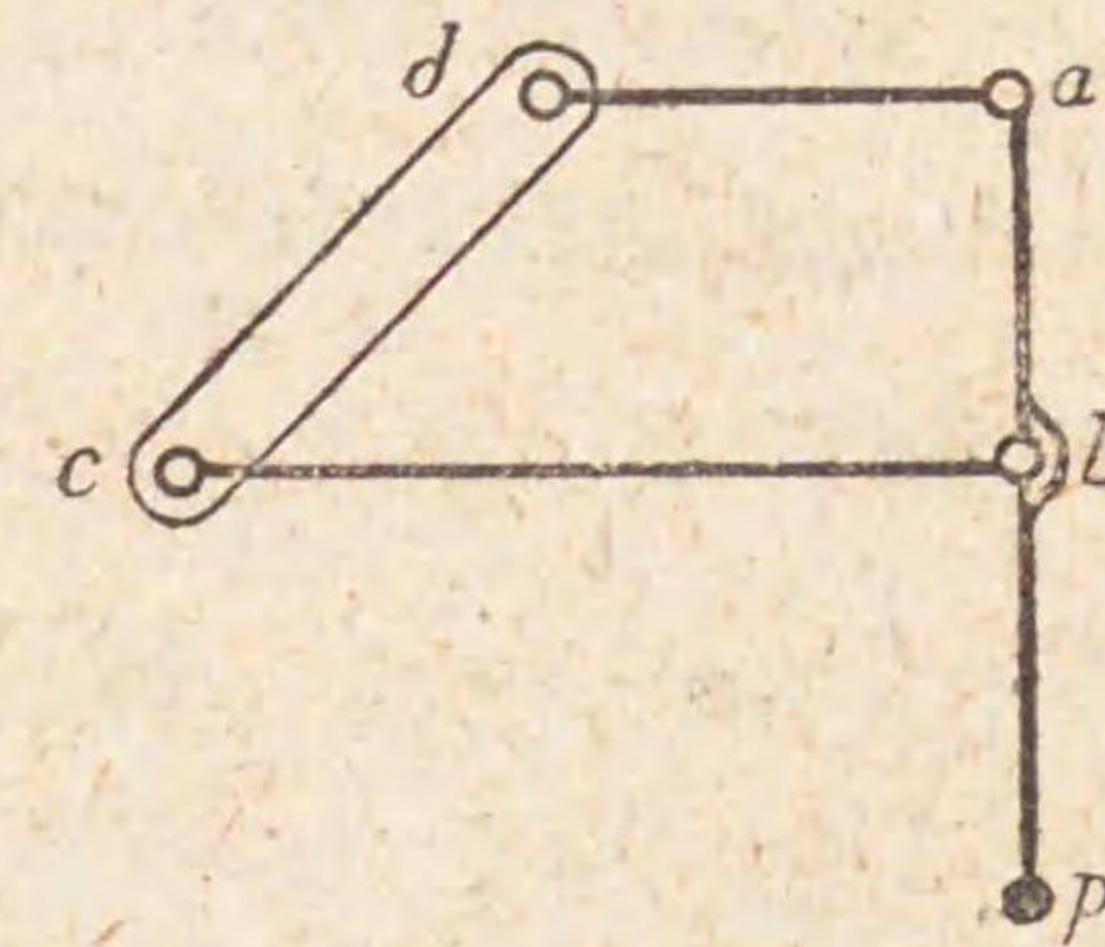
(5) と (1) とより次の結果が得られる

$$\frac{p'a'}{p'b'} = \frac{pa}{pb} = \frac{bc}{ad}$$

第 312 圖



第 313 圖

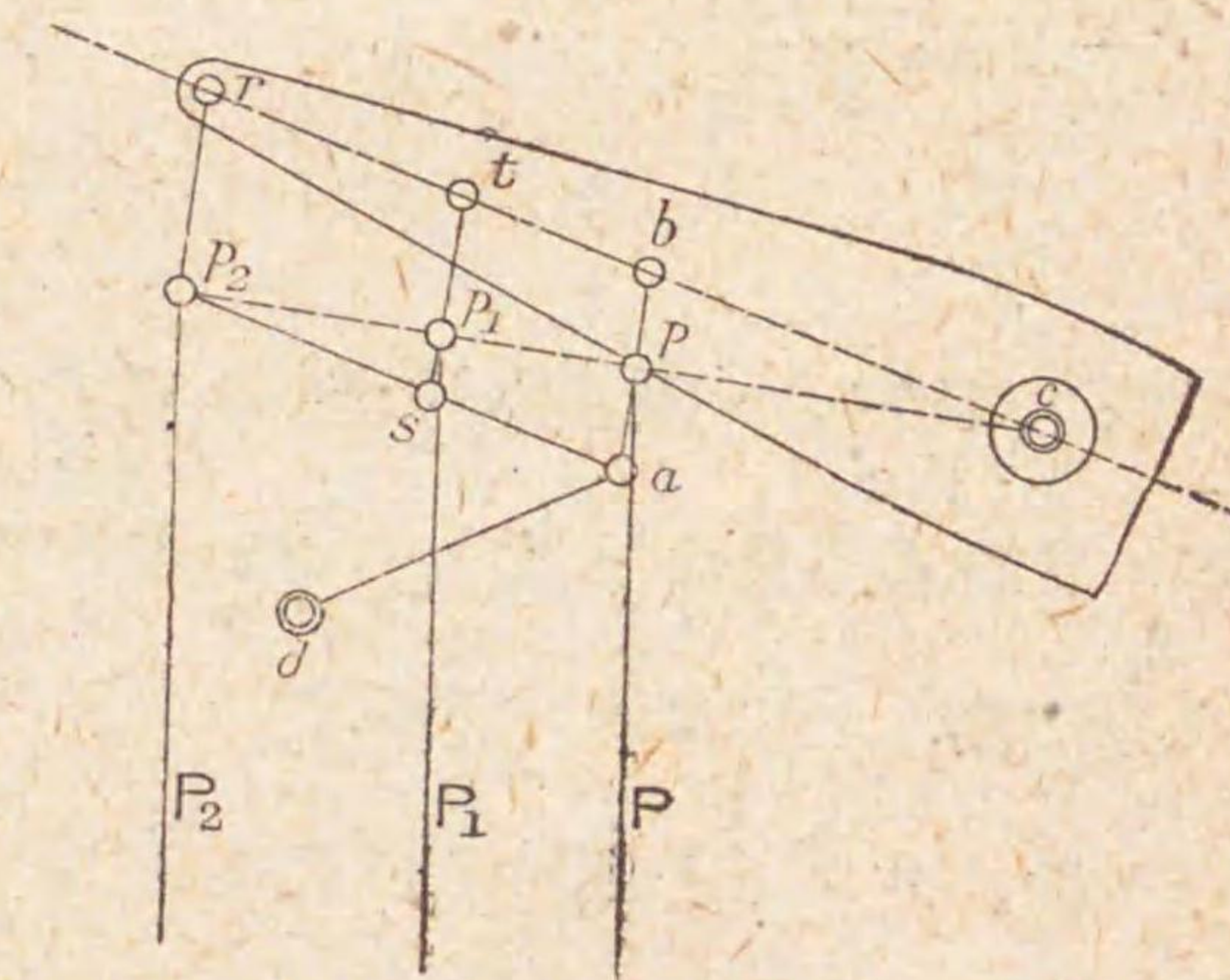


之を言葉で表せば『近似直線を畫くべき點  $p$  に依つて二分せらるる棒  $ab$  の割線の長さは割線に近き方の腕の長さに逆比例するものである』

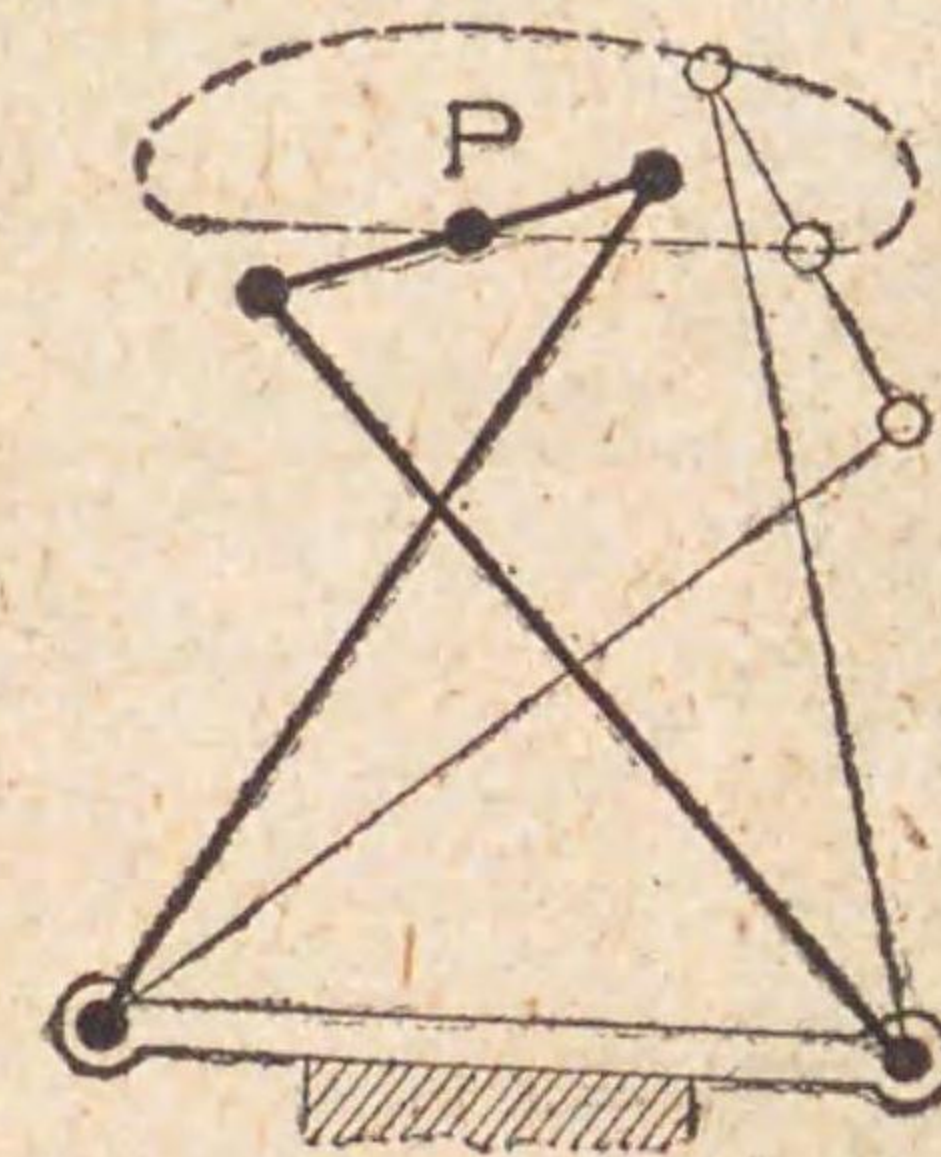
$p$  點の動く全通路は第 312 圖

に示すが如く 8 字形を爲し其交叉點近傍に於てのみ近似直線を畫くものである。又腕  $ad, bc$  は第 311 圖の如く棒  $ab$  の反對側にあるのが普通であるが第 313 圖の如く同一側にあつてもよい。但し其時は  $p$  點は棒  $ab$  を次の割合に外分する位置にある。

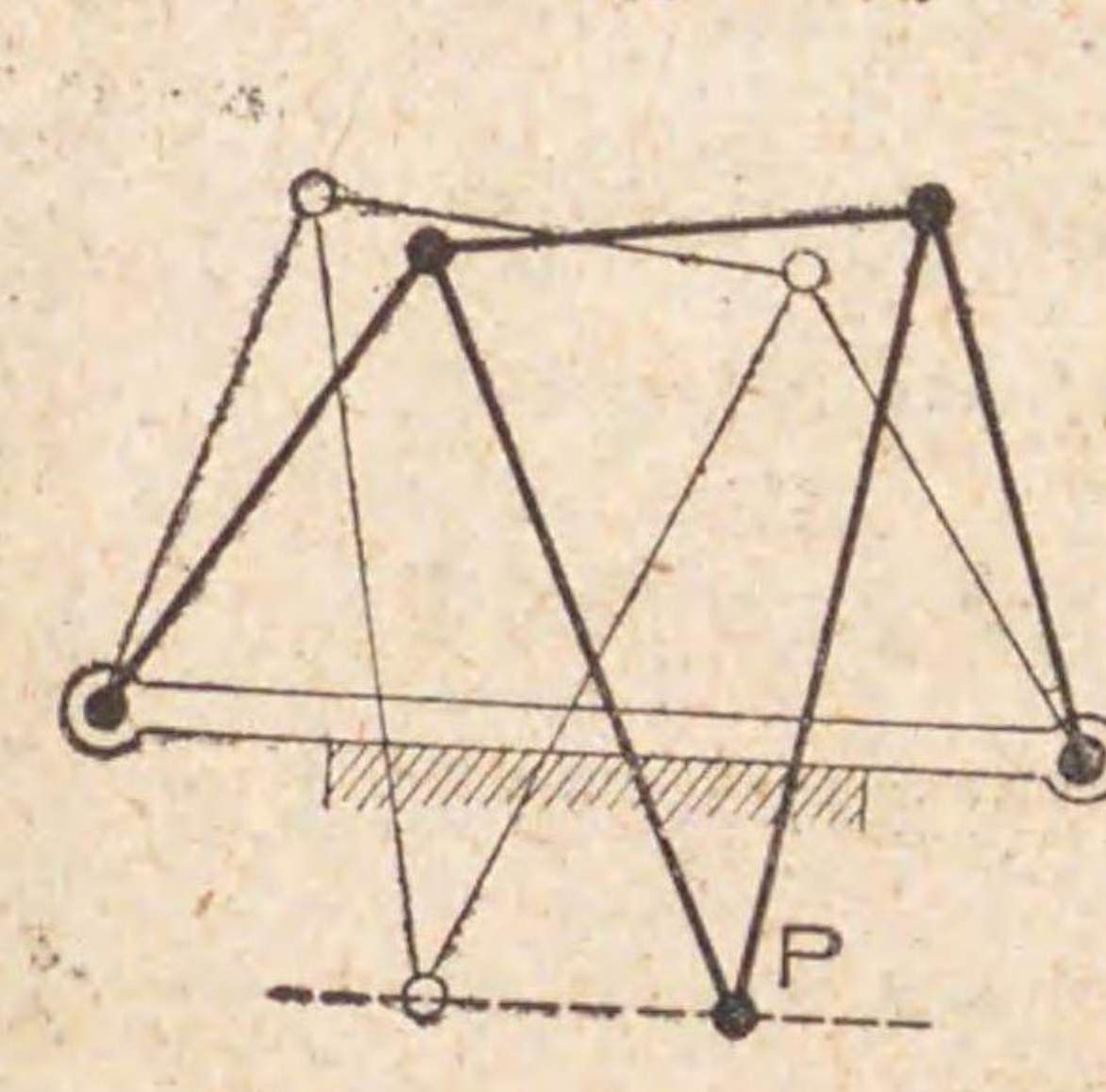
第 314 圖



第 316 圖



第 315 圖

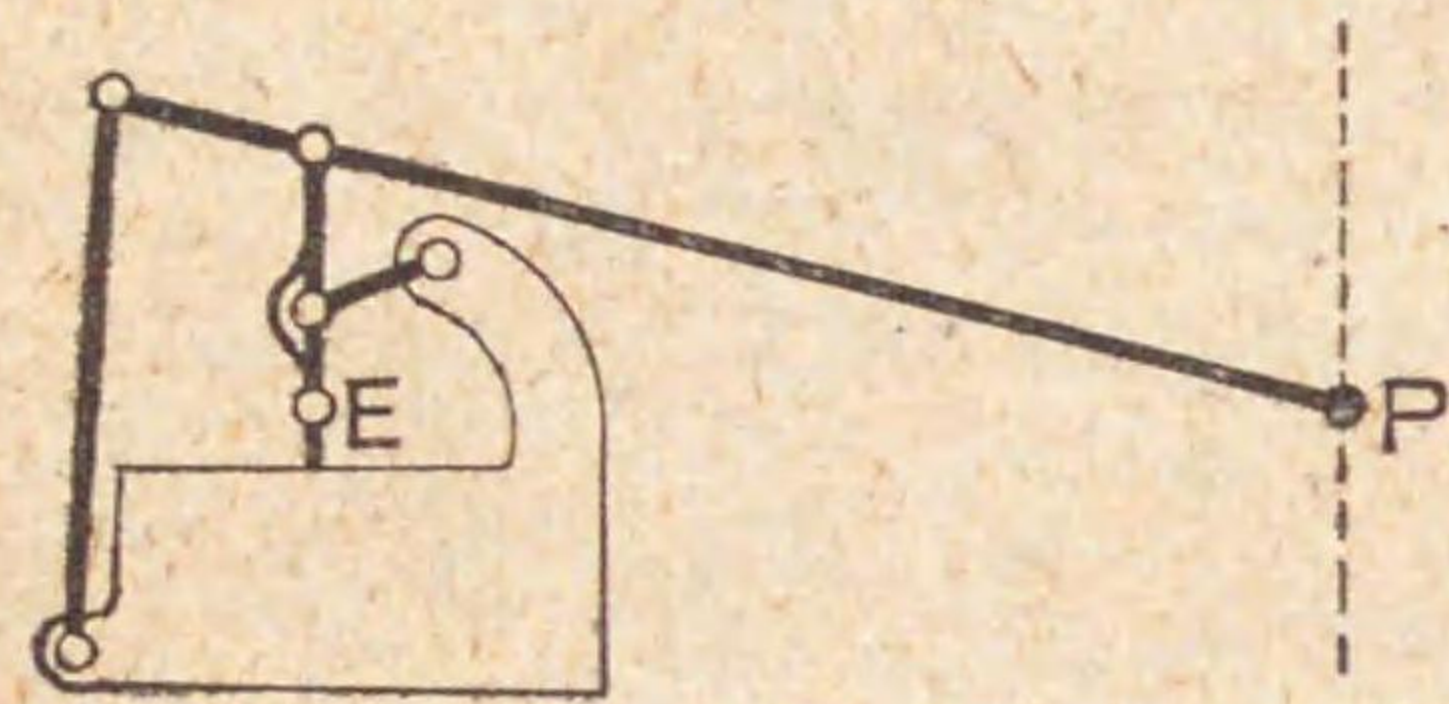




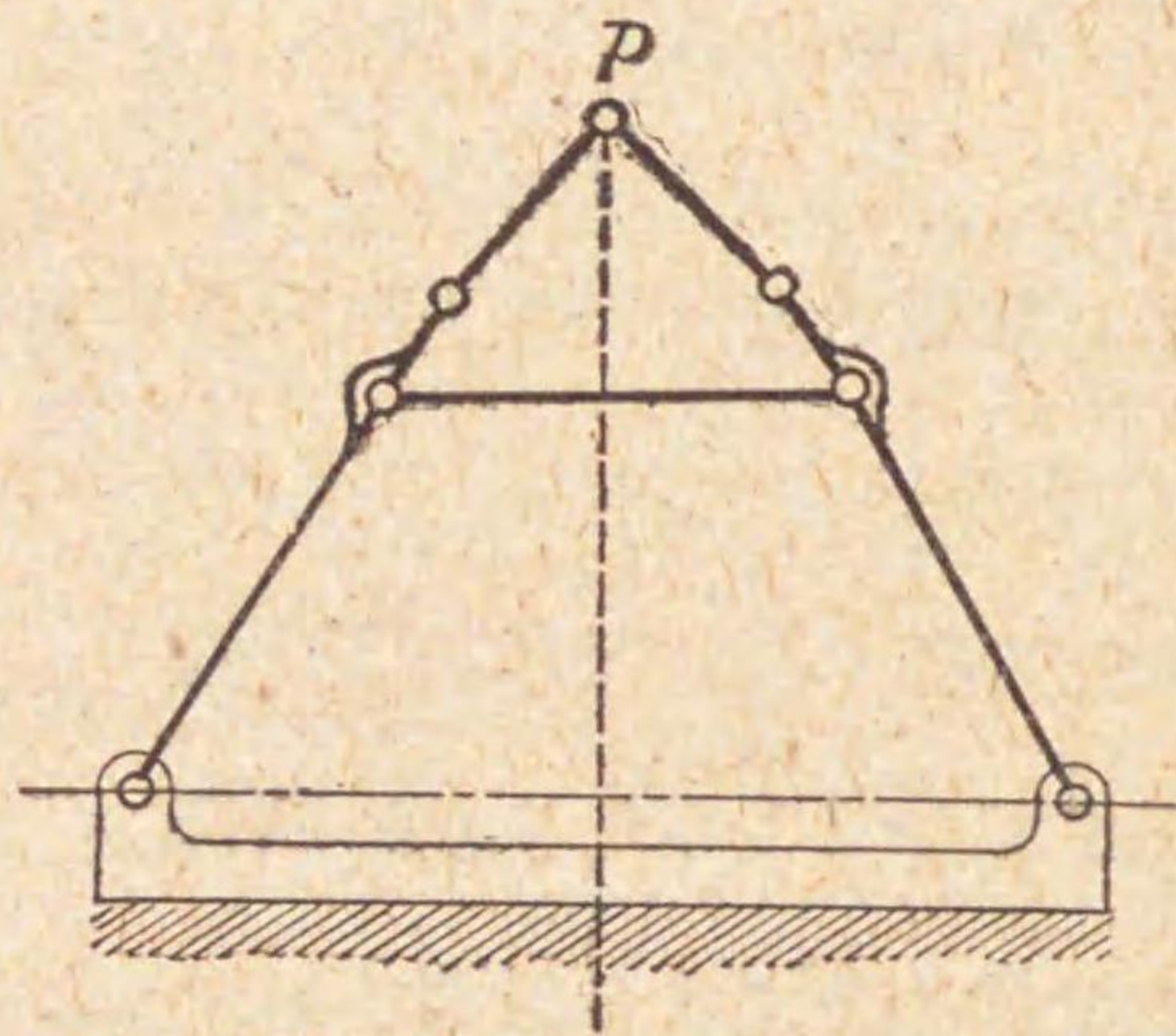
$$\frac{pa}{pb} = \frac{bc}{ad}$$

第 314 圖の挺  $bc$  は第 259 圖に示せる如き挺  $D$  の左半分を示すものである。 $cd$  は固定點で  $dabc$  はワットの近似直線運動機構である。 $asp_2rtb$  は並行四邊形で點  $c, p, p_1, p_2$  は一直線上に在るから第 303 圖で説明した縮

第 318 圖



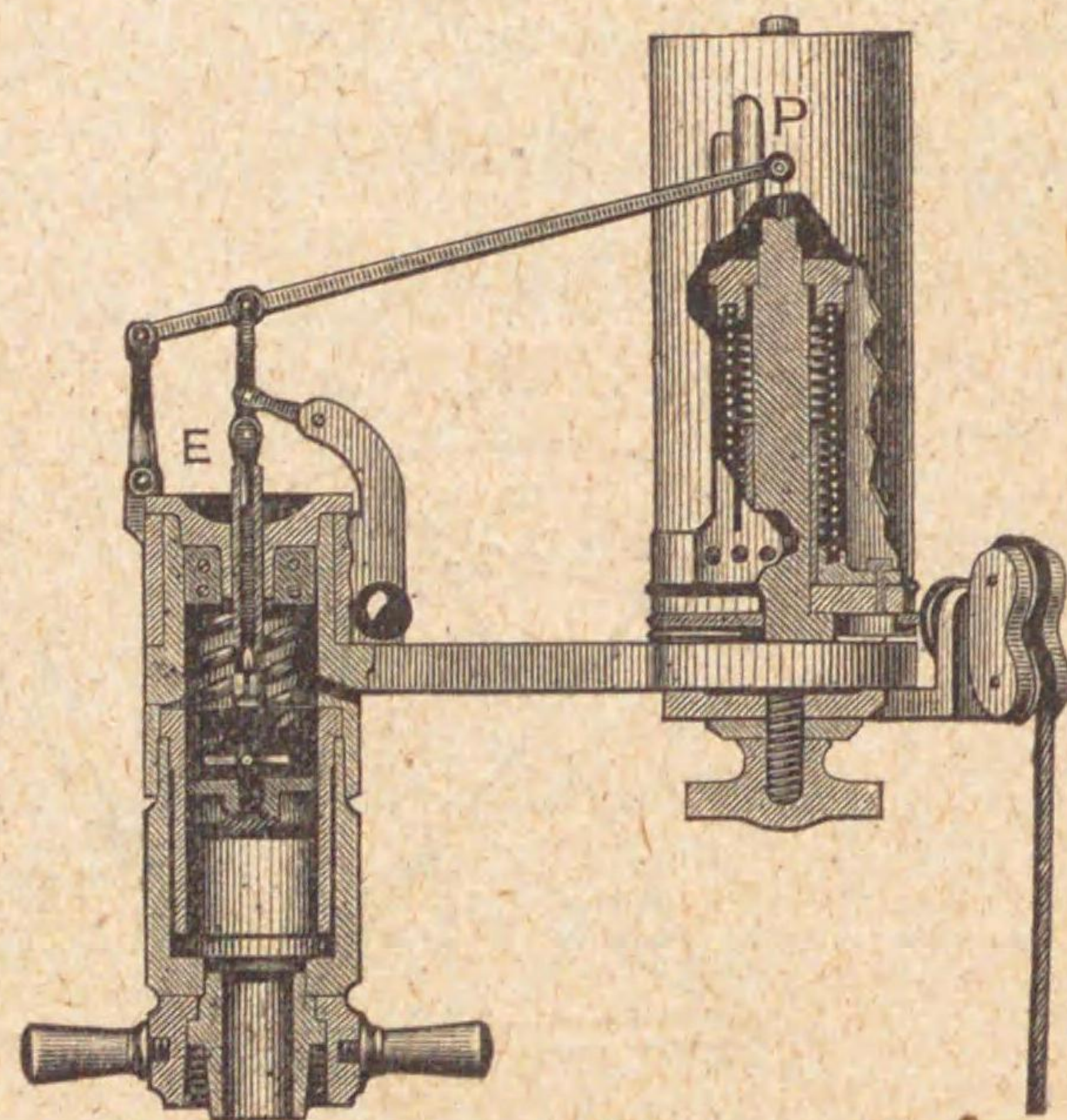
第 317 圖



圖器を構成し  $p$  點が直線運動を爲すにつれ點  $p_1, p_2$  も直線運動を爲す、但し其動く分量は  $c$  點から遠い點程多いから  $p_2$  には低壓汽筋、 $p_1$  には高壓汽筋、 $p$  にはポンプのピストン、ロッドを連結す可きである。

此外猶澤山ある直線運動機構の内で稍有名なるは Roberts (第 315 圖) や Tchebicheff (第 316 圖) や Bricard (第 317 圖) などである、 $p$  點は直線を畫く點で點線は  $p$  點の畫く通路を示したものである。

第 319 圖



此等の詳細の説明はさして必要でないから略くこととしやう。

前にも一寸述べた通り現今では直線運動機構の必要は甚だ薄くなつたが蒸汽機關や内燃機關の圖示馬力を計るインヂケートル (Indicator) の機構としては猶盛に實用されて居る。

第 318 圖は有名なクロスビー (Crosby) のインヂケートルの骨組圖で第 319 圖は其實際構造を示す圖である。總てインヂケートルに應用して居る直線運動機構では  $P$  點が直線運動を爲す上に (第 318 圖参照)  $P$  點の動く分量はインヂケートルピストンの上下動即ち  $E$  點の動く分量と正比例させる必要があるから構造が複雑して居る。

—〔終〕—



---

附 錄

---



## 練習題

### 第二編 練習題

- 1 本文第 282 圖に示せる限定連鎖に於て瞬間中心の總數及び位置を發見せよ。
- 2 第 289 圖に示せる機構に於て瞬間中心の總數及び位置を發見せよ。
- 3 第 7 圖に示せる限定連鎖に於て瞬間中心の總數及び位置を發見せよ。
- 4 第 32 圖に示せる機構に於て瞬間中心の總數及び位置を發見せよ。
- 5 第 52 圖に示せる機構に於て瞬間中心の總數及び位置を發見せよ。(此機構は A, B と並行四邊形の三邊と  $O_r, O_b, O_a$  を結ぶ直線にて示さるゝ固定節とにて形成せらるゝ故節の數は 6 個なり)
- 6 第 259 圖に示せる機構に於て瞬間中心の總數及び位置を發見せよ。(此機構に於ける節の數は 7 個なり)
- 7 第 306 圖に示せる機構に於て瞬間中心の總數及び位置を發見せよ。
- 8 第 307 圖に示せる機構に於て瞬間中心の總數及び位置を發見せよ。
- 9 第 257 圖に於て節 A, B, C, D の長さをそれぞれ 1200, 300, 1000, 600 mm とし節 B が等速を以て毎分 120 回轉するとき  $O_{c,d}$  點の通路を底邊としたる  $O_{c,d}$  點の速度線圖を畫け。
- 10 第 283 圖に於て節 A を固定したる場合の節 D の速度線圖を畫け。但し節 B, C の長さをそれぞれ 300, 1200 mm とし  $O_{a,b}$  點より直線  $DD'$  に下したる垂直線の長さを 450 mm とし節 B は矢の方向に 1 分間 100 回轉の等速運動を爲すものとす。
- 11 第 274 圖(1)に於て棒 R の右端が  $O_{b,c}$  點を通る水平直線上に移動



- するものとし、 $O_{ab}O_{bc}$ ,  $O_{bc}O_{cd}$ ,  $O_{cd}O_{dr}$  の長さをそれぞれ 150, 450, 550 mm とし、棒 R の長さを 900 mm とし、B が矢の方向に毎分 80 回轉の等速運動を爲すとき棒 R の右端の速度線圖を畫け。
- 12 第 260 圖にて節 A, B, C, D の長さをそれぞれ 1050, 300, 900, 600 mm とし節 B を固定して節 C を等速を以て毎分 15 回轉せしむるとき  $O_{ad}$  點の通路を底邊としたる A の角速度線圖を畫け。
- 13 第 271 圖に於て節 C を固定し、節 B, C の長さをそれぞれ 300, 1200 mm とし、節 B が等速を以て毎分 100 回轉するとき  $O_{ab}$  點の通路を底邊として節 D 又は節 A の角速度線圖を畫け。
- 14 第 269 圖に於て節 B, C の長さをそれぞれ 300, 1500 mm とし、節 B が等速を以て毎分 120 回轉するとき  $O_{bc}$  點の通路を底邊として節 C の角速度線圖を畫け。
- 15 第 284 圖に於て  $O_{c_1d_1}$  點が等速を以て右方に動くものとしたるとき  $O_{bc_1}$  點の通路を底邊として軸 R の角速度線圖を畫け。但し各邊の長さは適宜に選定すべし。(此線圖は  $O_{bc_1}$  點の速度線圖と同一なり。R の角速度は  $O_{bc_1}$  點の速度を B の半徑にて除したるものなればなり)
- 16 第 289 圖に於て節 D が溝内に於て等速運動を爲すとき節 B の角速度線圖を畫け。但し各邊の長さは適宜に選定すべし。(D の速度が與へらるれば棒 B の下端の動く圓周速度を知るを得べし。而して B の角速度は B の下端の圓周速度を B の長さにて除したる商となるべし。線圖を畫くべき底邊は棒 B の下端が畫く圓弧としてもよく、又は其圓弧を直線としたるものにてよろし。或は又線圖を示すに  $O_{ab}$  點を原點とし  $\theta$  と角速度を極坐標とせる曲線としてもよろし)
- 17 練習題第 10 に於て節 D の加速度線圖を畫け。

- 18 練習題第 14 に於て節 A, C 間の瞬間中心の固定軌跡及び移動軌跡を畫け。
- 19 練習題第 14 に於て節 B, D 間の瞬間中心の固定軌跡及び移動軌跡を畫け。
- 20 練習題第 9 に於て節 A, C 間の固定軌跡及び移動軌跡を畫け。
- 21 練習題第 9 に於て節 B, D 間の固定軌跡及び移動軌跡を畫け。
- 22 第 256 圖に於て節 A, C が長さ相等しく又節 B, D も長さ相等しく且つ節 A, C が X 字形に交叉せるとき A, C 間の固定軌跡及び移動軌跡を畫け。(兩軌跡とも同一の双曲線となる)
- 23 前問題に於て節 B, D 間の固定軌跡及び移動軌跡を畫け。(双方とも同一の橢圓となる)

### 第三編 練習題

- 24 毎分 250 回轉する主動軸より 900 mm を距つる並行せる從動軸に毎分 600 回轉の運動を傳ふるに轉がり接觸を爲す圓嚙車を用ふれば其直徑は幾 mm とすべきか。
- 25 前問題に於て主動車の表面は革張りとし、從動車が鑄鐵製とすれば 3 キロワットを傳ふるには車幅は幾 mm にすべきか。又兩車は幾 kg の力を以て押付くべきか。
- 26 毎分 200 回轉する主動軸より之と 80 度の角を以て相交る從動軸に毎分 84 回轉の運動を傳ふるには之に用ふる截頭圓錐形の摩擦傳動車の頂角は幾度とすべきか。
- 27 前問題に於て主動車の圓錐底面の直徑 350 mm にして車の幅 100 mm なるとき幾キロワットを安全に傳動し得るか。又之が爲めに兩車に加



ふべき軸心力は幾  $kg$  とすべきか。但し主動車の摩擦表面はタール浸染木原質を固めたるものを以て作り、従動車は鑄鐵製とす。

- 28 相交はらざる二軸間の最短距離  $300\text{ mm}$ 、其間の角度  $60$  度にして、毎分  $120$  回轉する主動軸より従動軸を毎分  $180$  回轉せしむる双曲線體形を爲せる車の狹隘圓の直徑及び各狹隘圓より  $80, 160, 240, 320\text{ mm}$  を距つる斷面の直徑は幾  $mm$  なるか。
- 29  $250\text{ mm}$  を距つる並行二軸間に轉がり接觸を以て主動車が  $15^\circ$  づゝ回轉する毎に角速度比が順次に  $0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5$  となる車の形を見出せ。
- 30 ハーフフィールド氏舵取装置(第 52 圖参照)に於て A 車の直徑  $450\text{ mm}$  にして A 車の軸は其圓心より  $130\text{ mm}$  偏りたる位置にあり、且つ  $O_a O_b$  の距離  $1550\text{ mm}$  なるとき A と轉がり接觸すべき B の表面の形を見出せ。又 A 車の回轉する角度を底として舵の角速度の線圖を畫け。A 車が  $180^\circ$  回轉して點線にて示せる位置へ來れるとき舵の回轉せる角は幾度なりや。
- 31 轉がり接觸をする主動車が  $80^\circ$  回轉する始めと終りに於ける角速度比が  $1.5:1$  及び  $1:0.75$  となるが如き等角匝線の形を畫け。但し兩軸間の距離は  $150\text{ mm}$  とす。
- 32  $150\text{ mm}$  を距つる並行軸間に轉がり接觸を爲す 2 個の橢圓を以て運動を傳ふるとき其最大角速度比は  $7:3$  なりといふ。橢圓の長徑及び短徑を問ふ。
- 33 第 58 圖に示せるが如き装置に於て若し B を主動車とし其直徑  $100\text{ mm}$ 、幅  $70\text{ mm}$  にして圓壙形を爲し A と直線に沿ふて接觸し、B 車の左表面が A 車軸より  $150\text{ mm}$  距り、B 車を A の軸心方向に  $15\text{ kg}$

の力を以て押し付け、A, B 間の摩擦係数を  $0.25$  とし、B 軸に  $12\text{ cm-kg}$  の回轉モーメントを與ふるとき滑りの起らぬ點は B 車の幅の何れの部分に起るや。又其點に相當する A 車の直徑は幾  $mm$  なるや。又摩擦傳動装置の効率は幾パーセントなりや。

- 34 ロバートソン氏溝付摩擦傳動装置に於て溝の有効深さ  $10\text{ mm}$ 、溝深の中央に於て計れる主動車の直徑  $600\text{ mm}$ 、従動車の直徑  $2000\text{ mm}$  にして主動車が毎分  $200$  回轉し、溝深の中央に於て轉がり接觸を爲すものとすれば兩車間に起る滑り速度は幾  $m/\text{分}$  なりや。

#### 第四編 練習題

- 35 齒數  $25$  及び  $90$  なる平齒車が外接嚙合をなし、小車が毎分  $120$  回轉して齒と齒との接觸點よりピッチ點に引ける共通垂直線の長さが  $30\text{ mm}$  となれる瞬間に於て齒と齒との滑り速度は幾  $m/\text{分}$  なりや。
- 36 前問題に於て兩車が内接嚙合を爲さば滑り速度は幾  $m/\text{分}$  なりや。
- 37 外接嚙合をする平齒車の齒數  $n_1, n_2$ 、刻み圓の圓周速度  $v$ 、圓周ピッチ  $p$ 、ピッチ點より齒の接觸點に至る共通垂直線の長さ  $l$  なるときは齒の滑り速度は次の式を以て示さるゝことを證せよ。
- $$2\pi v \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \frac{l}{p}$$
- 38 平齒車に於て下齒面の形がピッチ點と圓心とを結ぶ半徑線と  $15^\circ$  の角を爲す直線形なるとき之と正しく嚙合ふべき相手の齒車の上齒面の形を第 38 章に於て述べたる第一法及び第二法にて見出せ。但し兩車の半徑は適宜に選定すべし。
- 39 平齒車に於て上齒面の形がピッチ點と圓心とを結ぶ半徑線と  $20^\circ$  の角を爲す直線にピッチ點に於て接する圓弧狀を爲すとき之と正しく嚙合



ふべき相手の歯車の下歯面の形を見出せ。但し兩車の半径は適宜に選定し、上歯面を畫く圓弧の半径は刻み圓の半径の四分の一とす。

- 40 刻み圓の直径 150 mm, 造形圓の直径 50 mm なる外擺線及び内擺線を畫け。
- 41 第 82 圖に於て A, B, C, D の直径をそれぞれ 150, 280, 50, 100 mm とし, A が主動車なるとき近寄り弧及び遠退き弧の各に於ける傾斜角の最大値を畫法を以て見出せ。但し兩車とも上齒の高さは 8 mm とす。
- 42 齒數 25 及び 95, 圓周ピッチ 32 mm, 傾斜角 15°, 上齒の高さは 10 mm なる一對の漸開線齒車あり。之を 3 mm だけ中心距離を餘計に遠ざけて取付ければ上齒の高さ及び傾斜角には如何なる變化起るや。
- 43 前問題に於て兩者の中心距離を 3 mm だけ餘計に近づけて取付ければ上齒の高さ及び傾斜角には如何なる變化起るや。
- 44 擺線齒形を有する小齒車に於て傾斜角の平均値が 23.5° を超えざらしめ、近寄り弧及び遠退き弧の各が圓周ピッチの四分の三よりも短からざらしめ、下齒面は半径直線よりも弱からざる形狀たらしむる條件の下に於ては齒數の理論的最小限は幾本となるか。又其時の上齒の高さ如何。
- 45 漸開線齒形を有する小齒車に於て傾斜角を 20° とし、近寄り弧及び遠退き弧の各が圓周ピッチの四分の三よりも短からざらしむる條件の下に於ては齒數の理論的最小限は幾本となるや。又其時の上齒の高さ如何。
- 46 主動車の直径 200 mm, 齒數 20, 從動車の齒數 50 なる擺線齒車あり。兩車とも上齒の高さが圓周ピッチの三割にて、造形圓の直径が何れも 80 mm なるとき齒は同時に幾對づゝ嚙合ふべきか。

- 47 主動車の齒數 32, 從動車の回轉速度は主動車の回轉速度の四割, 圓周ピッチ 35 mm, 傾斜角 20°, 上齒の高さはピッチの三割なる漸開線齒車の齒は同時に幾對づゝ嚙合ふべきか。
- 48 前問題に於て兩車の中心距離を正當よりも 5 mm だけ餘計に遠ざけて取付けたるときは齒は幾對づゝ同時に嚙合ふべきか(註, 此問題を解くには中心距離の狂ひたる結果として兩車の刻み圓の直径や, 傾斜角や, 上齒の高さが幾何になるかを先づ算出し, 斯くして出でたる數字を用ひ前問題と同様の解法を施すべし)
- 49 齒數 18 及び 65 なる傾斜角 15° の漸開線齒車が嚙合ふとき兩車の有効上齒高極限值はピッチの幾割に當るや。
- 50 相嚙合ふ A, B 兩車に於て齒は何れも圓周ピッチの 6 倍を圓周とせる造形圓にて畫かれたる擺線形にして, A 車は齒數 16 本, B 車は齒數 85 本, 上齒高は何れも圓周ピッチの 0.3 倍なるとき兩車の齒面中齒が唯一對しか嚙合はぬ部分は刻み圓の内外如何なる半径距離内に横はるや。又齒が二對づゝ同時に嚙合ふ齒面の部分は刻み圓の内外如何なる半径距離内に横はるや。但し半径距離は何れも圓周ピッチの倍數にて示すものとす。
- 51 相嚙合ふ A, B 兩車に於て齒は傾斜角 20° の漸開線形なりとし, A 車は齒數 12 本, 上齒高は圓周ピッチの 0.3 倍, B 車は齒數 78 本, 上齒高は圓周ピッチの 0.22 倍なるとき齒面中齒が唯一對及び同時に二對づゝ嚙合ふ部分は刻み圓の内外如何なる半径距離内に横はるや。但し半径距離は何れも圓周ピッチの倍數にて示せ。
- 52 問題第 50 に於て A 車の上齒面, 下齒面及び B 車の上齒面, 下齒面の各の滑り率を算出せよ。



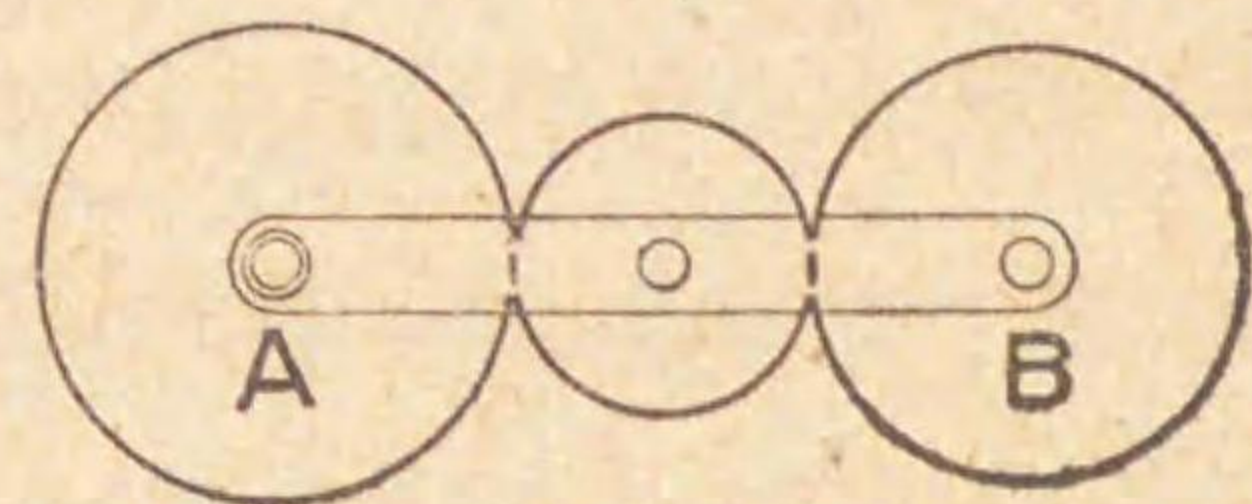
- 53 問題第 50 に於て齒高を底邊として齒面の摩滅割合を示す線圖を畫け。
- 54 問題第 51 に於て兩車の齒高を底邊として滑り率を示す線圖を畫け。
- 55 問題第 51 に於て兩車の齒高を底邊として齒面の摩滅割合を示す線圖を畫け。
- 56 問題第 53 に於て嚙合中に起る傾斜角の變化を考慮に入れると入れざるとにより摩滅割合線圖上如何なる差異あるやを比較せよ。
- 57 主動車の齒數 15, 從動車の齒數 50, 造形圓の圓周は何れも圓周ピッチの 6 倍, 上齒高何れも圓周ピッチの 0.3 倍なる擺線齒車に於て近寄り弧及び遠退き弧の嚙合中に於ける傾斜角の各平均値を算出せよ。
- 58 圓周ピッチ 40 mm, 齒數 15 及び 35, 造形圓の圓周は圓周ピッチの 6 倍なるとき, アンウイン教授の近似畫法及びグラント氏齒形定規を用ひて齒形を畫き, 兩法によりて畫ける齒形に如何なる差違あるかを檢せよ。但し上齒の高さは圓周ピッチの三割とし下齒の高さは其四割とす。
- 59 圓周ピッチ 40 mm, 齒數 24 及び 35, 傾斜角  $14^{\circ}50'$  なる漸開線齒車に對しアンウイン教授の近似畫法及びグラント氏の齒形定規を用ひて齒形を畫き, 兩法によりて畫ける齒形に如何なる差違あるかを檢せよ。但し上齒の高さは圓周ピッチの三割, 下齒の高さは其四割とす。
- 60 問題第 46 に於て兩車が第 134 圖に示すが如き斜向齒車であり其斜向角が  $30^{\circ}$  にて, 車幅が圓周ピッチの三倍になるとき, 一對の齒が嚙合を始めてより嚙合を終るまでに兩車の回轉する角度は幾度なりや。又問題第 46 に於て斜向齒車ならざるときは一對の齒が嚙合を始めてより嚙合を終るまでに兩者の回轉する角度如何 (註, 斜向齒車に於ては普通の平齒車よりも  $F \tan \phi$  の長さの圓弧が圓心に於て圍む角度だけ

- 嚙合が長くなることは明かなり)
- 61 齒數 22, 圓周ピッチ 23 mm, 齒車の幅 55 mm, 造形圓の圓周は圓周ピッチの 6 倍なる鑄鐵製機械切り擺線齒車が毎分 200 回轉の速度を以て幾キロワットを安全に傳ふべきか。
- 62 前問題に於て齒形が鑄放しなりとし, アンウイン教授の計算法によれば幾キロワットを安全に傳ふべきか。但し安全内力は前問題と同一に取るべし。
- 63 直徑 200 mm, 傾斜角  $20^{\circ}$  なる鑄鐵製機械切り漸開線齒車が毎分 220 回轉の速度を以て 15 キロワットを安全に傳へる爲めにはピッチは幾 mm とすべきか。但し齒車の幅はピッチの 2.5 倍とす。
- 64 前問題に於て齒形が鑄放しなりとし, アンウイン教授の計算法によればピッチは幾 mm とすべきか。但し安全内力は前問題と同一にとるべし。
- 65 第 156 圖の傘齒車に於て二軸が直角に交り, 齒の  $p$  端に於ける A 車の直徑 150 mm にして A 車と B 車の齒數はそれぞれ 18 及び 45 なるときトレツドゴールド氏の近似畫法を應用して漸開線齒形を畫くにグラント氏の齒形定規の寸法は幾 mm となるか (註,  $p$  端に於ける圓周ピッチは直徑 150 mm の圓周を齒數 18 にて除したるものなること勿論なれども, グラント氏の齒形定規の表中の齒數は此ピッチを第 156 圖の  $ep$  を半徑とする圓周  $pA'$  の上に配置せるものとして生ずる假想齒數とせざるべからず。B 車に就ても同様なり)
- 66 三重螺旋のねぢ齒竿が毎分 400 回轉するときは齒數 70 なるねぢ齒竿車は毎分幾回轉すべきか。
- 67 圖に示せる差動齒車裝置に於て A 車を固定し, 腕を A 車軸の廻りに



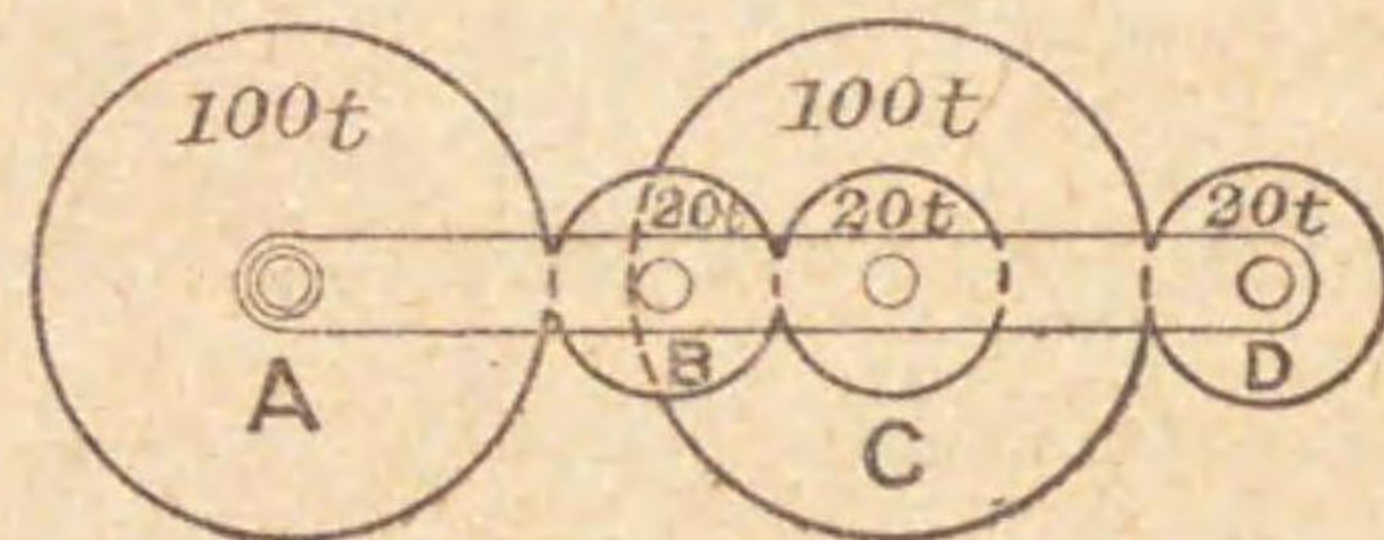
時計の針と同方向に 10 回轉せるとき B 車を反對方向に 0.5 回轉せしむるには A, B 兩車の齒數は幾本とすべきか。又 A, B 兩車間には媒介車を設くる必要ありや。但し齒數の最小限は 24 本とす。

問題第 67 圖



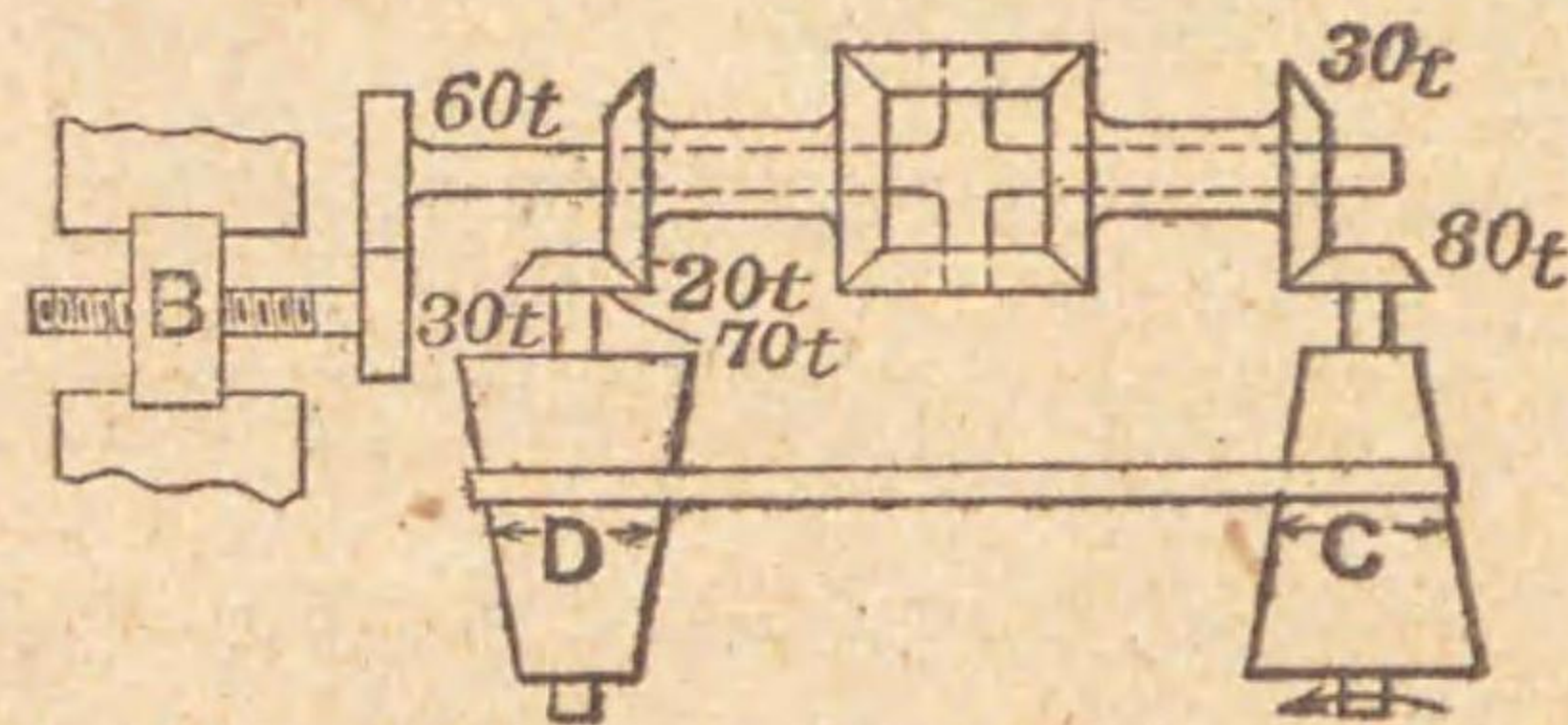
68 圖に示せるが如き差動齒車装置に於て A 車が固定せるとき D 車が時計の針と同方向に 78 回轉したりとせば B 車, C 車, 及び腕の回轉方向及び回轉數如何。

問題第 68 圖

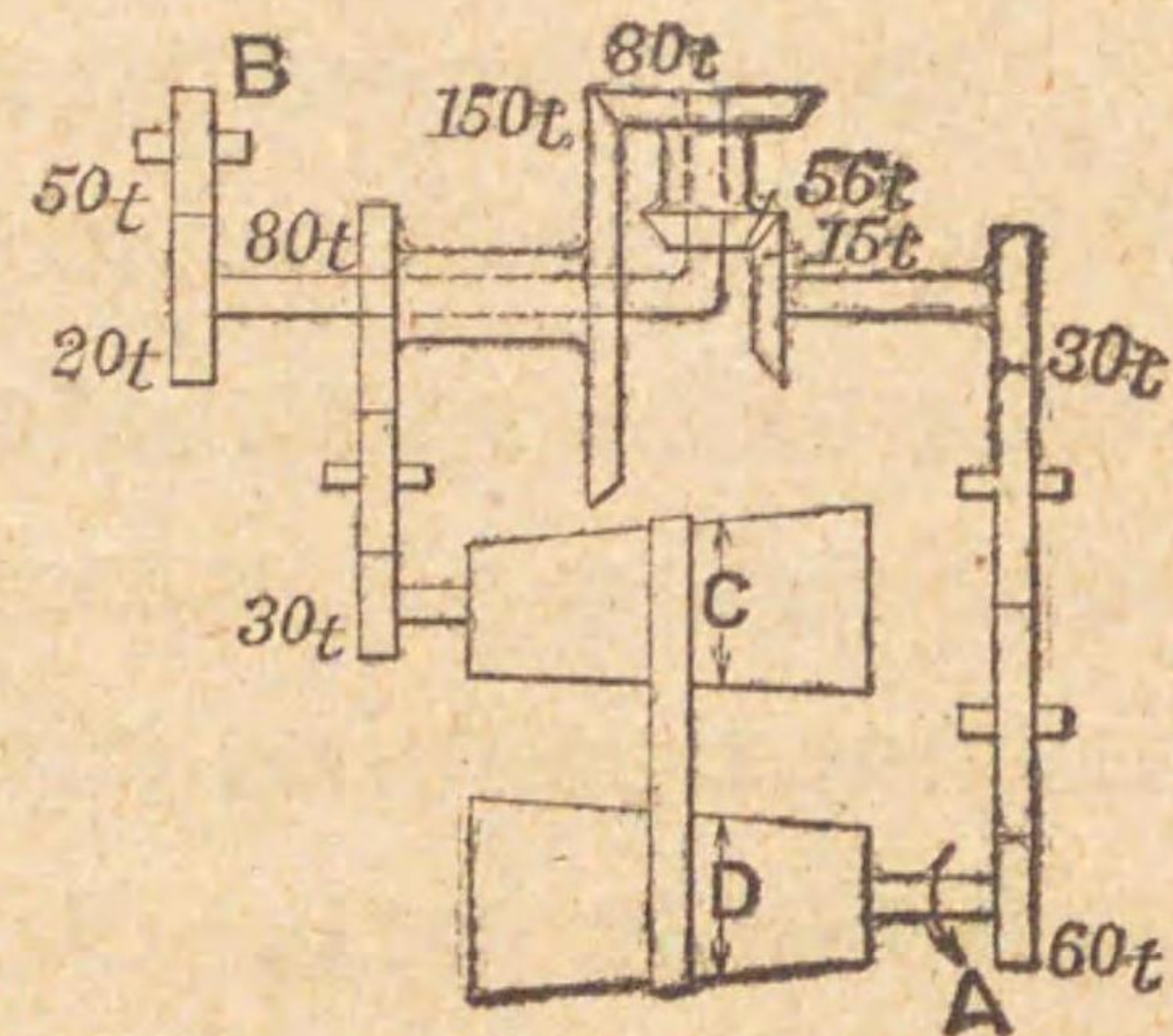


69 圖に示すが如き差動齒車装置に於て滑り子 B とねぢ一對偶を爲せるボルトが右ねぢにてピッチ 6 mm なるとき C 車の軸が矢の方向に 1 回轉して B を 2 mm だけ左方に滑らせるには調帶の掛かれる部分に於て錐形調車 C, D の直徑の比は幾何とすべきか。又調帶は袈裟掛けとすべきか, 襷掛けとすべきか。(註, 袈裟掛けのときは C, D が同一方向に回轉し, 襷掛けのときは

問題第 69 圖



問題第 70 圖



互に反對方向に回轉す)

- 70 圖に示せるが如き差動齒車装置に於て袈裟掛け調帶のかゝれる部分に於て錐形調車 C, D の直徑がそれぞれ 75 mm 及び 400 mm にして軸 A が矢の方向に一回轉せるとき B 車は何れの方に幾回轉すべきか。
- 71 第 190 圖に示せるハンページ氏軸繼装置に於て齒車 B, C, D, E, F の齒數がそれぞれ 13, 41, 14, 35 及び 45 にして A 軸が毎分 800 回轉せるとき Z 軸の回轉速度如何。

### 第五編 練習題

- 72 時計の針と同方向に等速回轉する板カムの從動節の尖端がカム軸の中心を通る直線上に移動し, 從動節の尖端は其最も下れる位置に於てカム軸よりも 40 mm だけ上方にありとし, カムが 120° 回轉する間に從動節は其最下端の位置より 80 mm だけ等速度を以て上昇し, 次の 60° の間で單一弦運動を以て 50 mm 下降し, 次の一直角の間では靜止し, 茲に於て急に出發點へ下降し, 最後の一直角間は之を靜止せしむるが如き板カムの形を設計せよ。
- 73 時計の針と反對方向に等速回轉運動する板カムの從動節は直徑 20 mm なる轉子にして轉子の中心はカム軸の左方 40 mm を距つる垂直線上に移動し, 其最も下降せる位置に於て轉子の中心はカム軸の中心より 50 mm 上位にありとし, カムが一直角回轉する間に轉子は其最下位置に於ける靜止状態より等加速度, 等減速度を以て 80 mm 上昇し, 茲に於て急に 80 mm 下降し, 次の一直角の間では靜止し, 次の一直角の間では等速度を以て再び 50 mm だけ上昇し最後の一直角間にて單一弦運動を以て出發點に歸らしむる如き板カムの形を見出せ。



- 92 97
- 74 時計の針と同方向に等速回轉運動する板カムの從動節は直徑 25 mm の轉子にして轉子は長さ 250 mm なる腕の先端に取付けられ、腕の他端はカム軸中心の右方に 250 mm、上方に 50 mm の位置にある軸に取付けられ、腕は 36° の角範圍内に往復角運動を爲し、轉子は最も下降せる位置に於ては其中心が腕の軸心と同一水平面上にあり、カムが一直角回轉する間に腕は静止状態より發し等加速度、等減速度を以て時計の針と同方向に 36° 回轉し、次の一直角の間では静止し、残りの二直角の間には等角速度を以て出發點へ歸るとすればカムの形を書け。
- 75 時計の針と反対方向に等速回轉する水平軸に取付けられたる板カムの從動節は常に水平位置を保つ平板なりとし、カムが 180° 回轉する間に板面はカム軸の上方 50 mm の位置より出發して 100 mm の位置へ等速を以て昇るものとす。カムの形を見出せ。
- 76 問題第 72 に對する戻しカムの形を見出せ。但し從動節の戻しカムと接觸する部分も尖端を有するものとす、兩尖端間の距離は適宜に撰定すべし。
- 77 問題第 73 に對する戻しカムの形を見出せ。但し戻しカムが作用する轉子も直徑 20 mm とし兩轉子は同一垂線上に移動するものとす、兩轉子間の距離は適宜に撰定すべし。
- 78 カムの 3 回轉を以てカム軸に並行なる直線上に於て從動節に一往復運動を與ふる直徑 150 mm の圓嚙カムあり。カム軸は等速回轉を爲すものとす、カムが 1 回轉する間に從動節は右方向に向つて單一弦運動を以て 130 mm 動き、次の半回轉の間は静止し、次の半回轉の間で更に右方向に向つて 50 mm 等速運動をなし最後の 1 回轉の間にて等加速度等減速度を以て出發點に歸り、出發點に歸りたる時從動節の速度が零

となる如きカム溝の中心線を書け。又カムの角度を横法にとり從動節の左端位置より右方に動きたる距離を縦法とする線圖を書け。

- 79 第 194 圖に對する説明に於て從動節が轉子なるときは、板カムの形が銳角を爲す前後に於ては從動節は所要運動を爲さずして、多少の狂ひを生ずることを述べたるが、第 193 圖に於て基礎圓が小さく轉子が比較的大なる時、轉子が最も下降せる位置の前後に於ては從動節の運動に如何なる狂ひを生ずるや。

### 第六編 練習題

- 80 直徑 250 mm 及び 700 mm なる調車の中心距離 2500 mm なる時袈袈掛け調帶の長さを求む。
- 81 前問題に於て調帶の厚さの中心にて計れる袈袈掛け調帶の長さを求む。但し調帶の厚さは 8 mm とす。
- 82 前問題に於て小車を主動車とし之が毎分 120 回轉するとき從動車の回轉數を算出せよ。又此問題に於て調帶の厚さを考へに入れると、入れざるとにより從動車の回轉數に幾何の差違を生ずるや。
- 83 直徑 500 mm 及び 900 mm なる調車の中心距離 4000 mm にして之に調帶が袈袈掛けとなれるものあり。從動車なる大車の直徑を變じて其回轉速度を現在よりも 1 割 5 分増加し、且つ主動軸と同一方向に回轉せしむるには調帶は幾 mm 切り縮むべきか。
- 84 毎分 125 回轉の等速を有する主動軸より從動軸を毎分 500, 250, 100, 50 回轉の速度を以て主動軸と反対方向に回轉せしめんとす。主動車の段付調車の最小徑を 150 mm とせば兩車の各段の直徑は幾 mm とすべきか。



- 85 2000 mm を距つる 2 軸に段数 5 段なる同形の段付調車を取付け従動車を主動車と同方向に最低毎分 50 回轉、最高毎分 350 回轉せしめんとす。最小段の直徑を 150 mm とせば各段の直徑は幾 mm とすべきか。(註、段付調車は同形なる故第 116 章に述べたるが如く  $\frac{n_1}{N} = \frac{N}{n_s}$  なる關係あり。よつて主動車の回轉速度  $N$  は  $N^2 = n_1 \times n_s = n_1 \times n_s = 50 \times 350$  より解くことを得べし)。
- 86 前問題に於て調帶の厚さを 6 mm とし之を計算に入れば各段の直徑は幾 mm となるや。(註、最小段の實際直徑は 150 mm なるが故調帶の厚さの中央にて計れる有効直徑は 156 mm となる。之を基として各段の有効直徑を算出し、有効直徑より 6 mm を減じたるものが所問の實際直徑となる)。
- 87 毎分 200 回轉する直徑 350 mm の主動車を以て従動車を毎分 120 回轉せしむるに厚さ 8 mm、幅 150 mm の調帶を用ふれば遠心力により調革には其斷面の毎平方 cm 上幾 kg の最大内力を生ずるや。但し調革 1 立方 cm の重量は 0.001 kg とす。(註、最大張力は小徑の調革に接觸する部分に於て起ること明かなり)。
- 88 毎分 150 回轉する直徑 1200 mm の主動車より 20 キロワットの動力を厚さ 6 mm 袈裟掛け調革を以て毎分 350 回轉すべき 2700 mm の距離にある従動車に傳へんとす。調革の幅は幾 mm とすべきか。但し運轉中に於ける  $\mu$  の値は 0.35 にとり重量は 1 立方 cm 0.001 kg とし、調革に起る最大張力は毎平方 cm 上 17.5 kg にとるべし。(註、 $\theta$  は大車と小車で小さき方の値をとるべし。又幅 1 mm の最大張力は  $\frac{17.5}{100} \times 6$  kg なる故此値を第 117 章式 (4) の  $t_2$  に入れば幅 1 mm の有効回轉力  $P$  を算出することを得べし。但し其際  $w$  は矢張り調革の

- 幅 1 mm 長さ 1 m の重量とすべし。斯くして出したる  $P$  を以て 20 キロワットを傳ふべき總有効回轉力を除したる商が求むる調革の幅となるなり)。
- 89 前問題に於て遠心力を度外視すれば調革の幅は幾 mm となるや。
- 90 問題第 88 に於て緊張側と弛緩側に於ける張力の比如何。
- 91 問題第 89 に述べたる目的を達するには調帶には幾 kg の最初張力を與ふべきか。
- 92 毎分 150 回轉する主動軸 A より之と並行なる 2 従動軸 B 及び C をそれぞれ毎分 250 及び 350 回轉せしめんとす。A, B 間の中心距離 2400 mm, B, C 間の中心距離 1050 mm, C, A 間の中心距離 1650 mm にして A 軸が時計の針と反對方向に回轉せるとき調帶は順次に A, C, B に巻掛かるものとし、主動車の直徑は 900 mm とし、B, C 軸にそれぞれ 6 キロワット、18 キロワットを傳ふるときは調帶に起る最大張力は幾 kg となるや。但し遠心力は度外視し  $\mu$  の値は 0.3 にとるべし。
- 93 大車の直徑 2550 mm、小車の直徑 1200 mm 其中心距離 11 mm にて、小車が毎分 350 回轉を以て 240 キロワットを安全に傳ふるには木綿繩の太さ及び本数は幾何とすべきか。但し繩溝の角度は  $35^\circ$  とし、 $\mu$  の値は 0.2 にとるべし。
- 94 前問題に於て遠心力を度外視すれば同徑の繩を幾本用ふればよきや。
- 95 問題第 93 に於て緊張側と弛緩側に於ける張力の比如何。
- 96 英國式の調繩傳動装置あり、4 個の従動車は同一垂直面上に横はれる水平軸に取付けられ各車の垂直中心距離は何れも 3 m にして、主動車の軸は最下位にある従動車の軸と同一水平面上に横はり其水平中心距



離  $12m$  とす。主動車の直径  $2700mm$ , 毎分 160 回轉を以て從動車の上位にあるものより順次に 400 回轉 75 キロワット, 150 回轉 90 キロワット, 300 回轉 90 キロワット, 300 回轉 100 キロワットを傳ふるには繩の太さ及び各車に巻掛くべき繩の本數如何。繩の太さは總て同一にし, 繩溝の角度は  $40^\circ$  とし,  $\mu$  の値は  $0.2$  にとるべし。

### 第七編 練習題

- 97 第 261 圖及び第 262 圖に示す如きモルガン式搖動水搔車を有する船の速度 20 ノット, 水搔の幅の中央にて計れる水搔車の直径  $4650mm$ , 水搔車軸心の水表面上の高さ  $1730mm$ , 水搔車の速度毎分 48 回轉なるとき, 第 261 圖に示せる固定ピン  $O'$  の位置, 及び棒  $C$  の長さを見出せ。但し棒  $D$  の長さは  $900mm$  とす。(註, 1 ノットの速度とは 1 時間に  $6080$  呎を進航する速度なり之をメートル法に換算すると  $30.898m$ /分に當る)
- 98 行程  $500mm$ , コンネクティングロッドの長さ  $1500mm$  なる蒸汽機關に於てクランクが死點位置より  $60^\circ$  回轉せるときピストンは死點位置より幾  $mm$  移動せりや。
- 99 行程  $460mm$ , コンネクティングロッドの長さ  $1150mm$  なる蒸汽機關に於てピストンが死點より  $130mm$  移動せるときクランクの回轉せる角度如何。
- 100 行程  $500mm$ , コンネクティングロッドの長さ  $1500mm$  なる蒸汽機關が毎分 100 回轉せばクランクが死點位置より  $60^\circ$  回轉せるときピストンの速度は毎分幾  $m$  となるか。
- 101 行程  $460mm$ , コンネクティングロッドの長さ  $1150mm$  なる蒸汽機關が毎分 120 回轉せばピストンが死點より  $130mm$  移動せるとき其速度は毎分幾  $m$  となるか。
- 102 コンネクティングロッドの長さがクランクの長さの 4 倍なる蒸汽機關に於て

ピストンの速度とクランク, ピンの速度が同一になるはクランクが死點位置より幾度回轉せるときに起るや。

- 103 問題第 100 に於てピストンの加速度を問ふ。
- 104 問題第 101 に於てピストンの加速度を問ふ。
- 105 問題第 100 に述べたる蒸汽機關に對しピストンの速度線圖を畫け。
- 106 問題第 100 に述べたる蒸汽機關に對しピストンの加速度線圖を畫け。
- 107 問題第 101 に述べたる蒸汽機關に對しクランクの回轉角  $\theta$  を横法にとりたる底邊の上にコンネクティング, ロッドの傾斜角  $\phi$  を縦法とする線圖を畫け。
- 108 問題第 101 に述べたる蒸汽機關に對しクランクの回轉角  $\theta$  を横法に取りたる底邊の上にコンネクティング, ロッドの角速度線圖を畫け。
- 109 問題第 101 に述べたる蒸汽機關に對しクランクの回轉角  $\theta$  を横法に取りたる底邊の上にコンネクティング, ロッドの角加速度線圖を畫け。
- 110 第 273 圖に示せる箭搖機關に於てピストンの行程  $400mm$ ,  $l$  の長さ  $900mm$  なるとき, 汽箭が垂直線より,  $10^\circ$  傾斜せる位置に於てピストンは汽箭内に於て死點位置より幾  $mm$  移動せりや。
- 111 前問題に於て機關が毎分 100 回轉せば, 現在の位置に於てピストンの汽箭内に於ける滑り速度は毎分幾  $m$  なりや。
- 112 前問題に於てピストンの行程を底邊とするピストンの滑り速度線圖を畫け。
- 113 問題第 111 に於て  $\theta$  を横法にとりたる底邊の上に汽箭の角速度線圖を畫け。
- 114 問題第 111 に於て  $\theta$  を横法にとりたる底邊の上に汽箭の角加速度線圖を畫け。
- 115 問題第 110 に述べたる機關の汽箭が往復角運動をなすとき往と復とに要する時間の比如何。
- 116 ラブソン氏滑り子舵取装置に於て摩擦がなきものとし, 又滑り子を溝に沿ふて動かす力が一定不變なりとせば, 舵の回轉角が  $30^\circ$  になれるときは舵の回轉モーメントは舵の回轉角が零度の時の幾倍になるや。
- 117  $25^\circ$  の補角を以て相交はれる二軸をフック氏の軸繼を以て連結せるとき, 一軸の回轉角を横法にとりたる底邊の上に他軸の回轉角の線圖を



畫け。

- 118 毎分 100 回轉の等速回轉を爲す B 軸をフツク氏の軸繼を以て之と  $25^\circ$  の補角を爲して相交はれる A 軸と連結せるとき、B 軸の回轉角を横法にとりたる底邊の上に A 軸の回轉速度線圖を畫け。
- 119 前問題に於て B 軸の回轉角を横法にとりたる底邊の上に A 軸の角加速度線圖を畫け。
- 120 第 306 圖に於て E, A, G, H の長さを夫々 150, 60, 40, 70 mm とせるとき q 點の畫く圓弧の半徑と、圓心の位置と、圓弧が節 G の延長線と交はる位置とを求めよ。

—(完)—

---

## 索 引

---



## 邦 語 索 引

**ア**  
 壓力對偶 5  
 案内車 217

**イ**  
 板カム 191,193  
 移動軌跡、瞬間中心の 16  
 イーヴンス氏圓錐形摩擦傳動車 54

**ウ**  
 植込み齒 142  
 運動傳達方法 7

**エ**  
 エピトロコイド 64  
 圓周刻み 58,164  
 圓周方向刻み 164  
 圓周ピッチ 58  
 圓錐カム 191,207  
 圓錐の轉がり接觸傳動 41  
 圓嚙カム 191,205,206  
 圓嚙の轉がり接觸傳動 39

**オ**  
 追分點 256  
 送り 43  
 送り装置 43  
 オルドハムの軸繼 273

**カ**  
 回轉速度比、調車の 213

回轉速度比、ねぢ齒車の 165  
 外擺線 70  
 外擺齒車裝置 180  
 確實傳動 50  
 角速度比、轉がり接觸による傳動  
 裝置の 34,40,42,45  
 確動カム 192,201  
 掛換裝置、調帶の 218  
 傘齒車 58,155  
 下齒面 59  
 加速度線圖 30  
 舵取裝置 270  
 舵取裝置、ラフソン氏の 275  
 舵取裝置、ハーフィールド氏の 38  
 壁付齒 148  
 カーテート・トロコイド 66  
 カム 191  
 干涉嚙合 66,78  
 緩和曲線、カムの 197

**キ**  
 球形カム 191,208  
 球面外擺線 156  
 球面漸開線 158  
 球面内擺線 156  
 求心加速度 28  
 機械 1  
 機械運動の種類 13  
 機洞 3  
 機構 3  
 機構學 1  
 刻み 58  
 刻み圖 58



|                |     |
|----------------|-----|
| 刻み線            | 58  |
| 刻み點            | 58  |
| 刻み面            | 57  |
| 機素             | 3   |
| 基礎圓、カム         | 195 |
| 基礎曲線、漸開線の      | 67  |
| 機素の膨脹          | 280 |
| 近似齒形畫法、傘齒車に對する |     |
| トレッドゴールド氏の     | 158 |
| 緊張側、調帶の        | 228 |
| 狹隘圓            | 44  |
| 掬縦車            | 219 |

ク

|             |     |
|-------------|-----|
| 鎖齒車         | 246 |
| 矩頂傘齒車       | 162 |
| 喰違ひ傘齒車      | 162 |
| 喰違ひ齒車       | 58  |
| グラトン氏三點齒形定規 | 132 |
| グリッソン氏装置    | 77  |

ケ

|            |     |
|------------|-----|
| 傾斜角、漸開線齒形の | 78  |
| 傾斜角、齒形の    | 60  |
| 傾斜角、擺線齒形の  | 71  |
| 袈裟掛け、調帶の   | 219 |
| 限定運動       | 2   |
| 限定對偶       | 4   |
| 限定連鎖       | 6   |

コ

|                 |        |
|-----------------|--------|
| 工具              | 2      |
| 剛質媒介節に依る運動傳達    | 9      |
| 剛質媒介節に依る運動傳達の方則 | 10     |
| 構造物             | 3      |
| 高速調鎖            | 247    |
| 交換嚙合            | 69,138 |

|             |        |
|-------------|--------|
| 交換嚙合、漸開線齒形の | 78     |
| 交換嚙合、擺線齒形の  | 72     |
| 穀狀齒切り刃物     | 138    |
| 擦り車         | ニ      |
| 固定軌跡、瞬間中心の  | 15     |
| 木の葉車        | 49     |
| 小齒車         | 76     |
| 轉子          | 42     |
| 轉がり接觸       | 7,8,33 |
| 轉がり接觸をする齒形  | 60,140 |
| 轉がり接觸傳動装置   | 33     |
| 轉がり接觸を爲すの要件 | 33     |

サ

|          |             |
|----------|-------------|
| 最初張力、調帶の | 233         |
| 逆さカム     | 192,210,211 |
| 酒場の氣密蓋   | 268         |
| 差動傘齒車装置  | 186         |
| 差動齒車装置   | 180         |
| 三角カム     | 200         |
| ヤング教授の定理 | 139         |

シ

|                 |         |
|-----------------|---------|
| 軸方向刻み           | 163     |
| 死點              | 256     |
| 縮圖器             | 285     |
| 斜向齒車            | 139     |
| 斜面カム            | 191,209 |
| 主動節             | 6       |
| 瞬間中心            | 14      |
| 瞬間中心の位置發見法      | 18      |
| 瞬間中心の軌跡         | 15      |
| 瞬間中心の總數         | 17      |
| 蒸汽機關の加速度線圖、クライン |         |
| 博士の方法           | 31      |
| 蒸汽機關の加速度線圖、普通の方 |         |
| 法               | 30      |

|         |             |
|---------|-------------|
| 上齒の高さ   | 59          |
| 上齒面     | 59          |
| 從動節     | 6           |
| 調帶      | 213—238     |
| 調帶の重量   | 229         |
| 調帶の長さ   | 219         |
| 調帶の強さ   | 237         |
| 調車      | 213         |
| 調鎖      | 213,245—248 |
| 調繩      | 213,238—245 |
| 進入側、調帶の | 218         |

ス

|              |     |
|--------------|-----|
| 錐形調車         | 221 |
| 垂直圓錐         | 158 |
| スタンナー氏振り子ポンプ | 267 |
| 滑り子回轉連鎖      | 258 |
| 滑り接觸         | 7,8 |
| 滑り對偶         | 4   |
| 滑り率、齒の       | 117 |

セ

|               |       |
|---------------|-------|
| 生皮小齒車         | 141   |
| 節             | 5     |
| 接觸弧、齒車の       | 60    |
| 接觸弧の長さ、漸開線齒形の | 88    |
| 接觸弧の長さ、擺線齒形の  | 83    |
| 接觸線           | 41    |
| 接觸點           | 7     |
| 接線加速度         | 28    |
| 接點軌跡          | 65    |
| 接點軌跡、漸開線齒形の   | 78    |
| 接點軌跡、齒の       | 60    |
| 接點軌跡、擺線齒形の    | 71    |
| 漸開線           | 67    |
| 漸開線齒形         | 70,77 |
| 漸開線齒形、傘齒車の    | 157   |

|             |     |
|-------------|-----|
| 線點對偶        | 4   |
| セラース氏送り加減装置 | 35  |
| 旋轉ポンプ       | 152 |

ソ

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 送風機             | 152 |
| 双曲線形の轉がり接觸      | 49  |
| 双曲線體の轉がり接觸傳動    | 43  |
| 速度線圖            | 25  |
| 速度線圖、蒸汽機關の      | 25  |
| 造形圓             | 66  |
| 造形圓の大きさ         | 71  |
| 造形線、齒車の         | 66  |
| 速度線圖、ホキットワース氏早戻 |     |
| り運動の            | 26  |

タ

|          |         |
|----------|---------|
| 退出側、調帶の  | 218     |
| 橢圓チアック   | 274     |
| 橢圓の轉がり接觸 | 47      |
| 襷掛け、調帶の  | 219     |
| 段付調車     | 222—228 |
| 單節       | 5       |
| 段付齒車     | 139     |

チ

|               |     |
|---------------|-----|
| 中介軸           | 215 |
| 中心連結線         | 8   |
| 近寄り弧、齒車の      | 60  |
| 力壁            | 148 |
| 弛緩側、調帶の       | 228 |
| 頂隙、齒の         | 59  |
| 提燈齒車          | 75  |
| 張力對偶          | 5   |
| 直徑刻み          | 58  |
| 直接觸による運動傳達    | 7   |
| 直接觸による運動傳達の方則 | 9   |



|                  |         |
|------------------|---------|
| 直線運動機構           | 287     |
| 直線運動機構、ハート氏の     | 291     |
| 直線運動機構、ボースリユー氏の  | 288     |
| 直線運動機構、ワットの      | 293     |
| 直線運動機構、スコットラッセルの | 292     |
| 直線運動カム           | 192,209 |
| ツ                |         |
| 對偶               | 3       |
| 節搖機關             | 262     |
| テ                |         |
| 挺クランクの機構         | 250     |
| 轉車臺              | 42      |
| 傳達動力、摩擦傳動装置の     | 52      |
| 傳動効率、平齒車の        | 150     |
| 傳動効率、傘齒車の        | 161     |
| 傳動効率、調帶の         | 237     |
| 傳動効率、ねぢ齒竿の       | 173     |
| 傳達動力、調帶の         | 228     |
| 傳達動力、平齒車の        | 142     |
| ト                |         |
| 遠退き弧、齒車の         | 60      |
| 等角匠線             | 36      |
| ナ                |         |
| 内接嚙合             | 73      |
| 内擺線              | 70      |
| 波打ち、調帶の          | 234     |
| 繩溝               | 238—241 |
| ニ                |         |
| 逃し止              | 179     |
| 二組クランクの機構        | 252     |
| 二組挺の機構           | 255     |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| ネ                   |     |
| ねぢ對偶                | 4   |
| ねぢ齒車                | 163 |
| ねぢ齒竿                | 166 |
| ねぢ齒竿車               | 166 |
| ノ                   |     |
| ノーム機關               | 266 |
| ハ                   |     |
| 齒                   | 57  |
| 媒介車                 | 41  |
| 媒介節                 | 6   |
| 背隙                  | 59  |
| ハイボトロコイド            | 64  |
| 倍力装置                | 257 |
| 齒形定規                | 132 |
| 齒形係數                | 146 |
| 齒形の機械切り、平齒車の        | 135 |
| 齒形の機械切り、傘齒車の        | 160 |
| 齒形の機械切り、斜向傘齒車の      | 161 |
| 齒形の機械切り、ねぢ齒竿車の      | 172 |
| 齒形の機構學的必要條件         | 61  |
| 齒形の實用的必要條件          | 69  |
| 齒形の近似畫法             | 130 |
| 齒形の比較               | 150 |
| 齒數の最小限              | 102 |
| 齒切の刃物               | 135 |
| 齒切の刃物、ブラウン、シャープ會社製の | 136 |
| 齒車                  | 57  |
| 齒車製作の材料             | 141 |
| 齒車列                 | 175 |
| 齒車列の價値              | 176 |
| 齒竿                  | 73  |
| 齒先き圖                | 58  |

|               |         |
|---------------|---------|
| 齒の厚さ          | 59      |
| 齒の接觸範圍        | 109     |
| 齒の滑り速度        | 61      |
| 齒の強さ          | 71,142  |
| 齒の強さ、傘齒車の     | 161     |
| 齒の強さ増大法       | 148     |
| 齒の強さの計算法      | 142     |
| ハート形カム        | 194     |
| ハーフィールド氏の舵取装置 | 38      |
| ハンページ氏の軸繼装置   | 188     |
| 齒元圓           | 58      |
| 早戻り運動         | 264,269 |
| 針金繩           | 239-245 |
| ヒ             |         |
| 引リンクの機構       | 253     |
| 低齒            | 149     |
| 擺線齒形          | 70      |
| 擺線齒形、傘齒車の     | 156     |
| 非對稱齒形         | 149     |
| ピッチ           | 58      |
| ピッチ點          | 58      |
| 一重帶           | 237     |
| 平齒車           | 57,69   |
| ヒンドレー氏ねぢ齒竿    | 174     |
| ピン齒車          | 74      |
| ピン齒竿          | 76      |
| フ             |         |
| 複斜向齒車         | 140     |
| 複節            | 5       |
| 二重帶           | 237     |
| フック氏の軸繼       | 277     |
| 分割垂直方向刻み      | 164     |
| 分割軸方向刻み       | 164     |
| フュージー         | 247     |
| プロレート、トロコイド   | 67      |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| ヘ               |        |
| 並行運動機構          | 283    |
| 並行軸連鎖           | 277    |
| ホ               |        |
| 補壓水筒、ラージントンポンプの | 276    |
| 放射軸連鎖           | 277    |
| 匍匐作用、調對の        | 235    |
| 拋物線形の轉がり接觸      | 48     |
| ホキットラース氏早戻り運動   | 26,265 |
| マ               |        |
| マーグ式齒車          | 109    |
| 卷掛媒介節           | 10     |
| 卷掛媒介節に依る運動傳達    | 10     |
| 卷掛媒介節に依る運動傳達の方則 | 11     |
| 摩擦係數、轉がり接觸の     | 51     |
| 摩擦係數、調帶の        | 231    |
| 摩擦傳動装置          | 50     |
| 廻り對偶            | 4      |
| ミ               |        |
| 水搔車             | 253    |
| メ               |        |
| 面對偶             | 4      |
| モ               |        |
| 戻しカム            | 202    |
| 木綿製調帶           | 238    |
| モルガン式搖動水搔車      | 254    |
| ユ               |        |
| 有効下齒面           | 61     |
| 有効上齒高極限值        | 105    |
| ヨ               |        |
| 横振れ、調帶の         | 234    |



|               |     |                |       |
|---------------|-----|----------------|-------|
| 四ツ棒同轉連鎖       | 250 | ルーツ送風機         | 154   |
| ラ             |     | レ              |       |
| 螺旋角           | 163 | 連鎖             | 5     |
| ラフソン氏滑り子      | 275 | 連鎖の減節          | 282   |
| リ             |     | 連鎖の交替          | 6,250 |
| 流動質媒介節に依る運動傳達 | 11  | 連鎖の補節          | 282   |
| リマソン          | 76  | ロ              |       |
| リンク仕掛         | 249 | ロバートソン氏溝付摩擦傳動車 | 55    |
| 流動質媒介節        | 11  | ロビンソン教授の齒形定規   | 135   |
| 兩ピン齒車         | 175 | ワ              |       |
| 理論的齒形の畫法      | 62  | 惑星運動装置         | 184   |
| ル             |     |                |       |

〔完〕

## 英語索引

|                          |               |                                       |             |
|--------------------------|---------------|---------------------------------------|-------------|
| <b>A</b>                 |               | Circumferential pitch                 | 164         |
| Acceleration diagram     | 30            | Closed chain                          | 6           |
| Addendum circle          | 58            | Closed pair                           | 4           |
| Addendum, height of      | 59            | Cog                                   | 142         |
| Advancing side of belt   | 218           | Compensating cylinder                 | 276         |
| Annular gear             | 73            | Compound link                         | 5           |
| Arc of approach          | 60            | Cone pulley                           | 221         |
| Arc of contact           | 60            | Conical cam                           | 191,207     |
| Arc of recess            | 60            | Conic chain                           | 277         |
| Augmentation of chain    | 282           | Constrain                             | 2           |
| Axial pitch              | 163           | Cotton belt                           | 238         |
| <b>B</b>                 |               | Counter shaft                         | 215         |
| Backlash                 | 59            | Creeping of belt                      | 235         |
| Base circle, of cam      | 195           | Crossed belt                          | 219         |
| Base curve, of involute  | 67            | Curtate trochoid                      | 66          |
| Belt                     | 213—238       | Cycloidal tooth                       | 70          |
| Belt shifter             | 218           | Cylindrical cam                       | 191,205,206 |
| Bevel wheel              | 58,155        | Cylindric chain                       | 277         |
| Blower                   | 152           | <b>D</b>                              |             |
| Body centrode            | 16            | Dead point                            | 256         |
| Brush wheel              | 43            | Describing curve, of toothed<br>wheel | 66          |
| Buttressed tooth         | 149           | Diametral pitch                       | 58          |
| <b>C</b>                 |               | Differential gear                     | 180         |
| Cam                      | 191           | Divided axial pitch                   | 164         |
| Centripetal acceleration | 28            | Divided normal pitch                  | 164         |
| Centrode                 | 15            | Double belt                           | 237         |
| Chain                    | 5,213,245—248 | Double crank mechanism                | 252         |
| Change point             | 256           | Double helical gear                   | 140         |
| Chasing of belt          | 234           | Double lever mechanism                | 255         |
| Circular pitch           | 58            | Drag link mechanism                   | 253         |
|                          |               | Driver                                | 6           |



| <b>E</b>                           |     | <b>H</b>                 |             |
|------------------------------------|-----|--------------------------|-------------|
| Easement curve, of cam             | 197 | Harfield steering gear   | 38          |
| Element                            | 3   | Heart cam                | 194         |
| Elliptic chuck                     | 274 | Helical angle            | 163         |
| Epicyclic train                    | 180 | Helical gear             | 139         |
| Epicycloid                         | 70  | Higher pair              | 4           |
| Epitrochoid                        | 64  | Hindley worm             | 174         |
| Equiangular spiral                 | 36  | Hob cutter               | 138         |
| Escapement                         | 179 | Hooke's joint            | 277         |
| Evans friction cones               | 55  | Hyperboloid of one sheet | 43          |
| Expansion of element               | 280 | Hypocycloid              | 70          |
|                                    |     | Hypotrochoid             | 64          |
| <b>F</b>                           |     | <b>I</b>                 |             |
| Face gear                          | 175 | Idle wheel               | 41          |
| Face, of tooth                     | 59  | Initial tension of belt  | 233         |
| Fast and loose pulleys             | 219 | Instantaneous centre     | 14          |
| Feed                               | 43  | Interchangeable gear     | 69,138      |
| Feed motion                        | 43  | Interference             | 66,78       |
| Fixed centrode                     | 15  | Intermediate connector   | 6           |
| Flank of tooth                     | 59  | Inverse cam              | 192,210,211 |
| Flapping of belt                   | 234 | Inversion of chain       | 6,250       |
| Fluid connector                    | 11  | Involute                 | 67          |
| Follower                           | 6   | Involute tooth           | 70,77       |
| Frame                              | 3   | <b>L</b>                 |             |
| Friction gearing                   | 50  | Lantern wheel            | 75          |
| Fusee                              | 248 | Lever crank mechanism    | 250         |
|                                    |     | Line of contact          | 41          |
| <b>G</b>                           |     | Line of centres          | 8           |
| Generating curve, of toothed wheel | 66  | Limacon                  | 76          |
| Girth                              | 239 | Link                     | 5           |
| Gnome engine                       | 266 | Linkwork                 | 249         |
| Gorge circle                       | 44  | Lobed wheel              | 50          |
| Grisson gear                       | 77  | Logarithmic spiral       | 36          |
| Guide pulley                       | 217 | Lower pair               | 4           |

| <b>M</b>                         |         | <b>Q</b>                          |             |
|----------------------------------|---------|-----------------------------------|-------------|
| Maag gear                        | 109     | Quadric crank chain               | 250         |
| Machine                          | 1       | <b>R</b>                          |             |
| Mechanism                        | 1,3     | Rack                              | 73          |
| Mitre wheel                      | 162     | Radial clearance of tooth         | 59          |
| Morgan's feathering paddle wheel | 254     | Rapson's slide                    | 275         |
| Mortice wheel                    | 142     | Rawhide pineon                    | 141         |
| Moving centrode                  | 16      | Receding side of belt             | 218         |
|                                  |         | Reduction of chain                | 282         |
| <b>N</b>                         |         | Resistant body                    | 2           |
| Normal cone                      | 158     | Return cam                        | 202         |
|                                  |         | Robertson grooved friction wheels | 55          |
| <b>O</b>                         |         | Roll                              | 8           |
| Obliquity                        | 60      | Roller                            | 42          |
| Odontograph                      | 132     | Rolling contact                   | 7,8         |
| Oldham coupling                  | 273     | Rolling curve of toothed wheel    | 66          |
| Open belt                        | 219     | Root circle                       | 58          |
| Oscillating engine               | 262     | Roots blower                      | 154         |
|                                  |         | Rope                              | 213,238—245 |
| <b>P</b>                         |         | Rotary pump                       | 152         |
| Paddle wheel                     | 253     | <b>S</b>                          |             |
| Pair                             | 3       | Screw gear                        | 165         |
| Pantograph                       | 285     | Screw pair                        | 4           |
| Parallel motion                  | 283     | Sellers feed discs                | 55          |
| Path of contact                  | 60      | Shrouded tooth                    | 148         |
| Pineon                           | 76      | Shrouding                         | 148         |
| Pin rack                         | 76      | Simple link                       | 5           |
| Pin wheel                        | 74      | Single belt                       | 237         |
| Pitch                            | 58      | Skew bevel wheel                  | 162         |
| Pitch circle                     | 58      |                                   |             |
| Pitch line                       | 58      |                                   |             |
| Pitch point                      | 58      |                                   |             |
| Pitch surface                    | 57      |                                   |             |
| Plate cam                        | 191—193 |                                   |             |
| Point of contact                 | 7       |                                   |             |
| Positive driving                 | 50      |                                   |             |



|   |         |   |         |
|---|---------|---|---------|
| Skew wheel                                | 58      | Tension pair                                | 5       |
| Slack side of belt                        | 228     | Thickness, of tooth                         | 59      |
| Slider crank chain                        | 258     | Three point odontograph of<br>Geo. B. Grant | 132     |
| Sliding contact                           | 7,8     | Tight side of belt                          | 228     |
| Sliding pair                              | 4       | Toggle joint                                | 257     |
| Space centrode                            | 15      | Tool  | 2       |
| Specific sliding                          | 117     | Tooth                                       | 57      |
| Spherical cam                             | 191,208 | Toothed wheel                               | 57      |
| Spherical epicycloid                      | 156     | Translation cam                             | 192,209 |
| Spherical hypocycloid                     | 156     | Triangular cam                              | 200     |
| Spherical involute                        | 158     | Turning pair                                | 4       |
| Spiral gear                               | 139     | Turn table                                  | 42      |
| Sprocket wheel                            | 246     | Twisted gear                                | 139     |
| Spur wheel                                | 57,69   |   |         |
| Stannah's pendulum pump                   | 267     | <b>U</b>                                    |         |
| Stepped cone pulley                       | 222—228 | Unsymmetrical tooth                         | 149     |
| Stepped wheel                             | 139     |   |         |
| Straight line motion                      | 287     | <b>V</b>                                    |         |
| Straight line motion, of Hart             | 291     | Value of train                              | 176     |
| Straight line motion, of<br>Peaucellier   | 288     | Velocity diagram                            | 25      |
| Straight line motion, of Watt             | 293     | Virtual centre                              | 14      |
| Strand                                    | 238     |   |         |
| Stub tooth                                | 149     | <b>W</b>                                    |         |
| Structure                                 | 3       | Wheel train                                 | 175     |
| Sun and planet motion                     | 184     | Whitworth quick return<br>motion            | 26      |
| Swash plate                               | 191,209 | Wire rope                                   | 239     |
|   |         | Working flank                               | 61      |
| <b>T</b>                                  |         | Worm  | 166     |
| Tangential acceleration                   | 28      | Worm wheel                                  | 166     |
| Template odontograph of Prof.<br>Robinson | 135     | Wrapping connector                          | 10      |

〔完〕

## 改訂増補 機構學・(停) 定價金參圖

大正五年十一月九日印刷 大正五年十一月十二日發行  
 昭和七年五月廿二日改訂増補十三版發行 昭和十六年七月一日第二十四版發行  
 昭和十七年五月十五日第二十五版印刷  
 昭和十七年五月二十日第二十五版發行

## 著作權登録



著作者 丹 羽 重 光  
 東京市日本橋區通二丁目六番地  
 發行者 丸 善 株 式 會 社  
 代表者 取締役 金澤末吉  
 東京市神田區美土代町十六番地  
 印刷所 株式會社 三 秀 舍  
 印刷者 倉 澤 直 男  
 東京市神田區淡路町二丁目九番地  
 配給元 日本出版配給株式會社

## 發行所

東京市日本橋區通二丁目  
**丸 善 株 式 會 社**  
 (接替口座東京第五番)

日本出版文化協會 會員番號第 131501 番



## 丸善株式會社

### 支店及出張所

|  |        |
|--|--------|
| 東京市神田區小川町三丁目(駿河臺下)<br>振替口座(東京第二八一六番)   | 神田支店   |
| 東京市芝區三田二丁目(慶大前)<br>振替口座(東京第一一八五二番)     | 三田出張所  |
| 東京市牛込區早稻田鶴巻町(早大正門前)<br>振替口座(東京第七五三七五番) | 早稻田出張所 |
| 横濱市港北區日吉町(慶大豫科前)<br>振替口座(横濱第一四八七〇番)    | 日吉出張所  |
| 東京市麴町區(丸ノ内ビルディング)<br>北通                | 丸ノ内賣店  |
| 大阪市東區博愛町四丁目<br>振替口座(大阪七四四番)            | 大阪支店   |
| 神戸市神戶區明石町<br>振替口座(神戸第一五〇八番)            | 神戸支店   |
| 京都市中京區河原町藥師<br>振替口座(京都第一四八一番)          | 京都支店   |
| 名古屋市中区榮町三丁目<br>振替口座(名古屋第一〇二九番)         | 名古屋支店  |
| 横濱市中區辨天通二丁目<br>振替口座(横濱第七四四番)           | 横濱支店   |
| 福岡市上西町<br>振替口座(福岡第五〇〇〇番)               | 福岡支店   |
| 長崎市鍛冶屋町<br>振替口座(福岡第三五八八〇番)             | 長崎出張所  |
| 仙臺市國分町五丁目<br>振替口座(仙臺第一一五番)             | 仙臺支店   |
| 札幌市北三條停車場通り<br>振替口座(小樽第一〇八〇〇番)         | 札幌支店   |
| 京城市府本町二丁目<br>振替口座(京城第三四四番)             | 京城支店   |
| 臺北市本町一丁目<br>振替口座(臺北第一六〇〇番)             | 臺北出張所  |
| 新京特別市梅ヶ枝町一丁目<br>振替口座(新京三四七四番)          | 新京出張所  |

## 丸善株式會社・機械工學書

工學博士 内丸最一郎著  
再訂 蒸 汽 罐  
價 5 圓 送 45 錢

工學博士 内丸最一郎著  
再訂 蒸 汽 機 關  
價 5 圓 50 錢 送 45 錢

工學博士 内丸最一郎著  
再訂 蒸 汽 タービン  
價 6 圓 送 45 錢

工學博士 内丸最一郎著  
内 燃 機 關  
價 前編 4 圓 50 錢 送(各) 30 錢  
後編 5 圓 50 錢

工學博士 内丸最一郎著  
再訂 水 力 タービン  
價 6 圓 送 45 錢

工學博士 内丸最一郎著  
改訂 唧 筒  
價 6 圓 送 45 錢

工學博士 内丸最一郎著  
送 風 機 及 壓 縮 機  
價 5 圓 送 30 錢

坪井道三・藤井義信共著  
機 械 設 計  
(改訂版) 價 6 圓 80 錢 送 45 錢

長岡高工校長 坪井道三著  
續 機 械 設 計  
價 6 圓 80 錢 送 45 錢

濱松高工教授 藤井義信著  
機 械 製 圖  
價 7 圓 送 45 錢

田中不二・内丸最一郎著  
機 械 設 計 及 製 圖  
價 前編 3 圓 50 錢 送(各) 20 錢  
後編 4 圓 50 錢

工學博士 菅原菅雄著  
蒸 汽 罐 及 蒸 汽 原 動 機  
價 6 圓 50 錢 送 45 錢

工學博士 田中不二著  
機 械 製 作 法  
第一編、二編 價(各) 2 圓 20 錢 送(各) 20 錢

工學博士 田中不二著  
應 用 力 學 (全二冊)  
價 第一編 3 圓 70 錢 送 20 錢  
第二編 4 圓 50 錢 送 45 錢



工 20 51

丸善株式會社・機械工學書

工學博士 宮城音五郎著  
近世機械學 第一卷 力學  
價 2 圓 30 錢 送 20 錢

工學博士 宮城音五郎著  
同 第二卷 材料力學  
(改版) 價 2 圓 50 錢 送 20 錢

工學博士 宮城音五郎著  
同 第三卷 機構學  
(全訂改版) 價 2 圓 送 20 錢

工學博士 宮城音五郎著  
同 第四卷 水力學  
價 2 圓 30 錢 送 20 錢

工學博士 宮城音五郎著  
同 第五卷 水力及水力機械  
價 2 圓 送 20 錢

工學博士 宮城音五郎著  
同 第六卷 機械設計  
價 8 圓 送 20 錢

工學博士 藤本武助著  
應用流體力學  
價 8 圓 送 45 錢

工學博士 青木保著  
精密工學 第 1 卷  
精密測定及計測機器  
(增訂版) 價 4 圓 80 錢 送 45 錢

工學博士 青木保著  
精密工學 第 2 卷  
時 計 學  
價 5 圓 送 45 錢

工學博士 青木保著  
同 第 3 卷  
精密機械設計學  
價 4 圓 50 錢 送 20 錢

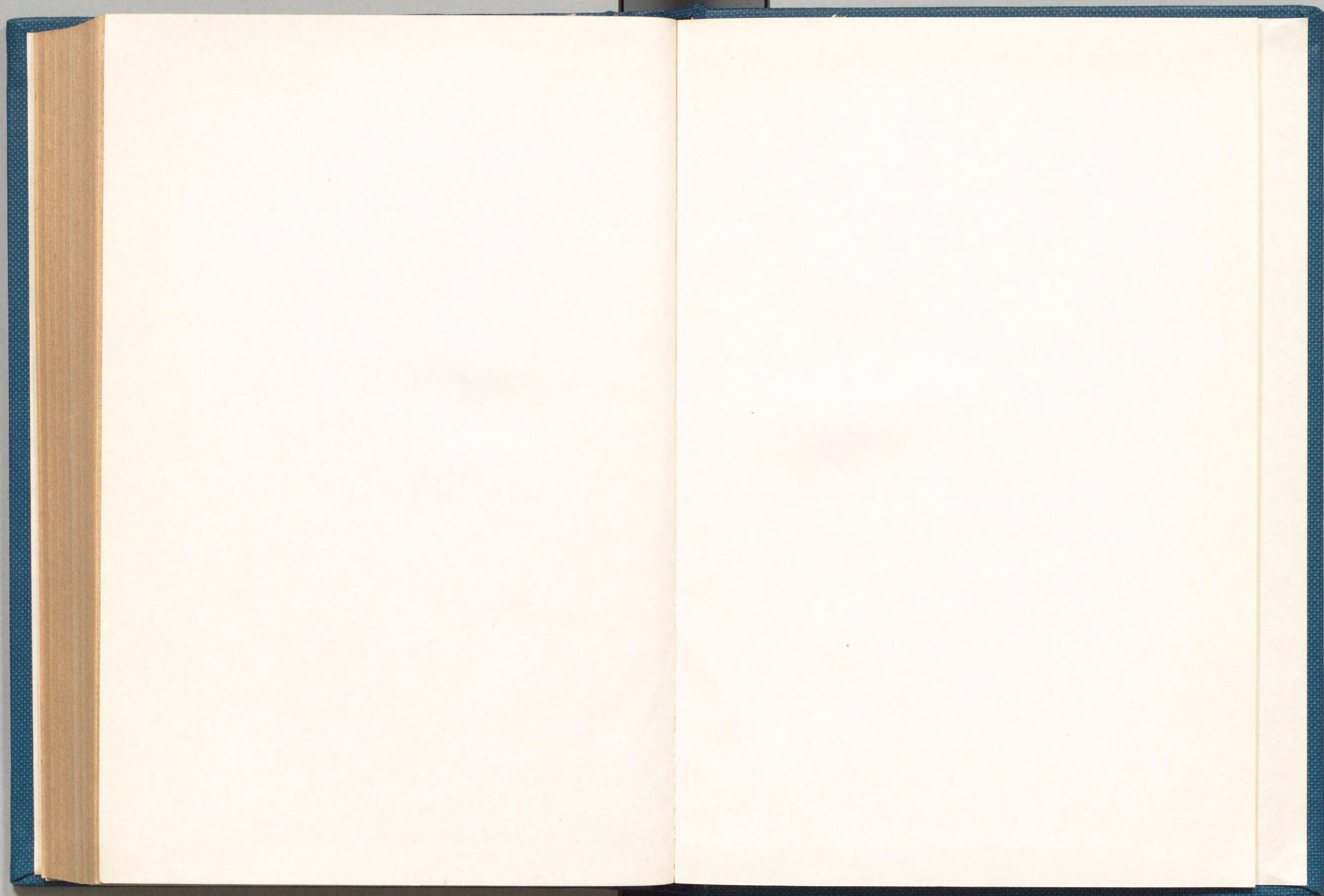
工學博士 小野鏗正著  
材料力學  
價 8 圓 50 錢 送 45 錢

工學博士 宮城音五郎著  
宮城 工業力學  
價 6 圓 送 45 錢

工學博士 宮城音五郎著  
宮城 材料力學  
(全訂改版) 價 5 圓 50 錢 送 30 錢

工學博士 宮城音五郎著  
宮城 渦卷ポンプ  
(訂正版) 價 3 圓 50 錢 送 20 錢











531.3  
N869k



00379823

5  
N