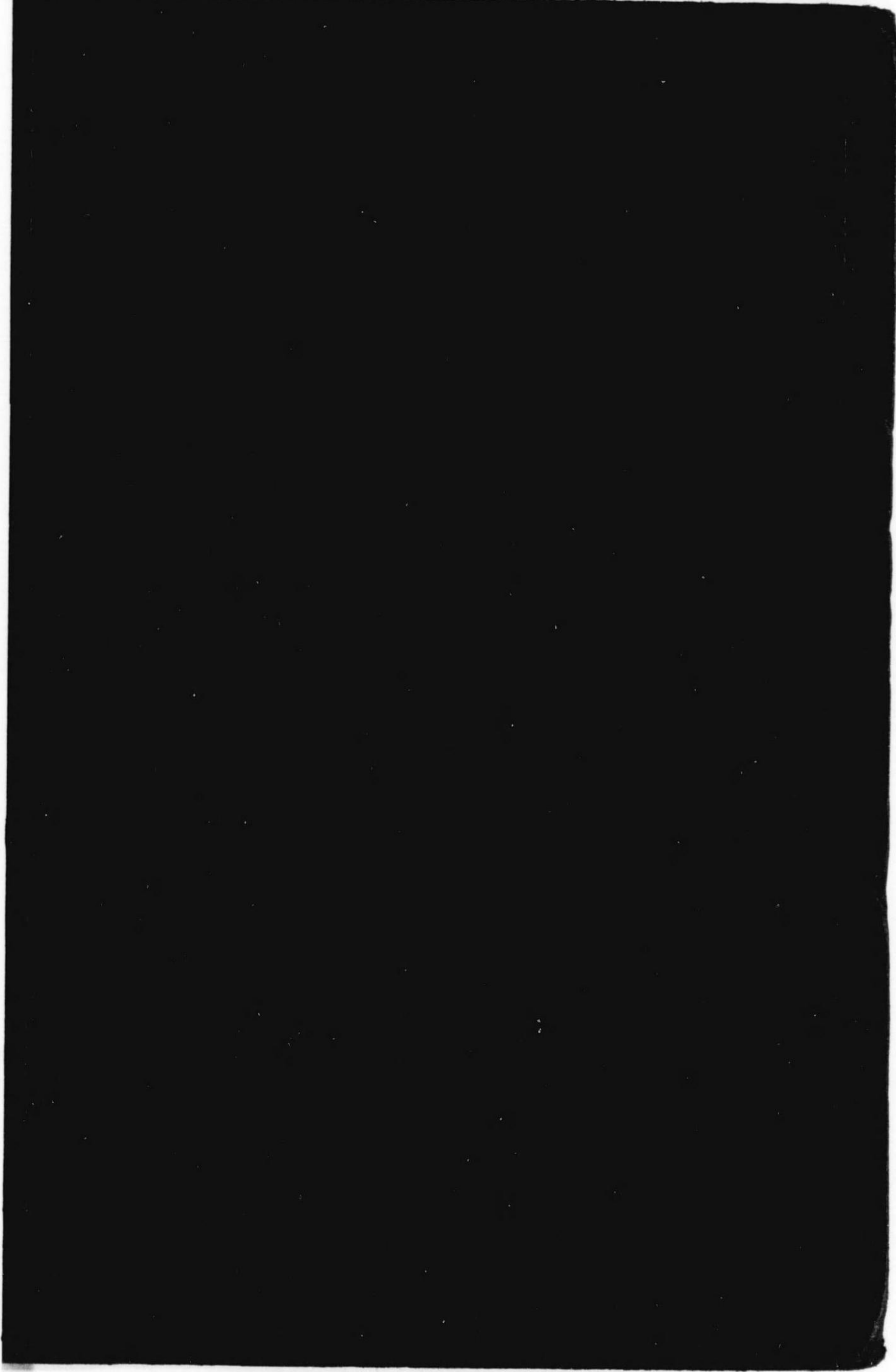




始



416
34

持232
641

力學 學方 解き方 新研究

工 研 會 著

文進堂發行

序

今ヤ高度國防國家建設ノ重大時局ニ當リ世ハ
舉ゲテ工業時代ヲ現出シツツアリ。此ノ時ニ當
リ工業報國ニ邁進セントシテ工業學校ニ學ビ或
ハ各種工業ニ從事シナガラソノ餘暇工業學科ヲ
獨學シツツアル諸君ノ使命ヤ實ニ重且ツ大也ト
言フ可キナリ。

著者ハ多年工業教育ニ從事シタルニ學生ノ多
クガ計算問題ヲ非常ニ六ケ敷イモノト考ヘ之ニ
精通シナイ事ヲ常々遺憾ニ思ヒ居タルモノナリ。

力學ハ工業學科目中最モ重要ナル基礎學科デ
アリ、コレニ精通スルコトハ工業學科ヲ理解スル
一番ノ近道ナリ。

故ニ同志相謀リ現在工業學校ニテ生徒諸君ニ
必要トセル學習上ノ重要問題ヲ提出シ、ソノ詳細
ナル解法ヲ與ヘ學習ニ便ナフシメ以テ計算ニ興
味ヲ持タセ計算問題ガ完全ニ出來得ル様ニナラ
レン事ヲ希望シ本書ヲ編纂シタルモノナリ。

獨學ニテ檢定試験ヲ受ケラル、篤學ノ士ニハ
最モ好適ノ受験參考書ナリト確信スル。何卒本
書ニヨリテ確實ナル實力ヲ把握セラル事ヲ望ム。

目 次

第一章	運 動	1
問題	(1—44)	3
第二章	運 動 ノ 法 測	16
問題	(45—76)	18
第三章	ベ ク ト ル 算 法	27
問題	(77—102)	30
第四章	力 ノ モーメント、偶力及ビ力ノ釣合	40
問題	(103—132)	42
第五章	重 心 ト 圖 心	54
問題	(133—156)	57
第六章	仕事トエネルギー	66
問題	(157—199)	68
第七章	衝 突	80
問題	(200—209)	83
第八章	摩 擦	88
問題	(210—244)	94
第九章	回 轉 運 動	107
問題	(245—283)	111
第十章	單 弦 運 動	126
問題	(284—305)	133
第十一章	圖 法 力 學	143
問題	(306—312)	144

以 上

力 學

第一章 運 動

【公 式】

等速運動 速度 $v = \frac{s}{t}$ } $s = \text{通過距離} \quad t = \text{時間}$
 $s = vt$ }(1)

等加速度運動.....加速度 $\alpha = \frac{v}{t}$ $v = \alpha t$(2)

直線運動 速度 v_1 が時間後 = $v_2 = \text{變ツタ時ハ}$
 $\alpha = \frac{v_2 - v_1}{t}$ $\therefore v_2 = v_1 + \alpha t$(3)

$v_2 < v_1$ ナル時ハ α ハ負數トナリ、之ヲ減速度トイフ。

t 時間 = 物體ノ通過シタ距離ヲ s トスレバ

$s = v_1 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$ (4)

$v_2^2 = v_1^2 + 2\alpha s$ (5)

落體運動 α ノ代リ = 重力ノ加速度 $g = 9.8m/sec^2$ チ用フ。

$v_2 = v_1 + gt$(3)'

$h = v_1 t + \frac{1}{2} gt^2$(4)'

$v_2^2 = v_1^2 + 2gh$ (5)'

垂直投上運動 g ノ代リ = $-g$ トオク、

$v_2 = v_1 - gt$(3)''

$h = v_1 t - \frac{1}{2} gt^2$(4)''

$v_2^2 = v_1^2 - 2gh$ (5)''

水平投射運動 u水平初速度

g ノ 表	
場 所	$g = m/sec^2$
赤 道	9.780
東 京	9.798
大阪京都	9.797
富士山頂	9.788
極	9.832

$P(x, y)$ …時間 t 後ノ投射體ノ位置

v …… P 點ノ速度,

v_x, v_y ……水平垂直分速度

$$\begin{cases} v_x = u, \\ v_y = gt \end{cases} \therefore \begin{cases} x = ut \\ y = \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

$$\therefore x^2 = \frac{2u^2}{g}y \dots\dots(6)$$

$$v = \sqrt{u^2 + g^2t^2} \dots\dots(6)'$$

任意ノ方向ヘノ投射運動

$$\begin{cases} u_x = u \cos \theta \\ u_y = u \sin \theta \end{cases} \quad \begin{cases} v_x = u_x = u \cos \theta \\ v_y = u_y - gt = u \sin \theta - gt \end{cases} \dots\dots(7)$$

$$\begin{cases} x = tu \cos \theta \\ y = tu \sin \theta - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases} \dots\dots(8)$$

$$v = \sqrt{u^2 - 2gy} \dots\dots(8)'$$

彈道ヲ示ス曲線ハ

$$y = x \tan \theta - \frac{1}{2} \frac{gx^2}{u^2} (1 + \tan^2 \theta) \dots\dots(9)$$

t = 飛行時間 = 投射體ガ投射點 O ト同水平面上ノ點 A = 達スル迄ノ時間 (8) = 於テ $y=0$ トオク)

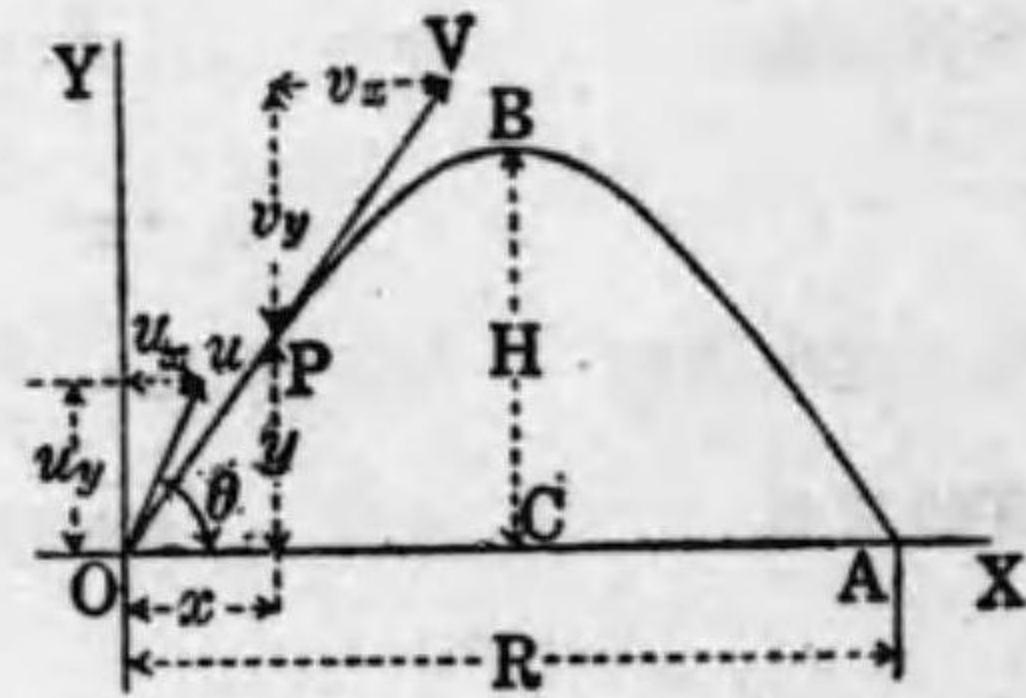
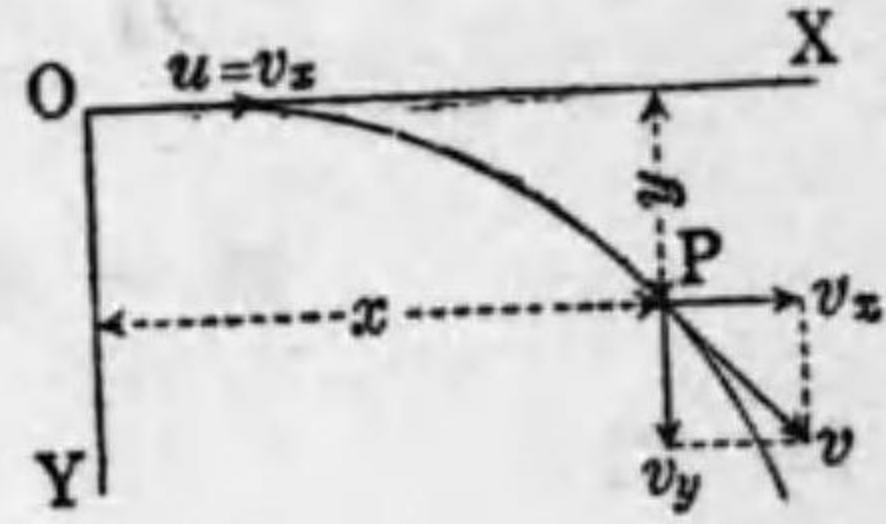
$$t = \frac{2u \sin \theta}{g} \dots\dots(10)$$

t' = 上昇時間 = O 點ヨリ最高點 B = 達スル迄ノ時間

$$t' = \frac{u \sin \theta}{g} \quad (= \text{降下時間}) \dots\dots(10)'$$

H = 最高度 = BC (8) = 於テ $t=t'$ ヲ代入スル)

$$H = \frac{u^2 \sin^2 \theta}{2g} \dots\dots(11)$$



R = 水平着弾距離 = OA (8) = 於テ $t = (10)$ ヲ代入スル)

$$R = \frac{u^2 \sin 2\theta}{g} \dots\dots(12)$$

R' = 最大着弾距離 = $\frac{u^2}{g}$ (12)' ($\sin 2\theta = 1$ 即チ $\theta = 45^\circ$ ノ時)

$v = P$ 點 = 於ケル速度 = $\sqrt{u^2 - 2gy}$

角速度 ω : 角 θ ヲらでいあんデ表ハス

$$\omega = \frac{\theta}{t} \quad \left(\theta = \frac{s}{r} \right) \dots\dots(13)$$

$$\omega = \frac{s}{tr} = \frac{v}{r} \quad \text{or } v = \omega r \dots\dots(13)'$$

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} = \frac{\pi N}{30} \text{ rad/sec. } (N = \text{r.p.m.}) \dots\dots(13)''$$

角加速度 β : -

$$\beta = \frac{\omega}{t} = \frac{\theta}{t^2} \dots\dots(14)$$

$$\beta = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t}$$

等角加速度ノ圓運動

$$\omega_2 = \omega_1 + \beta t$$

$$\theta = \omega_1 t + \frac{1}{2} \beta t^2 \dots\dots(15)$$

$$\omega_2^2 = \omega_1^2 + 2\beta\theta$$

【問題】

1. 本邦ニ於テハ 9.8 m/sec^2 ヲ以テ重力ノ加速度ノ標準値トスル, 幾 ft/sec^2 ナルカ。

■ $1 \text{ m} = 3.281 \text{ ft}$ ナル故 =

$$9.8 \text{ m/sec}^2 = 9.8 \times 3.281 = 32.15 \text{ ft/sec}^2$$

2. 最近ニ於ケル交通機關ノ速度記録ハ次ノ如シトイフ。之ヲ km/h

m/sec = 換算シ、昭和9年9月21日大阪地方ヲ襲ヘル超颶風ノ風速 $60m/sec$ ト比較セヨ。

		km/h	m/sec	超颶風ト ノ速比
A	驅逐艦	40knot	$=1.852 \times 40 = 74.08$	20.58
B	本邦超特急試運轉	65mile/h	$=1.609 \times 65 = 104.59$	29.05
C	流線型ディーゼル 列車	106mile/h	$=1.609 \times 106 = 170.55$	47.37
D	モーターボート	125mile/h	$=1.609 \times 125 = 191.03$	53.06
E	競走用自動車	272mile/h	$=1.609 \times 272 = 437.65$	121.6
F	競走用水上飛行機	424mile/h	$=1.609 \times 424 = 682.22$	189.5

3. $25km/h$ ノ速度ノ船ガ一定方向ニ一晝夜航海スルト幾km進ムカ

$$\text{解 } s = vt = 25 \times 24 = \underline{600km}$$

4. 1時間40分 = $136km$ ヲ走ル汽車ノ速度ヲ問フ。

$$\text{解 } v = \frac{s}{t} = \frac{136}{1\frac{40}{60}} = 136 \times \frac{3}{5} = \underline{81.6km/h}$$

5. 地球ノ赤道半径ハ $6378km$ デアアル。赤道上ノ線速度ハ幾m/sカ。

$$\text{解 } \text{赤道ノ長サハ } 2\pi r = 2 \times 3.14 \times 6378 = 40000km$$

地球ハ24時間デ1廻轉スルカラ

$$v = \frac{40000}{24} = 1670 \frac{km}{h} = \frac{1670 \times 1000}{60 \times 60} = \underline{463m/s}$$

6. 太陽ト地球トノ平均距離ハ $1.5 \times 10^8 km$ デアアル。地球ノ軌道ヲ圓ト假定スレバ地球ノ中心ノ速サハ幾km/sカ。

$$\text{解 } v = \frac{s}{t} = \frac{2 \times 3.14 \times 1.5 \times 10^8}{365 \times 24 \times 60 \times 60} = \frac{9.42 \times 10^8}{3153600} = \underline{299km/s}$$

7. 光ガ太陽ヨリ地球ニ達スルニ8分16秒ヲ要スルトイフ。光ノ速度ハ幾km/sカ。

$$\text{解 } v = \frac{1.5 \times 10^8}{8 \times 60 + 16} = \frac{1.5 \times 10^8}{496} = \underline{302,000km/s}$$

8. 静止セル物體ガ4.5秒後ニ $50m/s$ ノ速度ヲ得タリトイフ。ソノ

加速度ヲ求ム。

$$\text{解 } \text{公式(2)} = \text{ヨリ } \alpha = \frac{v}{t} = \frac{50}{4.5} = \frac{100}{9} = \underline{11.1m/s^2}$$

9. 汽車アリ。停車場ヲ發シテヨリ3分後ニ $25m/s$ ノ速度ヲ得タリトイフ。ソノ加速度及ビソノ時通過シタ距離ヲ求ム。

$$\text{解 } \text{公式(2)} = \text{ヨリ } \alpha = \frac{25}{3 \times 60} = \frac{5}{3 \times 12} = \frac{5}{36} m/s^2$$

$$\begin{aligned} \text{公式(4)} = \text{ヨリ } s &= v_1 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 = 0 \times 3 \times 60 + \frac{1}{2} \times \frac{5}{36} \times (3 \times 60)^2 \\ &= \frac{5 \times 9 \times 3600}{2 \times 36} = \underline{2250m} \end{aligned}$$

10. 長サ $80cm$ ノ砲身ヨリ發射セラレタル彈丸ハ砲口ニ於テ $400m/s$ ノ速度ヲ有セリトイフ。彈丸ガ砲身内ヲ通過スルニ要シタル時間トソノ加速度トヲ求ム。

$$\text{解 } \text{公式(5)} = \text{於テ } v_2^2 = v_1^2 + 2\alpha s \quad v_2 = 400m/s \quad v_1 = 0 \quad s = 80cm$$

$$400^2 = 2\alpha \times 0.8 \quad \therefore \alpha = \frac{160000}{1.6} = \underline{100000m/s^2}$$

$$\text{公式(2)} = \text{ヨリ } t = \frac{v}{\alpha} = \frac{400}{100000} = \frac{4}{1000} = \underline{0.004秒}$$

11. $13m/s$ ノ速度ニテ走レル自動車ガ制動機ノ作用ヲ受ケテヨリ5.5秒後ニ静止シタリトセバ、ソノ減速度トソノ間ニ通過シタル距離トヲ求ム。

$$\text{解 } \text{減速度 } \alpha = \frac{0 - 13}{5.5} = \underline{-2.365m/s^2}$$

$$\begin{aligned} \text{距離 } s &= v_1 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 = 13 \times 5.5 - \frac{1}{2} \times \frac{13}{5.5} \times 5.5^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 13 \times 5.5 = \underline{35.65m} \end{aligned}$$

12. $72km/h$ ノ速度(超特急燕ノ平均速度)ヲ以テ驀進セル列車ニ制動機ヲ使用シ始メテヨリ30秒後ニ停車セリトイフ。此ノ時ノ平均減速度ヲ求メヨ。

$$\text{解 } \text{速度 } v = \frac{72 \times 1000}{60^2} = \underline{20m/s}$$

$$\text{故} = \text{減速度 } \alpha = \frac{0-20}{30} = -0.667 \text{ m/s}^2$$

13. 40cm砲ノ砲身ノ長サハ20mアリトイフ。彈速ガ砲口ニ於テ800 m/sナリトセバ砲身ヲ通過スル時ノ加速度ト時間ヲ問フ。

$$\text{■ 公式(5) } v_2^2 = v_1^2 + 2as \quad \text{ニ於テ } v_1 = 0$$

$$\therefore 800^2 = 2a \times 20 \quad \therefore a = \frac{800^2}{40} = 16000 \text{ m/s}^2$$

$$\text{公式(2) } v = at \quad \text{ヨリ } t = \frac{800}{16000} = 0.05 \text{ 秒}$$

14. 60km/hノ速度ヲ以テ快走シテ來ル列車ニ對シテ急ギ制動機ヲ作用セシメシニ10秒ニシテ停車セリトイフ。此ノ間ニ進行セル距離ヲ求メヨ。

$$\text{■ 速度 } v = \frac{60 \times 1000}{60^2} = \frac{100}{6} \text{ m/s}$$

$$\therefore \text{加速度 } \alpha = \frac{v}{t} = \frac{100}{6} \times \frac{1}{10} = \frac{10}{6} \text{ m/s}^2$$

$$\text{公式(4) } s = v_1 t - \frac{1}{2} \alpha t^2 \quad \text{ヨリ}$$

$$\text{距離 } s = \frac{100}{6} \times 10 - \frac{1}{2} \times \frac{10}{6} \times 10^2 = \frac{1}{2} \times \frac{1000}{6} = 83.3 \text{ m}$$

15. 4m/sノ初速度ヲ以テ運動ヲ始メタル物體ノ加速度ヲ0.9m/s²トスレバ15mヲ動キタル時ノ速度トソレニ要シタル時間トヲ問フ。

$$\text{■ 公式(4) } s = v_1 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 \quad \text{ニ於テ } s = 15 \text{ m } \quad v_1 = 4 \text{ m/s } \quad \alpha = 0.9 \text{ m/s}^2$$

$$\therefore 15 = 4t + \frac{1}{2} \times 0.9t^2 \dots \dots 9t^2 + 80t - 300 = 0$$

$$\therefore t = \frac{-40 \pm \sqrt{1600 + 2700}}{9} = \frac{-40 \pm 65.6}{9} = \frac{25.6}{9} = 2.85 \text{ 秒}$$

$$\text{公式(5) } v_2^2 = v_1^2 + 2as \quad \text{ヨリ}$$

$$v_2^2 = 4^2 + 2 \times 0.9 \times 15 = 16 + 27 = 43 \quad \therefore v_2 = 6.56 \text{ m/s}$$

16. 490cm/s²ノ加速度ヲ受ケテ運動ヲ初メタル物體アリ。ソノ物體ガ動キ出シテヨリ5秒後同一点ヨリ同一方向ニ同一加速度ニテ出發シ10秒後前者ヲ追ヒ越サントスルニハ初速度ヲ何程ニスベキカ。

$$\text{■ 前者ノ初速度ハ0 後者ノ初速度ヲ } v \text{ cm/s トスレバ}$$

前者ガ15秒間ニ進ム距離ヲ後者ハ10秒間ニ進ム。故ニ

$$(4) \text{ ヨリ } s = 0 \times 15 + \frac{1}{2} \times 490 \times 15^2 = v \times 10 + \frac{1}{2} \times 490 \times 10^2$$

$$\therefore v = \frac{\frac{1}{2} \times 490 \times (15^2 - 10^2)}{10} = \frac{245 \times 125}{10} = 3063 \text{ cm/s}$$

17. 斷崖ノ上ヨリ20m/sノ初速度ヲ以テ直下ニ投ゲラレタ石ガ100mノ谷底ニ到達セル時ノ速度ト時刻トヲ問フ。

$$\text{■ 公式(5)' } v_2^2 = v_1^2 + 2gh \quad \text{ヨリ}$$

$$v_2^2 = 20^2 + 2 \times 9.8 \times 100 \quad \therefore v_2 = \sqrt{2360} = 48.5 \text{ m/s}$$

$$\text{公式(3)' } v_2 = v_1 + gt \quad \text{ヨリ}$$

$$48.5 = 20 + 9.8t \quad \therefore \text{時刻 } t = \frac{48.5 - 20}{9.8} = 2.9 \text{ 秒後}$$

18. 古井戸ノ内ニ石ヲ落下セシメシニ2.4秒ニシテ底ニ達セリトイフ。ソノ深サヲ問フ。

$$\text{■ 公式(4)' } h = v_1 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{ヨリ}$$

$$h = 0 \times 2.4 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times 2.4^2 = 28.2 \text{ m}$$

19. 華嚴瀧デハ水塊ガ頂ヨリ瀧壺ヘ到着スルニ6.5秒ヲ要スルトイフ。瀧ノ高サ如何。

$$\text{■ } h = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 6.5^2 = 207 \text{ m}$$

20. 垂直上空ニ發砲セシ彈丸ガ2分ニシテ地上ニ落下シ來レリトイフ。彈丸ノ初速度ヲ求ム。

$$\text{■ } h = v_1 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{ニ於テ } h = 0 \quad g = -9.8$$

$$\therefore 0 = v_1 \times 2 \times 60 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times (2 \times 60)^2$$

$$\therefore v_1 = 60 \times 9.8 = 588 \text{ m/s}$$

21. 深サ48mノ井戸ノ中ニ石ヲ落セバ何秒ノ後ニ底ニ達スルカ。

$$\text{■ } h = v_1 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{ヨリ}$$

$$48 = \frac{1}{2} \times 9.8t^2 \quad \therefore t = \sqrt{\frac{48}{4.9}} = 3.13 \text{秒}$$

22. 垂直上方に投げ上げられた物体が6秒後=最上点=達せりトイフ。初速度トソノ高サヲ求ム。

■ 公式(3)より $v_2 = v_1 - gt$ より $t=6, v_2=0$ ナルヲ以テ

$$v_1 = gt = 9.8 \times 6 = \underline{58.8 \text{m/s}}$$

公式(4)より $h = v_1t - \frac{1}{2}gt^2 = 58.8 \times 6 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 6^2 = \underline{176.4 \text{m}}$

23. 高さ300mノ塔上カラ物体ヲ落スト同時刻ニ地上カラ50m/sノ速度ヲ以テ他ノ物体ヲ垂直上方ニ投げ上ゲタトイフ。兩物体ハ何所デ出逢フカ。又出逢フマデノ時間ヲ求メヨ。

■ 出逢フマデノ時間ヲ t 秒トスレバ、落下シタ物体ノ移動距離ハ

公式(4)より $h_1 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$

投げ上ゲヲ物体ノ地上カラノ變位ハ公式(4)より

$$h_2 = 50t - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$$

$H=300 = h_1 + h_2$ ナルヲ以テ

$$\frac{1}{2} \times 9.8t^2 + 50t - \frac{1}{2} \times 9.8t^2 = 300$$

$$50t = 300 \quad \therefore t = \underline{6 \text{秒}}$$

出逢フ點ヲ地上 h_2 ノ所トスレバ

$$h_2 = 50 \times 6 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 6^2 = 300 - 4.9 \times 36 = \underline{123.6 \text{m}}$$

24. 塔ノ底面ヨリ一物体ヲ26m/sノ速度ヲ以テ垂直上方ニ投げソレト同時ニ塔ノ頂点ヨリ他ノ物体ヲ落シタルニ、コレラ二物体ハ塔ノ中点ニ於テ出逢ヒタリトイフ。塔ノ高サ如何。

■ 塔ノ高サヲ $h \text{m}$ トセバ二物体共 $\frac{1}{2}h \text{m}$ ノ變位ヲシタコトニナルカラ

$$\frac{1}{2}h = 26t - \frac{1}{2} \times 9.8t^2 = \frac{1}{2} \times 9.8t^2$$

$$\therefore 9.8t^2 - 26t = 0 \dots\dots\dots t(9.8t - 26) = 0$$

$$\therefore t=0 \text{ or } \frac{26}{9.8} \text{秒}$$

$$\therefore h = 9.8 \times \left(\frac{26}{9.8}\right)^2 = \frac{676}{9.8} = \underline{69 \text{m}}$$

25. 初速度49m/sデ小石Aヲ垂直ニ投げ上ゲ、2秒後ニ小石Bヲ同一初速度デ垂直ニ投げ上ゲタ場合A,Bノ出逢フ時間ト高サトヲ求メヨ。

■ Aヲ投げ上ゲテカラA,Bガ出逢フマデノ時間ヲ t 秒トシ出逢フ點ノ高サヲ h トセバ

$$h = 49t - \frac{1}{2} \times 9.8t^2 = 49(t-2) - \frac{1}{2} \times 9.8(t-2)^2$$

$$= 49t - 98 - \frac{1}{2} \times 9.8t^2 + 9.8 \times 2t - 9.8 \times 2$$

$$\therefore 19.6t = 98 + 19.6 = 117.6 \quad \therefore t = \frac{117.6}{19.6} = \underline{6 \text{秒}}$$

$$h = 49 \times 6 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 36 = 294 - 176 = \underline{118 \text{m}}$$

26. 小石ヲ井戸ヘ落シタ時6秒後ニ水ノ音ヲ聞イタトスレバ井戸ノ深サハ幾何カ。但シ音速ハ340m/sトス。

■ 井戸ノ深サヲ $h \text{m}$ トセバ小石ガ水面ニ落ちテカラ水音が聞エルマデノ時間ハ $\frac{h}{340}$ 秒トナルカラ小石ガ水面ニ落ちルマデノ時間ハ $6 - \frac{h}{340}$ 秒トナル故ニ

$$h = \frac{1}{2} \times 9.8 \times \left(6 - \frac{h}{340}\right)^2 = 4.9 \times 36 - \frac{9.8 \times 6h}{340} + \frac{4.9h^2}{340^2}$$

$$4.9h^2 - (340^2 + 9.8 \times 6 \times 340)h + 4.9 \times 36 \times 340^2 = 0$$

$$4.9h^2 - 340 \times 398.8h + 4.9 \times 36 \times 340^2 = 0$$

$$h = \frac{170 \times 398.8 \pm \sqrt{(170 \times 398.8)^2 - 4.9^2 \times 6^2 \times 340^2}}{4.9}$$

$$= \frac{67796 \pm \sqrt{4500000000}}{4.9} = \frac{741}{4.9} = \underline{151 \text{m}}$$

±ノ中トナトスレバ h ガ大キスギルカラ一ヲトル。

27. 塔ノ頂点ヨリ落シタ石ガ最後ノ1秒間ニ塔ノ高サノ $\frac{9}{25}$ ヲ進ンダトスレバ塔ノ高サハ幾何カ。

■ 塔ノ高サヲ hm トシ石ガ落ちルニ要シタ時間ヲ t 秒トセバ

$$h = \frac{1}{2} \times 9.8t^2$$

$(t-1)$ 秒間ニ落ちタ距離ヲ h' トセバ $h' = \frac{1}{2} \times 9.8(t-1)^2$

最后ノ1秒間ニ進ムタ距離ハ

$$h - h' = \frac{1}{2} \times 9.8t^2 - \frac{1}{2} \times 9.8(t-1)^2 = \frac{9}{25}h$$

$$\frac{1}{2} \times 9.8t^2 - \frac{1}{2} \times 9.8t^2 + 9.8t - 4.9 = \frac{9}{25} \times \frac{1}{2} \times 9.8t^2$$

$$\frac{9 \times 4.9}{25}t^2 - 9.8t + 4.9 = 0 \dots \dots \dots 9t^2 - 50t + 25 = 0$$

$$t = \frac{25 \pm \sqrt{25^2 - 9 \times 25}}{9} = \frac{25 \pm 5\sqrt{16}}{9} = \frac{25 \pm 20}{9} = 5 \text{ or } \frac{5}{9}$$

$t = \frac{5}{9}$ 秒ハ題意ニ適セザルヲ以テ捨テ $t = 5$ 秒ヲトレバ

$$h = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 5^2 = 4.9 \times 25 = \underline{123m}$$

28. 初速度 $49m/s$ デ小石ヲ垂直ニ投ゲ上ゲタ場合ニ次ノ各項ヲ求ム

- (a) 小石ノ達シ得ル最大高サ (hm) トソレマデノ時間 (t 秒)
 (b) 速度ガ $20m/s$ ニナルマデノ時間 (t_1) トソノ時ノ高サ (h_1)
 (c) 落ちテ來ルマデノ時間 (t_2) トソノ時ノ速度 (v_2)
 (d) $80m$ ノ高サニ達スルマデノ時間 (t_3) トソノ時ノ速度 (v_3)
 (e) 8 秒後ノ速度 (v_4) ト高サ (h_4)

■ (a) 公式 (5)'' $v_2^2 = v_1^2 - 2gh$ ニ於テ $v_2 = 0$ トオケバ

$$h = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{49^2}{2 \times 9.8} = \frac{49 \times 10}{4} = \underline{122.5m}$$

$$\text{公式 (4)'' ヲリ } 122.5 = 49t - \frac{1}{2} \times 9.8t^2$$

$$t^2 - 10t + 25 = 0 \quad \therefore \underline{t = 5 \text{ 秒}}$$

(b) 公式 (3)'' ヲリ $20 = 49 - 9.8t_1 \quad \therefore t_1 = \frac{29}{9.8} = \underline{2.96 \text{ 秒}}$

$$\text{公式 (5)'' ヲリ } 20^2 = 49^2 - 2 \times 9.8h_1$$

$$\therefore h_1 = \frac{2401 - 400}{19.6} = \frac{2001}{19.6} = \underline{102m}$$

(c) 公式 (4)'' ヲリ $0 = 49t_2 - \frac{1}{2} \times 9.8t_2^2 \quad \therefore t_2 = \underline{10 \text{ 秒}}$

$$\text{公式 (3)'' ヲリ } v_2 = 49 - 9.8 \times 10 = \underline{-49m/s}$$

(d) 公式 (4)'' ヲリ $80 = 49t_3 - \frac{1}{2} \times 9.8t_3^2$

$$4.9t_3^2 - 49t_3 + 80 = 0$$

$$\therefore t_3 = \frac{49 \pm \sqrt{49^2 - 4 \times 4.9 \times 80}}{9.8} = \frac{49 \pm 28.9}{9.8} = \underline{8 \text{ or } 2}$$

$$v_3 = 49 - 9.8 \times 2 = 29.4 \text{ m/s} \text{ or } v_3 = 49 - 9.8 \times 8 = \underline{-29.4m/s}$$

(e) $v_4 = 49 - 9.8 \times 8 = \underline{-29.4m/s}$ $h_4 = 49 \times 8 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 8^2 = \underline{78.4m}$

29. 發動機アリ 始動後 20 秒ニシテ $1200r.p.m.$ ノ廻轉ニ達セリトイフ。角加速度ヲ求ム。

$$\text{■ 廻轉數} = \frac{1200}{60} = 20 \text{ rev/sec}$$

$$\text{公式 (13) = ヲリ 角速度 } \omega = 2\pi \times 20 = 40\pi \text{ rad/sec}$$

$$\text{公式 (14) = ヲリ 角加速度 } \beta = \frac{40\pi}{20} = \underline{2\pi \text{ rad/sec}^2}$$

30. 40 rad/sec ノ角速度ヲ以テ廻轉セル車輪ニ制動機ヲ働カセタルニ 30 廻轉ノ後ニ停止セリトイフ。角加速度ヲ求ム。

■ 公式 (15) $\omega_2^2 = \omega_1^2 + 2\beta\theta$ ニ於テ $\omega_2 = 0$ ナル故ニ

$$40^2 = -2\beta \times 30 \times 2\pi \quad \therefore \beta = -\frac{1600}{2 \times 30 \times 2\pi} = \underline{-4.25 \text{ rad/sec}^2}$$

31. 現今使用セラル、飛行機用プロペラーハ $1800r.p.m.$ 位ヲ普通ニスル。直径 $3m$ ナリトシテソノ先端ノ角速度ト線速度ヲ求ム。

$$\text{■ 角速度 } \omega = \frac{1800}{60} \times 2\pi = 60\pi \text{ rad/sec}$$

$$\text{線速度 } v = 60\pi \times 1.5 = \underline{283 \text{ m/sec}}$$

32. $72km/h$ ノ速度ヲ以テ快走セル列車ノ車輪ガ直径 $1m$ ナリトセバソノ線速度ト角速度及ビ廻轉數ヲ求ム。

■ 車輪ノ線速度ト列車ノ速度ハ相等シ。故ニ

$$\text{線速度 } v = \frac{72 \times 1000}{60 \times 60} = \underline{20 \text{ m/sec}}$$

$$\text{角速度 } \omega = \frac{v}{r} = \frac{20}{0.5} = 40 \text{ rad/sec}$$

$$\text{廻轉數 } N = \frac{40}{2\pi} \times 60 = 382 \text{ r.p.m}$$

33. 180回毎分ノ回轉度ヲ有スル車ガ20秒後=140回轉毎分=變ジタ
リトセバ, 初メヨリ何廻轉ヲナシ何時間ノ後=静止スルカ。

$$\text{解} \quad (13)'' \dots \begin{cases} \omega_1 = \frac{2\pi N_1}{60} = \frac{2\pi \times 180}{60} = 6\pi \text{ rad/sec} \\ \omega_2 = \frac{2\pi N_2}{60} = \frac{2\pi \times 140}{60} = \frac{14\pi}{3} \text{ rad/sec} \end{cases}$$

$$(14) \quad \beta = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t} = \frac{\frac{14\pi}{3} - 6\pi}{20} = \frac{-4\pi}{60} = -\frac{\pi}{15} \text{ rad/sec}^2$$

$$(15) \quad \omega_2 = \omega_1 + \beta t \dots t = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\beta} = \frac{0 - 6\pi}{-\frac{\pi}{15}} = 6 \times 15 = 90 \text{ 秒} = 1.5 \text{ 分}$$

$$\omega_2^2 = \omega_1^2 + 2\beta\theta \dots \theta = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2\beta} = \frac{-36\pi^2}{-\frac{2\pi}{15}} = 18 \times 15\pi \text{ rad}$$

$$\text{一廻轉ハ } 2\pi \text{ rad ナルヲ以テ } N = \frac{18 \times 15\pi}{2\pi} = 135$$

34. 時計ノ時針, 分針, 秒針ノ角速度ヲ比較セヨ。

$$\text{解} \quad \text{時針ノ角速度ハ } \omega_1 = \frac{2\pi}{12} \text{ rad/h} = \frac{2\pi}{12 \times 60 \times 60} = \frac{\pi}{21600} \text{ rad/sec}$$

$$\text{分針ノ角速度ハ } \omega_2 = 2\pi \text{ rad/h} = \frac{2\pi}{60 \times 60} = \frac{\pi}{1800} \text{ rad/sec}$$

$$\text{秒針ノ角速度ハ } \omega_3 = 2\pi \text{ rad/min} = \frac{2\pi}{60} = \frac{\pi}{30} \text{ rad/sec}$$

35. 1時何分=時針ト分針ガ重リ合フカ。

解 分針ノ時針=對スル關係角速度ハ

$$\omega = \omega_2 - \omega_1 = 2\pi - \frac{2\pi}{12} = \frac{11}{12} \times 2\pi \text{ rad/h}$$

故=5分劃即チ $\frac{2\pi}{12} \text{ rad}$ ヲ分針ガ追ヒツク=要スル時間ハ

$$\frac{2\pi}{12} \div \frac{11}{12} \times 2\pi = \frac{1}{11} \text{ 時間} = 60 \times \frac{1}{11} \text{ 分} = 5 \frac{5}{11} \text{ 分}$$

答 1時5 $\frac{5}{11}$ 分

36. 高速度鋼ノ「バイト」ヲ以テ軟鋼材ヲ加工スルニ適當ナ切削速

度ヲ 20 m/min トスレバ, 直徑 50 cm ノプロペラ-軸ヲ旋盤切削
スルニハ毎分幾回轉ニシタラヨイカ。

$$\text{解} \quad v = 20 \text{ m/min} \quad D = 50 \text{ cm} \quad \therefore r = \frac{0.5}{2} = 0.25 \text{ m}$$

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{\pi N}{30} \text{ ヲリ}$$

$$\frac{20}{60 \times 0.25} = \frac{\pi N}{30} \quad \therefore N = \frac{20 \times 30}{0.25 \times 3.14 \times 60} = \frac{40 \times 60}{3.14 \times 60} = 12.7 \text{ 廻轉/分}$$

37. 電車ガ一停車場ヲ出發シ距離 1.5 km ナル次ノ停車場迄ノ $\frac{2}{3}$ ヲ等
加速度デ進行シ残りノ $\frac{1}{3}$ ヲ等減速度デ進行シ, 3分ヲ要シタトス
レバ, 電車ノ加速度, 減速度, 最大速度ハ幾何カ。

解 加速度ヲ α_1 , 減速度ヲ α_2 , 最大速度ヲ v ,

$$\frac{2}{3} \times 1.5 \text{ km} = 1 \text{ km} \text{ ヲ進ム時間ヲ } t_1, \frac{1}{3} \times 1.5 = 0.5 \text{ km} \text{ ヲ進ム時間}$$

ヲ t_2 トスレバ, 初速度ハ0ナルヲ以テ

$$v = \alpha_1 t_1 \dots (1) \quad 1 = \frac{1}{2} \alpha_1 t_1^2 \dots (2) \quad t_1 + t_2 = 3 \dots (3)$$

$$v = \alpha_2 t_2 \dots (4) \quad v^2 = 2\alpha_1 \times 1 = 2\alpha_2 \times 0.5 \dots (5) \quad v^2 = 2\alpha_1 = \alpha_2 \dots (5)'$$

$$(1) \text{ ト } (2) \text{ トヨリ } v = \alpha_1 t_1 = \frac{2}{t_1} \quad \therefore t_1 = \frac{2}{v}$$

$$(4) \text{ ト } (5) \text{ トヨリ } v = v^2 t_2 \quad \therefore t_2 = \frac{1}{v}$$

$$(3) = \text{代入シテ } \frac{2}{v} + \frac{1}{v} = 3 \dots 3v = 3 \quad \therefore v = 1 \text{ km/min} = 60 \text{ km/h}$$

$$t_1 = 2 \text{ 分} \quad t_2 = 1 \text{ 分}$$

$$(1) \text{ ヲリ } \alpha_1 = \frac{v}{t_1} = \frac{1}{2} \text{ km/min}^2 \quad (4) \text{ ヲリ } \alpha_2 = \frac{v}{t_2} = 1 \text{ km/min}^2$$

38. 初速度 800 m/s 仰角 15° ヲ以テ射出セル砲彈ノ最高度及水平着
弾距離ヲ求ム。

$$\text{解} \quad \text{公式(11)} = \text{ヨリ 最高度 } H = \frac{800^2 \times \sin^2 15^\circ}{2g} = \frac{800^2 \times 0.2588^2}{2 \times 9.8} = 2190 \text{ m}$$

公式(12) = ヲリ

$$\text{水平着弾距離 } R = \frac{800^2 \times \sin 30^\circ}{9.8} = \frac{640000 \times 0.5}{9.8} = 32,700 \text{ m}$$

39. 初速 800m/s の弾丸ヲ以テ $3,750\text{m}$ ノ高標ヲ有スル富士ノ高嶺ヲ越サントス。海面ノ高サニ砲ヲ据ヘタリトシテ砲身ノ仰角ヲ求ム。

$$\begin{aligned} \text{解 (11)} \quad & \text{ヨリ } 3,750 = \frac{800^2 \sin^2 \theta}{2 \times 9.8} \\ \therefore \sin^2 \theta &= \frac{3750 \times 2 \times 9.8}{640000} = 0.115 \\ \therefore \sin \theta &= 0.338 \quad \text{故ニ仰角 } \theta = 19^\circ 48' \end{aligned}$$

40. 200km/h ノ速度ヲ以テ高度 1500m ノ天空ヲ翔ル爆撃機ヨリ爆弾ヲ投下セントス。目標ヨリ幾何ノ前方ニ投下スベキカ。

解 200km/h ノ初速度ヲ以テ水平投射シタト考ヘレバヨイ。

$$\begin{aligned} v &= 200 \times \frac{1000}{60^2} = \frac{200}{3.6} \text{m/s} \\ \text{公式 (6)} \quad & \text{ヨリ } x^2 = \frac{2 \times \left(\frac{200}{3.6}\right)^2}{9.8} \times 1500 = 973000 \\ \therefore x &= 987\text{m} \end{aligned}$$

41. 帝國一萬噸級巡洋艦ノ主砲ノ弾丸ノ初速度ハ 960m/s ナリトイフ。理論上ノ最大着弾距離ヲ求ム。

$$\text{解 (12)} \quad \text{式ヨリ } R = \frac{960^2 \times \sin 90^\circ}{9.8} = 94,000\text{m} \quad \text{答 } 94\text{km}$$

42. 第一次世界大戦ニ際シテ獨軍ガ佛都パリヲ砲撃シテ之ヲ震駭セシメタ遠距離射撃砲ノ砲弾初速度ハ $1,500\text{m/sec}$ ($5,400\text{km/h}$) ナリトイフ。理論上ノ最大着弾距離ヲ求ム。

$$\text{解 } R = \frac{1500^2 \times 1}{9.8} = 227\text{km}$$

43. 仰角 30° 初速度 700m/s ニテ發射シタ小銃彈ノ (a) 水平着弾距離トソノ飛行時間, (b) 最大高サトソノ上昇時間, (c) 發射後30秒ノ速度ヲ求メヨ。

$$\text{解 (a)} \quad R = \frac{700^2 \times \sin 60^\circ}{9.8} = \frac{490000 \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{9.8} = 43,300\text{m}$$

$$(10) \quad \text{式ヨリ } t = \frac{2 \times 700 \sin 30^\circ}{9.8} = \frac{700}{9.8} = 71.5\text{秒} = 1\text{分}11.5\text{秒}$$

$$(b) \quad H = \frac{700^2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2}{2 \times 9.8} = \frac{490000}{8 \times 9.8} = 6,250\text{m}$$

$$(10) \quad \text{式ヨリ } t' = \frac{700 \times \frac{1}{2}}{9.8} = \frac{700}{2 \times 9.8} = 36\text{秒}$$

$$\begin{aligned} (c) \quad & \text{(8) 式ヨリ } v = \sqrt{u^2 - 2gy} \\ &= \sqrt{700^2 - 2 \times 9.8 \left(30 \times 700 \sin 30^\circ - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 30^2\right)} \\ &= \sqrt{490000 - 19.6 \times (10500 - 4410)} = \sqrt{370500} = 610\text{m/s} \end{aligned}$$

44. 水平距離 1400m 高サ 400m ノ點ヲ發射速度 700m/s ノ弾丸ニテ撃ツタメニハ仰角ヲ何程ニスレバヨイカ。

解 (8) 式ヨリ $x = t u \cos \theta$

$$1400 = t \times 700 \cos \theta \dots (1)$$

$$y = t u \sin \theta - \frac{1}{2} g t^2$$

$$400 = t \times 700 \sin \theta - \frac{1}{2} \times 9.8 t^2 \dots (2)$$

(1) ヨリ $t = \frac{2}{\cos \theta}$ コレヲ (2) ニ代入セバ

$$400 = \frac{1400 \sin \theta}{\cos \theta} - \frac{1}{2} \times 9.8 \times \frac{4}{\cos^2 \theta} = 1400 \tan \theta - \frac{19.6}{\cos^2 \theta}$$

$$400 = 1400 \tan \theta - 19.6(1 + \tan^2 \theta)$$

$$19.6 \tan^2 \theta - 1400 \tan \theta + 419.6 = 0$$

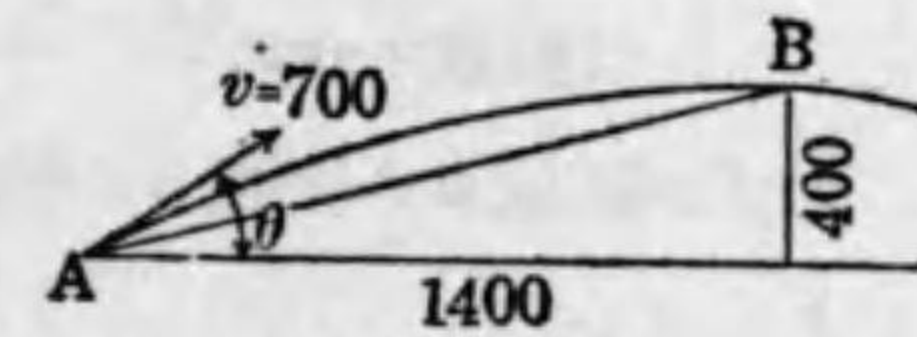
$$\begin{aligned} \therefore \tan \theta &= \frac{700 \pm \sqrt{490000 - 19.6 \times 419.6}}{19.6} \\ &= \frac{700 \pm \sqrt{481800}}{19.6} = \frac{700 \pm 694}{19.6} \end{aligned}$$

$$\text{小角ヲトツテ } \tan \theta = \frac{700 - 694}{19.6} = \frac{6}{19.6} = 0.306 \quad \therefore \theta = 17^\circ$$

別解 (9) 式 $y = x \tan \theta - \frac{1}{2} \frac{g x^2}{u^2} (1 + \tan^2 \theta)$ ヨリ

$$400 = 1400 \tan \theta - \frac{1}{2} \times 9.8 \times \left(\frac{1400}{700}\right)^2 (1 + \tan^2 \theta)$$

$$400 = 1400 \tan \theta - 19.6(1 + \tan^2 \theta) \quad \text{トナリ前解ト同様ニナル。}$$



第二章 運動ノ法則

「ニュートン」ノ運動ノ第一法則 (慣性ノ法則)

物體ハ外力ガ作用シナケレバ静止又ハ等速度運動ノ有様ヲ持續ス力トハ物體ニ加速度ヲ與ヘルモノナリ。

運動ノ第二ノ法則

運動量ノ變化ハ力積ニ正比例シ、ソノ方向ハ力ノ方向ト一致ス。

v = 速度, m = 質量, f = 力, t = 時間 トスレバ

$$\text{運動量} = mv \quad \text{力積} = ft$$

力 f ガ質量 m ノ物體ニ t 秒間作用シテ此物體ノ速度 v_1 ガ v_2 ニ變化シタトスレバ

$$ft \propto mv_2 - mv_1 \dots\dots\dots(16)$$

$$f \propto m \frac{v_2 - v_1}{t} = m\alpha$$

$$\therefore f = km\alpha \dots\dots\dots(16)'$$

今單位 1 ノ質量 = 單位 1 ノ加速度ヲ與フル如キ力ヲ單位 1 ノカトイフコトニスレバ, $k=1$ トナルカラスノ如キ單位 (絕對單位) ヲ以テ力ヲ測ルコトニスレバ, (16)' 式ハ

$$f = m\alpha \dots\dots\dots(17)$$

「ダイメン シヨン」ハ次ノ如シ。

$$[\text{運動量}] = [\text{力積}] = [Mv] = [MLT^{-1}] = [FT]$$

$$[\text{力}] = [M\alpha] = [MLT^{-2}]$$

力ノ絕對單位

C.G.S. 制デハ質量 $1gr$ ノ物體ニ働イテ之ニ $1cm/s^2$ ノ加速度ヲ與ヘル力ヲ 1「ダイン」トイヒ, 10^6 ダインヲ 1「メガダイン」トイフ。

F.P.S. 制デハ質量 $1lb$ ノ物體ニ働イテ之ニ $1ft/s^2$ ノ加速度ヲ與ヘル力ヲ 1「パウンダル」トイフ。

力ノ重力單位 (實用單位)

一定ノ質量ヲ有スル物體ニ働ク重力即チソノ重量ヲ力ノ單位トシタモノデ普通單位質量例ヘバ $1gr, 1kg, 1lb$. 等ノ質量ヲ有スル物體ノ重量ヲ單位トシ, コレヲ 1瓦ノ力, 又ハ 1瓦重, $1kg$ ノ力又ハ 1瓦重, $1lb$ ノ力又ハ 1封度重トイフ。

故ニ一般ニ物體ノ質量 m トソノ重量 W トノ間ニハ次ノ關係アリ。

$$W = mg \dots\dots\dots(18)$$

又 Wkg ノ重量ヲ有スル物體ニ加速度 α ヲ與ヘルニ必要ナ力ハ

$$F = \frac{W}{g}\alpha \dots\dots\dots(18)'$$

絕對單位ト重力單位トノ比較

1. 1 瓦重 = 980 ダイン 1 瓦重 = 980×10^3 ダイン

1 瓦重 = 980×10^6 ダイン = 980 メガダイン

2. 1 封度重 = 32.2 パウンダル

1 ハンドレッドウエート重 = 112×32.2 パウンダル

1 噸重 = 2240×32.2 パウンダル

運動ノ第三法則

二物體間ニ互ニ作用スル力ハ大サ, 方向等シク向キハ反對デアル。

質量 m_1, m_2 ナル物體間ニ力 f ガ働キ夫々加速度 α_1, α_2 ヲ得タトスレバ $m_1\alpha_1 = f = -m_2\alpha_2$ 又ハ $-\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{m_2}{m_1} \dots\dots\dots(19)$

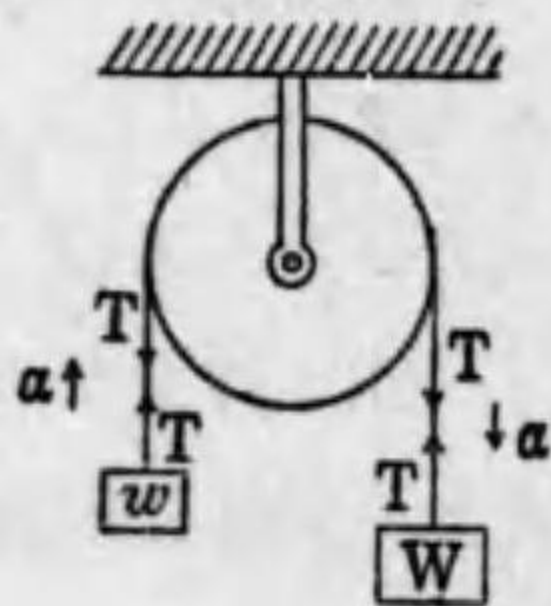
上式ニヨリ二物體ガ互ニ作用シテ得ル加速度ハソノ質量ニ逆比例スルコトガ分ル。

又二物體ニ働ク力ノ強サハ任意ノ各時刻ニ於テ相等シク, ソノ作用スル時間モ相等シイカラ結局兩者ノ受ケタ力積, 換言スレバソノ

運動量ノ變化ハ相等シクナル。

$$m_1v_1 = -m_2v_2 \dots\dots\dots(19)'$$

「アットウッド」ノ機械(重力ノ加速度 g ヲ測定スル装置) $W > w$, T = 絲ノ張力, α = 加速度トスレバ



$$\alpha = \frac{W-w}{W+w}g \quad T = \frac{2Ww}{W+w} \dots\dots\dots(20)$$

面積 $A\text{m}^2$ ノ「ノツズル」カラ $v\text{m/s}$ ノ速度ヲ以テ噴出スル水流ニ直角ニ置カレタ板ノ受ケル壓力

$$P = \frac{W}{g}v = \frac{1000Av}{g}v = \frac{1000Av^2}{9.8}\text{kg} \dots\dots\dots(21)$$

【問題】

45. 重量 10kg ノ静止物體ニ一定ノ力ヲ働カシテ 5 秒後ニ 5m/s ノ速度トスルニハ幾何ノ力ヲ要スルカ。

■ 加速度 $\alpha = \frac{5}{5} = 1\text{m/s}^2$ ナルヲ以テ

公式 (17)ニヨリ 力 $= f = m\alpha = \frac{10}{9.8} \times 1 = 1.02\text{kg}$

46. 滑カナ水平面上ニ重量 10kg ノ物體ヲ置キ, 3kg ノ力ヲ水平ニ働カセバ 10 秒間ニ何程ノ距離ヲ進ムカ。

■ (17)ニヨリ $3 = \frac{10}{9.8}\alpha \quad \therefore \alpha = \frac{3 \times 9.8}{10} = 2.94\text{m/s}^2$

(4)ニヨリ $s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 2.94 \times 10^2 = 147\text{m}$

47. 重量 200 噸ノ列車ヲ 0.14m/s^2 ノ加速度ヲ以テ進行セシムル汽車ノ牽引力ヲ問フ。

■ $f = \frac{200 \times 1000}{9.8} \times 0.14 = \frac{20000}{7} = 2857\text{kg}$

48. 重量 400 噸ノ列車アリ。 1 噸ニ付キ 5kg ノ抵抗力ニ反對シテ起動シ 1 分ニシテ 50km/h ノ速度ヲ得シトイフ。此時ノ牽引力ヲ求ム。

■ 列車ノ全抵抗ハ $R = 5 \times 400 = 2000\text{kg}$

加速度ハ $\alpha = \frac{50 \times 1000}{60 \times 60} \text{m/s} \div 60\text{s} = \frac{50}{6^3} \text{m/s}^2$

牽引力ヲ F トセバ $f = F - R$ ガ列車 $(\frac{400 \times 1000\text{kg}}{9.8}) = \frac{50}{6^3} \text{m/s}^2$ ノ加速度ヲ生ゼシムルカデアルカラ (17)ニヨリ

$$F - 2000 = \frac{400 \times 1000}{9.8} \times \frac{50}{6^3} = \frac{20000000}{2120} = 9450$$

$\therefore F = 11,450\text{kg}$

49. 40km/h ノ速度デ進行セル自動車ニ急ニ制動機ヲ作用シ始メテカラ 20m 通過シテ停車セリトイフ。體重 50kg ノ乗客ハ幾何ノ惰力ヲ受ケルカ。

■ 自動車ノ速度 $v = \frac{40 \times 1000}{60 \times 60} = \frac{400}{36} \text{m/s}$

(5)式ヨリ $v^2 = 2as \dots\dots\dots(\frac{400}{36})^2 = 2a \times 20$

故ニ $\alpha = (\frac{400}{36})^2 \times \frac{1}{40} = \frac{400 \times 10}{1296} = 3.08\text{m/s}^2$ (減速度)

\therefore 惰力 $= f = \frac{50}{9.8} \times 3.08 = 15.75\text{kg}$

50. 1 「パウンドル」ハ幾「ダイン」カ。

■ $1\text{lb} = 453.59\text{gr} \quad 1\text{ft} = 30.479\text{cm}$

$\therefore 1$ 「パウンドル」 $= 453.59 \times 30.479 = 13.825$ 「ダイン」

51. 重量 1kg ノ彈丸ガ飛來シテ木材ニ當リ, 40cm ノ深サニ達セリトイフ。木材ノ平均抵抗カヲ 20t トセバ彈丸ノ速度如何。

■ $\alpha = \frac{f}{m} = \frac{20 \times 1000 \times 9.8}{1} = 196,000\text{m/s}^2$ (減速度)

$v^2 = 2 \times 196,000 \times 0.4$

$\therefore v = 40\sqrt{98} = 396\text{m/sec}$

52. 400m/sec ノ速度ヲ以テ飛來セル重量 1t ノ 40cm 砲彈ガ漸クニシテ厚サ 20cm ノ鐵板ヲ貫通セリトイフ。鐵板ノ抵抗ヲ求ム。

■ 鐵板ニ突入シテカラノ砲彈ノ減速度ハ

$400^2 = 2a \times 0.2 \quad \therefore \alpha = 400,000\text{m/s}^2$

$$\text{全抵抗力 } F = \frac{1}{9.8} \times 400,000 = \underline{40,800 \text{ ton}}$$

$$\text{単位面積ノ抵抗力 } f = 40,800 \times \frac{1}{3.14 \times 20^2} = \underline{32.5 \text{ t/cm}^2}$$

53. 重量 $\frac{1}{2} \text{ t}$ ノ落下槌ガ高サ 2 m ノ所カラ落下シテ鐵材ヲ打ち、 3 cm ダケ壓シ潰セリトイフ。鐵材ニ作用シタ平均力ヲ求メヨ。

■ 鐵材ニ打ち當リタル時ノ速度ハ

$$v = \sqrt{2 \times 9.8 \times 2} = 6.25 \text{ m/s}$$

鐵材ニ打ち當ツテカラノ減速度ハ

$$\alpha = \frac{v^2}{2s} = \frac{6.25^2}{2 \times 0.03} = \frac{39.2}{0.06} = 653.3 \text{ m/s}^2$$

$$\text{故ニ平均抵抗力 } f = \frac{500}{9.8} \times 653.3 = \underline{33 \text{ t}}$$

54. 或力ガ重量 4 kg ノ物體ニ働キタルニ、ソノ物體ハ 8 cm ノ距離ヲ動き、ソノ時 13 m/s ノ速度ヲ得タリトイフ。ソノ力ノ大サヲ求ム。

$$\text{■ 加速度 } \alpha = \frac{v^2}{2s} = \frac{13^2}{2 \times 0.08} = \frac{169}{0.16} = 1056 \text{ m/s}^2$$

$$\text{力 } f = \frac{4}{9.8} \times 1056 = \underline{432 \text{ kg}}$$

55. 3 m/s ノ初速度ヲ有スル重量 45 kg ノ物體ガ、次第ニ速度ヲ減ジテ 30 m ヲ通過シタル時静止スルニ至リタリトイフ。コノ時作用シタル力ノ大サヲ問フ。

$$\text{■ 減速度 } \alpha = \frac{3^2}{2 \times 30} = \frac{9}{60} = \frac{3}{20} \text{ m/s}^2$$

$$\text{力 } f = \frac{45}{9.8} \times \frac{3}{20} = \frac{27}{39.2} = \underline{0.689 \text{ kg}}$$

56. 35 m/s ノ速度ヲ以テ運動スル重量 28 kg ノ物體ガ 75 kg ノ抵抗力ニ出會ヒ、ソレガ 12 m ノ距離ヲ運動スル間連續作用シタリトセバ物體ノ速度ハ幾何ニ變ズルカ。

■ 75 kg ノ抵抗力ニヨツテ生ズル減速度ヲ求ムルニ

$$\alpha = \frac{fg}{w} = \frac{75 \times 9.8}{28} = \frac{75 \times 1.4}{4} = 26.25 \text{ m/s}^2$$

$$v_2^2 = v_1^2 - 2\alpha s = 35^2 - 2 \times 26.25 \times 12 = 1225 - 630 = 595$$

$$\therefore v_2 = \sqrt{595} = \underline{24.4 \text{ m/s}}$$

57. 64 km/h ノ速度ヲ有スル列車ガ 800 m ヲ進行シテ後ニ静止シタリトイフ。抵抗力ハ列車ノ重量 1 吨 ニツキ何疋ナリシカ。

$$\text{■ 速度 } 64 \text{ km/h} = \frac{64000}{60 \times 60} = \frac{640}{36} \text{ m/s} = \frac{160}{9} \text{ m/s}$$

$$\text{減速度 } \alpha = \frac{v^2}{2s} = \left(\frac{160}{9}\right)^2 \times \frac{1}{2 \times 800} = \frac{16}{9^2} = \frac{16}{81} \text{ m/s}^2$$

$$\text{抵抗力 } f = \frac{w}{9.8} \times \frac{16}{81} \text{ kg} = \frac{W \text{ ton} \times 1000 \times 16}{9.8 \times 81} = W \times 20.1 \text{ kg}$$

答 $\underline{20.1 \text{ kg}}$

58. 重量 28 瓦 ノ彈丸ガ 550 m/s ノ速度ヲ以テ木材ニアタリ、深サ 20 cm ニ達シテ止リタリトイフ。木材ノ平均抵抗力ヲ求ム。

$$\text{■ 減速度 } \alpha = \frac{550^2}{2 \times 0.2} = \frac{550^2}{0.4} \text{ m/s}^2$$

$$\text{抵抗力 } f = \frac{0.028}{9.8} \times \frac{550^2}{0.4} = \frac{0.004}{1.4 \times 0.4} \times 550^2 = \frac{302500}{140} = \underline{2160 \text{ kg}}$$

59. 重量 510 kg ノ機械槌ガ 240 cm ノ高サヨリ落下シテ鐵材ヲ打ち、厚サ 20 cm ノモノガ厚サ 17.5 cm ニ薄メラレクトセバソノ時鐵材ニ働キタル力如何。

■ 鐵ニ打ち當ツタ時ノ速度ハ

$$v = \sqrt{2 \times 9.8 \times 2.4} = 6.87 \text{ m/s}$$

鐵材ニ打ち當ツテカラノ減速度ハ

$$\alpha = \frac{v^2}{2s} = \frac{6.87^2}{2 \times (20 - 17.5) \times \frac{1}{100}} = \frac{47.04}{0.05} = 941 \text{ m/s}^2$$

$$\text{故ニ平均抵抗力 } f = \frac{510}{9.8} \times 941 = \underline{48900 \text{ kg}}$$

60. 重量 200 t ノ機關車ガ 1.5 t ノ抵抗力ニ打ち勝ツテ、出發ヨリ 2 分 後ニ 60 km/h ノ速度トナルニハ何程ノ牽引力ヲ要スルカ。

$$\text{■ 加速度 } \alpha = \frac{60 \times 1000}{60 \times 60 \times 2 \times 60} = \frac{10}{2 \times 36}$$

牽引力ヲ F トセバ $F - R$ ガ加速力デアルカラ

$$F - 1,500 = \frac{200 \times 1000}{9.8} \times \frac{10}{2 \times 36} = \frac{1000000}{9.8 \times 36} = 2830$$

$$F=2830+1500=4,330\text{kg}$$

61. 重量 30gr の弾丸が 600m/s の速度で固定木材に突入し、 30cm の深さを達したとき木材の平均抵抗力は何程か。又厚さ 5cm の同質木材を弾丸が貫通して出るとき速度を求めよ。

$$\text{解} \quad \text{減速度 } \alpha = \frac{600^2}{2 \times 0.3} = 600,000\text{m/s}^2$$

$$\text{平均抵抗力 } f = \frac{0.03}{9.8} \times 600,000 = \frac{18,000}{9.8} = 1836\text{kg}$$

$$v_2^2 = v_1^2 - 2\alpha s = 600^2 - 2 \times 600,000 \times 0.05 = 360,000 - 60,000 = 300,000$$

$$\therefore v_2 = \sqrt{300,000} = 548\text{m/s}$$

62. 「エレベーター」アリ、昇降時の加速度を 1m/s^2 とせば、重量 50kg の人の足にかかる圧力に昇降に於て幾何の差異アルカ。

$$\text{解} \quad \text{加速度} = \text{要スル力ノ反力ハ共} = f = \frac{50}{9.8} \times 1$$

$$\text{故} = \text{昇降ノ時ノ圧力差ハ } 2f = 2 \times \frac{50}{9.8} = 10.2\text{kg}$$

63. 「エレベーター」が重量 50kg の人ヲ 8 人乗せて 1m/s^2 の加速度で昇降スルとき「エレベーター」ノ床面ニ働ク力ハ何程カ。

$$\text{解} \quad \text{壓力ハ } F = \frac{50 \times 8}{9.8} \times 1 = 40.8\text{kg}$$

64. 重量 100gr の物體ヲバネ秤ニ載セ、コレヲ輕氣球ニ入レテ上昇スルとき秤ハ 110gr ヲ示シタトスレバ、輕氣球ノ上昇加速度ハ何程カ。

解 輕氣球ノ上昇加速度ヲ α トスレバ、上昇ノ際バネ秤ニカカル重力ノ加速度ハ $g + \alpha$ トナルヲ以テ

$$m = \frac{100}{9.8} = \frac{110}{9.8 + \alpha} \quad 10 \times 9.8 + 10\alpha = 11 \times 9.8$$

$$\therefore \alpha = \frac{11 \times 9.8 - 10 \times 9.8}{10} = \frac{9.8}{10} = 0.98\text{m/s}^2$$

65. 重量 30gr の弾丸ヲ $500/\text{min}$ ノ割合ヲ以テ發射スル機關銃アリ、弾丸ノ初速度ヲ 500m/s トせば銃ガ受ケル反動力如何。

解 毎秒發射サレル彈丸ノ質量ハ

$$m = \frac{0.03}{9.8} \times \frac{500}{60} = 0.0255$$

$$\text{故} = \text{反動力 } F = 0.0255 \times 500 = 12.75\text{kg}$$

66. 重量 40t ノ大砲ニテ重量 500kg ノ砲彈ヲ 800m/s ノ速度デ發射スルトキ大砲ノ後退速度ハ幾何カ。又大砲ノ後退距離ヲ 2m ニ止メルニハ幾何ノ抵抗力ヲ要スルカ。

$$\text{解} \quad \text{大砲ノ質量} = \frac{40000}{g} \quad \text{砲彈ノ質量} = \frac{500}{g}$$

$$\text{故} = \text{砲彈ノ速度} = 800\text{m/s} \quad \text{大砲ノ後退速度} = V \text{ トセバ}$$

$$\frac{40000}{g} V = \frac{500}{g} \times 800 \quad \therefore V = \frac{40000}{40000} = 10\text{m/s}$$

大砲ノ後退ノ減速度ヲ α トセバ

$$v^2 = 2\alpha \times 2 \quad \therefore 10^2 = 4\alpha \quad \therefore \alpha = 25\text{m/s}^2$$

$$\text{故} = \text{抵抗力 } F = \frac{40000}{9.8} \times 25 = 102,000\text{kg} = 102\text{ton}$$

67. 40cm , 55 口径 (55 口径トハ砲身ノ長サガ砲口ノ直径ノ 55 倍ノ意) 主砲ノ砲彈ハ重量 1t ニシテ初速度 850m/sec ナリトセバ、火薬ノ爆發ニヨル砲身内ノ平均壓力如何。

解 砲身内ニ於ケル砲彈ノ加速度ヲ求ムルニ

$$850^2 = 2\alpha \times 0.4 \times 55 \quad \therefore \alpha = \frac{850^2}{44} = 16400\text{m/s}^2$$

$$\text{砲彈} = \text{加ツタ平均ノ力 } F = \frac{1000}{9.8} \times 16400 = 1675000\text{kg}$$

$$\text{故} = \text{平均壓力 } P = 1675000 \div \left(\frac{\pi}{4} \times 40^2 \right) = 1335\text{kg/cm}^2$$

68. 絲ノ兩端ニ 15kg 及 13kg ノ重錘ヲ附シ、之ヲ摩擦ナキ滑車ニカケテ自由ニ運動セシメル時、絲ノ張力ヲ問フ。

解 T …… 糸ノ張力 α …… 加速度、トセバ

$$T - 13 = \frac{13}{9.8} \alpha \quad \dots\dots (1) \quad 15 - T = \frac{15}{9.8} \alpha \quad \dots\dots (2)$$

α ヲ消去スレバ

$$15T - 13 \times 15 - 15 \times 13 + 13T = 0$$

$28T=390 \quad \therefore T=13.93kg$

69. 滑車ニ糸ヲカケ兩端ニ重量 $8kg$ 及 $5kg$ ノ物體ヲ釣リタル時5秒間ニ通過スル距離ト10秒後ノ速度ヲ求ム。

■ 公式(20)ニヨリ $\alpha = \frac{W-w}{W+w}g = \frac{8-5}{8+5} \times 9.8 = \frac{3 \times 9.8}{13} = 2.26m/s^2$

$s = \frac{1}{2} \alpha t^2 = \frac{1}{2} \times 2.26 \times 5^2 = 28.3m$

$v_2 = v_1 + \alpha t = 0 + 2.26 \times 10 = 22.6m/s$

70. 滑車ニ糸ヲカケ兩端ニ重量 $3kg$ 及 $5kg$ ノ物體ヲ釣リテ運動ヲ始メタル1秒後ニ糸ガ切レタト考ヘ、ソノ時小ナル方ノ重量ガ上ル高サ及ピソノ時間ヲ問フ。

■ $\alpha = \frac{5-3}{5+3} \times 9.8 = \frac{2}{8} \times 9.8 = 2.45m/s^2$

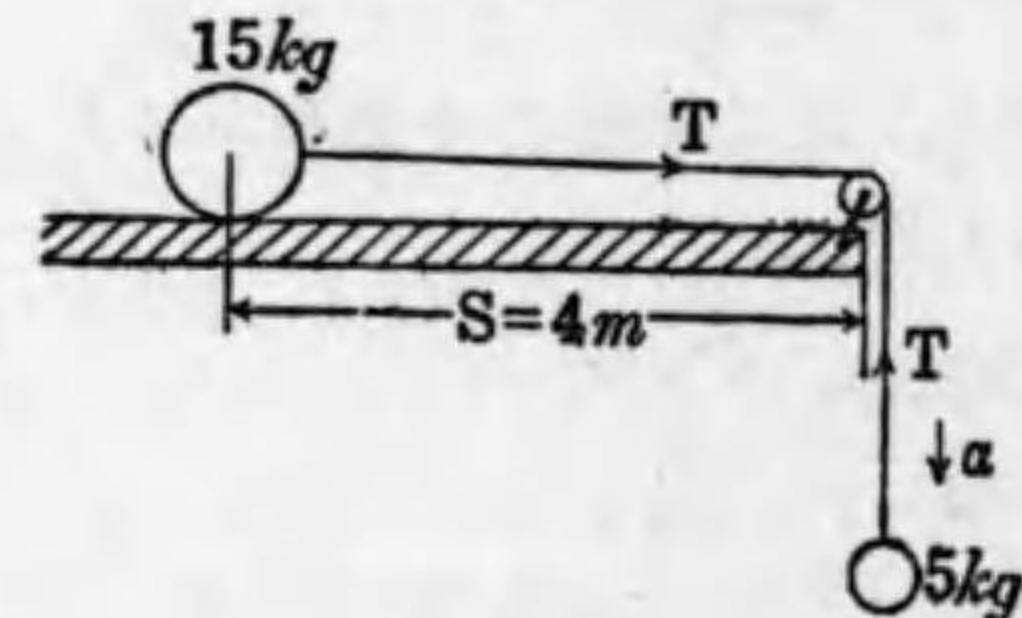
1秒後ノ速度 $v = \alpha t = 2.45 \times 1 = 2.45m/s$

(5)ノヨリ $h = \frac{v^2}{2g} = \frac{2.45^2}{2 \times 9.8} = 0.306m$

(3)ノヨリ $t = \frac{v}{g} = \frac{2.45}{9.8} = 0.25秒$

71. 滑車ヨリ釣下ゲラレタル重量 5 疋ノ物體ガ水平板上ニ置カレタル重量 15 疋ノ物體ヲ動かカス場合ニ、運動ノ初メニ 15 疋ノ物體ハ板ノ縁ヨリ $4m$ ヲ距ル位置ニ置カレタリトセバ、何秒ノ後ニソレハ板ノ縁ニ來ルカ。

■ $T = \frac{15}{9.8} \alpha \dots\dots(1) \quad 5 - T = \frac{5}{9.8} \alpha \dots\dots(2)$



(1)+(2) $\dots\dots 5 = \frac{15+5}{9.8} \alpha$

$\therefore \alpha = \frac{5 \times 9.8}{20} = 2.45m/s^2$

公式(4)ノヨリ $s = \frac{1}{2} \alpha t^2$

$\therefore 4 = \frac{1}{2} \times 2.45 t^2$

$\therefore t^2 = \frac{8}{2.45} = 3.26$

$\therefore t = \sqrt{3.26} = 1.81秒$

72. 直徑 $5cm$ ナル「ベルトン」水車ノ「ノズル」ヨリ $90m/s$ ノ速度ヲ以テ噴出スル水流ニ直角ニ置カレタ板ハ幾何ノ壓力ヲ受ケルカ。

■ 毎秒ノ噴水量ハ $V = \frac{\pi}{4} \times 0.05^2 \times 90 = 0.1775m^3$

水ノ重量 $W = 0.1775 \times 1000 = 177.5kg$

故ニ 壓力 $P = \frac{177.5}{9.8} \times 90 = 1,625kg$

73. 1疋/秒ノ割合ヲ以テ噴出セラレル蒸汽ガ「タービン」翼内ニ於テ翼ノ回轉方向ニ $300m/s$ ノ速度變化ヲナシタリトイフ。ソノ時ノ驅動力ヲ求メヨ。

■ $P = \frac{1}{9.8} \times 300 = 30.6kg$

74. 昭和9年前ノ本邦最大ノ颶風ハ速度 $50m/s$ ナリトイフ。風壓ヲ求メヨ。但シ空氣ノ重量ヲ $1.225kg/m^3$ ($760mm, 15^\circ c$) トスル。又昭和7年7月富士山頂ニ於テ $70m/s$ ノ風速記録アリ、風壓ヲ求メヨ。但シ空氣ノ重量ヲ $0.8kg/m^3$ トス。

■ $m = 50 \times \frac{1.225}{9.8}$

故ニ 風壓 $P = \frac{50 \times 1.225}{9.8} \times 50 = 313kg/m^2$

次ニ $m' = 70 \times \frac{0.8}{9.8}$

$\therefore P' = \frac{70 \times 0.8}{9.8} \times 70 = 400kg/m^2$

75. $13m/s$ ノ速度デ走レル汽車アリ、蒸汽ノ供給ヲ止ムルト同時ニ汽車ノ重量ノ $\frac{1}{50}$ ニ等シキ力ヲ以テソノ運動ヲ制スル時ハ何秒後ニ靜止スルカ。

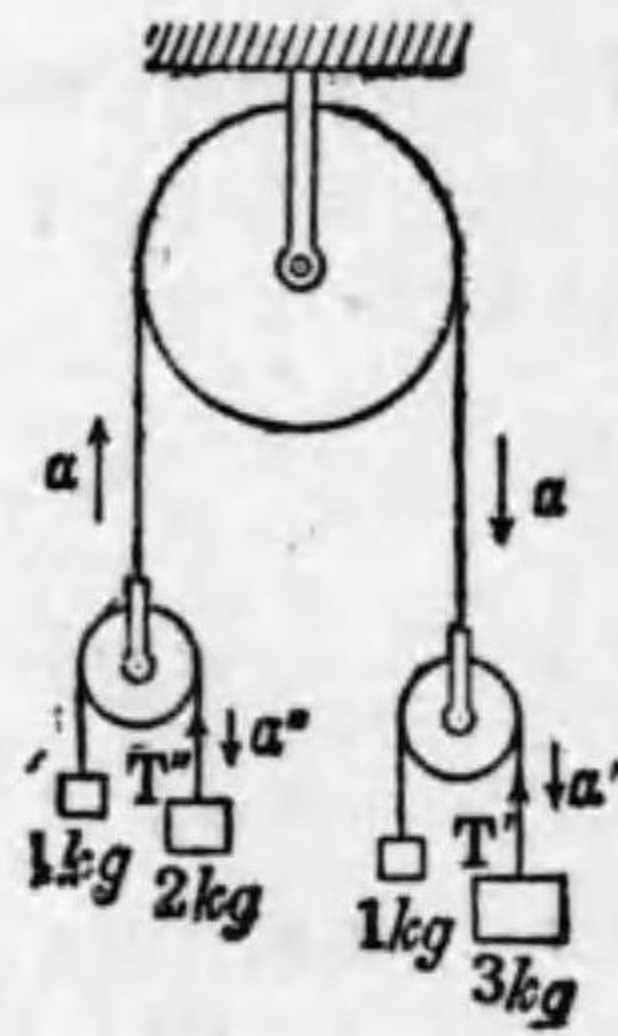
■ 汽車ノ重量ヲ W トスレバ、制動力 $= \frac{W}{50}$ デアル。

制動力 $\frac{W}{50} = \frac{W}{g} \alpha = \frac{W}{9.8} \alpha$

$$\therefore \alpha = \frac{9.8}{50} m/s^2 \quad (\text{減速度})$$

$$t = \frac{v_1 - v_2}{\alpha} = \frac{(13 - 0) \times 50}{9.8} = 66.3 \text{ 秒}$$

76. 滑車ニ絲ヲカケソノ兩端ニ二個ノ小滑車ヲ付ケ、コノ小滑車ニ更ニ絲ヲカケソノ各端ニ $1kg, 2kg$ 及ビ $1kg, 3kg$ ノ錘ヲ付ケタトスレバ、小滑車ノ加速度ハ $\frac{g}{7}$ トナルコトヲ證明セヨ。又各錘ノ加速度ト各絲ノ張力ヲ求メヨ。但シ小滑車ト絲ノ重量ハ無視スル。



$$W = 1 + 3 = 4kg \quad w = 1 + 2 = 3kg$$

$$\text{公式(20)ヨリ } \alpha = \frac{W - w}{W + w} g = \frac{4 - 3}{4 + 3} g = \frac{g}{7} m/s^2$$

$$\alpha' = \frac{3 - 1}{3 + 1} \times g = \frac{2}{4} g = \frac{g}{2} m/s^2$$

$$\alpha'' = \frac{2 - 1}{2 + 1} g = \frac{g}{3} m/s^2$$

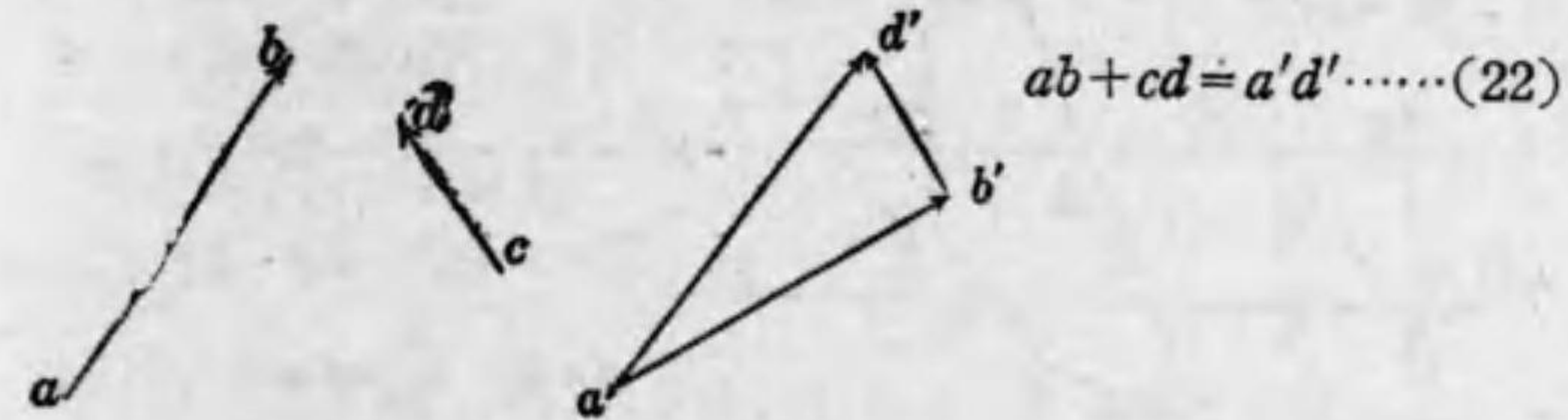
$$T' = \frac{2Ww}{W + w} = \frac{2 \times 4 \times 3}{4 + 3} = \frac{24}{7} = \frac{6}{7} \times 4 = \frac{24}{7} kg$$

$$T'' = \frac{2Ww}{W + w} = \frac{2 \times 2 \times 1}{2 + 1} = \frac{4}{3} kg$$

第三章 ベクトル算法

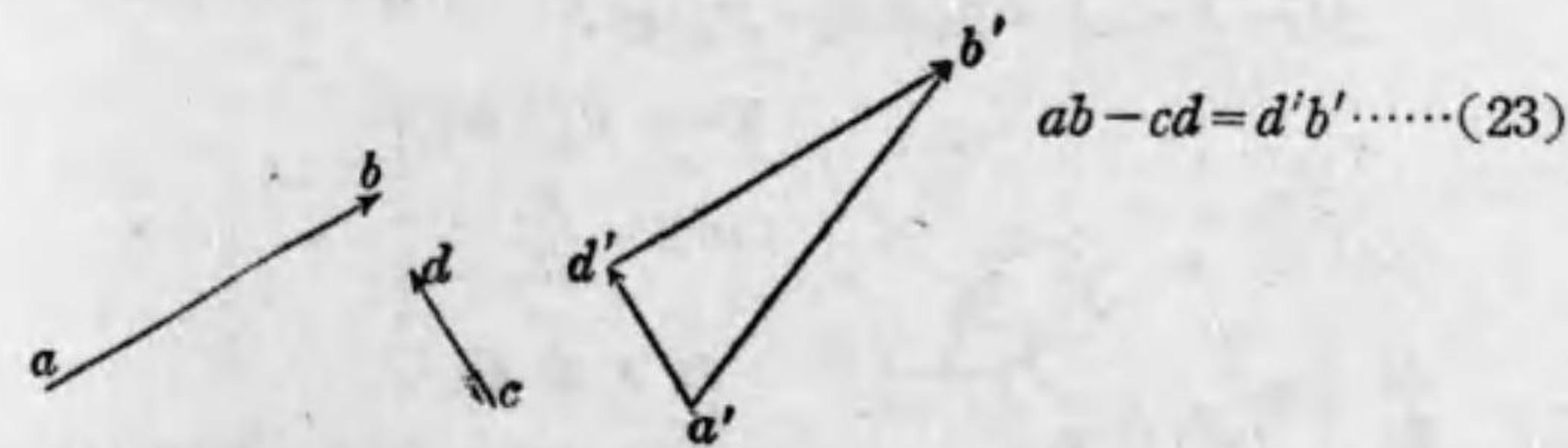
「ベクトル」ノ加法

矢ノ向キガ向ヒ合ヒニナラヌヤウニ、與ヘラレタル「ベクトル」ヲ順次ニ結ビテ「ベクトル」ノ三角形又ハ多角形ヲ畫ケバ始點ヨリ終點ニ向ヒ、コレヲ二點ヲ結ブ直線ハコレヲ「ベクトル」ノ和ニ等シキ「ベクトル」ナリ。



「ベクトル」ノ減法

第一ノ「ベクトル」ヨリ第二ノ「ベクトル」ヲ減ズルニハ二ツノ「ベクトル」ヲ同一ノ始點ヨリ放射狀ニ畫キ第二ノ端ヨリ第一ノ端ニ向ヒコノ兩端ヲ結ブ直線ハ求ムル「ベクトル」ナリ。



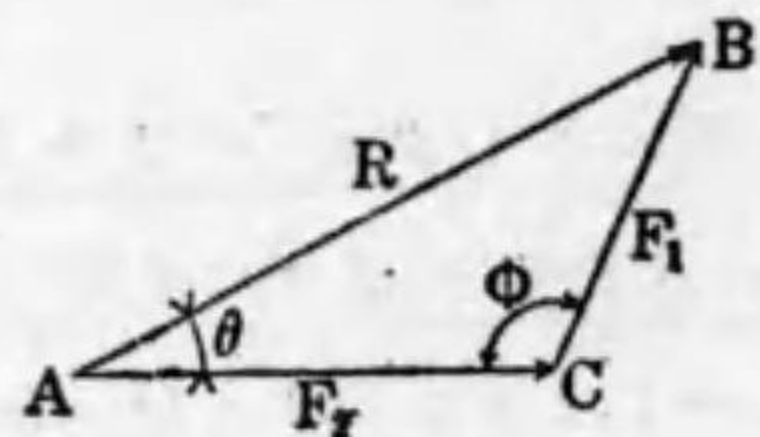
變位、速度、加速度、及ビ力ノ合成、分解

變位、速度、加速度及ビ力等ハ總テ「ベクトル」デアツテコレラハ皆「ベクトル」算法ニヨツテ合成セラレ又分解セラレ、合成セラレタモノヲ合變位、合速度、合力等トイヒ、分解セラレタモノヲ分

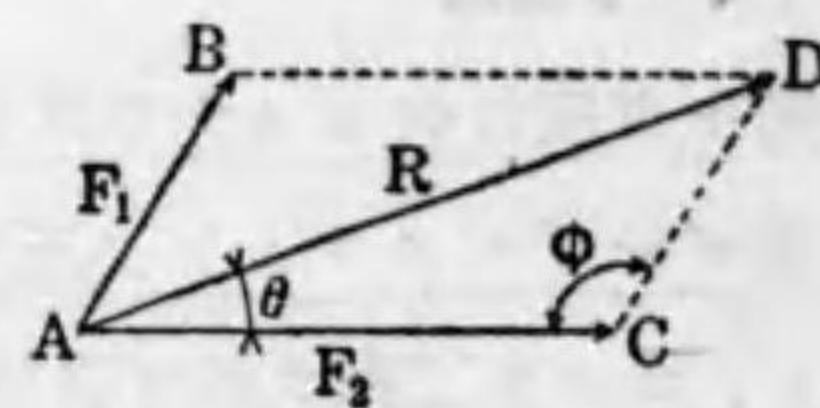
變位, 分速度, 分力等トイフ。力ノ合成, 分解法及ビ算式ヲ掲グ。

力ノ合成

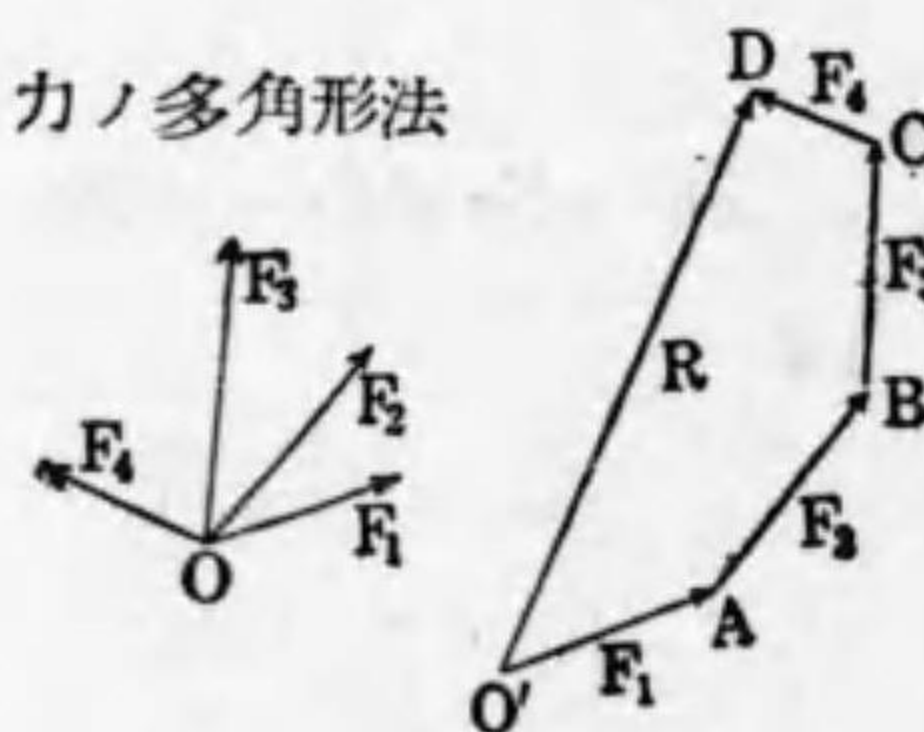
力ノ三角形法



平行四邊形法



力ノ多角形法



二力 F_1, F_2 ノ合力 R ノ大サ及ビ方向

ヲ示ス角 ϕ ヲ解折的ニ求メレバ

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos \phi$$

$$\therefore R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos \phi}$$

$$\sin \theta = \frac{F_1}{R} \sin \phi \dots (24)$$

$\phi = 90^\circ$ ノ時ハ $\cos \phi = 0$ ナルヲ以テ

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \quad \sin \theta = \frac{F_1}{R} \dots (24)'$$

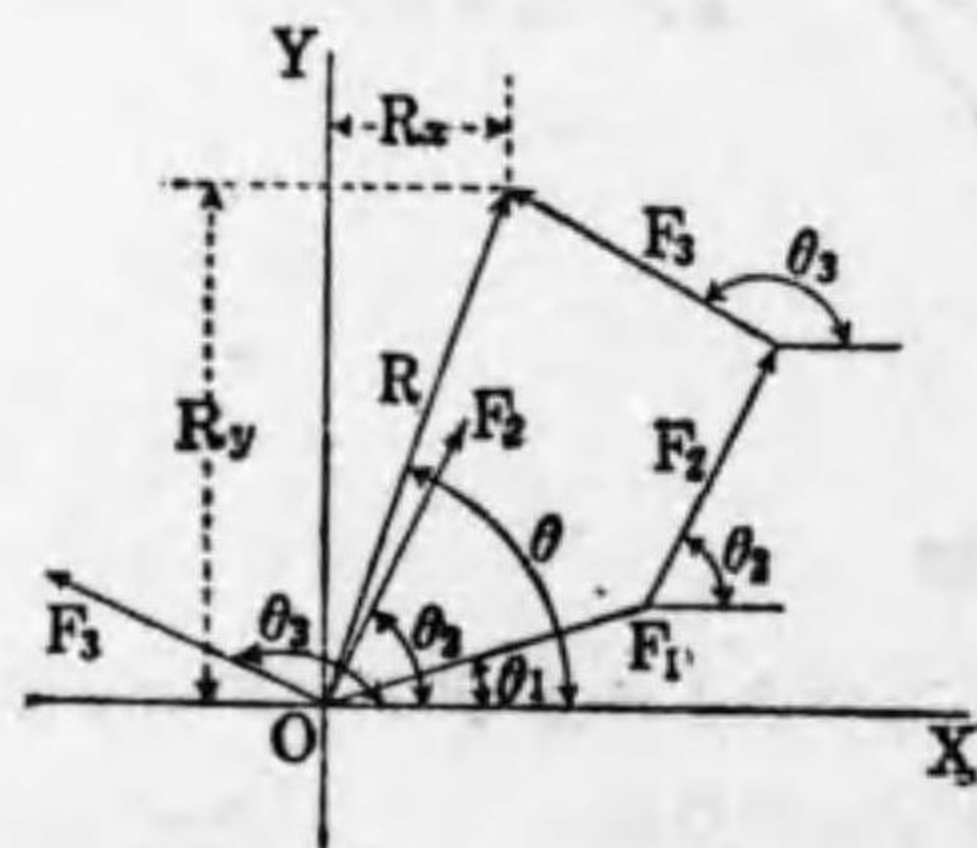
多數ノ力 F_1, F_2, F_3 ノ合力 R ヲ求メレバ

$$\left. \begin{aligned} Rx &= F_1 \cos \theta_1 + F_2 \cos \theta_2 + F_3 \cos \theta_3 \\ Ry &= F_1 \sin \theta_1 + F_2 \sin \theta_2 + F_3 \sin \theta_3 \end{aligned} \right\} \dots (25)$$

$$\left. \begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \\ \tan \theta &= \frac{R_y}{R_x} \end{aligned} \right\} \dots (25)'$$

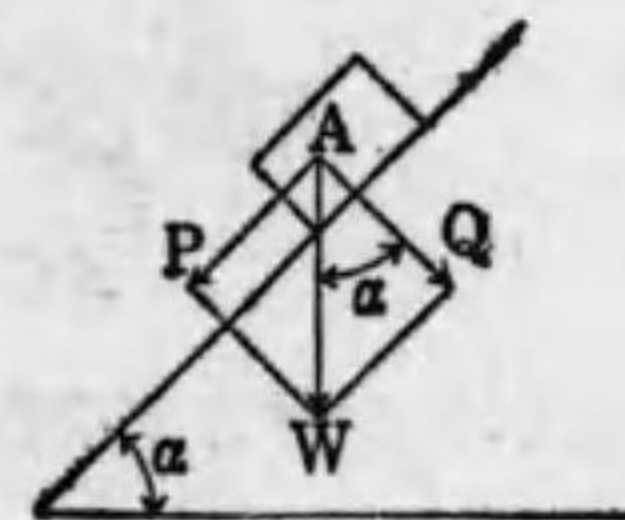
力ノ分解

例ヘバ重サ W ナル物體ガ傾角 α ナル斜面ヲ滑リ落チル時ニハ A = 働ク力ハ重力 W ト斜面ノ反力トデアツテ W ヲ斜面ニ平行ナ分力 P ト



直角ナ分力 Q トニ分解スレバ, P ハ物體 A ガ滑リ落チル力デ Q ハ物體ガ斜面ヲ押ス力デアアル。

$$P = W \sin \alpha, \quad Q = W \cos \alpha \dots (26)$$

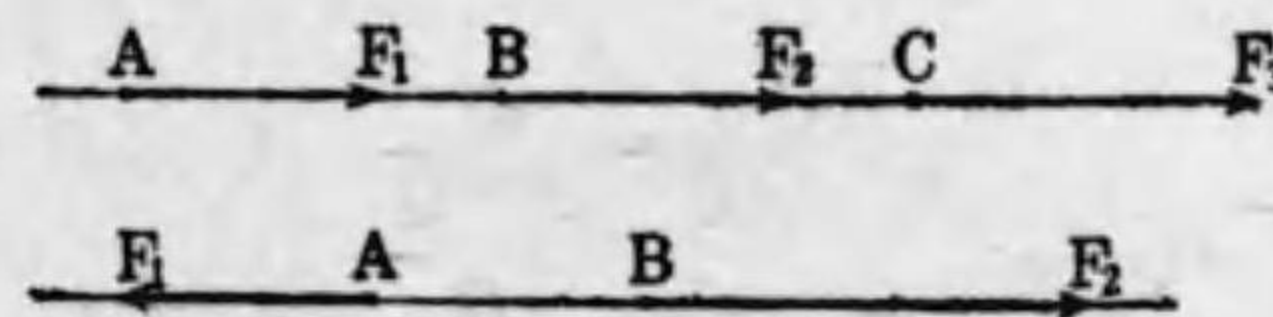


各種ノ力ノ合力ノ求メ方

(1) 多數ノ力ガ同一線上ニ働ク場合

$$\left. \begin{aligned} \text{合力 } R &= F_1 + F_2 + F_3 \\ R &= F_2 - F_1 \quad F_1 = F_2 \text{ ノ時ハ } R = 0 \end{aligned} \right\} \dots (27)$$

(2) 一平面上ニ於テ作

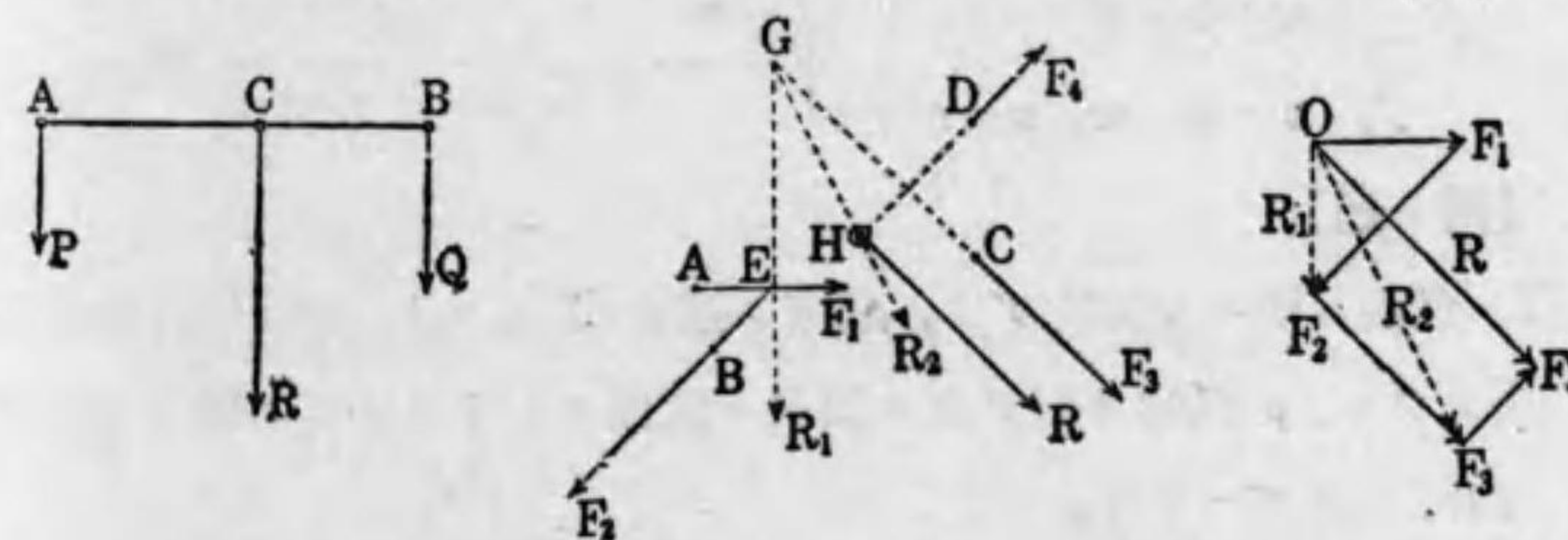


用線ガ平行デナイ力ノ合力

圖ニ於テ力 F_1, F_2, F_3, F_4 ガ點 A, B, C, D ニ働イテ居ル時ニハ任意ノ二力 F_1, F_2 ヲソノ作用線ノ交點 E ニ移シ, 合力 R_1 ヲ求メ, R_1 ト第三力 F_3 トソノ作用線ノ交點 G ニ移シテ R_1, F_3 ノ合力 R_2 ヲ求メ順次同様ニシテ最後ノ合力 R ヲ求メレバヨイ。

(3) 平行力ガ同方向ニ働ク場合

$$R = P + Q \dots (28)$$



着力點 C ノ位置ハ AB ヲ P, Q ノ逆比ニ内分シタ點デアアル。

$$\frac{AC}{CB} = \frac{Q}{P}$$

$$\frac{\overline{AC}}{\overline{AC+CB}} = \frac{Q}{P+Q}$$

$$\therefore \overline{AC} = \frac{Q}{P+Q} \overline{AB}, \overline{BC} = \frac{P}{P+Q} \overline{AB} \dots (29)$$

(4) 平行方が反対方向に働ク場合

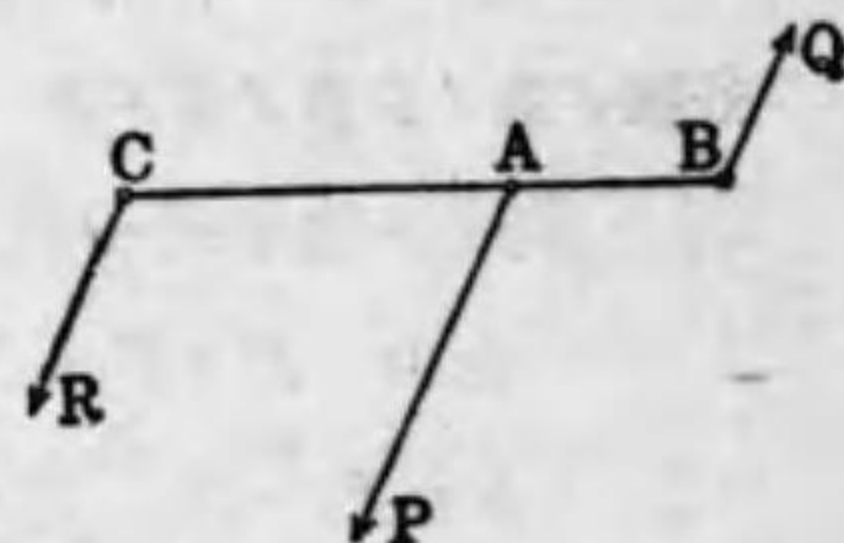
$$R = P - Q \dots (30)$$

着力点 C の位置は AB を P, Q の逆比に外分シタ点デアル。

$$\frac{\overline{AC}}{\overline{BC}} = \frac{Q}{P}$$

$$\frac{\overline{AC}}{\overline{BC-AC}} = \frac{Q}{P-Q}$$

$$\therefore \overline{AC} = \frac{Q}{P-Q} \overline{AB}, \overline{BC} = \frac{P}{P-Q} \overline{AB} \dots (31)$$



相對運動

乙物體ニ對スル甲物體ノ相對運動ハ甲物體ノ「ベクトル」カラ乙物體ノ「ベクトル」ヲ減ジタル「ベクトル」ヲ以テ表サル。

甲ノ絶對速度 = u 乙ノ絶對速度 = v トセバ

乙ニ對スル甲ノ相對速度 w ハ

$$\left. \begin{aligned} w &= u - v \\ \therefore v &= u - w, u = w + v \end{aligned} \right\} \dots (32)$$

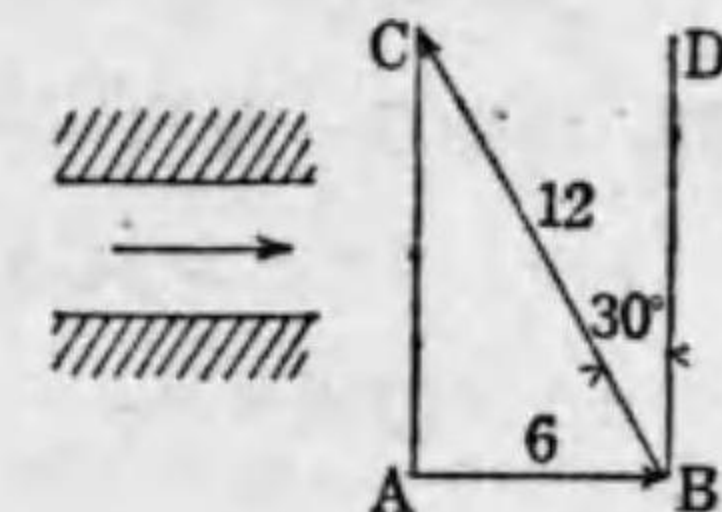
【問題】

77. 東西ニ横ハル海峡アリ, 潮流ノ速サ6「ノット」ナリトイフ。12「ノット」ノ汽船ヲ以テ之ヲ直角ニ横斷セントスルニハ船ノ進路ヲ如何ニ選ブベキカ。

船ノ速サトイフノハ水ニ對シテノ關係速度デアル。船ガ海峡ヲ直角ニ横斷センニハ船ノ地表ニ對スル絶對スル絶對速度ガ南北ナルコトヲ要ス。即チ潮流 AB ト船ノ速 BC ノ對スル速度 BC ノ合成セルモノガ南

北ナルコトヲ要ス。コレニハ「ベクトル」線圖 ABC 中ノ AB ⊥ AC = シテ AB=6, BC=12 トナシ ∠DBC ヲ求ムレバ船ノ進路 BC ノ方角ガ得ラレル ∠DBC=30°

78. 18「ノット」ノ速度ヲ以テ進路ヲ北ニトル船ト, 20「ノット」ノ速度ヲ以テ同じク進路ヲ東北ニトル船トアリ, 前者ニ對スル後々ノ關係速度ヲ求ム。



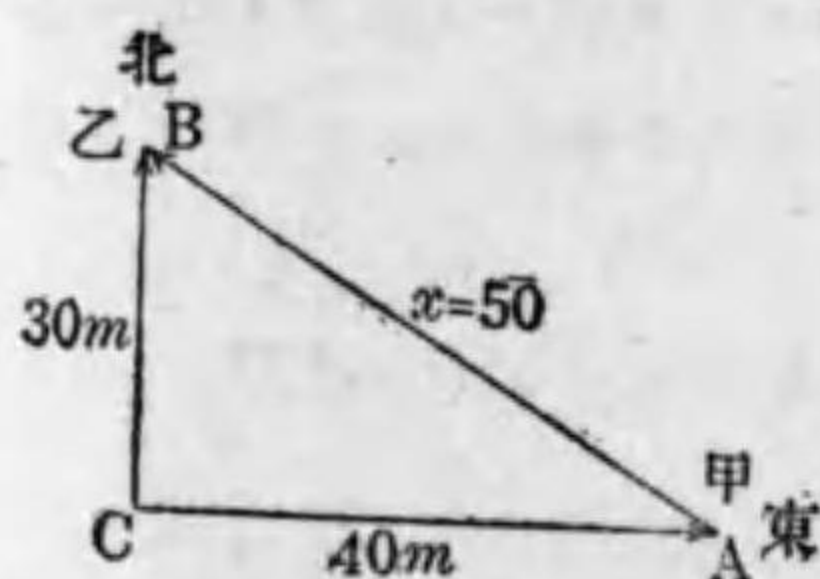
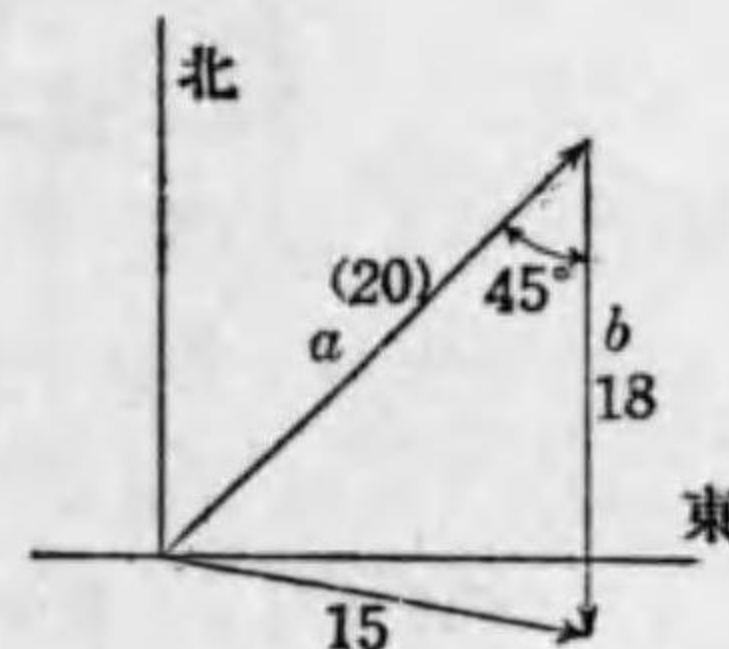
圖ノ如ク「ベクトル」a ヨリ「ベクトル」b ノ減法ニヨリ 答 15ノット

別解 $a^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \theta$ ヨリ

$$a^2 = 20^2 + 18^2 - 2 \times 20 \times 18 \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 224$$

$$\therefore a = 15$$

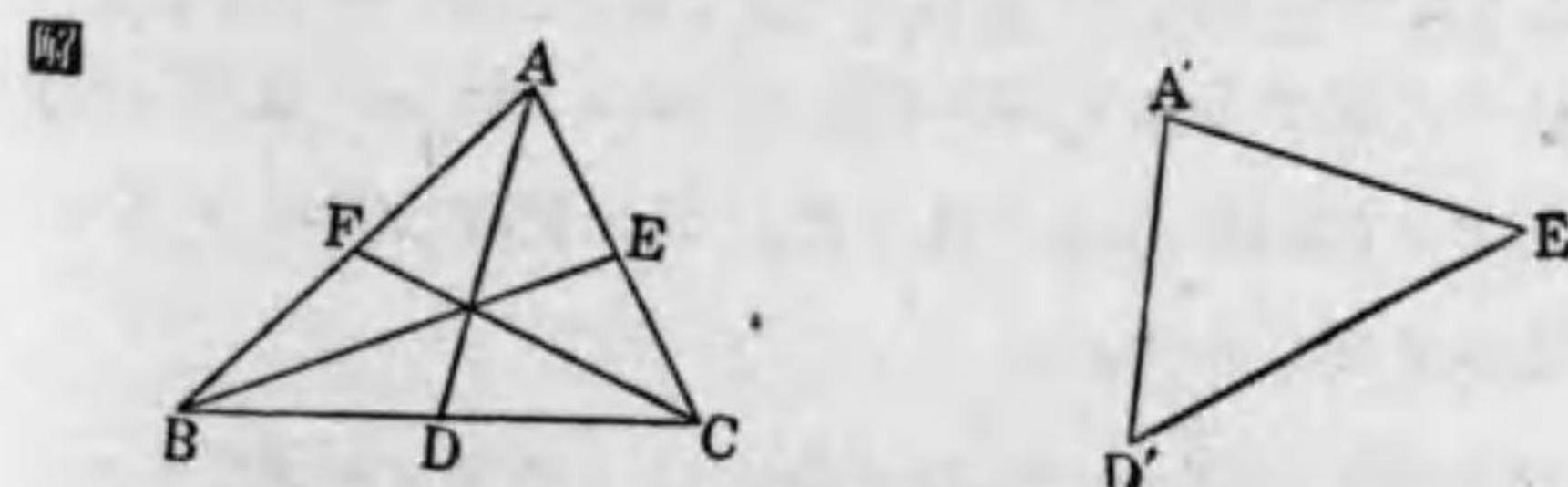
79. 同一点ヨリ甲ハ東へ40m, 乙ハ北へ30m歩イタトセバ, 甲ニ對スル乙ノ相對變位ハ何程カ。



圖ノ如ク「ベクトル」ACト「ベクトル」BCノ和ナル「ベクトル」ABヲ求メレバヨイ。

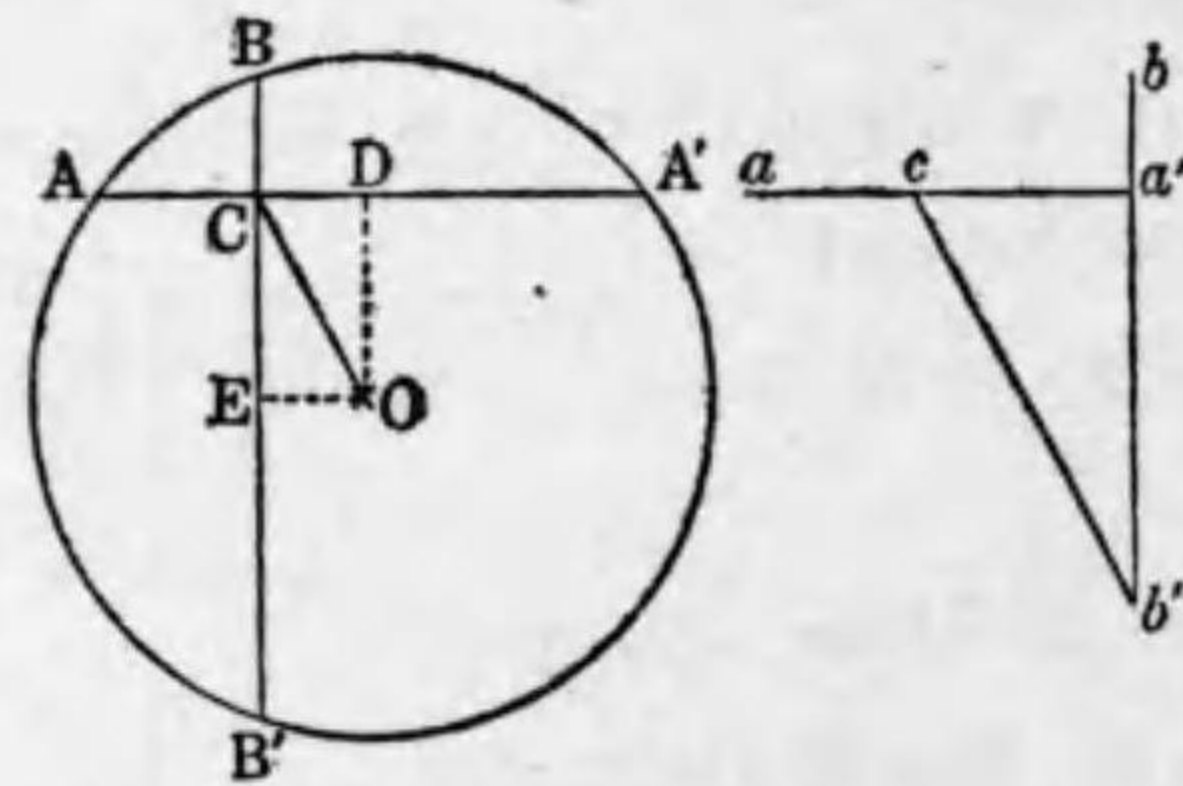
$$\begin{aligned} \text{別解 } a &= \sqrt{AC^2 + BC^2} = \sqrt{40^2 + 30^2} \\ &= \sqrt{1600 + 900} = \sqrt{2500} = 50m \end{aligned}$$

80. 三角形ノ各頂点 A, B, C ト對邊ノ中点 D, E, F トヲ結ブトキ, 變位 AD, BE, CE ノ合變位ハ零デアルコトヲ證明セヨ。



$AD = \text{平行} = AD = \text{等シク } A'D' \text{ ヲ引キ, } D' \text{ ヨリ } BE = \text{等シク且ツ}$
 $\text{平行} = D'E' \text{ ヲ引キ, } E' \text{ ヨリ } CF = \text{等シク且ツ平行} = E'A' \text{ ヲ引ケバ}$
 $A' = \text{歸ルヲ以テ三力ノ合力ハ零トナル。}$

81. 中心 O ノ圓内ニ互ニ直角ナニツノ弦 ACA' 及ビ BCB' ヲ引ク
 トキ「ベクトル」 CA, CA', CB, CB' ノ合「ベクトル」ハ $2CO$ ナル
 コトヲ證明セヨ。



$CA = \text{等シク且ツ平行} = ca' \text{ ヲ引キ } a \text{ ヨリ } CA' = \text{等シク且ツ平行} =$
 $aa' \text{ ヲ引キ } a' \text{ ヨリ } CB = \text{等シク且ツ平行} = a'b \text{ ヲ引キ } b \text{ ヨリ } CB' = \text{等}$
 $\text{シク且ツ平行} = bb' \text{ ヲ引ケバ } cb' \text{ ガコレヲ四力ノ合力トナリ } 2CO = \text{等}$
 シクナルヲ知ル。

別解 O ヨリ二弦ニ垂線ヲ下シソノ足ヲ D, E トセバ $AD = A'D$
 $BE = B'E$ ナルヲ以テ

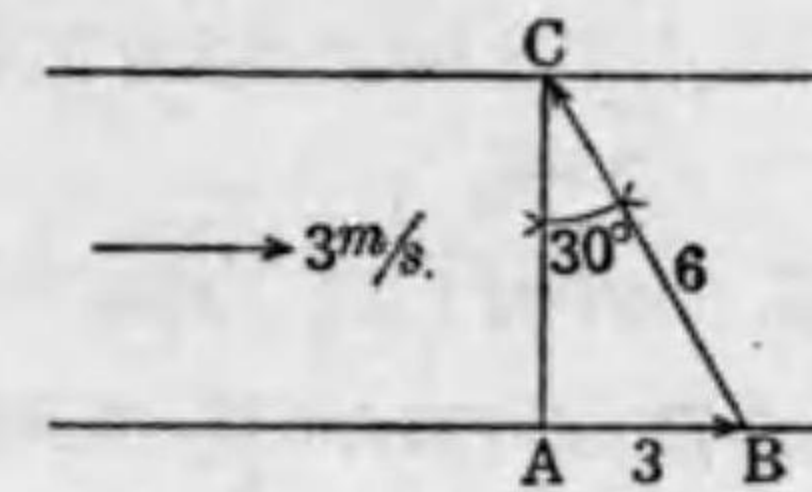
$$\begin{aligned} & \text{ベクトル } CA' + \text{ベクトル } CA = CA' - AC = \text{ベクトル } 2CD \\ + & \text{ベクトル } CB + \text{ベクトル } CB' = CB' - BC = \text{ベクトル } 2CE \\ \hline & \overline{CA'} + \overline{CA} + \overline{CB} + \overline{CB'} = 2\overline{CD} + 2\overline{CE} = 2(\overline{CD} + \overline{CE}) = 2\overline{CO} \end{aligned}$$

82. 静水ニ於ケル速サ $6m/s$ ノ船ガ速サ $3m/s$ ノ流レヲ直角ニ横切ル
 ニハ船ノ方向ヲ如何ニスレバヨイカ。又河幅ヲ $100m$ トスレバ河
 ヲ渡ルニ幾秒ヲ要スルカ。

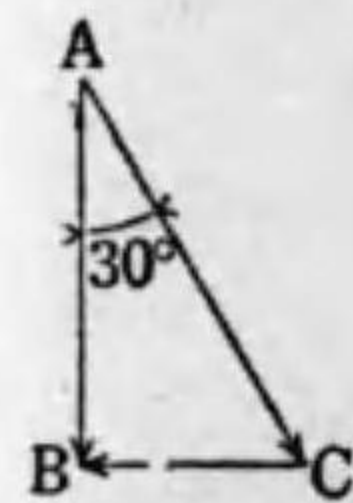
圖 圖ニヨリ河上ニ 30° ノ方向ニ船ヲ進ムベシ。合速度ハ \overline{AC} トナルカラ

河ヲ渡ルニ要スル時間ハ

$$\begin{aligned} t &= \frac{100}{AC} = \frac{100}{6 \cos 30^\circ} = \frac{100}{6 \times \frac{\sqrt{3}}{2}} \\ &= \frac{100}{3\sqrt{3}} = \frac{100\sqrt{3}}{9} \\ &= \frac{173.2}{9} = 19.24 \text{ 秒} \end{aligned}$$

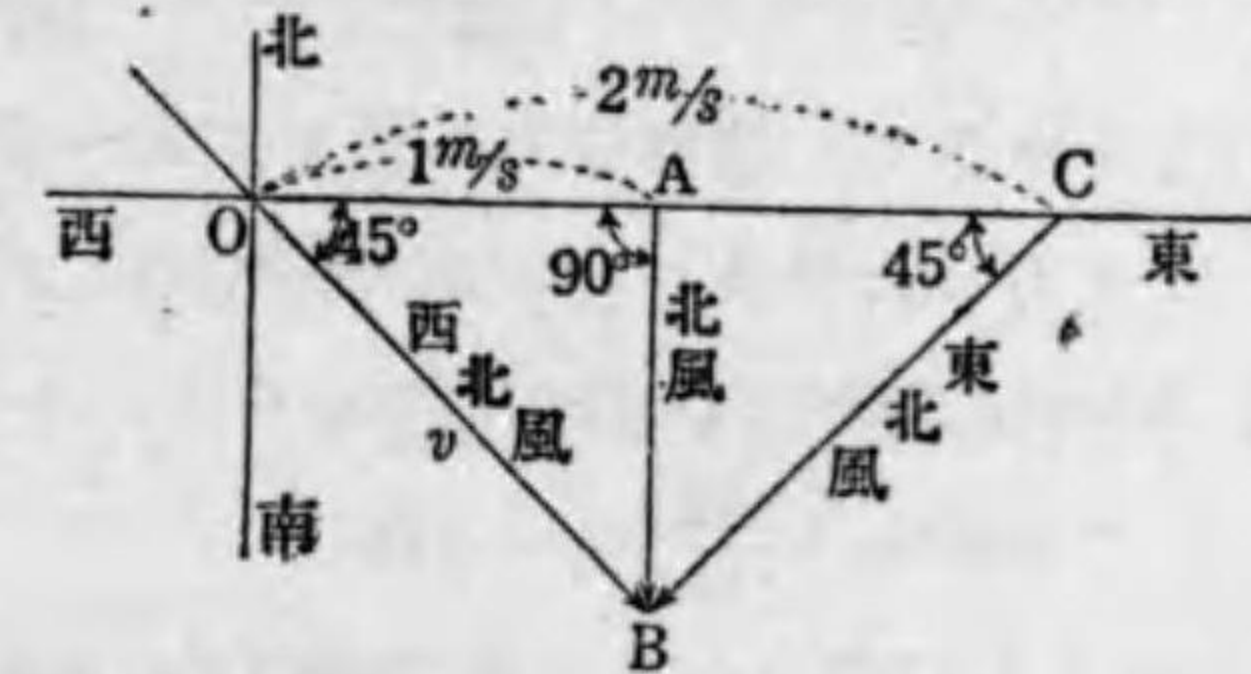


83. 無風ノ雨天ニ汽車ガ $80km/h$ ノ速サデ進行シテ居ルトキ窓ニ當
 ル雨滴ノ跡カ鉛直線ニ 30° 傾イテ居ルトセバ雨ノ落下速
 度ハ幾 m/s カ。



■ 汽車ノ速サ $BC = 80km/h = \frac{80000}{60 \times 60} = 22.2m/s$
 雨ノ落下速度 $AB = BC \cot 30^\circ = 22.2 \times \sqrt{3} = 38.6m/s$

84. 速度 $1m/s$ ニテ東方ヘ歩ク時ハ北風ト感ジタガ、速度ヲ $2m/s$ ニ
 スルト東北風ト感ジタトイフ。地面ニ對スル風ノ速サト方向ヲ求
 メヨ。



歩ク人ノ感ズル風ハ相對的ノ風デアル。故ニ $\overline{OA} = 1m/s$ ノ時ニ感ズ
 ル風ハ北風 \overline{AB} デ、 $\overline{OC} = 2m/s$ ノ時ニ感ズル風ハ東北風 \overline{CB} デアル。
 何レニシテモ求ムル風ノ眞ノ速度即チ絶對速度ハ \overline{OB} デアル。圖ニ於
 テ $\angle ACB = 45^\circ$ $\angle OAB = 90^\circ$

$$\begin{aligned} \therefore \angle ABC &= 45^\circ \therefore \triangle ABC \text{ ハ二等邊三角形トナリ } \overline{AB} = \overline{AC} \\ \overline{OC} &= 2 \quad \overline{OA} = 1 \therefore AC = 1 \therefore AB = 1 \\ \triangle OAB & \text{ニ於テ } v = \overline{OB} = \sqrt{\overline{OA}^2 + \overline{AB}^2} = \sqrt{2} = 1.414m/s \end{aligned}$$

$\overline{OA} = \overline{AB}$ ナルヲ以テ $\angle AOB = 45^\circ$ 故ニ風ノ方向ハ西北ノ風デア
ル。

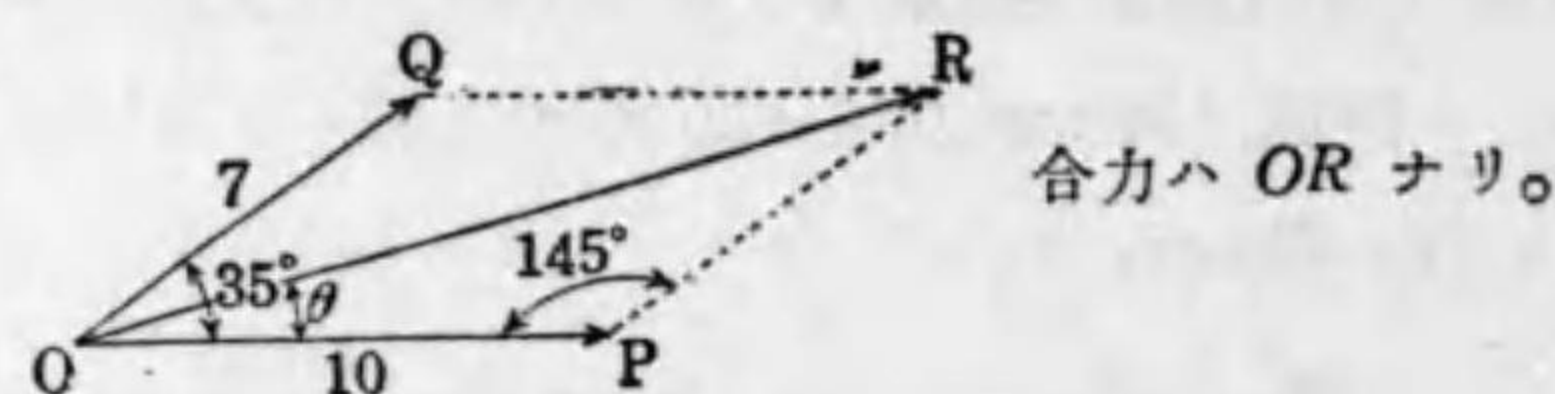
35. 水平面ト 72° ノ傾斜ヲナス $20kg$ ノ力ノ水平及ビ垂直分力ヲ求ム。

■ 水平分力 $H = 20 \cos 72^\circ = 20 \times 0.309 = \underline{6.18kg}$

垂直分力 $V = 20 \sin 72^\circ = 20 \times 0.951 = \underline{19.0kg}$

56. 力 OP ハ $10kg$, 力 OQ ハ $7kg$ ニシテ角 QOP ハ 35° ナリ。合力如何。

■



合力ハ OR ナリ。

別解 (24) 式ヨリ

$$R = \sqrt{7^2 + 10^2 - 2 \times 7 \times 10 \times \cos 145^\circ} = \sqrt{49 + 100 + 140 \times \cos 35^\circ}$$

$$= \sqrt{149 + 140 \times 0.819} = \sqrt{149 + 114.6} = \sqrt{263.6} = \underline{16.2kg}$$

$$\sin \theta = \frac{7}{16.2} \sin 145^\circ = \frac{7}{16.2} \times \sin 35^\circ = \frac{7 \times 0.574}{16.2} = 0.248 \quad \therefore \theta = \underline{14^\circ 18'}$$

87. 或力ノ水平及ビ垂直分力ハソレゾレ $-34.6kg$, 及ビ $+93.8kg$ ナリ。コノ力ノ大サ及ビソレガ水平方向トナス角度ヲ求ム。

■ $R = \sqrt{(-34.6)^2 + 93.8^2} = \underline{100kg}$

$$\tan \theta = -\frac{93.8}{34.6} = -2.71$$

正切ガ (-) ナルハ θ ガ第二象限ノ角ナルコトヲ示ス。然ルニ $\tan \theta = 2.71$ ナラバ $\theta = 69^\circ 42'$ $\therefore \tan \theta = -2.71$ = 對スル

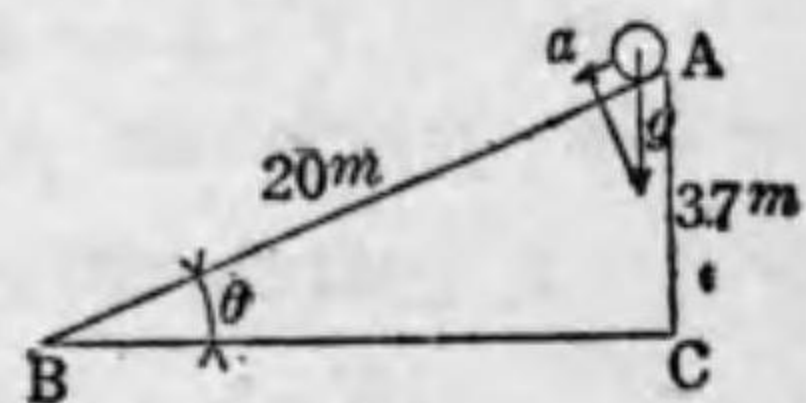
$$\theta = 180^\circ - 69^\circ 42' = \underline{110^\circ 18'}$$

88. 長サ $20m$, 頂點ノ高サ $3.7m$ ノ斜面

ニ沿ウテ物體ヲ落下セシムルニ底面ニ達スル時間ヲ問フ。

■ $AB = 20m$ $AC = 3.7m$

斜面ニ平行ナル g ノ分速度ヲ α トスレバ



$$\alpha = g \sin \theta = 9.8 \times \frac{3.7}{20} = 1.815m/s^2$$

$$AB = \frac{1}{2} \alpha t^2 \quad \text{ヨリ} \quad 20 = \frac{1.815}{2} t^2 \quad \therefore t = \sqrt{\frac{40}{1.815}} = \sqrt{22.05} = \underline{4.7秒}$$

89. 長サ $30m$ ノ平滑ナル板ヲ地平面ト傾斜シテ置キ, ソノ頂端ヨリコレニ沿フテ物體ヲ落シタル時地面ニ達スルニ 6.4 秒ヲ要シタリトイフ。板ノ傾斜角ヲ求ム。

■ 前問ト同様ニ斜面ニ平行ナル加速度ヲ α トセバ

$$\alpha = 9.8 \sin \theta = \frac{2 \times 30}{6.4^2}$$

$$\therefore \sin \theta = \frac{60}{6.4^2 \times 9.8} = 0.149 \quad \therefore \theta = \underline{8^\circ 35'}$$

90. 長サ $12m$ ノ平滑ナル板ヲ水平面ト $40^\circ 15'$ ノ傾キニ置キソノ頂端ヨリコレニ沿ウテ物體ヲ落ス時底面ニ達スルソノ速度ヲ求ム。

■ $\alpha = 9.8 \sin 40^\circ 15' = 9.8 \times 0.646 = 6.34m/s^2$

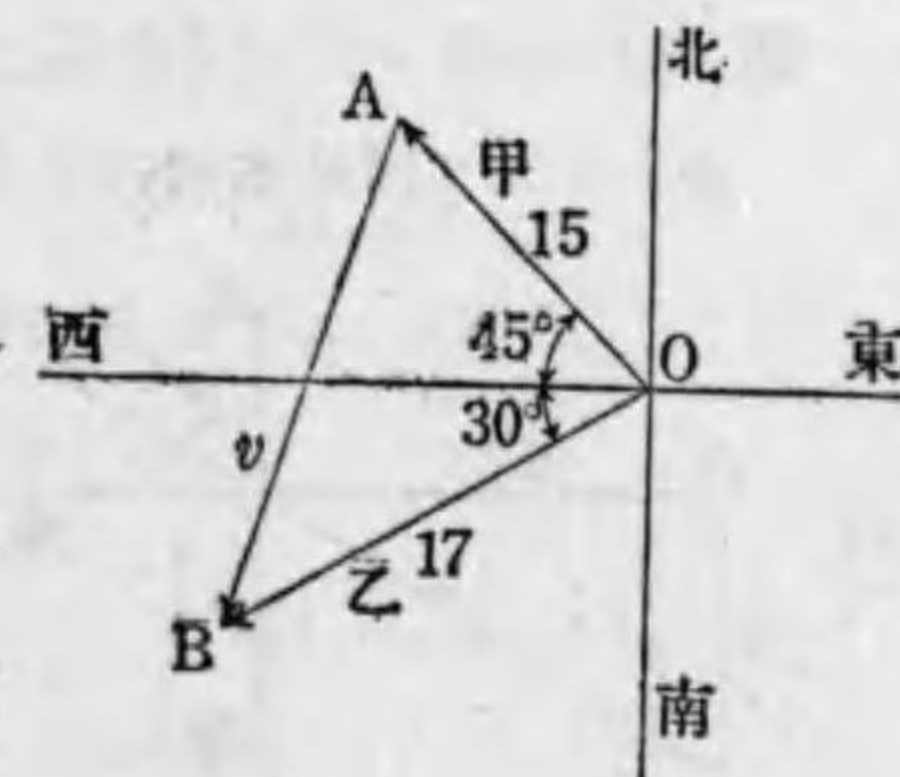
$$v = \sqrt{2\alpha s} = \sqrt{2 \times 6.34 \times 12} = \underline{12.3m/s}$$

91. 二隻ノ船アリ, 同時ニ同港ヲ發シ, 甲ハ北西ニ向ツテ 15 ノットノ速度ヲ以テ走り, 乙ハ西ヨリ $30'$ 南ノ方向ニ向ツテ 17 ノットノ速度ヲ以テ走ルトセバ甲ニ對スル乙ノ相對速度如何。但シ 1 ノット = $6,080 ft/h$

■ 圖ニヨリ $v = AB$ ガ求ムル相對速度デアル。

$$v = \sqrt{15^2 + 17^2 - 2 \times 15 \times 17 \cos(30^\circ + 45^\circ)}$$

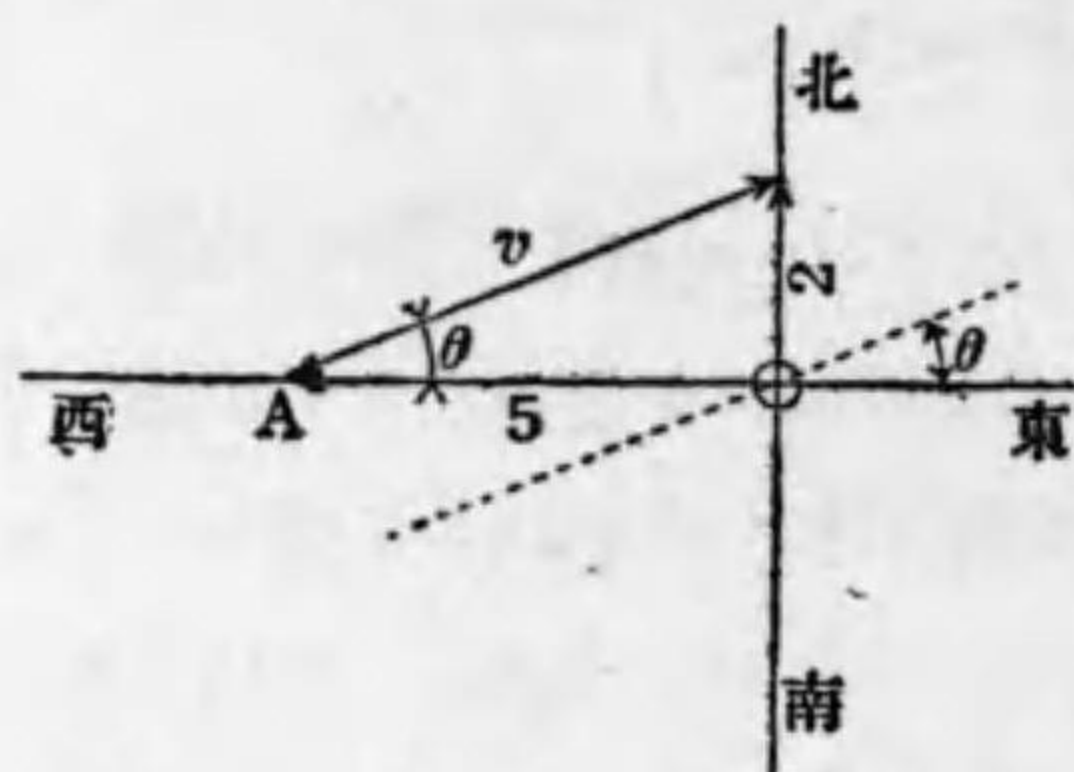
$$= \sqrt{514 - 510 \times 0.259} = \sqrt{382} = \underline{19.5ノット}$$



92. $5m/s$ ノ速度ヲ以テ西方ニ向ツテ航

行スル船ノ甲板上ニアル人ガ航路ニ

對シテ直角ノ方向ニ $2m/s$ ノ速度ヲ以テ水平ニ北方ニ石ヲ投グレバ, 船ニ對スル石ノ相對速度如何。



■ 圖ニヨリ $v=AB$ ガ求ムル

相對速度デアル。

$$v = \sqrt{OA^2 + OB^2} = \sqrt{5^2 + 2^2}$$

$$= \sqrt{29} = 5.4m/s$$

$$\tan \theta = \frac{OB}{OA} = \frac{2}{5} = 0.4$$

$$\therefore \theta = 21^{\circ}48'$$

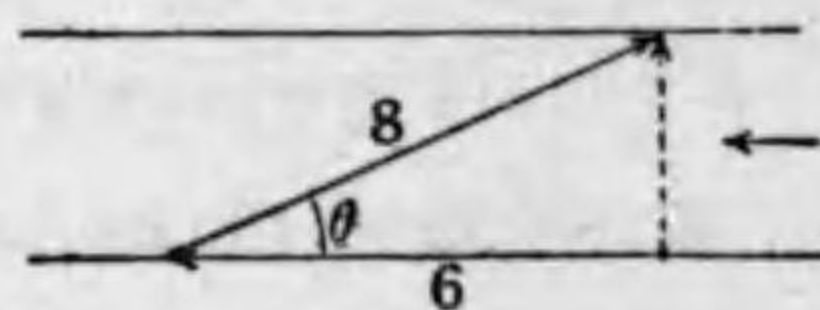
即チ東ヨリ $21^{\circ}48'$ 北ノ方向トナル。

93. $8km/h$ ノ速度ヲ以テ船ヲ漕ギ得ル人ガ $6km/h$ ノ速度ヲ以テ流ルル川ヲ直角ニ横切ルタメニハ船ノ針路ヲ如何ナル方向ニ取ツテ進メバヨイカ。

■ $\cos \theta = \frac{6}{8} = 0.75$

$$\therefore \theta = 41^{\circ}24'$$

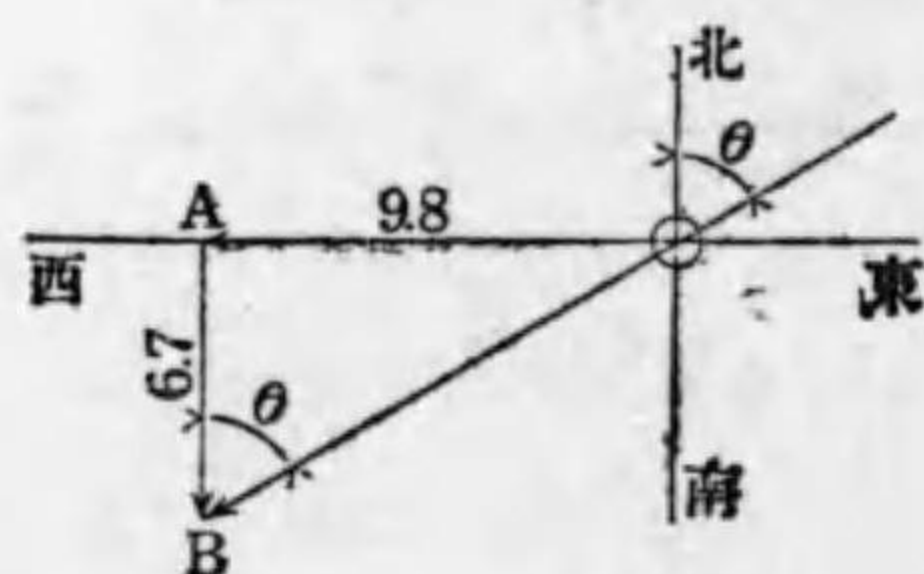
即チ上流ニ向ツテ $41^{\circ}24'$ ノ傾キヲナス方向ヲトレバヨイ。



94. $9.8m/s$ ノ速度ヲ以テ西方ニ向ツテ走ル船アリ、船中ノ旅客ハ $6.7m/s$ ノ速度ヲ以テ吹き來ル北風ヲ感ゼリトイフ。コノ風ノ絶對速度ヲ問フ。

■ 船中ノ客ノ感ジタ北風ハ船ニ對スル風ノ相對速度デアル。

故ニコレヲ AB デ表ハシ OA ヲ船ノ速度トスレバ OB ハ風ノ絶對速度



デアル。

$$v = \sqrt{OA^2 + AB^2} = \sqrt{9.8^2 + 6.7^2} = 11.9ms$$

北方トナス角ヲ θ トセバ

$$\tan \theta = \frac{OA}{OB} = \frac{9.8}{6.7} = 1.463$$

$$\therefore \theta = 55^{\circ}38'$$

95. $30m/s$ ノ速度デ放出サレタ水ガ初メノ方向ト 120° 傾イテ居ル通路ノタメソノ方向ヲ轉ジタトセバ速度ノ變化ハ何程カ。但シ速度

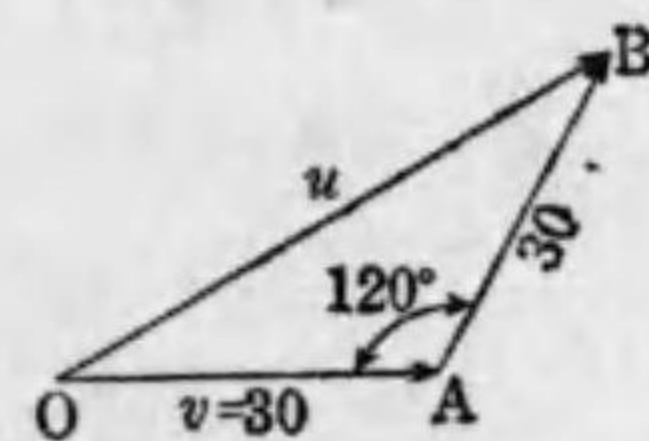
ノ大サハ變ラナイモノトス。

■ 圖ニヨリ $u=OB$ ガ求ムル速度デアル。

$$v = \sqrt{30^2 + 30^2 - 2 \times 30 \times 30 \cos 120^{\circ}}$$

$$= \sqrt{900 + 900 + 1800 \times \frac{1}{2}}$$

$$= \sqrt{1800 + 1800 \times 0.5} = \sqrt{2700} = 52m/s$$



96. 各 $70m$ ノ長サヲ有スル列車ガソレゾレ $36km/h$, $24km/h$ ノ速サデ同一方向ニ走ルトセバ一方ノ列車ガ他方ノ列車ヲ通過スルニ要スル時間ハ如何。

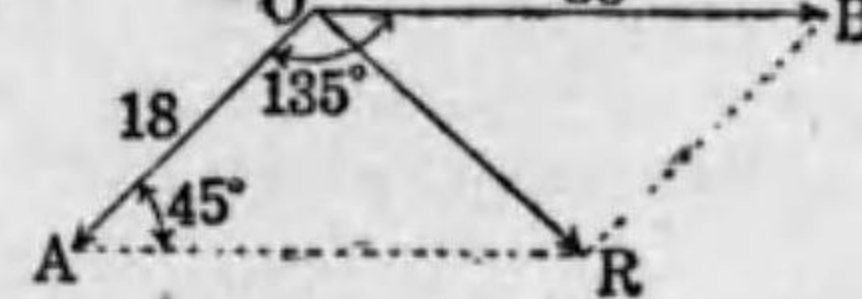
■ 兩車ノ相對速度ハ $36 - 24 = 12 km/h = \frac{12000}{60 \times 60} = \frac{120}{36} = \frac{10}{3} m/s$

一方ノ列車ガ他方ノ列車ヲ通過スルニハ $70 + 70 = 140m$ ヲ走ラネバナ

ラヌカラ時間ハ $t = 140 \div \frac{10}{3} = 42秒$

97. $18kg$ ノ力デ一點ヲ押シ之ト 135° ノ角度ヲナシテ $35kg$ ノ力デ同一點ニ働カセバソノ合力如何。

■ OR ガ求ムル合力ナリ



$$OR = \sqrt{OA^2 + AR^2 - 2OA \cdot AR \cos 45^{\circ}}$$

$$= \sqrt{18^2 + 35^2 - 2 \times 18 \times 35 \times \frac{1}{\sqrt{2}}}$$

$$= \sqrt{324 + 1225 - 890}$$

$$= \sqrt{659} = 25.6kg$$

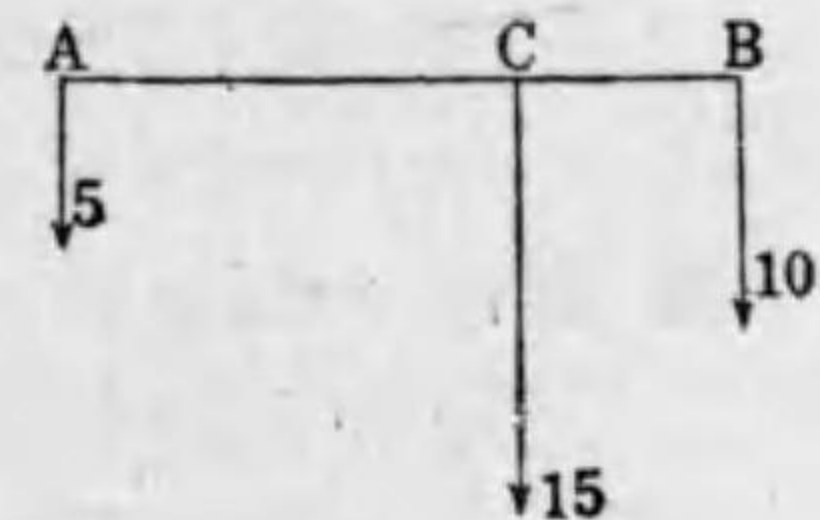
98. $1m$ ノ距離ヲヘダテ、ソレゾレ $10kg$ 及ビ $5kg$ ノ平行二力ガ働クトキノ合力ノ大サ及ビ着力點ヲ求メヨ。

■ 合力 $= 5 + 10 = 15kg$

公式(29)ニヨリ

$$AC = \frac{10}{10+5} \times 1 = \frac{10}{15} = \frac{2}{3}m$$

$$\therefore BC = \frac{1}{3}m$$



99. 一物體 = 50kg, 30kg, 40kg ノ力ガ各 60cm, 30cm ノ間隔デ平行同方向ニ働クトキノ合力ノ大サト着力点ヲ求メヨ。

解 50kg ト 30kg ノ合力 80kg ノ着力点ヲDトスレバ

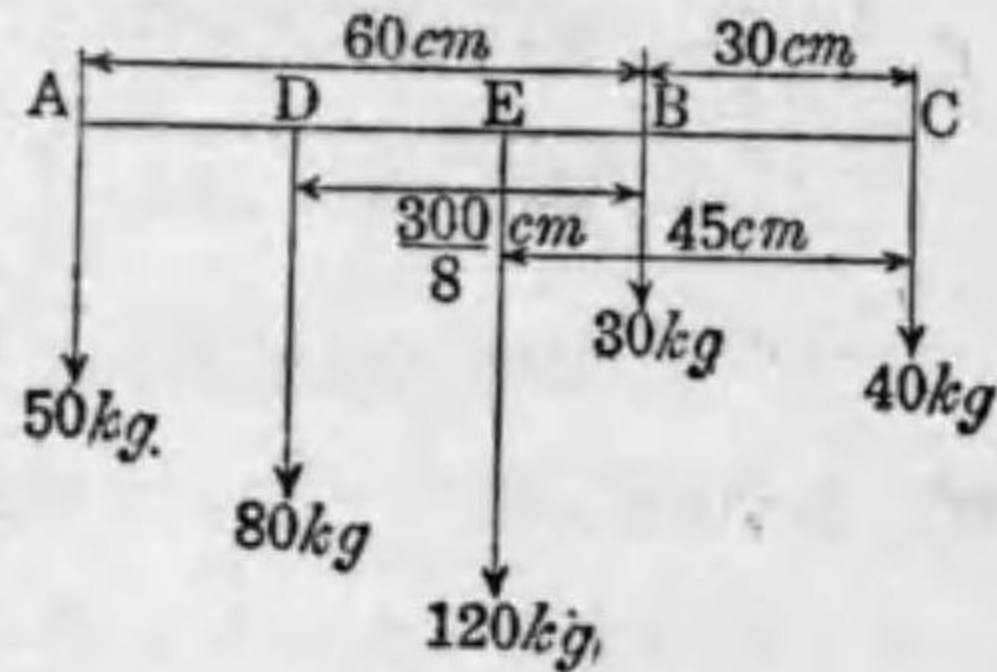
力点ヲDトスレバ

$$\overline{BD} = 60 \times \frac{50}{50+30} = 60 \times \frac{5}{8} = \frac{300}{8} \text{ cm}$$

80kg ト 40kg ノ合力 120kg ノ着力点ヲEトスレバ

点ヲEトスレバ

$$\overline{CE} = \left(\frac{300}{8} + 30 \right) \times \frac{80}{80+40} = \frac{540}{8} \times \frac{8}{12} = \frac{540}{12} = 45 \text{ cm}$$



100. 前問ニ於テ 30kg ノ力

ガ反対ノ向キナル時ノ合力

ノ大サ及ビ着力点ヲ求

ム。

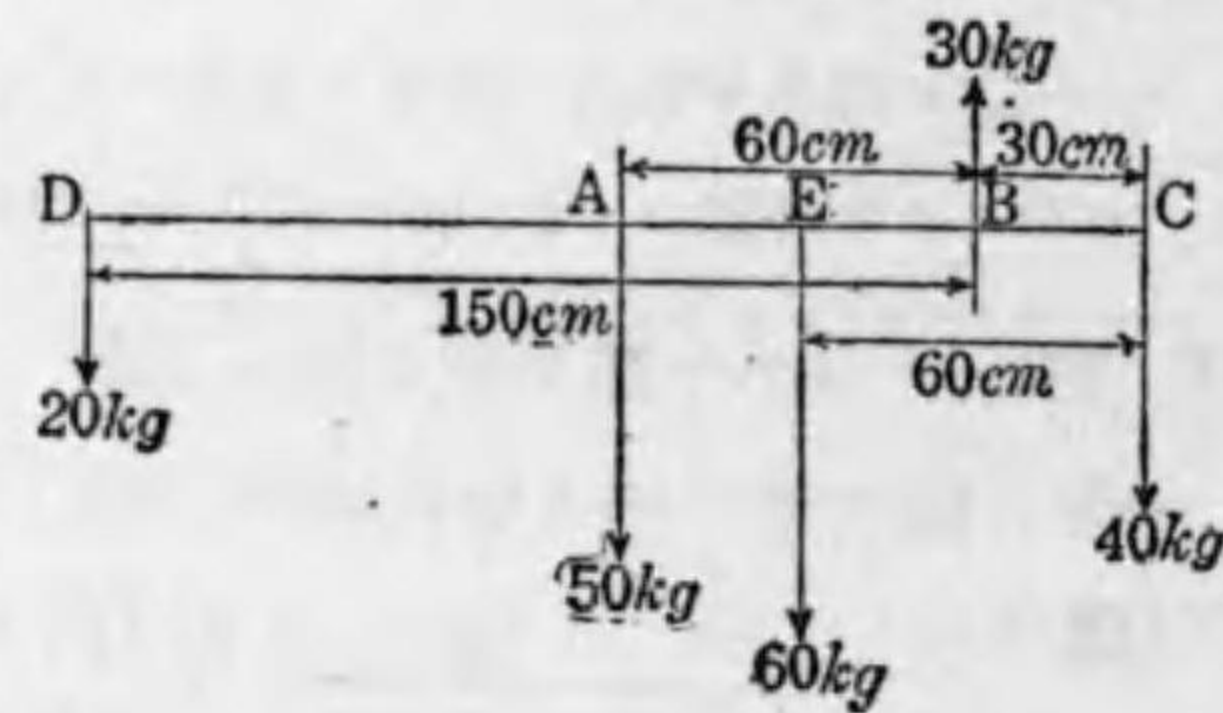
解 50kg ト -30kg ノ合力

20kg ノ着力点ヲDトセバ

$$\overline{BD} = 60 \times \frac{50}{50-30} = 60 \times \frac{5}{2} = 150 \text{ cm}$$

20kg ト 40kg ノ合力 60kg ノ着力点ヲEトセバ

$$\overline{CE} = (30+150) \times \frac{20}{20+40} = 30 \times \frac{2}{1} = 60 \text{ cm}$$



101. 二人ノ小供ガ同時ニ「フットボール」ヲケルニ一人ハ北ニ向

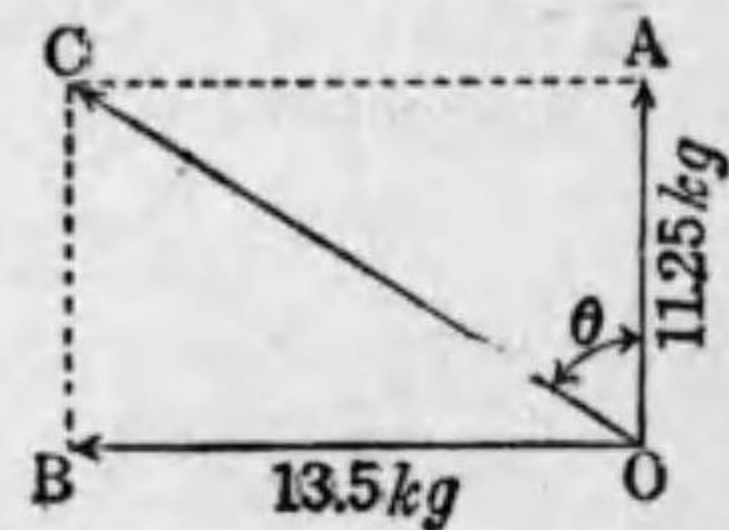
ツテ 11.25kg ノ力ヲ出シ、一人ハ西ニ向ツテ 13.5kg ノ力ヲ出スモ

ノトセバ球ノ動ク方向如何。又ソノ時

ノ合力ノ大サヲ求メヨ。

解 圖ニヨリ \overline{OC} ガ求ムル合力ナリ

$$\begin{aligned} \overline{OC} &= \sqrt{11.25^2 + 13.5^2} = \sqrt{126 + 182} \\ &= \sqrt{308} = 17.6 \text{ kg} \end{aligned}$$



$$\tan \theta = \frac{AC}{OA} = \frac{OB}{OA} = \frac{13.5}{11.25} = 1.21$$

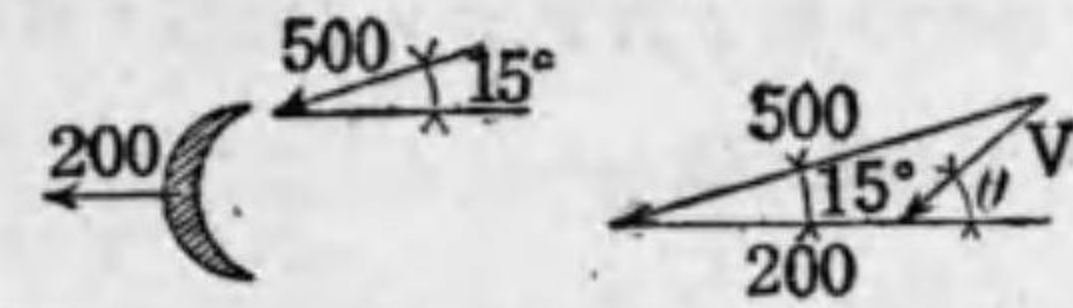
$$\therefore \theta = 50^\circ 30' \text{ (北ヨリ西へ)}$$

102. 蒸汽タービンノアル膨脹段ニ於ケル汽翼ノ平均速度ハ 200m/s

デ噴汽ノ速度 500 m/s デ汽翼ノ運動方向ト 15° ノ傾斜ヲナスツイ

フ。汽翼ニ對スル噴汽ノ關係

速度ヲ求メヨ。



$$\text{解 } v = \sqrt{500^2 + 200^2 - 2 \times 500 \times 200 \cos 15^\circ} = \sqrt{96800} = 311 \text{ m/s}$$

$$\sin 15^\circ = \frac{311}{500} \sin \theta \quad \therefore \sin \theta = \frac{0.259 \times 500}{311} = 0.417 \quad \therefore \theta = 24^\circ 40'$$

第四章 力ノモーメント, 偶力, 及ビ力ノ釣合。

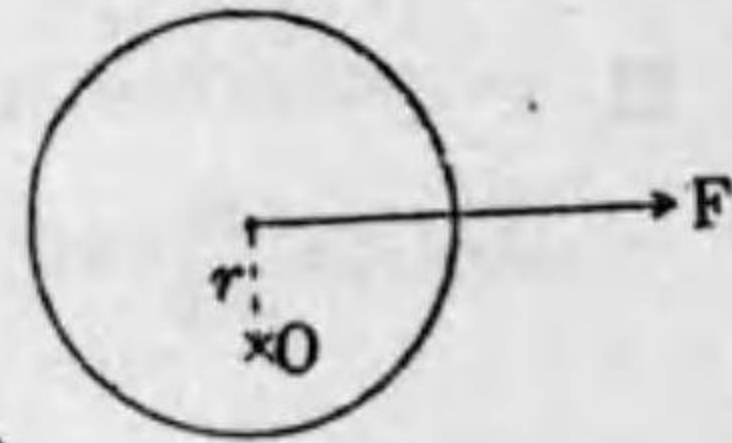
力ノモーメント

物體ニ働ク力 F ガソノ物體ヲ或軸 O ノ周リニ廻轉セントスル作用ヲコノ軸ニ關スル力ノ「モーメント」トイヒ, 工業上デハ「トルク」トイフ。

「トルク」ノ大サハ

$$T = Fr \dots\dots\dots(33)$$

垂直距離 r ヲ「モーメント」ノ腕トイフ。



「バリノン」ノ定理

物體ノ一平面内ニ働ク多數ノ力ノ一軸ニ關スル「モーメント」ノ代數和ハ, 夫等ノ力ノ合力ノソノ軸ニ關スル「モーメント」ニ等シイ。

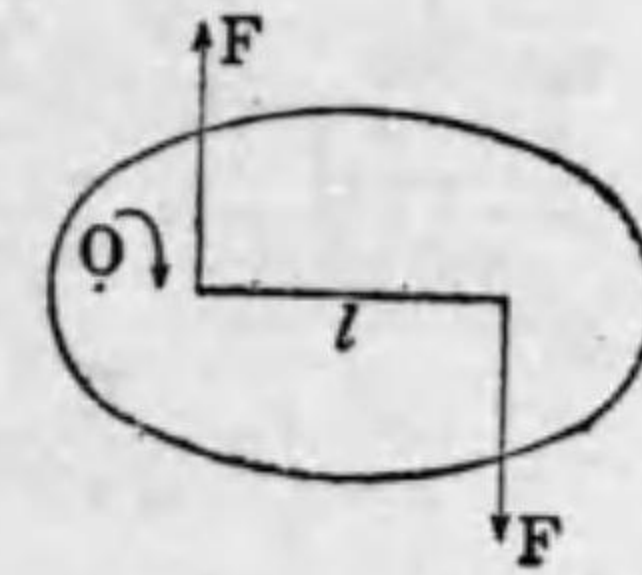
偶 力

大サ等シク平行デ向キ反對ナル一對ノ力ヲ偶力トイフ, 二力間ノ垂直距離ヲ偶力ノ腕トイフ。

- (1) 偶力ハ一ツノ力ヲ以テ置き換ヘルコトヲ得ナイ。
- (2) 偶力ノモーメントハ一力ノ大サトソノ腕トノ相乗積ニ等シク偶力ノ面ニ直角ナル任意ノ軸ニ關シテ同一デアル。
- (3) 偶力ハソノ面内ノ任意ノ一點ノ周リニ廻轉シテモソノ効果ヲ變ヘナイ。
- (4) 偶力ハソノ面内ニ於テ或ハ之ニ平行ナル平面ヘ自身ニ平行ノ位置ニ移シテモソノ効果ヲ變ヘナイ。
- (5) モーメント相等シクシテ同一或ハ平行ノ平面内ニアル二ツノ

偶力ハ物體ニ對シテ同一ノ効果ヲ有スル。

圖ニ於テ偶力ノ「モーメント」ノ大サハ Fl トナリ, 單位ハ米珎 ($m \cdot kg$) 呎封度 ($ft \cdot lb$) ヲ用フ。



力ノ釣合

物體ニ多クノ力が働ク時ソノ合力ガ零ナレバ力が働カナイノト同ジデ物體ノ運動状態ニハ變化ガナイノデ斯様ナ場合力ハ釣合ツテ居ルトイフ。

力が釣り合フタメノ必要條件

- (1) 力ノ多角形ガ閉ヂルコト 即チ直角座標軸ノ方向ノ分力ノ代數和ガ零ナルコト。
- (2) 任意ノ點ニ關スル各力ノ「モーメント」ノ代數和ガ零トナルコト。

力が同一平面上ニアル時ハ

$$\left. \begin{aligned} R &= \sqrt{X^2 + Y^2} = 0 \\ X &= 0 \quad Y = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(34)$$

力が同一平面上ニナイ時ハ

$$\left. \begin{aligned} R &= \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} = 0 \\ X &= 0 \quad Y = 0 \quad Z = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(34)'$$

三力ノ釣合 (「ラミー」ノ定理)

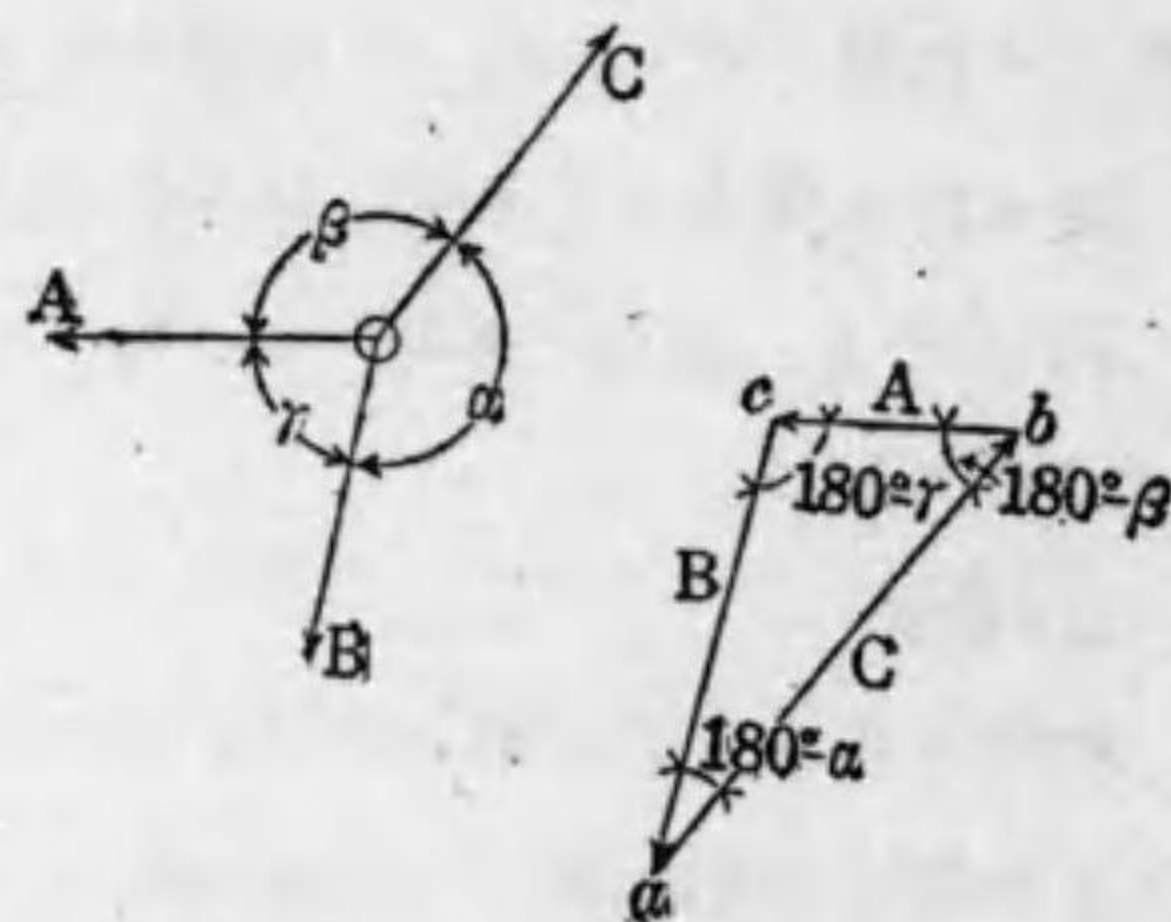
一點ニ働ク三ツノ力 A, B, C ガ釣合フトキハコレヲ力ノ三角形ハ閉ヂルカラ三力ハ必ズ一平面上ニ存在シ, 次ノ正弦比例式ヲ得。

$$\frac{A}{\sin(180^\circ - \alpha)} = \frac{B}{\sin(180^\circ - \beta)}$$

$$= \frac{C}{\sin(180^\circ - \gamma)}$$

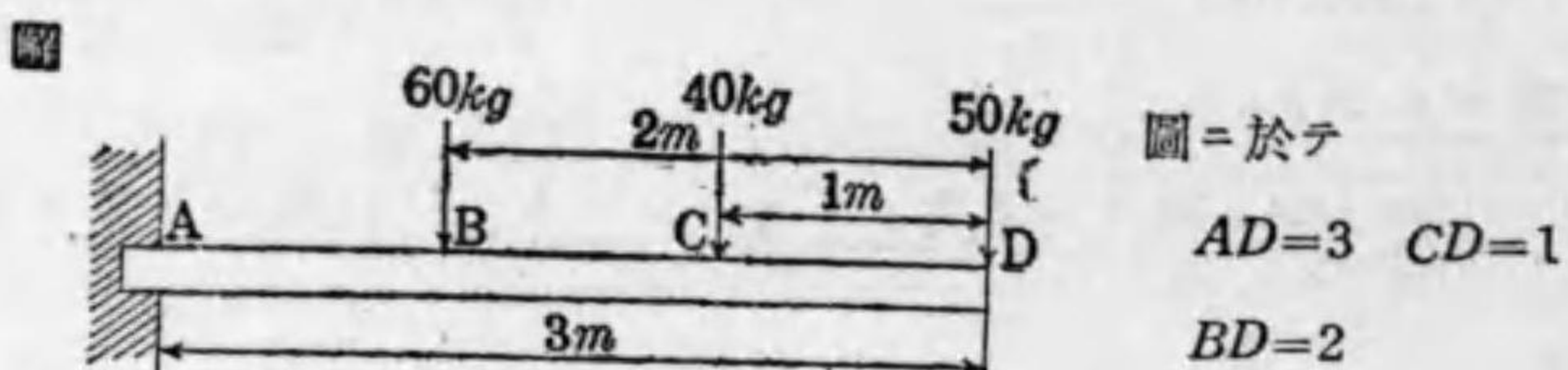
$$\therefore \frac{A}{\sin \alpha} = \frac{B}{\sin \beta} = \frac{C}{\sin \gamma}$$

.....(35)



【問題】

103. 長さ3mノ片持梁ノ自由端トソレカラ1m及ビ2mノ點ニ夫々50kg, 40kg, 60kgノ荷重ヲ加ヘタトスレバ, 固定端ニ對スル「モーメント」ハ何程カ。



圖ニ於テ
AD=3 CD=1
BD=2

∴ AB=3-2=1m AC=3-1=2m

∴ Aニ對スル「モーメント」ヲMトセバ

$$M = 60 \times \overline{AB} + 40 \times \overline{AC} + 50 \times \overline{AD} = 60 \times 1 + 40 \times 2 + 50 \times 3 = 290 \text{ mkg}$$

104. 前問ニ於テ40kgノ力ガ反對ノ向キトキハ何程カ。

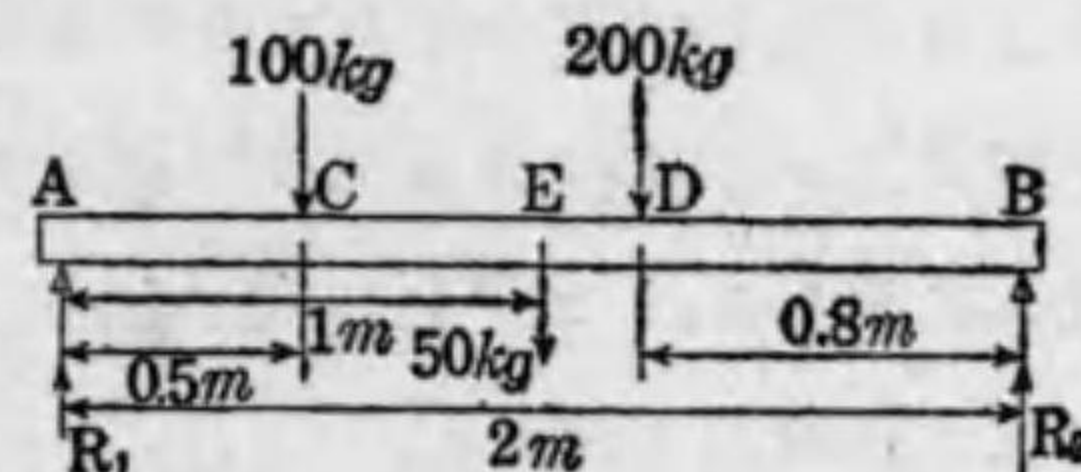


$$M = 60 \times 1 - 40 \times 2 + 50 \times 3$$

$$= 60 - 80 + 150 = 130 \text{ mkg}$$

105. 長さ2m, 重量50kg断面形状一樣ナル梁ノ兩端ヨリ夫々50cm 80cmノ距離ニ100kg, 及ビ200kgノ荷重ヲ加ヘル時, 梁ノ兩端ヲ支フベキ反力R₁及ビR₂ヲ求メヨ。

■ 断面形状一樣ナル梁ナル故ニ自重50kgハ梁ニ一樣ニ分布シテカカルト見做スコトヲ得ル



ヲ以テ梁ノ中央E點ニ50kgカカルト考ヘテ差支ヘナシ。

先ヅA點ノ廻リノ「モーメント」ヲ考フルニ右廻リノ「モーメント」ハ

$$M = 100 \times 0.5 + 50 \times 1 + 200 \times (2 - 0.8) = 50 + 50 + 240 = 340 \text{ mkg}$$

左廻リノ「モーメント」ハ2R₂トナリ, 釣合ノ條件ヨリ

$$2R_2 = 340 \quad \therefore R_2 = 170 \text{ kg}$$

$$100 + 50 + 200 = R_1 + 170 \quad \therefore R_1 = 180 \text{ kg}$$

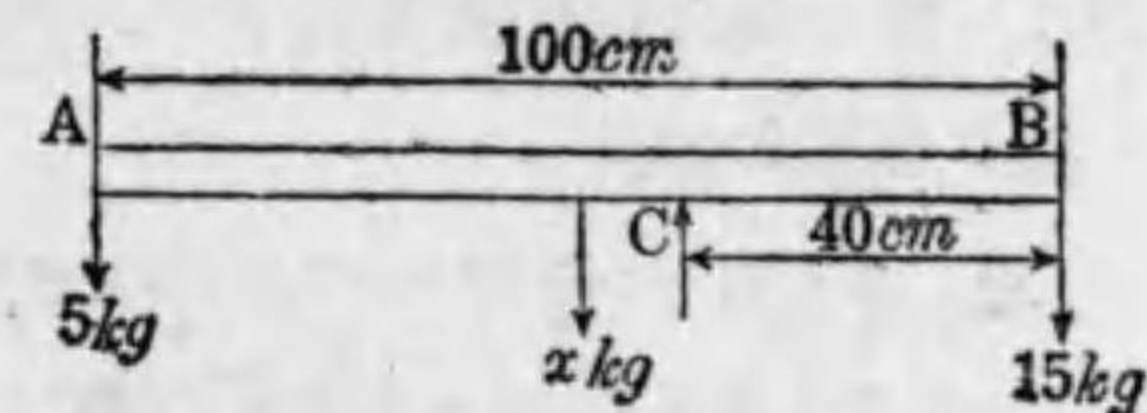
106. 長さ1mノ棒ノ兩端A, Bニ夫々重サ5kg及15kgノ物體ヲ吊リBカラ40cmノ點ニ支點ヲ置ケバ釣合フ。棒ノ重量ヲ求メヨ。

■ 棒ノ重量ヲxkgトシC點ニ關スル「モーメント」ノ釣合ヨリ

$$5 \times 60 + x \times 10 = 15 \times 40$$

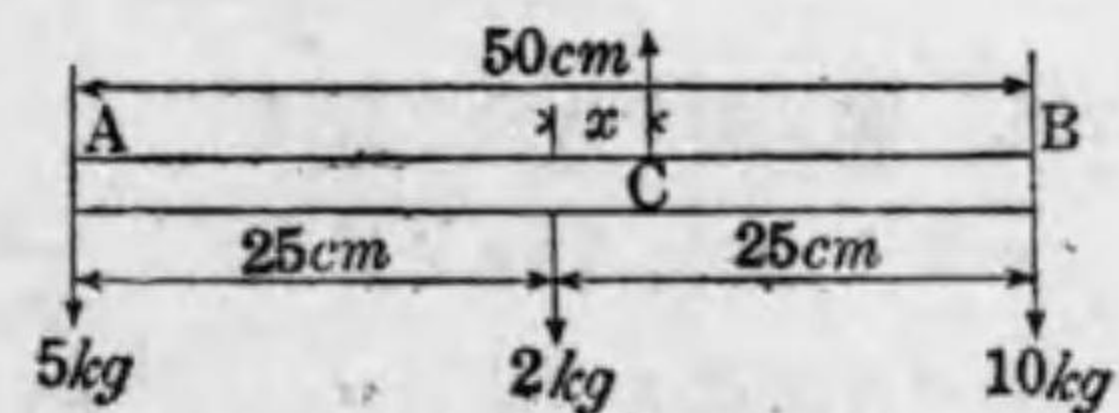
$$\therefore x = \frac{1}{10} (600 - 300)$$

$$= 30 \text{ kg}$$



107. 長さ50cm直径一樣ナル棒アリ, ソノ重量2kgナリトイフ。兩端ニ5kg及10kgノ重量ヲ吊シテ釣合シメルニハ支點ヲ何處ニ置ケバヨイカ。

■ 棒ノ中央ヨリ支點マデノ距離ヲxcmトシC點ニ關スル「モーメント」ノ釣合ヲトルニ

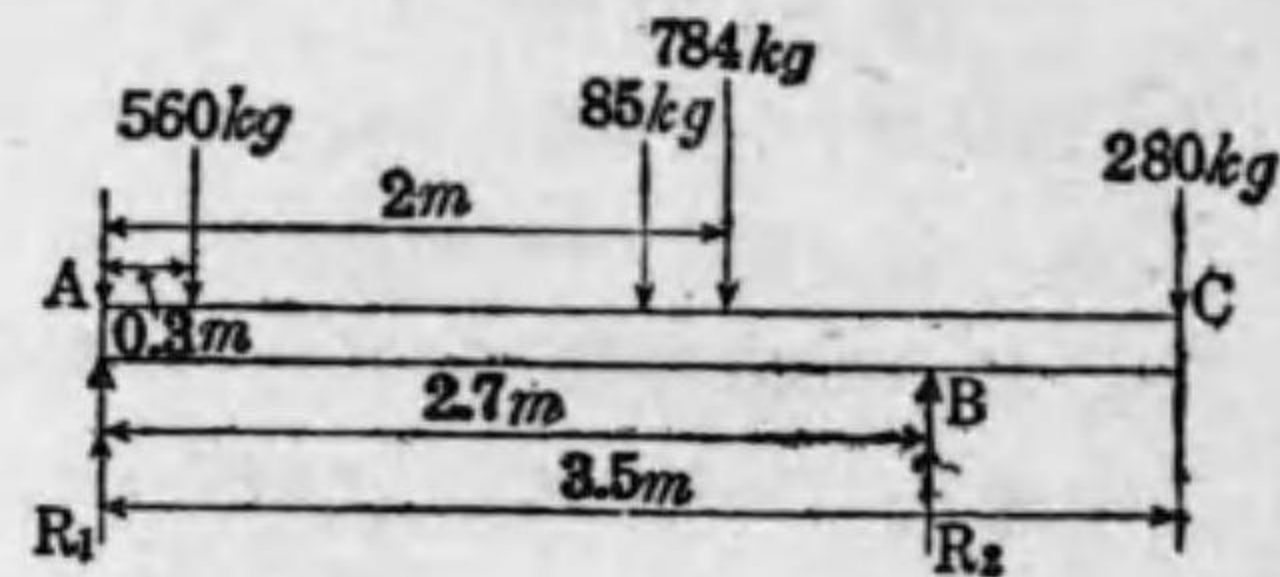


$$5 \times (25 + x) + 2 \times x = 10 \times (25 - x)$$

$$125 + 5x + 2x = 250 - 10x \dots \dots \dots 17x = 125 \quad \therefore x = 7.35 \text{ cm}$$

108. 太サ及ビ材質一樣ナル長サ 3.5m, 重量 85kg ノ棒 AC ガ 2.7m
ヲ距ルニツノ支柱 A 及ビ B ヲ以テ水平ニ支ヘレ, 支柱 A へ棒ノ一
端ニアリトシ, コノ上ニ次ノ如キ三ツノ重量ヲノセタル時,
支柱ノ反働力ヲ求ム。

A ヨリ 0.3m ノ所ニ
560kg, A ヨリ 2m ノ所
ニ 784kg 及ビ C ノ位置
ニ 280kg



■ A ノ周リノ「モーメント」ヲトレバ

$$560 \times 0.3 + 85 \times \frac{3.5}{2} + 784 \times 2 + 280 \times 3.5 = 2.7 \times R_2$$

$$\therefore R_2 = \frac{168 + 148 + 1568 + 980}{2.7} = \frac{2864}{2.7} = 1061 \text{ kg}$$

$$R_1 = 560 + 85 + 784 + 280 - 1061 = 648 \text{ kg}$$

109. 圖ノ如キ楨桿安全弁アリ, 汽罐ノ常用壓力 7kg/cm² トセバ重
錘ノ位置如何。

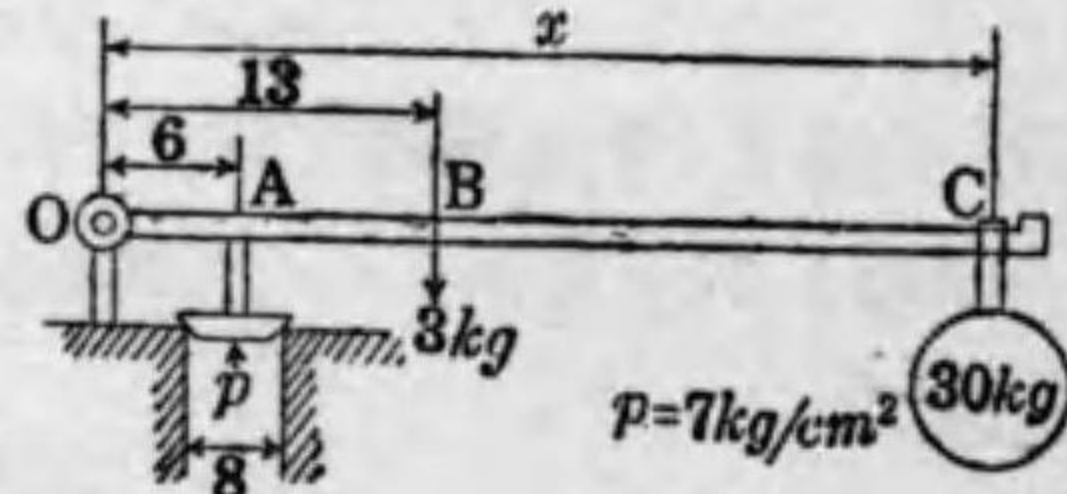
■ 弁ニ加ハル全壓力 = $7 \times \frac{\pi}{4} \times 8^2 \text{ kg}$

0 點ニ關スル「モーメント」ノ釣

合ヲトレバ

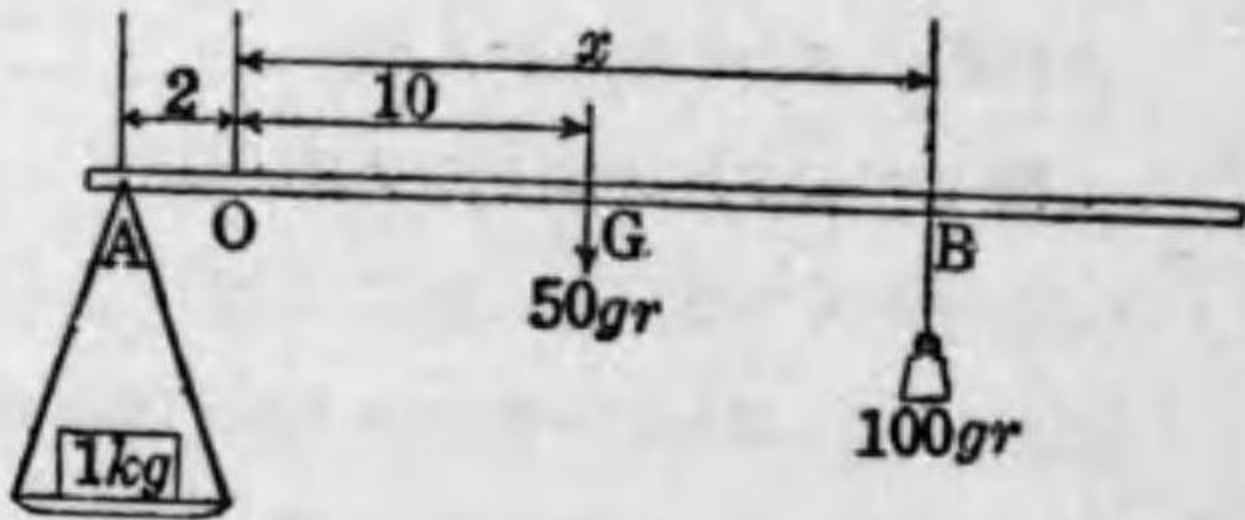
$$7 \times \frac{\pi}{4} \times 8^2 \times 6 = 30x + 13 \times 3$$

$$\therefore x = \frac{7 \times \pi \times 16 \times 6 - 39}{30} = 69.1 \text{ cm}$$



110. 圖ノ如キ桿秤ヲ製作
セリトイフ。1kg ノ目盛
スベキ位置 x ヲ求ム。

■ 0 點ニ關スル諸力ノ「モ
ーメント」ノ釣合ヲトリ



$$1000 \times 2 = 10 \times 50 + 100a$$

$$\therefore a = \frac{2000 - 500}{100} = 15 \text{ cm}$$

111. 高サ 1.5m ノ煉瓦壁ニ働ク風壓ヲ幅 1m ニツキ 1000kg トセバ
壁ヲ倒サントスル「モーメント」如何, 但シ風壓ハ壁ノ中央ニ働
クモノトス。

$$\blacksquare 1000 \times \frac{1.5}{2} = 750 \text{ m kg}$$

112. 差動滑車ニ於テ 30kg ノ力ヲ以テ 1 越ノ荷重ヲ引キアゲントス
兩滑車ノ徑比ヲ求メヨ。

■ 糸ニ起ル張力 $T = \frac{1000}{2} \text{ kg}$

O 軸ニ關スル T, P ノ「モーメント」ノ釣合ヲ

求ムレバ

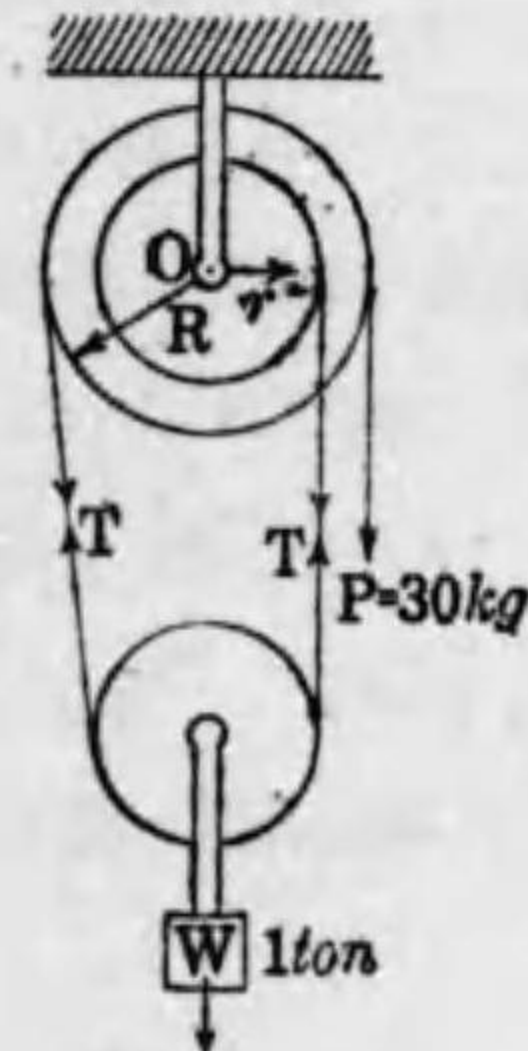
$$RT = RP + rT$$

$$\therefore RP = T(R - r) = \frac{W}{2}(R - r)$$

$$\therefore \frac{P}{W} = \frac{30}{1000} = \frac{R - r}{2R}$$

$$6R = 100R - 100r \dots \dots \dots 6 = 100 - 100 \frac{r}{R}$$

$$\therefore \text{徑比 } \frac{r}{R} = \frac{94}{100} = \frac{47}{50}$$

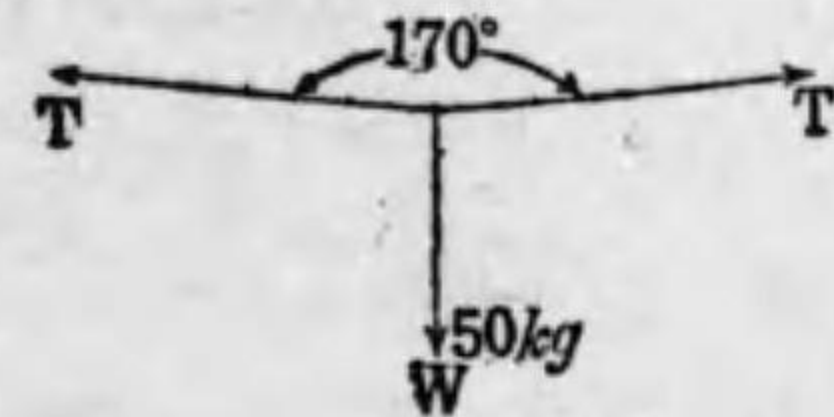


113. 水平ニ張ラレタ針金ノ中央ニ 50kg ノ重錘ヲ吊ルセシニ, 針金
ハ 170°ノ角ヲナシテ撓ミタリトイフ。張力如何。

■ 「ラミー」ノ定理ニヨリ

$$\frac{W}{\sin 170^\circ} = \frac{T}{\sin(180^\circ - \frac{170^\circ}{2})} = \frac{T}{\sin 85^\circ}$$

$$\therefore T = 50 \times \frac{\sin 85^\circ}{\sin 170^\circ} = 50 \times \frac{1}{2 \cos 85^\circ} = \frac{25}{\cos 85^\circ} = \frac{25}{0.087} = 287 \text{ kg}$$



114. 直径 25cm, 重量 10kg ナル球ヲ長サ 20cm ノ糸ニテ吊ルシ, 糸ノ他端ヲ垂直ノ壁ニ固定スル時糸ノ張力ト壁ノ壓力ヲ求ム。

圖ニヨリ糸ト壁トノナス角 θ ヲ求ムルニ

$$\sin \theta = \frac{12.5}{25} = 0.385$$

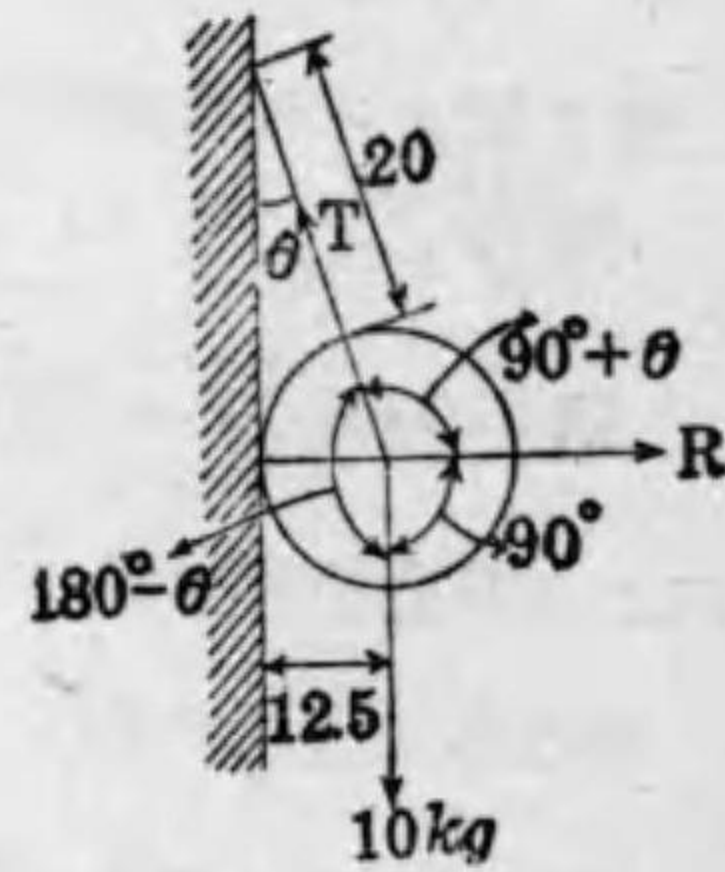
「ラミ-」ノ定理ニヨリ

$$\frac{T}{\sin 90^\circ} = \frac{R}{\sin \theta} = \frac{10}{\sin(90^\circ + \theta)}$$

$$\therefore T = \frac{R}{0.385} = \frac{10}{0.923}$$

$$\text{故ニ張力 } T = \frac{10}{0.923} = 10.8 \text{ kg}$$

$$\text{壓力 } R = \frac{10}{0.923} \times 0.385 = 4.17 \text{ kg}$$



115. 一端ヲ蝶番ヲ以テ他端ヲ垂直支柱ヲ以テ支ヘル長サ 1m ノ水平棒アリ, ソノ中央ニ 50kg ノ外力ヲ垂直線ト 30° ノ傾斜ヲ以テ加フル時, 棒ノ両端ニ於ケル反力ヲ求ム。

圖 A 點ニ關スル「モーメント」ノ釣合ヨリ

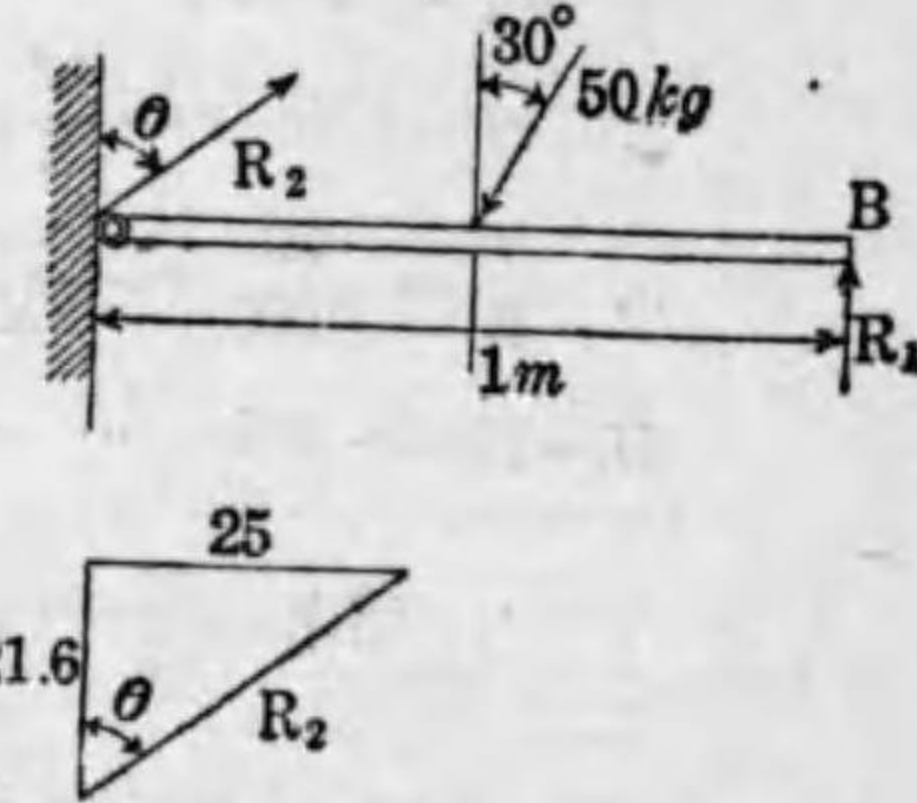
$$50 \times 50 \cos 30^\circ = 100R_1$$

$$\text{故ニ反力 } R_1 = 25 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 21.6 \text{ kg}$$

次ニ垂直分力ト水平分力トヨリ

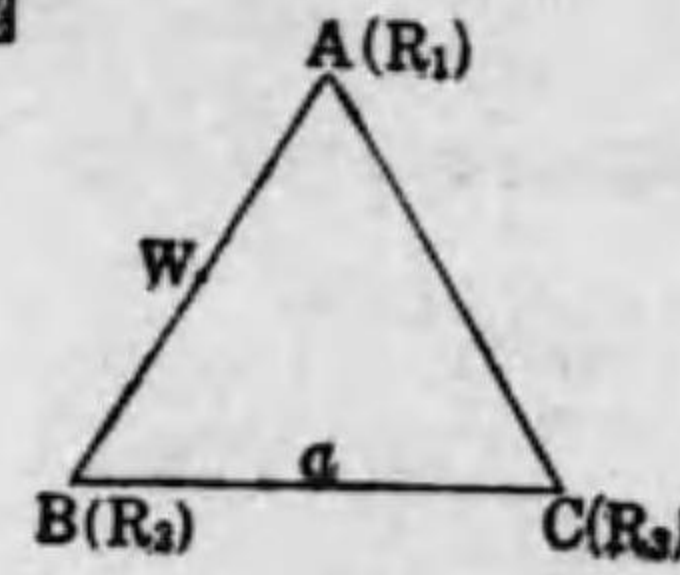
$$R_2 = \sqrt{(R_1 - 50 \cos 30^\circ)^2 + (50 \sin 30^\circ)^2} = \sqrt{(21.6 - 43.2)^2 + 25^2} = \sqrt{21.6^2 + 25^2} = 33.1 \text{ kg}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{25}{21.6} = 49^\circ \sim 10'$$



116. 正三角形ノ板ヲ三ツノ頂點ニテ支ヘ, 一邊 AB ノ中點ニ垂錘 W ヲ加フル時三ツノ頂點ニ働ク反力ヲ問フ。但シ板ノ重量ヲ無視スル。

圖



頂點 ABC ニ働ク反力ヲ夫々 R_1, R_2, R_3 トシ之等 3 點ニ關スル「モーメント」ノ釣合ヨリ

$$R_2 a - W \times \frac{a}{2} + R_3 \times \frac{a}{2} = 0 \dots (1)$$

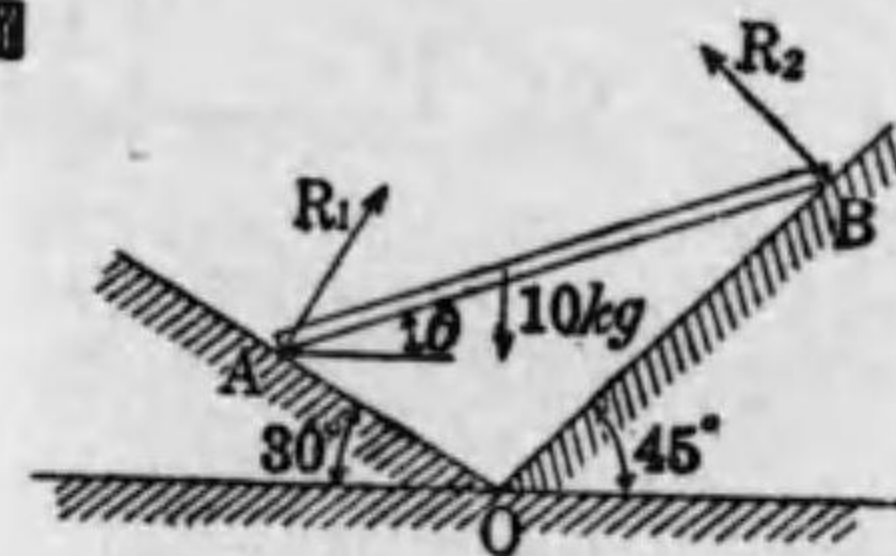
$$R_1 a - W \times \frac{a}{2} + R_3 \times \frac{a}{2} = 0 \dots (2)$$

$$R_2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} a - W \times \frac{\sqrt{3}}{2} a + R_1 \times \frac{\sqrt{3}}{2} a = 0 \dots (3)$$

$$\left. \begin{aligned} (3) \text{ヨリ } R_1 + R_2 &= W \\ (1) - (2) \text{ヨリ } R_1 &= R_2 \end{aligned} \right\} \text{故ニ } \begin{cases} R_1 = \frac{W}{2} = R_2 \\ R_3 = 0 \end{cases}$$

117. 水平ト夫々 30° 及 45° ノ角ヲナス二ツノ滑斜面ヲ向合セニ置キ重サ 10kg ニシテ太サ一様ノ直棒ヲ二ツノ斜面ノ上ニ架シタ時, ソノ両端ニ於ケル斜面ノ反力及棒ガ水平トナス角ヲ求メヨ。

圖



圖ニヨリ兩面ヲ A, B トシソノ反力ヲ R_1, R_2 トシ垂直及水平分力ノ釣合ヲトレバ

$$R_1 \cos 30^\circ + R_2 \cos 45^\circ = 10 \dots (1)$$

$$R_1 \sin 30^\circ = R_2 \cos 45^\circ \dots (2)$$

$$\therefore R_1 (\cos 30^\circ + \sin 30^\circ) = 10$$

$$\therefore R_1 = \frac{10}{\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2}} = \frac{20}{1.732 + 1} = \frac{20}{2.732} = 7.33 \text{ kg}$$

$$R_2 = R_1 \frac{\sin 30^\circ}{\cos 45^\circ} = 7.33 \times \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{\sqrt{2}}} = 7.33 \times \frac{1}{1.414} = 5.175 \text{ kg}$$

A 點ニ關スル「モーメント」ノ釣合ヲトレバ

$$10 \times \frac{1}{2} l \cos \theta = 5.175 l \cos (45^\circ - \theta)$$

$$\therefore 5 \cos \theta = 5.175 \cos (45^\circ - \theta)$$

$$\frac{5}{5.175} \cos \theta = \cos 45^\circ \cos \theta + \sin 45^\circ \sin \theta$$

$$\frac{5}{5.175} = \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{\tan \theta}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} (1 + \tan \theta)$$

$$\therefore \tan \theta = \frac{5\sqrt{2}}{5.175} - 1 = 1.365 - 1 = 0.365$$

$$\therefore \text{棒が水平トナス角 } \theta = 20^\circ \sim 3'$$

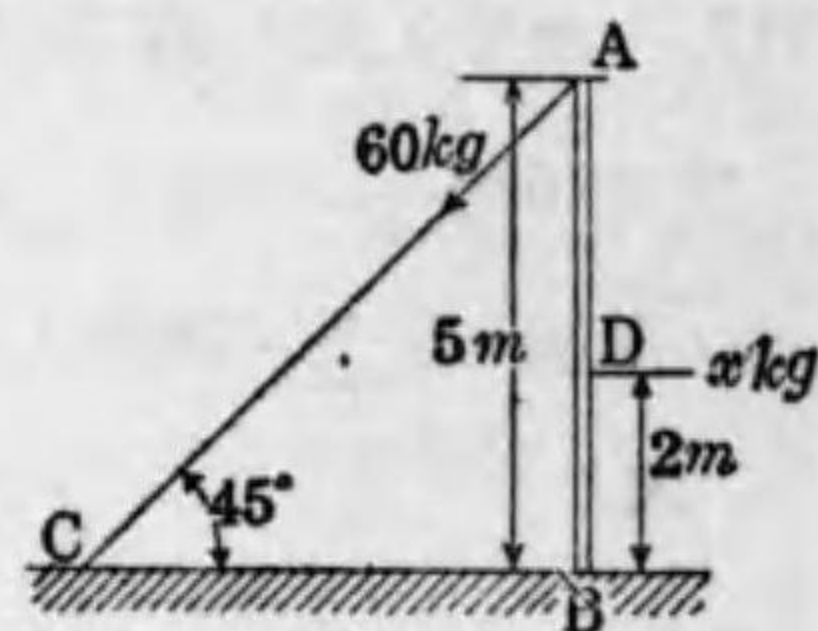
118. 長さ $5m$ の棒ヲ直立セシメソノ頂點ニ繩ヲ結び、コレヲ水平面ト 45° ノ角ヲナス方向ニ $60kg$ ノ力ヲ引キ他ノ繩ヲ地面カラ $2m$ ノ高サニ棒ニ結びコレヲ水平ノ方向ニ引キ棒ヲ垂直ニ保ツ時第二ノ繩ニ働ク張力ヲ求ム。

解 圖ニヨリ B 點ノ「モーメント」ヲ求

ムルニ

$$5 \times 60 \cos 45^\circ = 2x$$

$$\therefore x = \frac{300}{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 106kg$$



119. 一點ニ作用スル二力ノ間ノ角が大ニナレバソノ合力ハ小サクナルコトヲ證明セヨ。

解 二力ヲ a, b ソノ間ノ角ヲ θ , 合力ヲ R トセバ

$$R^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos (180^\circ - \theta) = a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta$$

θ ハ $0^\circ \rightarrow 90^\circ \rightarrow 180^\circ$ ト變化スルニツレ $\cos \theta$ ハ $+1 \rightarrow 0 \rightarrow -1$ ト變化スル

故ニ同一ノ a, b ニ對シテ R ハ $\theta = 0^\circ$ ノ時最大デ $a + b$ ニ等シク $\theta = 180^\circ$ ノ時最小デ $a - b$ ニ等シイ。即チ二力ノ夾角が大ニナレバ合力ハ小サクナル。

120. 傾斜角 30° ナル索道ヲ登ル重量 10 吨ノ索道車アリ。出發後 20 秒間ニ $18km/h$ ノ速度ヲ得ントスレバ索ニ幾何ノ張力ヲ必要トスルカ。但シ車ノ摩擦ヲ考ヘズ。

解 速度 $v = \frac{18000}{3600} = 5m/s$ 加速度 $\alpha = 5 \times \frac{1}{20} = 0.25 m/s^2$

車ガ斜面ニ沿フテ滑リ降ントスルカハ

$$F = 10,000 \times \sin 30^\circ = \frac{10,000}{2} = 5,000kg$$

$$\text{故ニ } F + \frac{10,000}{9.8} \times 0.25 = T$$

$$\therefore \text{張力 } T = 5000 + 255 = 5,255kg$$

121. 直徑 $120cm$ ノ調車ニカケク調帶ノ張り側ノ張力 $370kg$, 弛ミ側ノ張力 $220kg$ トスレバ軸ニ對スル「モーメント」ハ何程カ。

解 調車ハベルトノ張り側ノ張力ト弛ミ側ノ張力ノ差ニヨツテ廻轉サセラルルノデアルカラ軸ニ對スル「モーメント」ハ

$$T = Fr = (370 - 220) \times \frac{120}{2} = 150 \times 60 = 9,000cmkg$$

122. 圖示ノ 5 力ノ A 點及ビ B 點

ニ對スル合「モーメント」ヲ求メ

ヨ。

解 A 點ニ對スル合「モーメント」ハ各力ノ OA = 垂直方向ノ分力ノ和ト OA ノ積ナリ

$$\text{故ニ } T_1 = OA \left\{ 20 + 30 \cos 30^\circ - 50 \cos 30^\circ - 40 \cos 45^\circ \right\}$$

$$= 2 \times \left\{ 20 + \frac{30\sqrt{3}}{2} - \frac{50\sqrt{3}}{2} - \frac{40\sqrt{2}}{2} \right\}$$

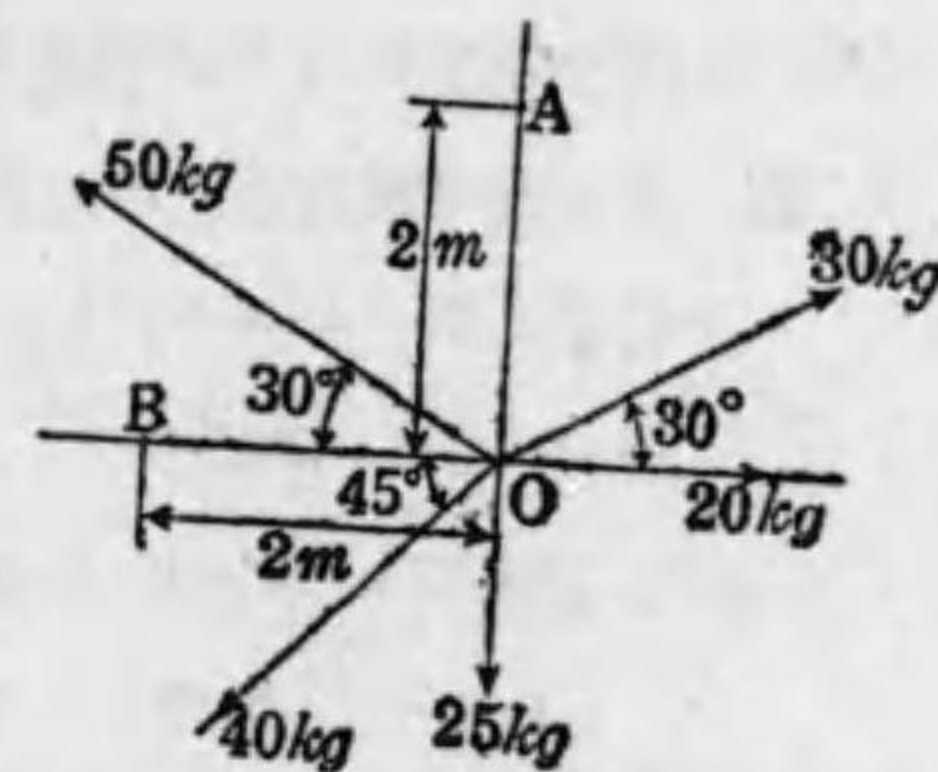
$$= 2 \times \left\{ 20 - 10 \times 1.732 - 1.414 \times 20 \right\} = 2 \times \left\{ 20 - 17.32 - 28.28 \right\}$$

$$= 51.2mkg$$

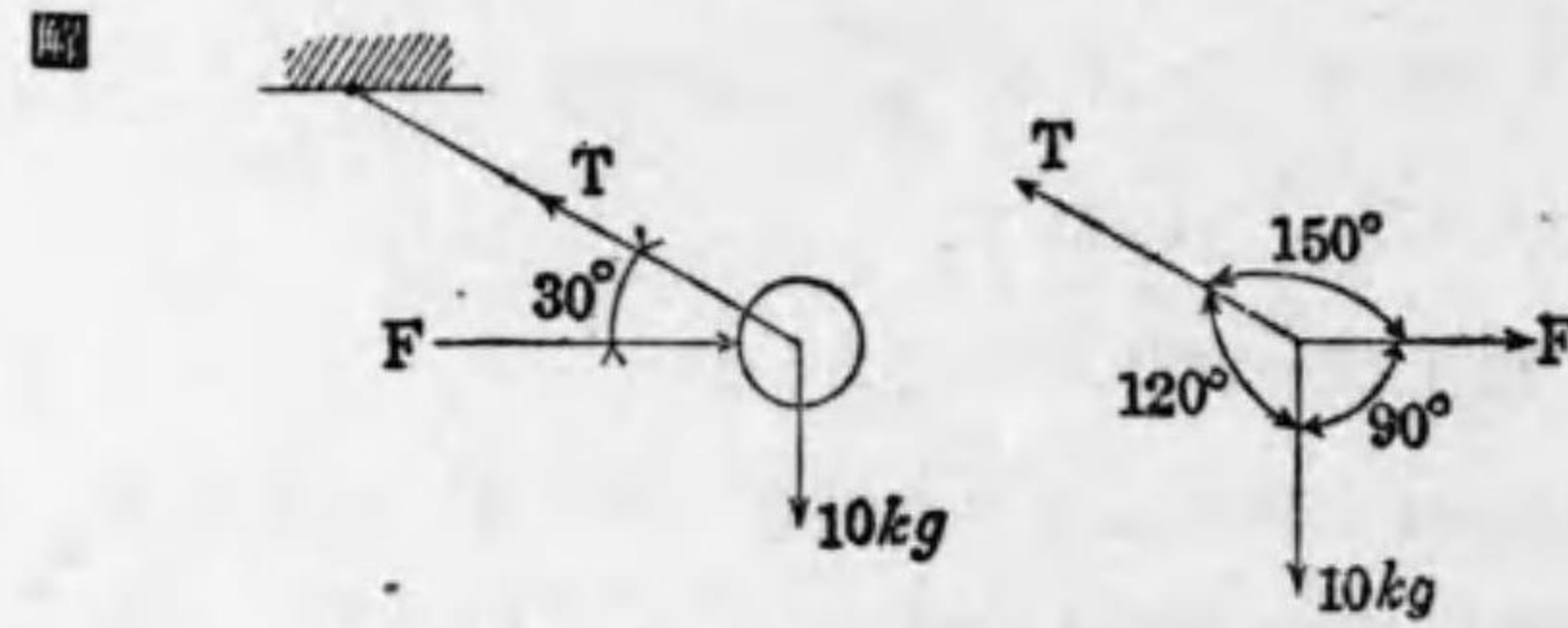
B 點ニ對シテハ

$$T_2 = OB \left\{ 30 \sin 30^\circ + 50 \sin 30^\circ - 40 \sin 45^\circ - 25 \right\}$$

$$= 2 \times \left\{ 15 + 25 - \frac{40\sqrt{2}}{2} - 25 \right\} = 2 \times \left\{ 15 - 28.28 \right\} = -26.25mkg$$



123. 糸ニテ吊シタ重量10kgノ物體ヲ水平力ニテ押シタトキ糸ト水
平面トノ角ガ30°ニナツトイフ。水平力及ビ糸ノ張力ハ幾何カ。



「ラミ-」ノ定理ニヨリ $\frac{T}{\sin 90^\circ} = \frac{10}{\sin 150^\circ} = \frac{F}{\sin 120^\circ}$
 $\therefore T = 10 \times \frac{1}{\sin 30^\circ} = 20 \text{ kg}$ $F = 10 \times \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = 17.32 \text{ kg}$

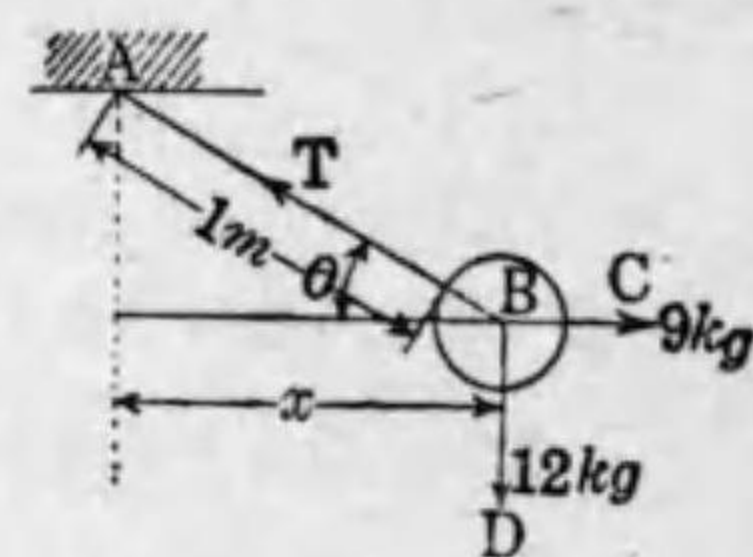
124. 長サ1mノ糸ニテ吊シタ重量12kgノ物體ニ9kgノ水平力ヲ働
カシテ釣合ツタトキ物體ノ水平移動距離ト糸ノ張力トヲ求メヨ。

糸ガ水平面トナス角ヲ θ トシ物體ノ水
平移動距離ヲ x mトスレバ

$\angle ABC = 180^\circ - \theta$
 $\angle ABD = 90^\circ + \theta$ $\angle CBD = 90^\circ$

\therefore 「ラミ-」ノ定理ニヨリ

$\frac{T}{\sin 90^\circ} = \frac{9}{\sin (90^\circ + \theta)} = \frac{12}{\sin (180^\circ - \theta)}$
 $T = \frac{9}{\cos \theta} = \frac{12}{\sin \theta} \quad \therefore \tan \theta = \frac{12}{9} = 1.333$
 $\therefore \theta \approx 53^\circ \quad \therefore \cos \theta = 0.602 \quad \therefore T = \frac{9}{0.602} \approx 15 \text{ kg}$
 $\frac{x}{1} = \cos \theta \quad x = 0.602 \text{ m}$



125. 各直徑10cm, 重量5kgノ二球ヲ長サ10cmノ糸ノ兩端ニ結ビ,
ソノ中點ヲ滑カナ釘ニカケテ吊シタトキ二球間ニ働ク力ト糸ノ張
力トヲ求メヨ。

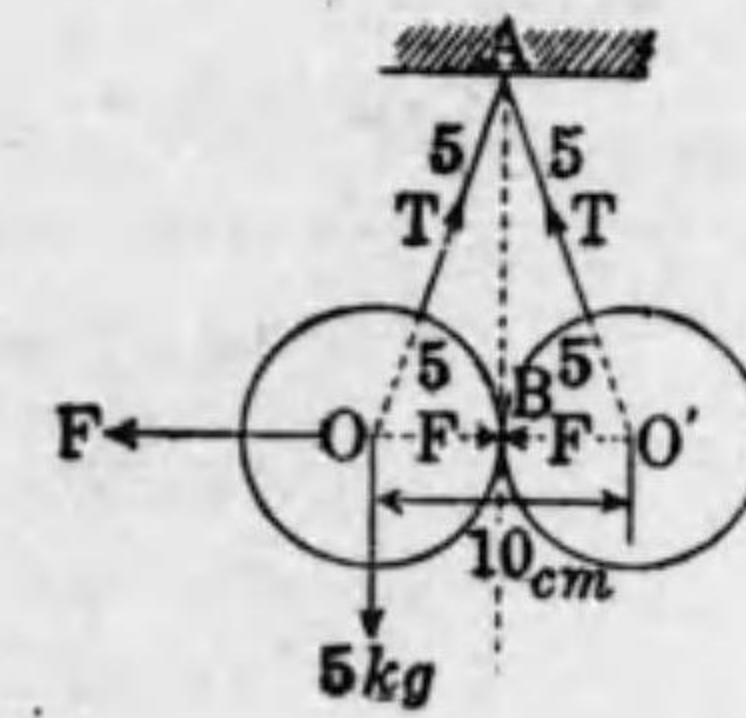
$\cos \angle AOB = \frac{OB}{OA} = \frac{5}{5+5} = \frac{1}{2}$

$\therefore \angle AOB = 60^\circ$

$\frac{T}{\sin 90^\circ} = \frac{5}{\sin (180^\circ - 60^\circ)} = \frac{F}{\sin (90^\circ + 60^\circ)}$

$T = \frac{5}{\sin 60^\circ} = 5 \times \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{17.32}{3} = 5.77 \text{ kg}$

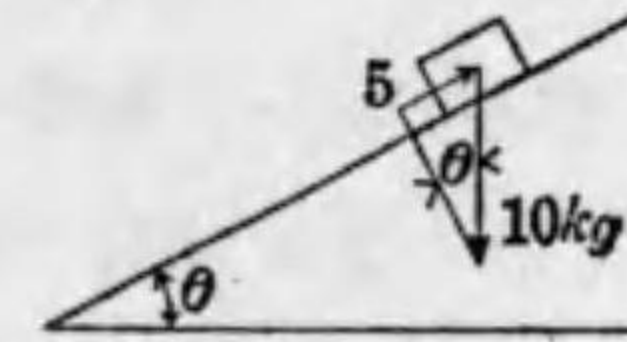
$F = 5 \times \cot 60^\circ = 5 \times \frac{\sqrt{3}}{3} = 2.88 \text{ kg}$



126. 滑カナ斜面ニ重量10kgノ物體ヲ置キ, コレヲ斜面ニ平行ナ
5kgノ力デ支ヘ得ル斜面ノ傾角ヲ求メヨ。

$\sin \theta = \frac{5}{10} = \frac{1}{2}$

$\therefore \theta = 30^\circ$



127. 糸ノ兩端A及ビBヲ同ジ高サノ二點ニ固定シ糸ノ一點Cニ重
量10kgノ物體ヲ吊シタトキ $\angle CAB = 30^\circ$ $\angle CBA = 45^\circ$ ニナツタ
トイフ。糸ノ張力ヲ求メヨ。

$\angle ACB = 180^\circ - (30^\circ + 45^\circ) = 105^\circ$

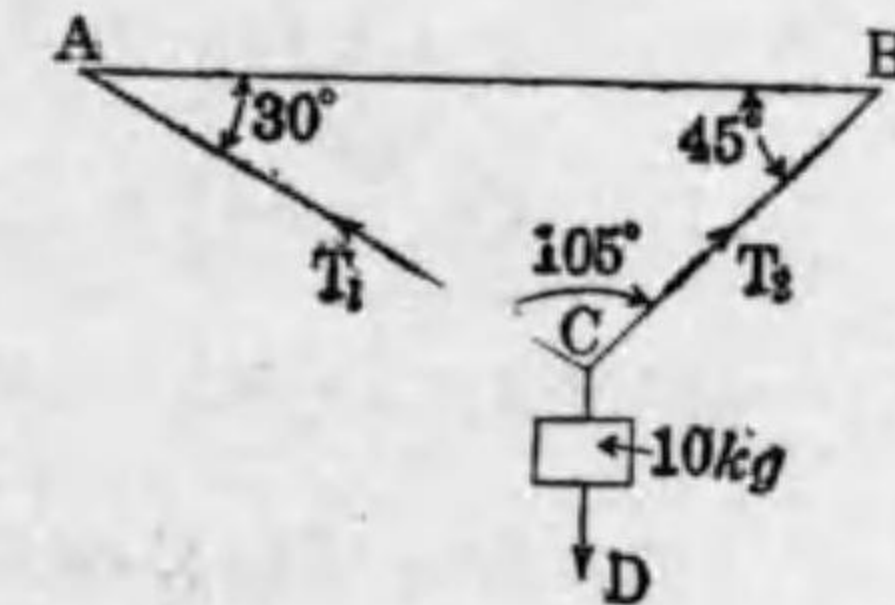
$\angle ACD = 90^\circ + 30^\circ = 120^\circ$

$\angle BCD = 135^\circ$

$\frac{10}{\sin 105^\circ} = \frac{T_1}{\sin 135^\circ} = \frac{T_2}{\sin 120^\circ}$

$\therefore T_1 = 10 \times \frac{\sin 45^\circ}{\cos 15^\circ} = \frac{10 \times 0.707}{0.966} = 7.32 \text{ kg}$

$T_2 = 10 \times \frac{\sin 60^\circ}{\cos 15^\circ} = \frac{10 \times 0.866}{0.966} = 8.96 \text{ kg}$



128. 半徑2cmナル二個ノ同重量ノ球ヲ半徑6cmノ滑カナ椀ニ入
レタトキ椀及ビ球ノ間ノ壓力ガ二球間ノ壓力ノ二倍デアルコトヲ
證明セヨ。

■ 圖 = 於テ $OC = OD = 6cm$

$AC = BD = 2cm$

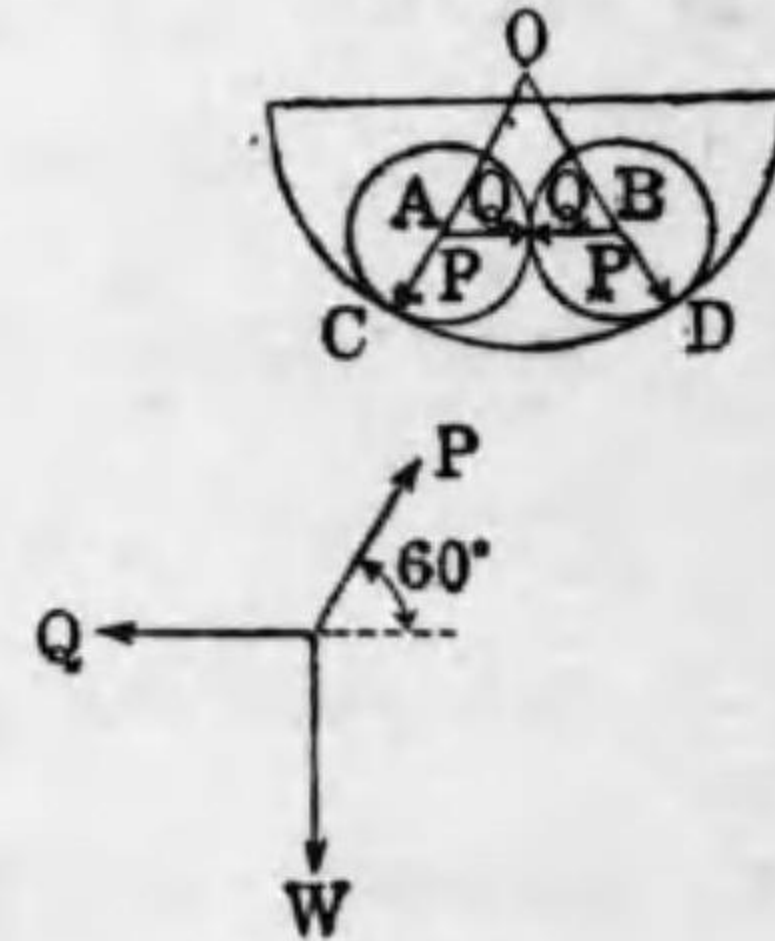
$\therefore OA = OB = 4cm = AB$

$\therefore \triangle OAB$ ハ正三角形トナリ

$\angle OAB = 60^\circ$

$\frac{P}{\sin 90^\circ} = \frac{Q}{\sin(90^\circ + 60^\circ)} = \frac{Q}{\cos 60^\circ}$

$\therefore P = Q \times 2$



129. 長サ $3m$ ノ棒ヲ水平ニシ一端ハ

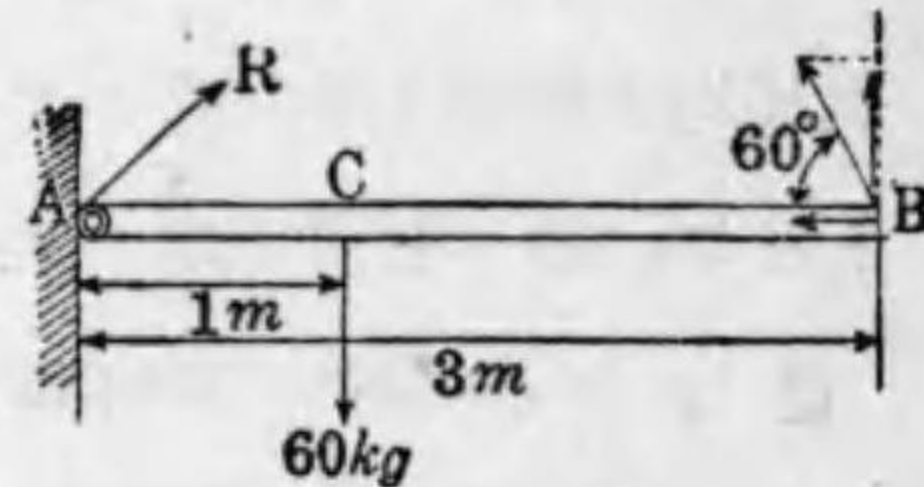
蝶番デ支ヘ、他端ハ綱デ棒ト 60° ノ方向ニ吊シ、棒ニハ蝶番カラ $1m$ ノ點ニ $60kg$ ノ荷重ヲ加ヘタトスレバ、蝶番ニ於ケル反力、綱ノ張力及ビ棒ノ壓縮力ハ何程カ。

■ A點ニ關スル「モーメント」ノ

釣合ヨリ

$60 \times 1 = T \sin 60^\circ \times 3 = \frac{\sqrt{3}}{2} T \times 3$

$\therefore T = \frac{40}{\sqrt{3}} kg$



次ニ垂直分力ノ合力ト水平分力トヨリ

反力 $R = \sqrt{(60 - T \sin 60^\circ)^2 + (T \cos 60^\circ)^2} = \sqrt{(60 - 20)^2 + (\frac{20}{\sqrt{3}})^2}$

$= \sqrt{1600 + \frac{400}{3}} = 41.6 kg$

棒ノ壓縮力 $= T \cos 60^\circ = \frac{40}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{2} = \frac{20}{\sqrt{3}} kg$

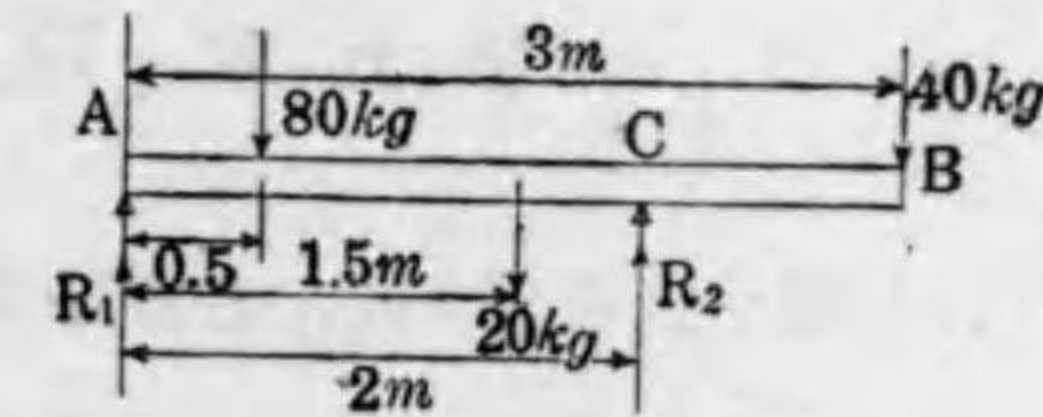
130. 太サ一樣ニシテ重量 $20kg$ 、長サ $3m$ ノ棒 AB ヲ水平ニ一端 A ト A ヨリ $2m$ ノ點 C トニ於テ支ヘ、 A 端ヨリ $0.5m$ ノ點ニ $80kg$ 、 B 端ニ $40kg$ ノ荷重ヲ加ヘタトキ兩支點ノ反力ハ何程カ。

■ A點ニ對スル「モーメント」ヲトレバ

$80 \times 0.5 + 20 \times 1.5 + 40 \times 3 = 2R_2$

$\therefore R_2 = \frac{40 + 30 + 120}{2} = 95 kg$

$\therefore R_1 = 80 + 20 + 40 - 95 = 45 kg$



131. 前問ニ於テ B 端ノ荷重ヲ幾 kg 以上ニスレバ棒ハ落チルカ。

■ B 端ニ $x kg$ ヲカケタ時 $R_1 = 0$ トセバ

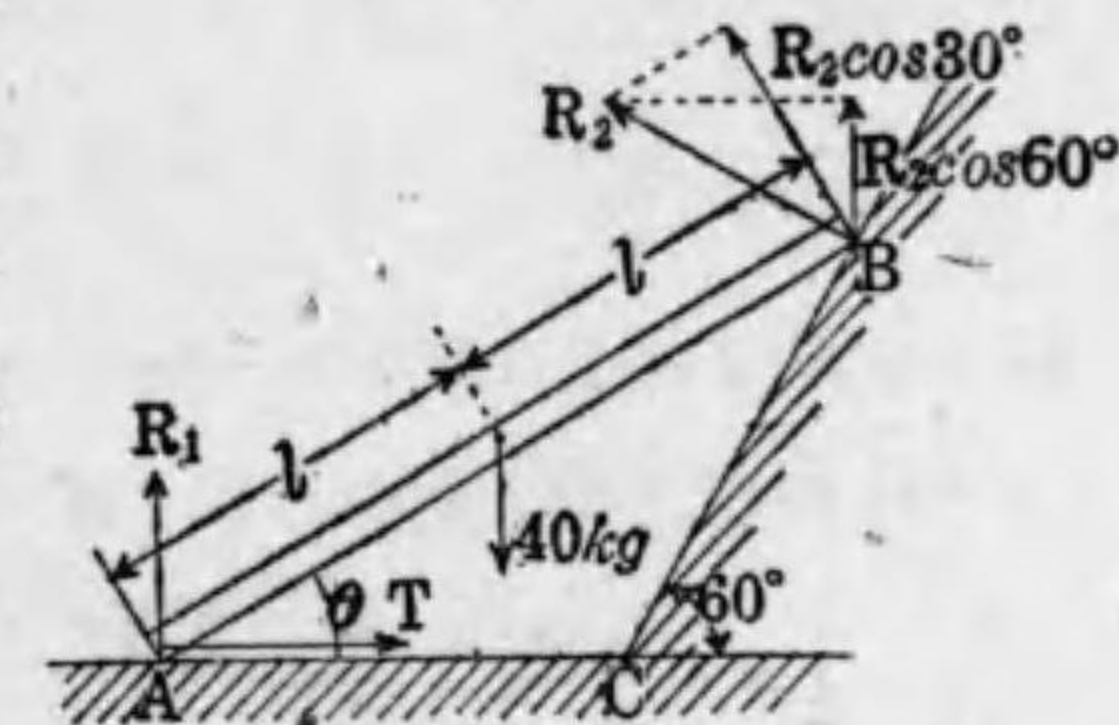
C 點ダケデ支ヘラレテ釣合フカラ

$80 \times (2 - 0.5) + 20 \times (2 - 1.5) = x \times (3 - 2)$

$\therefore x = 120 + 10 = 130 kg$ 即チ $13kg$ 以上ヲカケルト落チル。

132. 滑カナ水平面 AC ト傾角 60° ノ滑斜面 CB トノ間ニ重量 $40kg$

ノ一樣ナ棒 AB ヲ置キ、水平ノ絲 AC ニテ棒ノ一端 A ヲ引張リ $AC = BC$ ノ位置デ棒ガ釣合ツタトスレバ、 A 及ビ B 點ニ於ケル反力ト絲ノ張力トハ何程ニナルカ。



■ $\angle ACB = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ$ $AC = BC$ ナルヲ以テ $\theta = \frac{180 - 120}{2} = 30^\circ$

垂直分力ノ釣合ヨリ $R_1 + R_2 \cos 60^\circ = 40$ (1)

水平分力ノ釣合ヨリ $T = R_2 \sin 60^\circ$ (2)

A點ニ關スル「モーメント」ヲトレバ

$40 \times l \cos 30^\circ = 2l R_2 \cos 30^\circ$ (3)

(1)ヨリ $R_1 + \frac{R_2}{2} = 40$ (1)' (2)ヨリ $T = \frac{\sqrt{3}}{2} R_2$ (2)'

(3)ヨリ $20 = R_2$ (3)' $\therefore R_2 = 20 kg$

$\therefore R_1 = 40 - 10 = 30 kg$ $T = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 20 = 10\sqrt{3} = 17.32 kg$

第五章 重心ト圖心

今物體ノ全重量ヲ W , 各質點 A_1, A_2, A_3, \dots ノ重量ヲ w_1, w_2, w_3, \dots トシ全質量及ビ質點ノ質量ヲ M, m_1, m_2, m_3, \dots トスル。又直交軸 X, Y, Z ニ關スル各質點ノ坐標ヲ $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), (x_3, y_3, z_3)$ 等トスレバ重心ノ坐標 $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$ ハ次式ノ如シ。

$$\bar{x} = \frac{\sum wx}{W}, \quad \bar{y} = \frac{\sum wy}{W}, \quad \bar{z} = \frac{\sum wz}{W} \dots (36)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum mx}{M}, \quad \bar{y} = \frac{\sum my}{M}, \quad \bar{z} = \frac{\sum mz}{M} \dots (36)'$$

次ニ物體ノ密度ガ一定ナルトキハ, ソノ重心ノ位置ハ

$$\bar{x} = \frac{\sum vx}{V}, \quad \bar{y} = \frac{\sum vy}{V}, \quad \bar{z} = \frac{\sum vz}{V} \dots (36)''$$

次ニ物體ノ密度及厚サガ一樣ナルトキハ, ソノ質量ハ面積ニ比例スルカラ平面圖形ノ中心ハ次ノ式ノ如シ。

$$\bar{x} = \frac{\sum ax}{A}, \quad \bar{y} = \frac{\sum ay}{A} \dots (36)'''$$

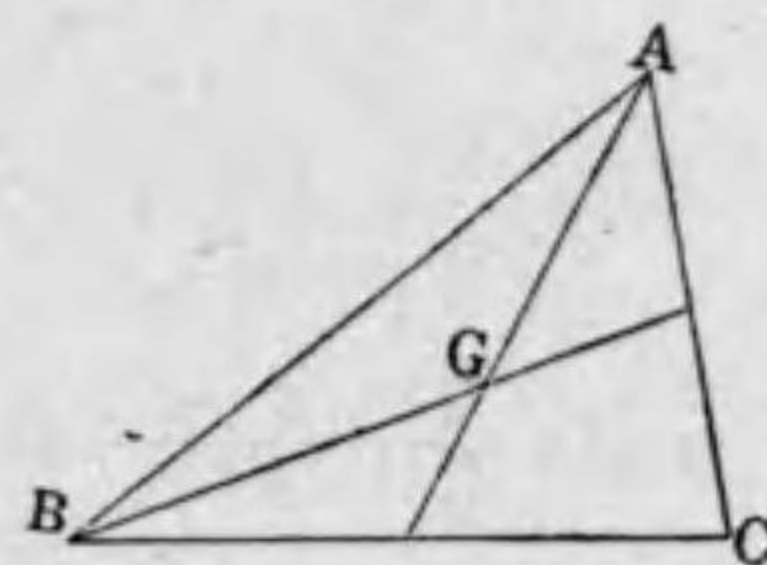
コレヲ圖心トイフ。

$\sum mx, \sum my$, 或ハ $\sum ax, \sum ay$ ヲ夫々 X 軸, Y 軸ニ關スル質量モーメント, 面積モーメントトイフ。之等ヲ又質量或ハ面積ノ第一モーメントトモイフ。坐標ノ原點ヲ重心或ハ圖心ニトレバ x, y, z ハ夫々0トナルカラ次ノ定理ヲ得。

或ル軸ニ關スル第一モーメントガ0ナレバ, ソノ軸ハ重心ヲ通り重心ヲ通ル軸ニ關スル第一モーメントハ0デアル。

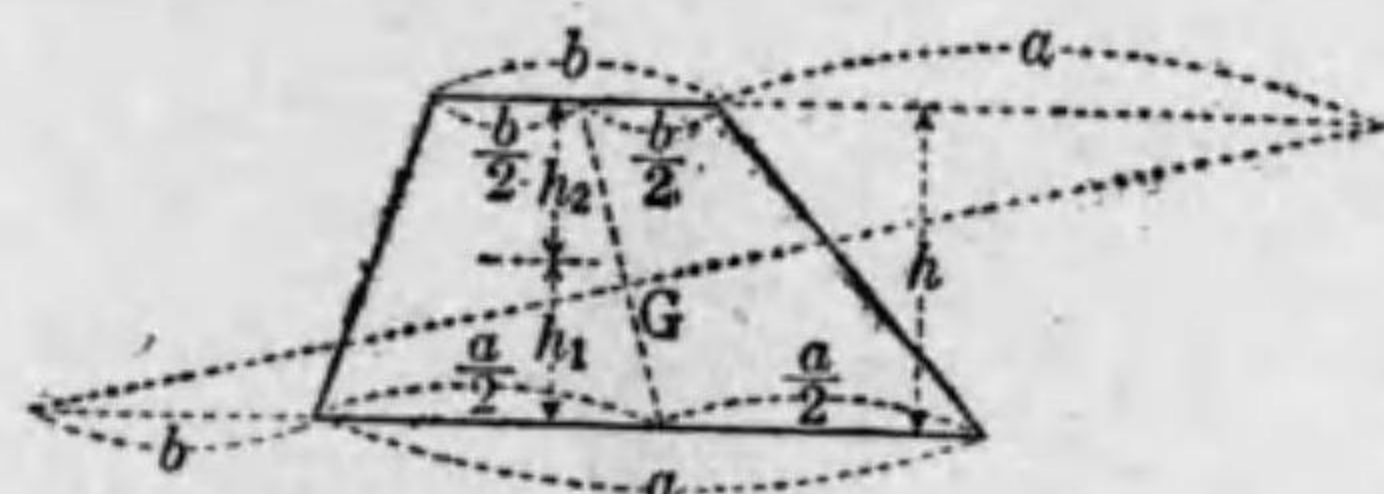
簡單ナ形ノ重心ハ次ノ如シ。

1. 三角形



$$\overline{AG} = \frac{2}{3} \overline{AD}$$

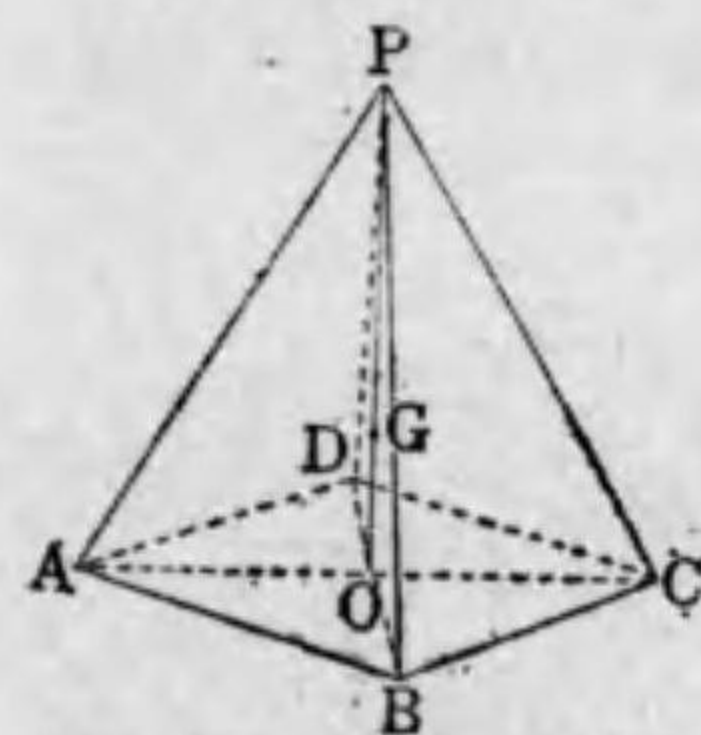
2. 梯形



$$h_1 = \frac{h}{3} \times \frac{a+2b}{a+b}$$

$$h_2 = \frac{h}{3} \times \frac{2a+b}{a+b}$$

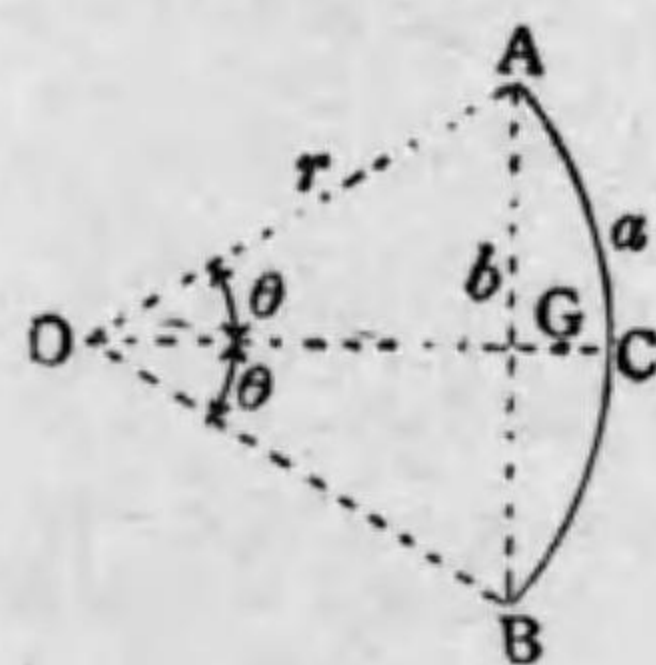
3. 角錐ト圓錐



$$\overline{OG} = \frac{1}{4} \overline{OP}$$



4. 圓弧狀ノ線



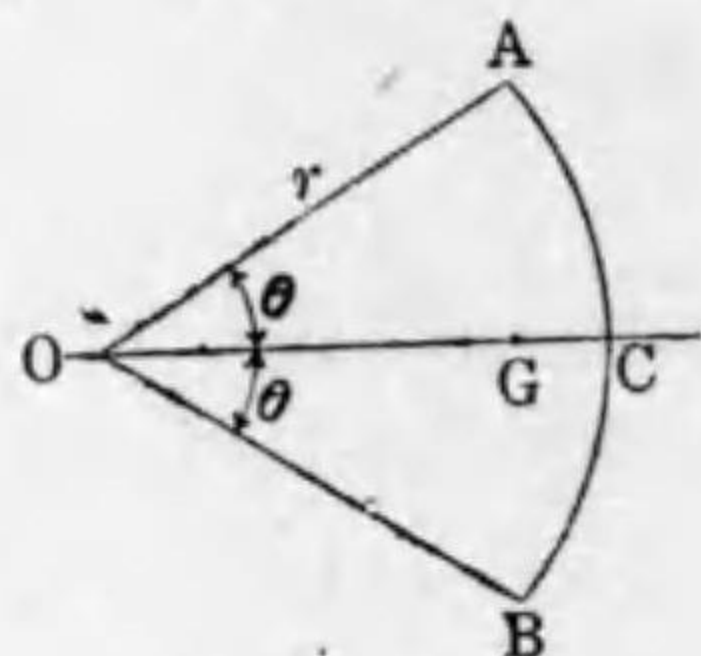
$$\overline{OG} = r \frac{\sin \theta}{\theta}$$

$$a = \widehat{ACB}$$

$$b = \overline{AB}$$

$$\overline{OG} = r \frac{b}{a}$$

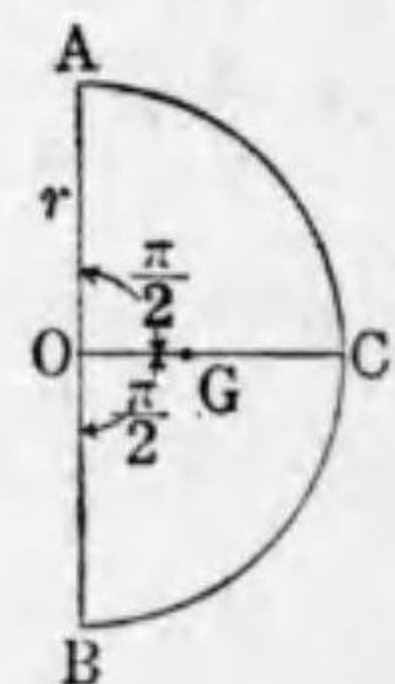
5. 扇形板



$$\overline{OG} = \frac{2}{3}r \frac{\sin \theta}{\theta}$$

$$\overline{OG} = \frac{2}{3}r \frac{b}{a}$$

6. 半圓板



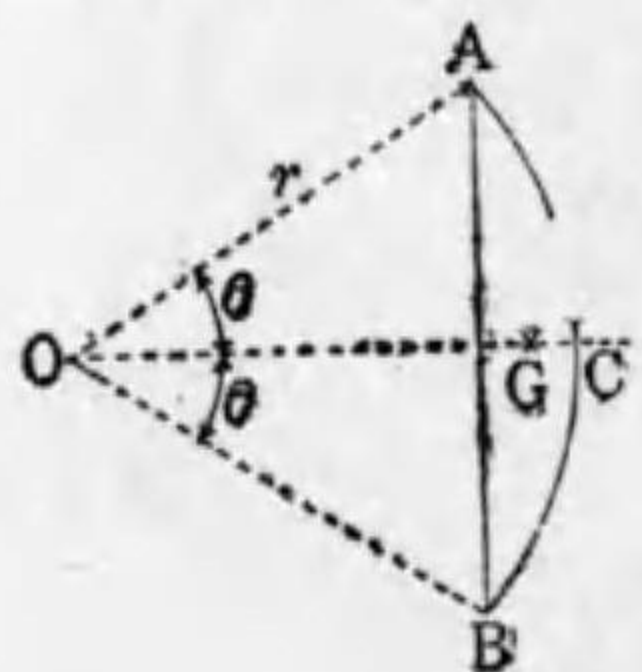
$$\overline{OG} = \frac{4}{3\pi}r$$

7. 半 球

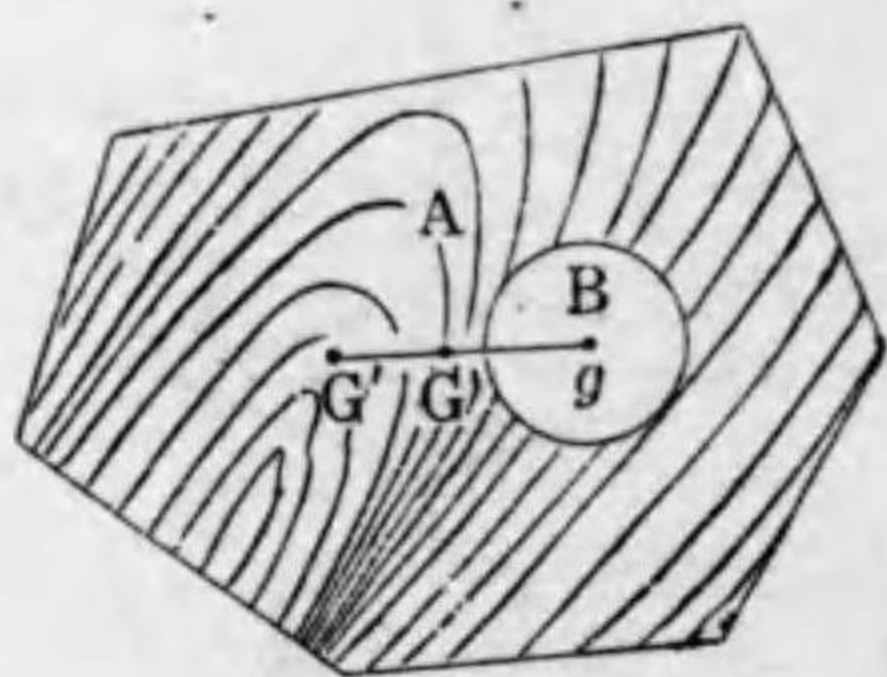


$$\overline{OG} = \frac{3}{8}r$$

8. 弓形板



$$\overline{OG} = \frac{4}{3}r \frac{\sin \theta}{2\theta - \sin 2\theta}$$



9. 一部分抜キトラレタ薄板ノ重心

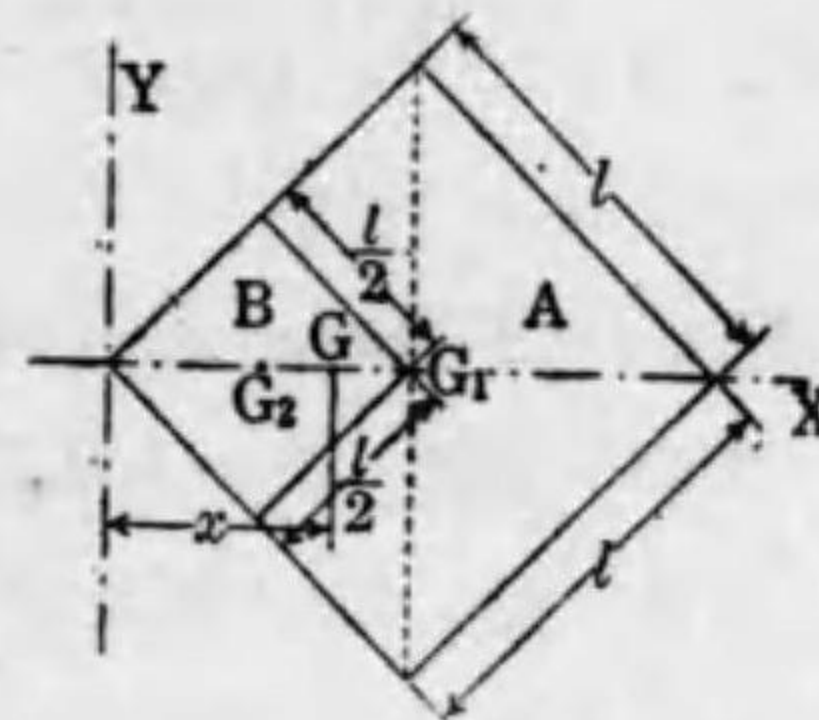
AヨリBヲ抜キトルモノトス

Aノ{重心ヲG} Bノ{重心ヲg}トシ求ムル重心ヲG'トセバ

$$\overline{G'G} = \overline{Gg} \frac{w_2}{w_1 - w_2}$$

【問 題】

133. 圖ノ如キ厚サ及密度ノ一様ナル A, B 二枚ノ正方板ガ重ナリ合ツタモノノ重心ヲ求ム。



解 A及Bノ重心ハソレソレノ中心

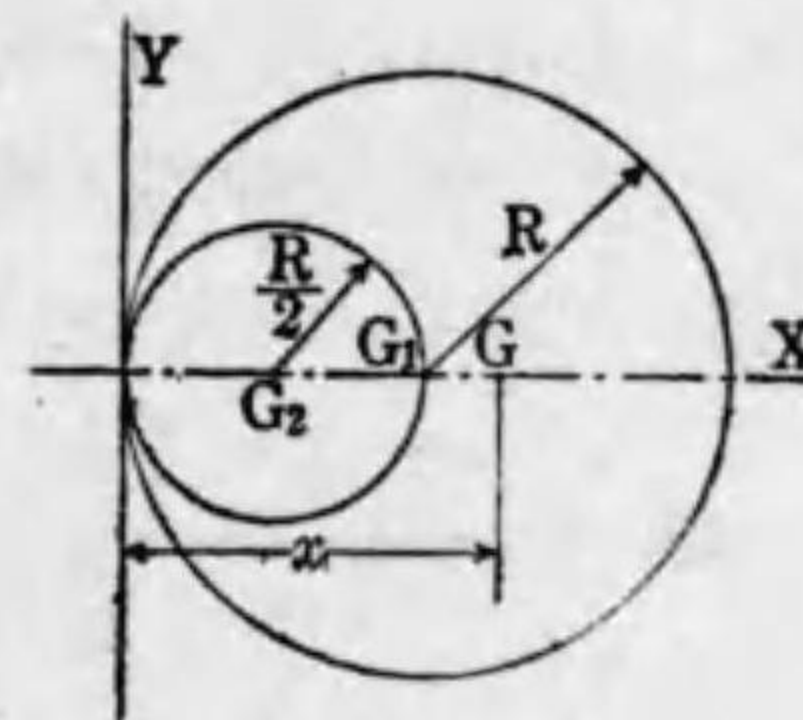
G_1, G_2 ニアル。故ニ全體ノ重心Gハ

G_1, G_2 ヲ連ネタル線上ニアリ。Oヲ原点トシテOGヲxトスレバ

$$x = \frac{\Sigma ax}{\Sigma a} = \frac{l^2 \times \frac{l}{2} \times \sqrt{2} + \left(\frac{l}{2}\right)^2 \times \frac{l}{4} \times \sqrt{2}}{l^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2} = \frac{9\sqrt{2}}{20}l$$

134. 半径 R ノ圓板カラ圖ノ如ク半径 $\frac{R}{2}$ ノ圓形ヲ切リ取ツタ殘部ノ圖心ヲ

求ム。

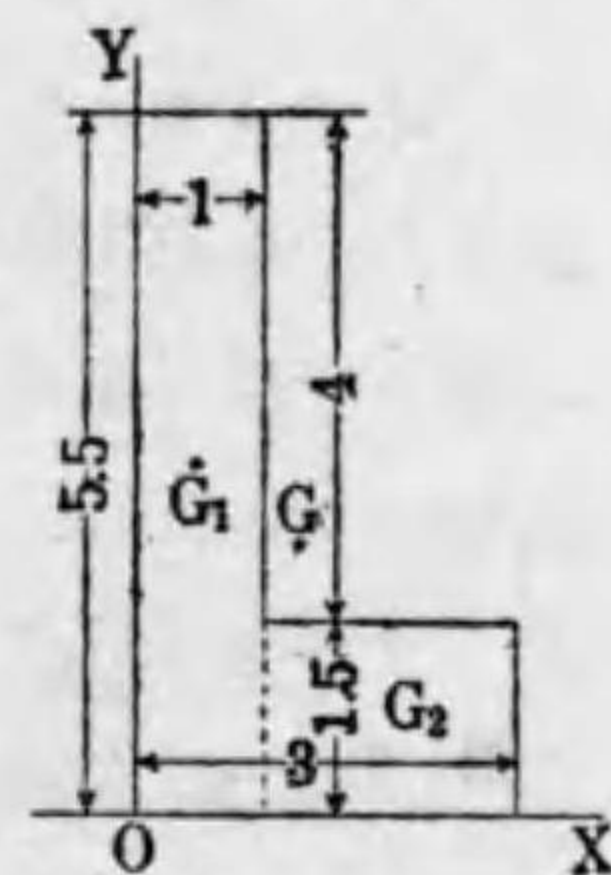


$$x = \frac{\pi R^2 \times R - \pi \left(\frac{R}{2}\right)^2 \times \frac{R}{2}}{\pi R^2 - \pi \left(\frac{R}{2}\right)^2} = \frac{7}{6}R$$

135. 圖ノ如キ平面形ガアル、圖心ヲ求ム。

$$x = \frac{1 \times 5.5 \times \frac{1}{2} + 1.5 \times 2 \times \left(1 + \frac{2}{2}\right)}{1 \times 5.5 + 1.5 \times 2} \approx 1.03 \text{ cm}$$

$$y = \frac{1 \times 5.5 \times \frac{5.5}{2} + 2 \times 1.5 \times \frac{1.5}{2}}{1 \times 5.5 + 1.5 \times 2} \approx 2.02 \text{ cm}$$



136. 圖ノ如キT形アリ A部ノ厚サハB部ノ

厚サノ二倍ナリトイフ重心ヲ求ム。

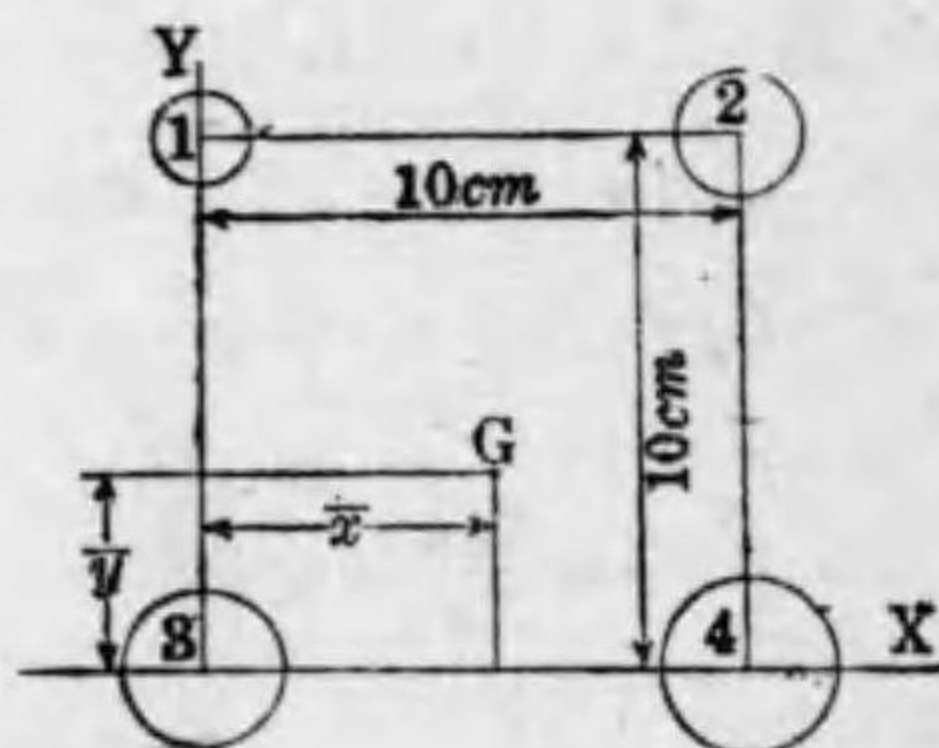
0 點ヲ原點トシテ次ノ式ヲ得

$$x = \frac{5 \times 15 \times 2 \times 2.5 + 4 \times 20 \times 15}{150 + 80} = 6.85 \text{ cm}$$

137. 一邊 10cm, 重量 10kg ナル正方形ノ四隅ニ夫々 1, 2, 3, 4kg ナル重錘ヲ圖ノ如ク附シタルモノノ重心ヲ求ム。

$$x = \frac{2 \times 10 + 4 \times 10 + 5 \times 10}{1 + 2 + 3 + 4 + 10} = 5.5 \text{ cm}$$

$$y = \frac{1 \times 10 + 2 \times 10 + 5 \times 10}{1 + 2 + 3 + 4 + 10} = 4 \text{ cm}$$

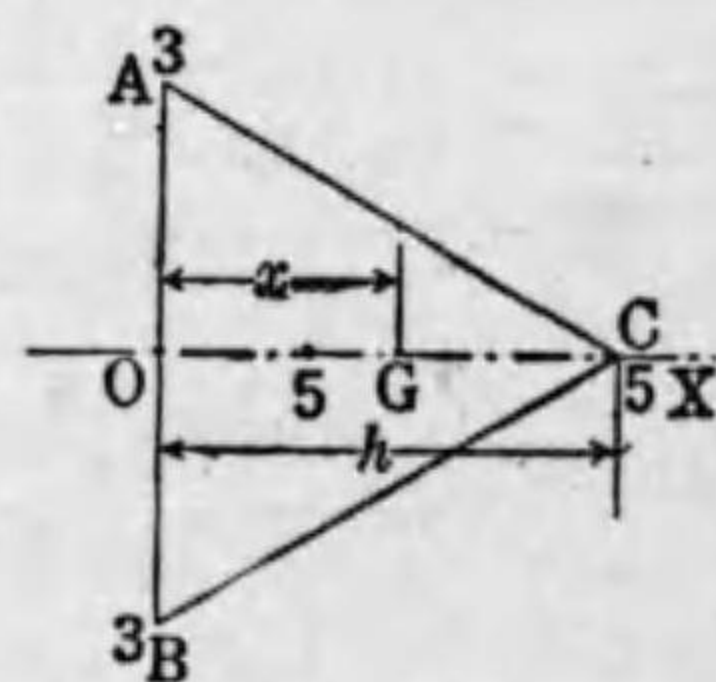


138. 正方形ヲ對角線ニテ 4 個ノ三角形ニ分チ 1 個ノ三角形ヲ取除イタ殘形ノ圖心ヲ求ム。

$$x = \frac{a^2 \times \frac{a}{2} - \frac{a^2}{4} \times \left(\frac{a}{2} + \frac{a}{2} \times \frac{2}{3} \right)}{\frac{3}{4} a^2} = \left(\frac{a}{2} - \frac{5}{24} a \right) \times \frac{4}{3} = \frac{7}{18} a$$

139. 高サ h ナル正三角形ハ重サ 5kg ノ鐵板ナリ, ABC 頂點ニ夫々 3, 3, 5kg ノ重錘ヲ附スル時, 重心ハ邊 AB ヨリ如何ナル距離ニアルカ。

$$x = \frac{5 \times \frac{1}{3} h + 5h}{3 + 3 + 5 + 5} = \frac{5}{12} h$$



140. 堆積セル土砂或ハ器ニ盛リタル水等ヲ運搬移動スルガ如キ場

合ノ仕事量ハ之等ノ物質ノ形體ガ有スル移動前後ノ重心ノ移動ニ必要ナル仕事量ニ等シキ事ヲ證明セヨ。

問題ヲ簡單ニ取扱フタメニ X 軸方向ニツイテノミ證明スル。質量 m_1, m_2, m_3, \dots ヲトリ, 之等ガ移動ノ前後ニ於ケル基準面カラノ距離ヲ夫々 $x_1, x_2, x_3, \dots, x'_1, x'_2, x'_3, \dots$ トス。又重心ノ位置ヲ X 及 X' トスレバ移動前後ニ於ケル位置ノエネルギーハ夫々

$$m_1 g x_1 + m_2 g x_2 + m_3 g x_3 = g \Sigma m x = g M X$$

$$\text{及 } m_1 g x'_1 + m_2 g x'_2 + m_3 g x'_3 = g \Sigma m x' = g M X'$$

故ニ移動ニ要セシ仕事量ハ

$$W = g \Sigma m x' - g \Sigma m x = g M X' - g M X$$

$$X' - X = H \text{ トスレバ } W = M g H$$

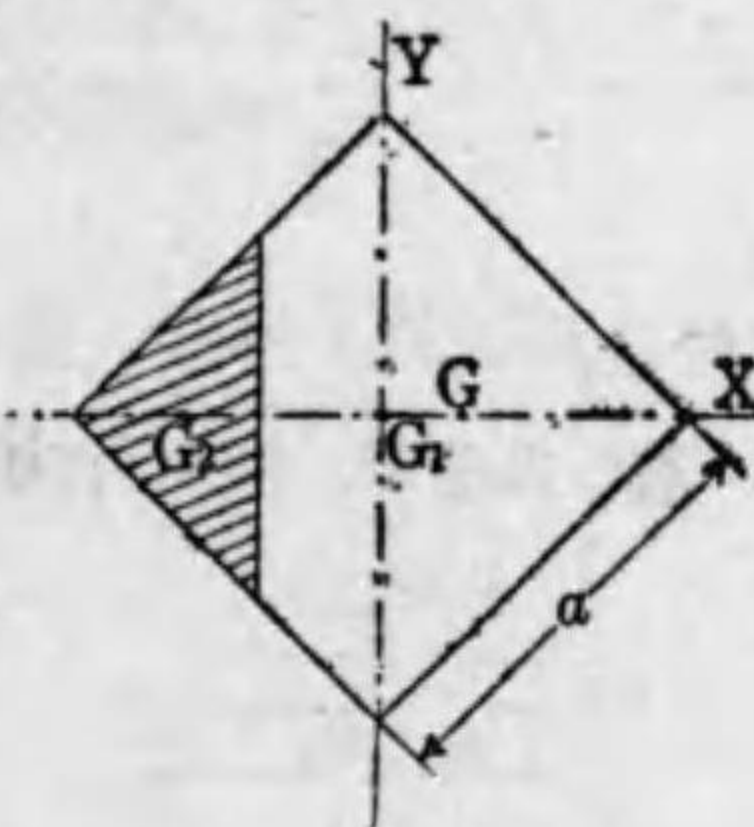
141. 一邊 a ナル正方形ノ板アリ。之ヲ相隣ル二邊ノ中央カラ全面積ノ 1/8 切り除イタ時殘リノ部分ノ重心ノ位置ヲ求メヨ。

$$G_1 G = \frac{a^2 \times 0 - \left(-\frac{a}{\sqrt{2}} \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{8} a^2 \right)}{\frac{7}{8} a^2}$$

$$= \frac{a}{\sqrt{2}} \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{8} \times \frac{8}{7} = \frac{\sqrt{2}}{12} a$$

$$\left\{ \because G_1 G_2 = -\frac{\sqrt{2}}{2} a \times \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \right) \right.$$

$$\left. = -\frac{a}{\sqrt{2}} \times \frac{4}{6} = -\frac{a}{\sqrt{2}} \times \frac{2}{3} \right\}$$



142. 高サ 20m, 上部ノ厚サ 3m, 底部ノ厚サ 8m デ前面傾斜セル堰堤アリ。ソノ斷面ノ重心ノ位置ハ垂直面カラ如何ナル距離ニアルカ。

■ 圖ノ如ク梯形ノ兩邊ヲ延長シテ得タ三角形ノ頂點ノ位置ハ次ノ如クシテ求メラルル。

$$8 : (y+20) = 3 : y$$

$$\therefore y = 12$$

$$\therefore x = \frac{\frac{1}{2} \times 8 \times 32 \times \frac{8}{3} - \frac{1}{2} \times 3 \times 12 \times \frac{3}{3}}{\frac{1}{2} \times 8 \times 32 - \frac{1}{2} \times 3 \times 12}$$

$$= 2.94m$$

143. 高サ40cm, 底ノ直徑30cm口ノ直徑40cmナル「バケツ」ニ水ヲ盛レルトキ重心ノ位置ハ底カラ幾何ノ所ニアルカ。但シ「バケツ」ノ自重ハ考慮ニ入レヌ。

■ 圖ニヨリ

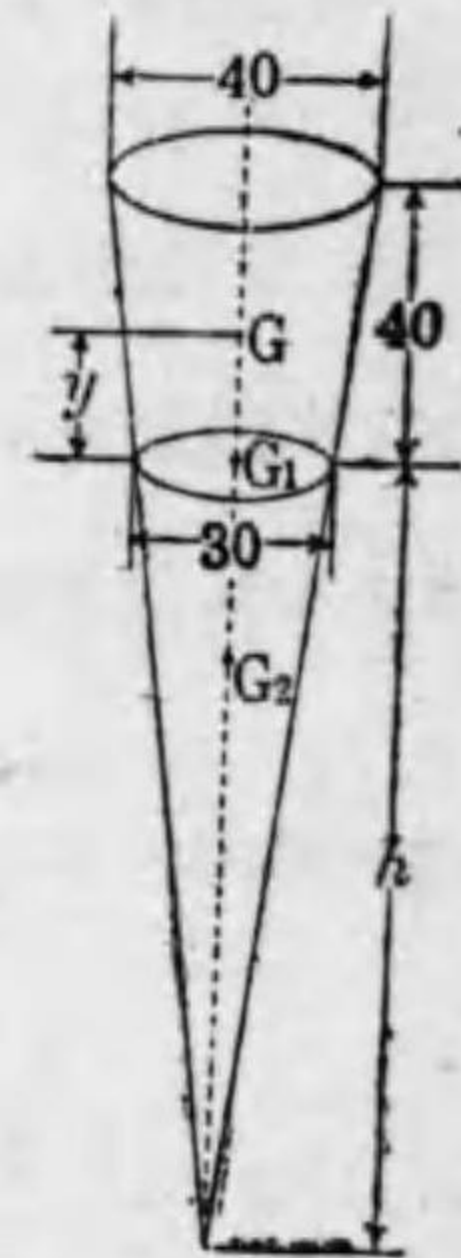
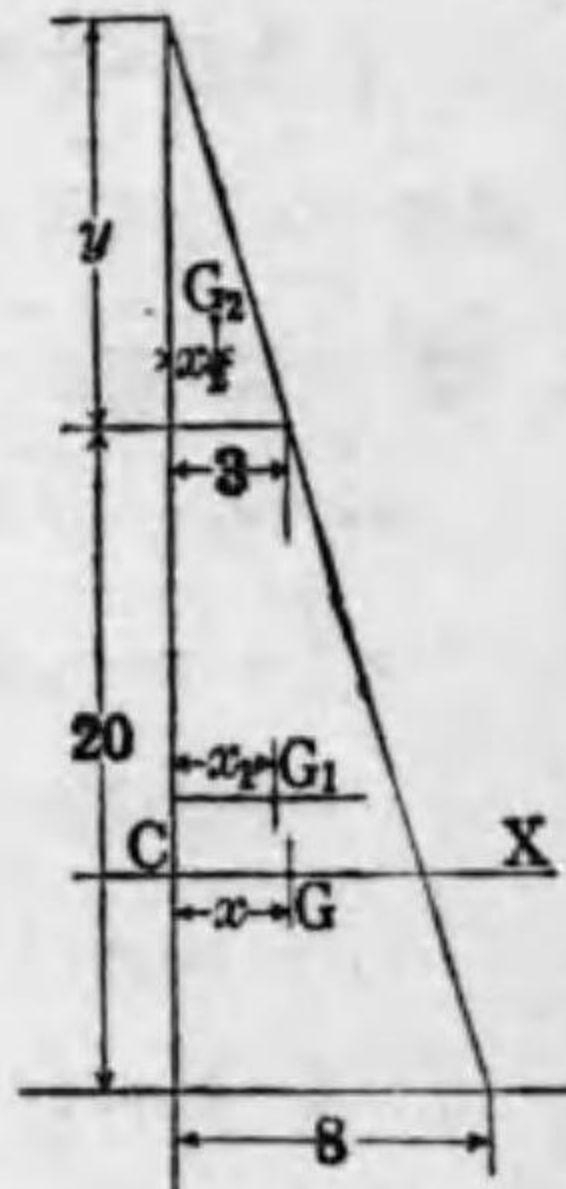
$$40 : (40+h) = 30 : h$$

$$\therefore h = 120$$

圓錐體ノ重心ハ底面ヨリ $\frac{1}{4}h$ ノ距離ニアリ

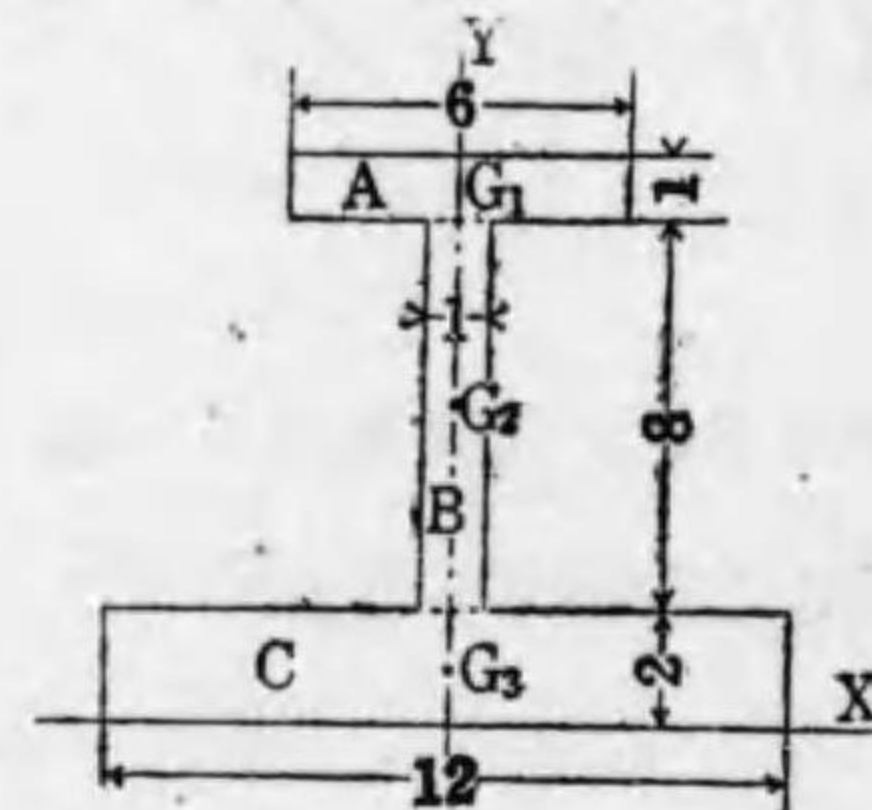
$$\therefore y = \frac{\frac{120}{4} \times \frac{1}{3} \pi \times 15^2 \times 120}{\frac{1}{3} \pi \times 20^2 \times 160 - \frac{1}{3} \pi \times 15^2 \times 120}$$

$$= 21.9cm$$



144. 圖ノ如キ形状ノ重心ヲ求ム。

■ 底邊ヨリ各部ノ面積モーメントヲ求ムレバ



矩形Aデハ $(6 \times 1) \times (2 + 8 + \frac{1}{2}) = 63$

" Bデハ $(1 \times 8) \times (2 + \frac{8}{2}) = 48$

" Cデハ $(2 \times 12) \times \frac{2}{2} = 24$

$$\Sigma ay = 63 + 48 + 24 = 135$$

$$A = \Sigma a = 6 \times 1 + 8 \times 1 + 2 \times 12 = 38$$

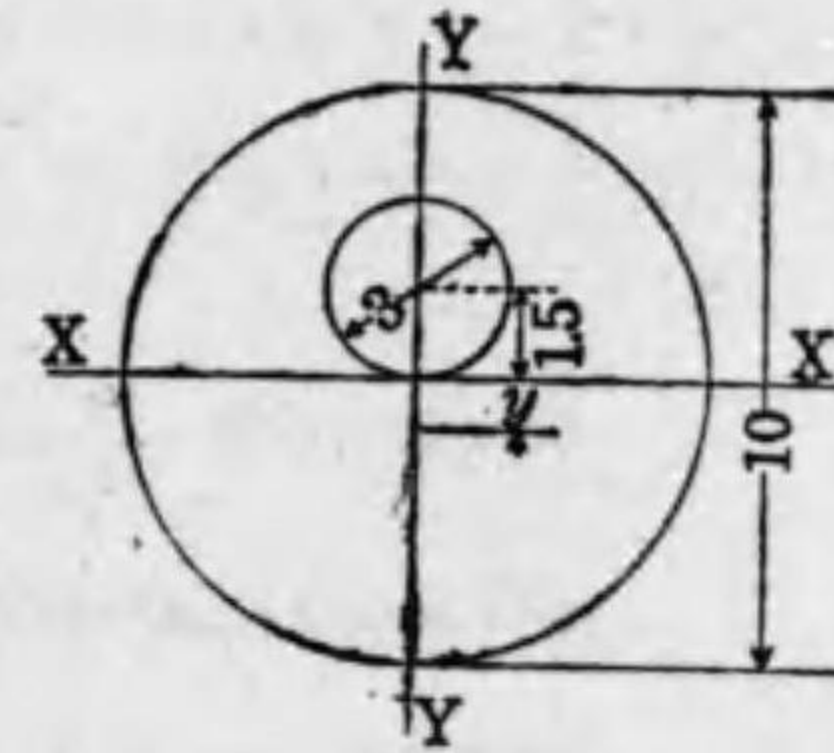
$$\therefore y = \frac{135}{38} = 8.55cm$$

145. 圖ノ如キ圓板ニ圓穴ヲ抜キ取ツタモノノ重心ヲ求ム。

■ 孔ノナイ圓板ノ重心ハ中心デアルカラ, コノ中心ヲ通ル軸ニ關シテ面積モーメントヲ求ムレバ, 孔ノナイ圓板ノ面積モーメントハ0デ, 孔ノ面積モーメントハ $\frac{\pi}{4} \times 3^2 \times 1.5$ デアル。

$$\therefore y = \frac{0 - \frac{\pi}{4} \times 3^2 \times 1.5}{\frac{\pi}{4} (10^2 - 3^2)} = -0.1473cm$$

負號ハ孔ト反對側ナルコトヲ示ス。



146. 底邊40cm, 高サ60cmノ二等邊三角形ノ重心ヲ求メヨ。

■ $GD = \frac{1}{3} \times 60 = 20cm$

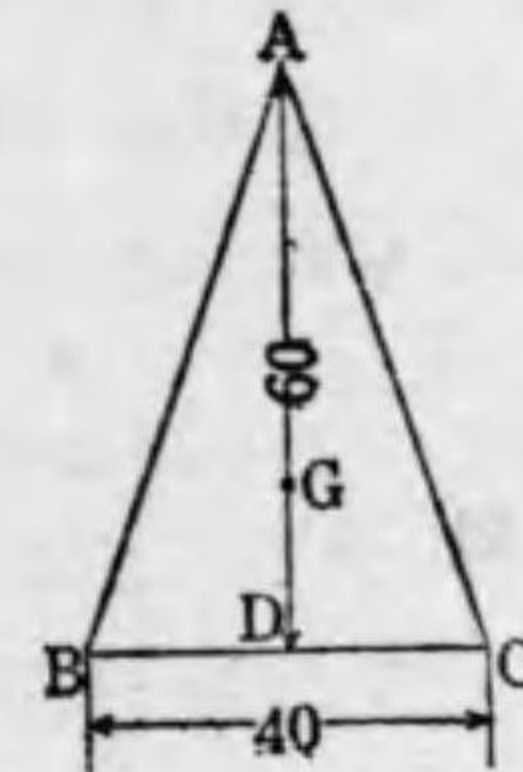
147. 圖ノ様ナ梁ノ斷面ノ重心ヲ求メヨ。

■ $y = \frac{\Sigma ay}{A}$

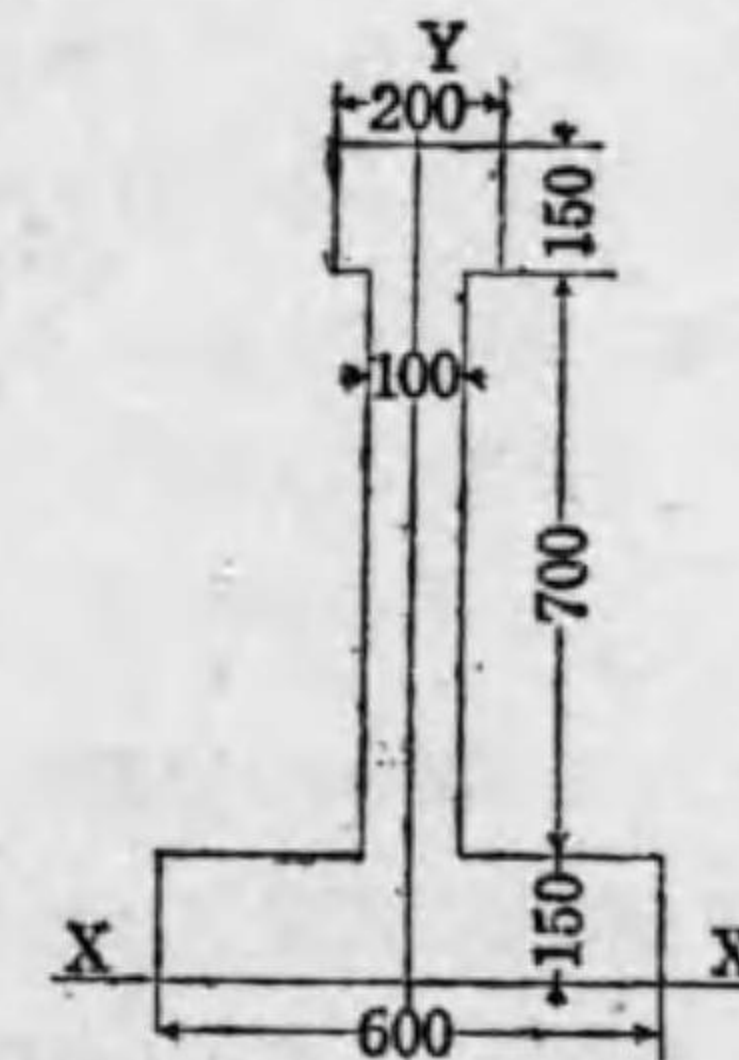
$$= \frac{(200 \times 150) \times (150 + 700 + \frac{150}{2}) + (100 \times 700) \times (150 + \frac{700}{2}) + 600 \times 150 \times \frac{150}{2}}{200 \times 150 + 100 \times 700 + 600 \times 150}$$

$$= \frac{27750000 + 35000000 + 6750000}{30000 + 70000 + 90000}$$

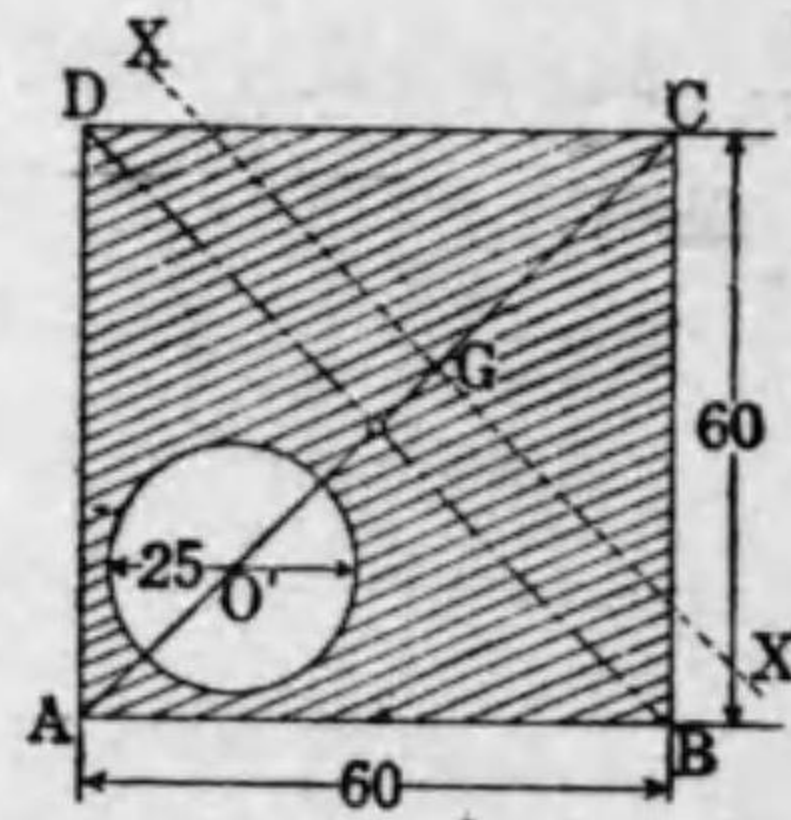
$$= \frac{6950}{19} = 366mm$$



148. 一邊60cmノ正方形ノ板ニ直徑25cmノ圓形ノ孔ヲ穿テリ。孔ノ中心ハ正方形ノ中心トソノ一角頂トヲ結ブ直線上ノ中點ニアリトス, コノ物體ノ重心ヲ求ム。



例 求ムル重心ヲGトシ對角線BD = 平行ニシテGヲ通ル直線XX'ヲ軸トシテ面積モーメントヲ求ムレバ、 $x=0$ トナリ、面積モーメントガ零トナラネバナラヌカラ



$$60 \times 60 \times GO - \frac{\pi}{4} \times 25^2 \times GO' = 0$$

$$GO' = GO + OO' = GO + \frac{AO}{2} = GO + \frac{60}{\sqrt{2}} \times \frac{1}{2} = GO + 21.2 \text{ cm}$$

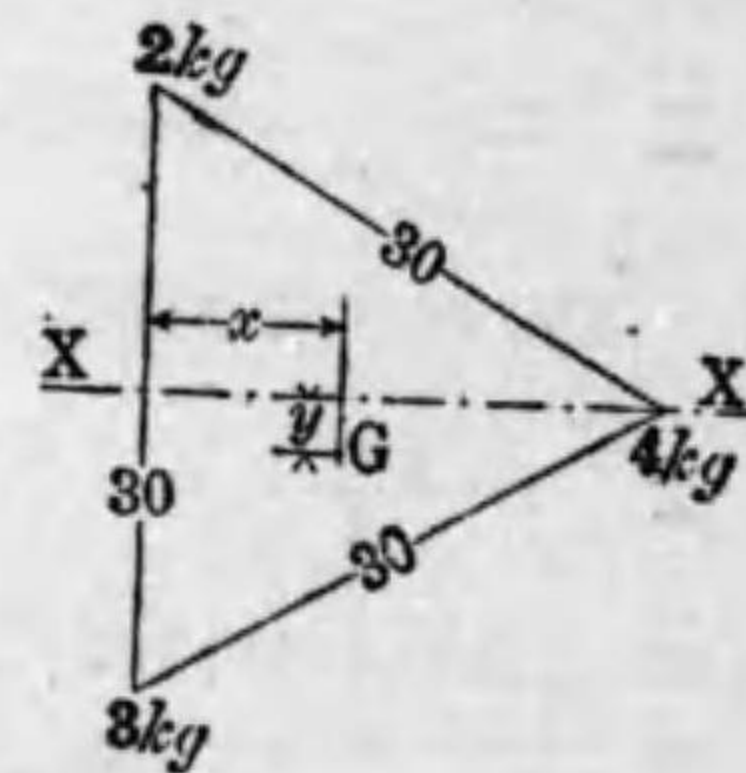
$$\therefore 3600GO - 491(GO + 21.2) = 0 \quad \therefore GO = \frac{10400}{3109} = 3.35 \text{ cm}$$

149. 一邊30cmノ正三角形ノ頂點ニ夫々2kg, 3kg, 4kgノ重量ヲ付ケタトキノ重心ノ位置ヲ求メヨ。

$$x = \frac{4 \times \left(30 \times \frac{\sqrt{3}}{2}\right)}{2+3+4} = \frac{4 \times 15 \times \sqrt{3}}{9}$$

$$= \frac{20 \times 1.732}{3} = 11.54 \text{ cm}$$

$$y = \frac{2 \times \frac{30}{2} - 3 \times \frac{30}{2}}{2+3+4} = \frac{-15}{9} = -1.66 \text{ cm}$$



150. 厚サ一様ナ三角形ヲ水平面上ニ置イタトキ頂點ヲ垂直ニ引キ起シ得ル力ハ各頂點ニ對シテ同ジ値ナルコトヲ證明セヨ。

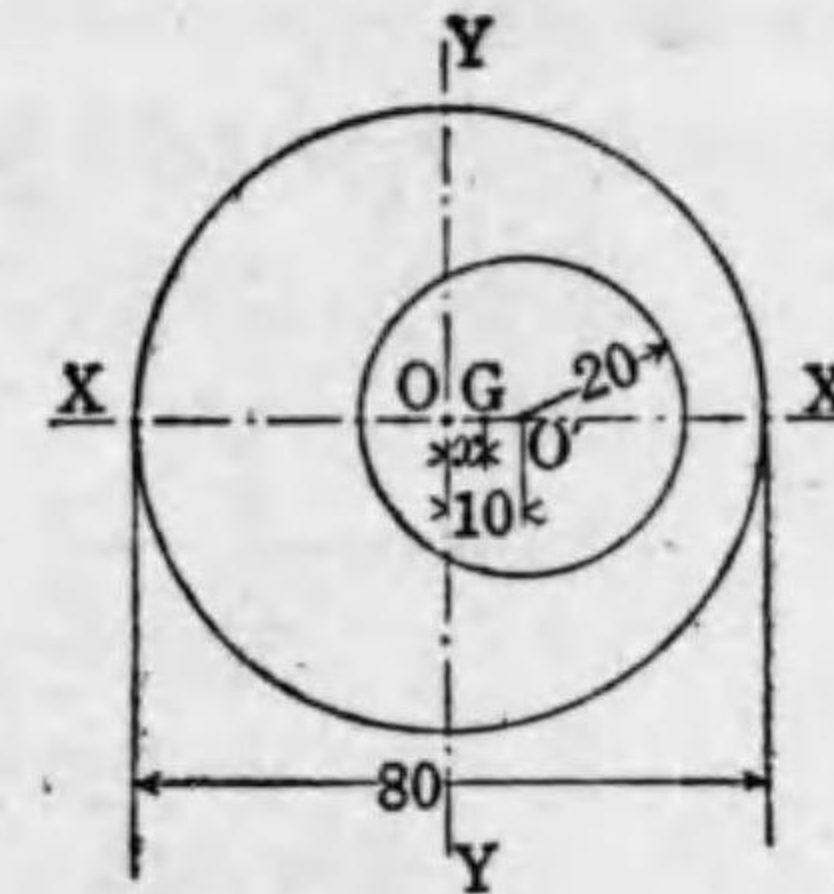
例 三角形板ノ重心ハ各頂點ヨリ各中線ノ $\frac{2}{3}$ ノ位置ニアルヲ以テ各頂點ヲ垂直ニ引キ起スカヲPトシ、板ノ重量ヲWトセバ

$$P \times 3 = W \times 1 \quad \therefore P = \frac{W}{3} \text{ トナル。}$$

151. 直徑80cmノ鐵圓板ニソノ中心ヨリ10cmノ點ヲ中心トスル直徑40cmノ孔ヲアケ鉛デ同ジ厚サニ塞イダ時ノ重心ヲ求メヨ。但シ鐵及鉛ノ比重ハ夫々7.8, 11.4デアロ。

$$x = \frac{0 + 10 \times \left(\frac{\pi}{4} \times 40^2 \times 11.4\right)}{\frac{\pi}{4} \times 80^2 \times 7.8 + \frac{\pi}{4} \times 40^2 \times 11.4}$$

$$= \frac{143200}{39200 + 14320} = \frac{143200}{53520} = 2.68 \text{ cm}$$



152. 圖ノ如ク半球ニ同半徑ノ圓柱ヲ付ケタ物體ガ球面ヲ下ニシテ机上ニ載ル場合ノ坐リノ條件ヲ求メヨ。

例 Oヲ半球ノ中心G₁, G₂及ビV₁, V₂ヲ半球ト圓柱ノ重心及ビ體積、rヲ半球ノ半徑、hヲ圓柱ノ高サトスレバ

$$OG_1 = \frac{3}{8}r \quad OG_2 = \frac{1}{2}h \quad V_1 = \frac{2}{3}\pi r^3 \quad V_2 = \pi r^2 h$$

全體ノ重心Gガ中心Oノ下ニアレバ安定、上ニアレバ不安定、中心上ニアレバ中立ノ坐リデアルカラ

$$OG_1 \cdot V_1 \geq OG_2 \cdot V_2 \quad \text{即チ} \quad \frac{3}{8}r \times \frac{2}{3}\pi r^3 \geq \frac{1}{2}h \pi r^2 h$$

$\therefore r \geq \sqrt{2}h$ ナルニ從ヒ安定、中立、不安定ノ坐リデアロ。

153. 底面直徑20cm、高サ30cmノ直圓錐ヲ滑カナ斜面ニ置イタトキ斜面ノ傾角ヲ何度ニスレバ轉覆スルカ。

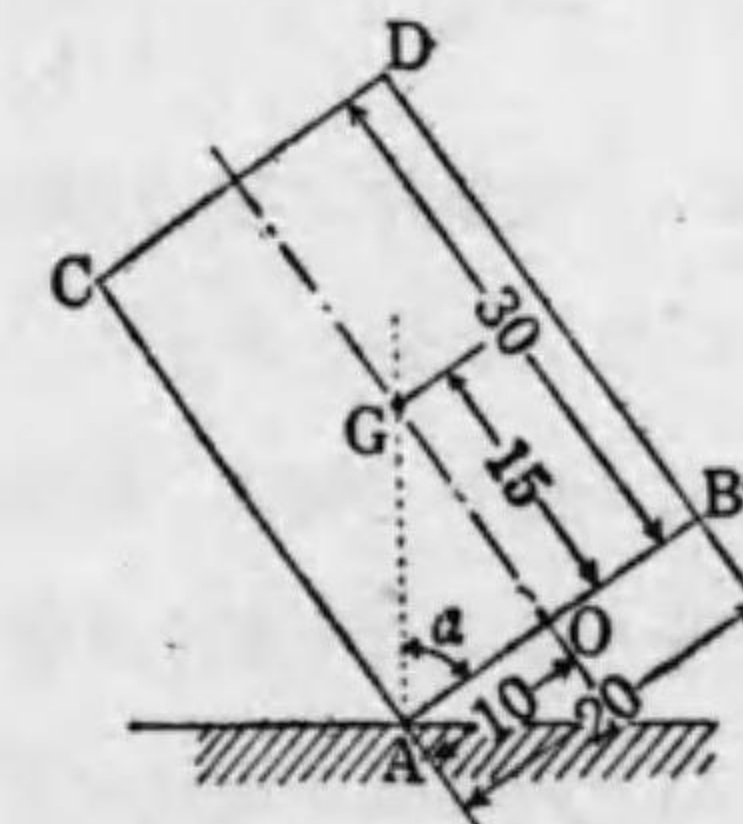
例 直錐ノ重心GガAノ鉛直線ヲ越エル時ガ轉覆スル時ナルヲ以テ

$$\tan \alpha = \frac{GO}{AO} = \frac{15}{10} = 1.5$$

$$\therefore \alpha = 56^\circ 20'$$

故ニ 斜面ノ斜角ハ

$$90^\circ - \alpha = 90^\circ - 56^\circ 20' = 33^\circ 40'$$



154. 前問ニ於テ同ジ直徑高サノ直圓錐ナラバ如何。

■ 直徑=h, 高さ=h トセバ

重心Gノ高さ $OG = \frac{h}{4}$

$AO = \frac{h}{2}$ ナルヲ以テ

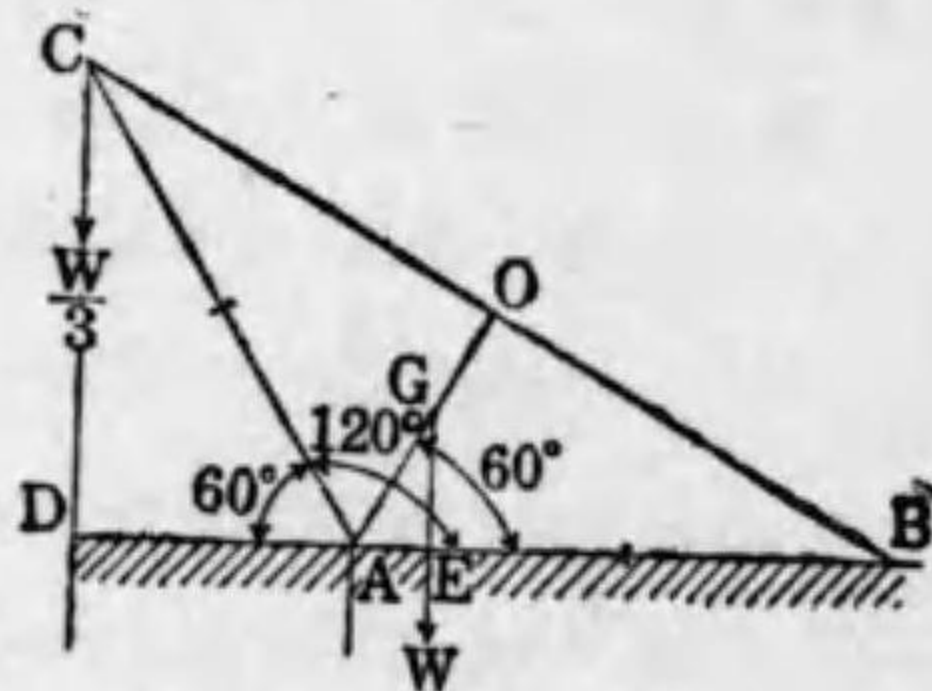
$$\tan \alpha = \frac{\frac{h}{4}}{\frac{h}{2}} = \frac{1}{2} = 0.5$$

$\therefore \alpha = 26^\circ 35'$

\therefore 斜面ノ傾角ハ $90^\circ - \alpha = 90^\circ - 26^\circ 35' = 63^\circ 25'$



155. 重量ガW, 頂角Aガ120°ナル二等邊三角形ABCノ側邊ABヲ水平面上ニ置イテ板ヲ垂直ニ立テタ時頂點C= $\frac{W}{3}$ 以上ノ荷重ヲ加ヘレバ三角板ガ轉覆スルコトヲ記セ。



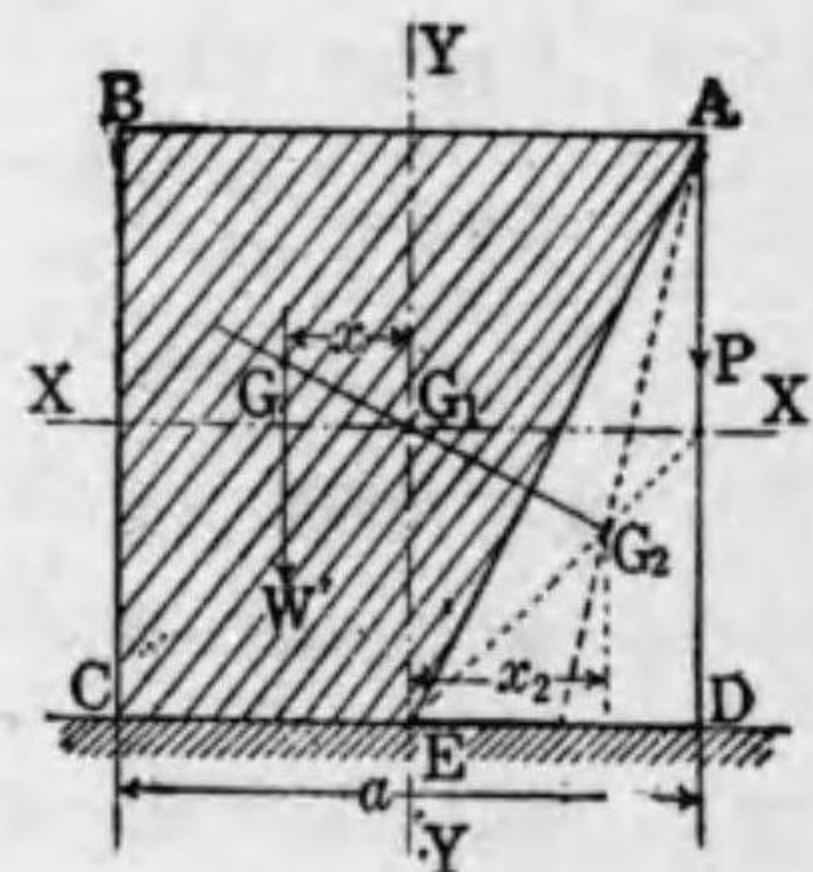
■ $AE = AG \cos 60^\circ = \frac{AG}{2} = \frac{\frac{2}{3}AO}{2} = \frac{AO}{3} = \frac{AB \cos 60^\circ}{3} = \frac{AB}{6}$

$AD = AC \cos 60^\circ = AB \times \frac{1}{2} = \frac{AB}{2}$

$\overline{AE} \times W = AD \times \frac{W}{3}$ 即チ $\frac{AB}{6} \times W = \frac{AB}{2} \times \frac{W}{3}$

ナル故ニ $C = \frac{W}{3}$ 以上ノ荷重ヲ加ヘルト轉覆スベシ

156. 重量Wノ正方形板ABCDノ一邊CDノ中點ヲEトシ, 三角形AEDヲ切り落シタ殘リノ四邊形ABCEノ一邊CEヲ水平面上ニ置キテ板ヲ垂直ニ立テタ時板ヲ轉覆セシメナイデA點ニ加ヘ得ル最大荷重ハ何程カ。



■ 正方形ABCDノ重心ヲG₁, △AEDノ重心ヲG₂, 四邊形ABCEノ重心ヲGトシ, G₁ヲ通ル軸X, Yニ關シテGノx坐標ヲ求ムルニ

$\triangle AED = \frac{1}{2} \overline{ED}, \overline{AD} = \frac{1}{2} \times \frac{\overline{CD}}{2} \times \overline{AD} = \frac{1}{4} \overline{ABCD}$

$\therefore \triangle AED$ ノ重量= $\frac{W}{4}$

$x_2 = \frac{2}{3} \overline{ED} = \frac{2}{3} \times \frac{1}{2} \overline{CD} = \frac{1}{3} \overline{CD} = \frac{a}{3}$

$x = \frac{0 - \frac{W}{4} \times \frac{a}{3}}{W - \frac{W}{4}} = -\frac{W}{4} \times \frac{a}{3} \div \frac{3}{4} W = -\frac{a}{9}$

Eノ廻リノ「モーメント」ヲトレバ

$W' = W - \frac{W}{4} = \frac{3}{4} W$ ガGニ作用シ, PガAニ作用スルヲ以テ

$\frac{3}{4} W, x = P, \overline{ED} = P \times \frac{a}{2}$

$\frac{4}{3} W \times \frac{a}{9} = P \times \frac{a}{2}$

$\therefore P = \frac{4 \times 2}{3 \times 9} W = \frac{8}{27} W$

故ニAニ加ヘ得ル最大荷重Pハ $\frac{8}{27} W$ ナリ

第六章 仕事「エネルギー」

仕事

一定ノ力 F が作用シテソノ方向ニ s ダケ動イタトスレバ、ソノ時ノ仕事 W ハ

$$W = Fs \dots\dots\dots(37)$$

力 F ト變位 s トノナス角ガ θ ナル時ハ

$$W = Fs \cos \theta \dots\dots\dots(37)'$$

仕事ノ「デイメンション」ハ

$$[W] = [FL] = [MLT^{-2}L] = [ML^2T^{-2}]$$

仕事ノ絶対單位

C. G. S. 制單位デハ 1 ダイソノ力ガ作用シテ 1cm ノ變位ヲナシタ時ノ仕事ヲ 1「エルグ」トイフ。

仕事ノ實用單位

1「エルグ」ハ甚ダ小サイ値デアルカラ 10^7 「エルグ」ヲ 1「ジュール」トイフ。

1kg ノ力ガ作用シテ 1m ノ變位ヲ與ヘタトキノ仕事ヲ 1kgm トイフ。

$$1kg = 10^3 \times 980 \text{ダイソ}$$

$$\therefore 1kgm = 10^3 \times 980 \times 10^3 = 9.8 \times 10^7 \text{エルグ} = 9.8 \text{ジュール}$$

F. P. S. 制單位デハ 1 封度ノ力ガ作用シテ 1 呎動力シタ時ノ仕事量ヲ 1「ft-lb」トイフ。

動力

時間ニ對シテ仕事ヲナス割合ヲ動力トイヒ、單位時間中ニナサレ

ル仕事ヲ以テ測ル。今物體ニ力 F ガ働イテ t 時間ニ s ノ變位ヲ與ヘタトスレバ、動力 P ハ

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fs}{t} = Fv \dots\dots\dots(38)$$

動力ノ「デイメンション」ハ

$$[P] = \left[\frac{W}{T} \right] = [FLT^{-1}] = [FV] = [ML^2T^{-3}]$$

動力ノ單位

絕對單位ハ $1 \left[\frac{\text{エルグ}}{\text{秒}} \right]$ デ、實用單位ハ $1 \left[\frac{\text{ジュール}}{\text{秒}} \right]$ ヲ 1「ワット」トイフ。

重力單位デハ $1 \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} \right]$ 又ハ $1 \left[\frac{\text{ft} \cdot \text{lb}}{\text{s}} \right]$ ヲ用フ。

$$1[W] = 1 \left[\frac{\text{ジュール}}{\text{秒}} \right] = 10^7 \left[\frac{\text{エルグ}}{\text{秒}} \right]$$

$$1[K.W] = 1000[W] = 10^2 \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$1[P.S] = 75 \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} \right] = 735.5[W]$$

$$1[H.P] = 550 \left[\frac{\text{ft} \cdot \text{lb}}{\text{s}} \right] = 746[W]$$

馬力ニハ普通 $H.P$ ノ記號ヲ使フ。

$$H.P = \frac{FV}{75} \dots\dots\dots(39)$$

動力ト時間トノ相乗積ハ仕事量デアルカラ、動力ノ賣買等ニハ $K.W$ 時又ハ馬力時ヲ使用ス。

エネルギー

仕事ヲナシ得ル能ヲ「エネルギー」トイフ。

運動ノエネルギー

質量 m 、速度 v ノ運動體ノ運動ノ「エネルギー」ハ次ノ如シ。

$$K.E. = FS = W = \frac{1}{2}mv^2 \dots\dots\dots(40)$$

位置ノエネルギー

地上 h ノ所ニアル質量 m ノ物體ハ地面ヲ基準トシテ

$$P.E = mgh \dots\dots\dots(41)$$

又物體ガ h ノ所カラ自由ニ落下スルコトニ依ツテ得ル速度ハ

$$v = \sqrt{2gh} \text{デアリ, ソノ物體ノ運動ノ「エネルギー」ハ}$$

$$K.E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(\sqrt{2gh})^2 = mgh$$

此ノ式ヲ見ルト物體ハ高サ h ノ所カラ自由ニ落下シタトキ, ソノ失ツタ位置ノ「エネルギー」ニ等シイ運動ノ「エネルギー」ヲ得ル。之ヲエネルギーノ保有原理トイフ。

【問題】

157. 鑛山用巻揚機アリ。重量 $5t$ ヲ $200m$ ノ深サヨリ 1 分間ニ引揚ゲルニハ何馬力ヲ要スルヤ。

$$\text{馬力 } P.S = \frac{5000 \times 200}{60 \times 75} = \underline{\underline{222}}$$

158. 捲揚機ヲ以テ $1t$ ノ荷重ヲ $5m$ ノ高サニ揚ゲル仕事ヲ 3 分間ニナサントス, 1 人 $\frac{1}{10}P.S$ トシテ幾人ヲ要スルカ。

$$\frac{1000 \times 5}{3 \times 60 \times 75} \div \frac{1}{10} = 3.7 \quad \text{即チ 4 人}$$

159. 東海道線ニ使用スル大型電氣機關車ニハ $225KW$ ノ發電機 6 臺ヲ備フ。之ガ列車ヲ牽引シテ $100m/h$ ノ快速度ヲ以テ平坦線ヲ驀進スルコトヲ得ルトセバ, 列車ノ全抵抗幾何ナリヤ。

$$\begin{aligned} \text{全動力 } P &= 225 \times 6 \times 102 \text{kgm/sec} \\ \text{速度 } V &= 100 \times 1000 \div 3600 = \frac{1000}{36} \text{m/sec} \\ \therefore \text{抵抗 } F &= \frac{P}{V} = \frac{225 \times 6 \times 102}{\frac{1000}{36}} = 4,950 \text{kg} \end{aligned}$$

160. 旋盤ヲ以テ軟鋼棒ヲ切削スル場合ノ切削重力ハ $20t/cm^2$ ナリトイフ。今切込ミ深サ $7mm$, 送り $1.5mm$, 切削速度 $20m/min$ トセバ此作業ニ要スル切削馬力如何。

$$\frac{20000 \times 0.7 \times 0.15 \times 20}{60 \times 75} = \underline{\underline{9.3 P.S}}$$

161. $50m \times 20m$ ニシテ平均水深 $2.5m$ ナル水泳プールアリ。水面ヨリ $1m$ 高所ニアル溝ニ水ヲ汲出ス作業ヲ 2 時間内ニナサントス。理論上幾馬力ヲ要スルカ。

$$\text{水ノ揚程ハ } \frac{2.5}{2} + 1 = 2.25m \text{ ナリ, 水 1 立方米ノ重量ハ } 1000kg$$

$$\text{故ニ 所要馬力 } P.S = \frac{50 \times 20 \times 2.5 \times 1000 \times 2.25}{2 \times 60 \times 60 \times 75} = \underline{\underline{10.4}}$$

162. 重量 $30gr$ ノ彈丸ヲ $500m/s$ ノ初速度ヲ以テ毎分 500 發宛發射スル機關銃ハ幾何ノ馬力ニ相當スル仕事ヲナスカ。

$$\text{1 分間ニ彈丸ノ得ル運動ノ「エネルギー」ハ}$$

$$K.E = \frac{1}{2} \times \frac{0.03 \times 500}{9.8} \times 500^2$$

$$\text{故ニ 動力 } P.S = \frac{1}{2} \times \frac{0.03 \times 500}{9.8} \times 500^2 \times \frac{1}{60 \times 75} = \underline{\underline{42.5 P.S}}$$

163. 深サ $100m$ ノ坑内ニ於テ $0.25m^3/s$ ノ割合ヲ以テ水ガ湧出スルトイフ。之ヲ汲ミ出スニ要スルポンプノ理論馬力如何。

$$\frac{0.25 \times 1000 \times 100}{75} = \underline{\underline{333 P.S}}$$

164. 大型起重機ハ $150t$ ノ重量ヲ $1min$ 間ニ $7m$ ノ高サニ吊揚ゲ得ルトイフ。所要馬力數ヲ求ム。

$$\frac{150 \times 1000 \times 7}{60 \times 75} = \underline{\underline{233 P.S}}$$

165. 600 「ノット」ノ距離ヲ船ガ全速力 36 「ノット」ヲ以テ急行セシニ 40000 馬力ノ動力ヲ要セリトイフ。 20 「ノット」ノ速度デ航行ス

ル場合ニ比シ幾倍ノ「エネルギー」ヲ要セシヤ。但シ船ノ所要動力ハ速度ノ3乗ニ比例ヲナス。

■ 36「ノット」デ急行セシ場合ニ要セシ仕事量ハ

$$\frac{600}{36} \times 40000 = 665,000 \text{ 馬力時}$$

20「ノット」デ航行セシ場合ニ要セシ仕事量ハ

$$\frac{600}{20} \times \left(40000 \times \frac{20^3}{36^3}\right) = 207000 \text{ 馬力時}$$

$$\text{故} = \frac{665,000}{207,000} = 3.2 \text{ 倍}$$

166. 重量300tノ列車ガ停車場ヲ出發シテ1分後ニ72km/hノ速度ニ達スルタメニハ、機關車ニ幾馬力ノ出力ヲ要スルヤ。但シ列車ノ抵抗ハ平均4kg/tナリトイフ。

$$\text{■ 質量} \dots \frac{300 \times 1000}{9.8} \text{ gk} \quad \text{速度} \dots \frac{72 \times 1000}{3,600} = 20 \text{ m/s}$$

$$\text{加速度} \dots \frac{20}{60} = \frac{1}{3} \text{ m/s}^2 \quad \text{抵抗} \dots 4 \times 300 = 1200 \text{ kg}$$

$$\text{一分間ノ平均速度} \dots \frac{20}{2} = 10 \text{ m/s} \quad \text{加速力} \dots \frac{300 \times 1000}{9.8} \times \frac{1}{3}$$

$$\therefore P \times 76.12 = \left(1200 + \frac{300 \times 1000}{9.8} \times \frac{1}{3}\right) \times 10$$

$$\therefore \text{出力 } P = (1200 + 10200) \times 10 \times \frac{1}{76.12} = 1510 \text{ 馬力(日本制)}$$

167. 60km/hノ速度デ進行スル重量300tノ列車アリ。之ニ3000kgノ牽引力ガ距離1kmノ間更ニ作用スレバ列車ノ速度ハ幾何ニナルカ。但シ列車ノ全抵抗ハ1000kgナリトイフ。

■ V_1 ……初速度, V_2 ……終速度, t ……1km進行スルニ要セシ時間トスレバ

$$V_1 = \frac{60 \times 1000}{3600} = \frac{100}{6} \text{ m/sec} \quad t = \frac{1000}{\frac{V_1 + V_2}{2}}$$

$$\alpha = \frac{V_2 - V_1}{t} = \frac{V_2 - \frac{100}{6}}{\frac{1000}{\frac{100}{6} + V_2}} = \frac{V_2^2 - \left(\frac{100}{6}\right)^2}{2000}$$

$$\therefore m\alpha = \frac{300 \times 1000}{9.8} \times \left(V_2^2 - \frac{10000}{36}\right) \times \frac{1}{2000} = 3000 - 1000$$

$$\therefore V_2^2 - 278 = \frac{2000 \times 2000 \times 9.8}{300 \times 1000} = 130$$

$$\therefore V_2^2 = 408 \quad \therefore V_2 = 20.2 \text{ m/sec}$$

$$\text{故} = \text{速度ハ} \frac{20.2 \times 60 \times 0.6}{1000} = 72.72 \text{ km/h}$$

168. 毎時500立方米ノ水ヲ60mノ高サニ上グル工程ハ何馬力カ。

$$\text{■ 毎時 } 500 \text{ m}^3 = \text{毎秒 } \frac{500}{60 \times 60} = 0.139 \text{ m}^3/\text{s}$$

1m³ノ水ノ目方ハ1000kgナルヲ以テ毎秒0.139m³ノ水ノ重量ハ

$$0.139 \times 1000 = 139 \text{ kg/s} \text{ ナリ}$$

$$\therefore \text{工程ハ} \frac{139 \times 60}{75} = 111 \text{ HP}$$

169. 26m/sノ等速度ヲ以テ運動スル重量180kgノ物體ハ重量23kgノ物體ヲ幾何ノ高サニ上ゲ得ルカ。

■ $v = 26 \text{ m/s}$ ノ速度ヲ以テ運動スル $W = 180 \text{ kg}$ ノ物體ノ有スル運動ノ「エネルギー」ハ

$$K.E = \frac{1}{2} \frac{W}{g} v^2 = \frac{180 \times 26^2}{2 \times 9.8} = 6,200 \text{ kg.m}$$

コノ「エネルギー」ニ依リ重量23kgノ物體ガ上ゲラレル高サヲ h トスレバ

$$23h = 6,200 \text{ kg.m} \dots \therefore h = \frac{6200}{23} = 270 \text{ m}$$

170. 5tノ重量ヲ8秒間ニ等速度ニテ9.7mノ高サニ上グル起重機ノ工程ハ何馬力及ビ何KWナルカ。

$$\text{■ 速度 } v = \frac{9.7}{8} = 1.2125 \text{ m/s}$$

$$\text{■ 工程 } H.P = \frac{5000 \times 1.2125}{75} = \underline{\underline{80.8}}$$

$$KW = \frac{80.8}{1.36} = \underline{\underline{59.5}}$$

171. 重量 $1.5t$ の錨ヲ深サ $28m$ ノ海底ヨリ 6 分間ニ引キ上グルニ何人ヲ要スルカ。但シ一人ノ力量ヲ $\frac{1}{12}HP$ トシテ計算スベシ。

$$\text{■ } v = \frac{28}{6 \times 60} = 0.0778 \text{ m/s}$$

∴ 仕事ハ $1500 \times 0.0778 \text{ kg.m/s}$ デ一人ノスル仕事ハ

$$\frac{1}{12} HP = \frac{75}{12} \text{ kg.m/s}$$

$$\text{∴ 求ムル人数ハ } \frac{1500 \times 0.0778}{\frac{75}{12}} = 18.66 \text{ 人 即チ } \underline{\underline{19 \text{ 人}}}$$

172. 4人ニテ運轉スベク造ラレタル巻上げ機械ヲ以テ $350m$ ノ深サヨリ $2t$ ノ重量ヲ引キ上グルニ何時間ヲ要スルカ、一人ノ力量ヲ $\frac{1}{15}HP$ トス。

$$\text{■ 4人ノ總力量ハ } 4 \times \frac{1}{15} \times 75 = 20 \text{ kg.m/s}$$

2000 kg ヲ 350 m 上グル仕事ハ $2000 \times 350 = 700,000 \text{ kg.m}$ デアルカラ

$$\text{求ムル時間ハ } \frac{700,000}{20} = 35,000 \text{ 秒} = \underline{\underline{9 \text{ 時} 43 \text{ 分} 20 \text{ 秒}}}$$

173. $10m/s$ ノ速度ヲ以テ進行スル重量 $300t$ ノ列車アリ。 $2t$ ノ力ガ距離 $1km$ ノ間更ニコレニ作用スル時ハ列車ノ速度ハ幾何ニ増スカ。

$$\text{■ } v = 10 \text{ m/s}, W = 300t = 300,000 \text{ kg} \text{ ノ列車ノ運動ノエネルギーハ}$$

$$\frac{300,000 \times 10^2}{2 \times 9.8} = 1,530,000 \text{ kg.m}$$

次ニ $F = 2t = 2000 \text{ kg}$ ガ $S = 1000 \text{ m}$ ノ間働ク仕事ハ

$$2000 \times 1000 = 2,000,000 \text{ kg.m}$$

故ニ列車ノ有スル總エネルギーハ $1,530,000 + 2,000,000 = 3,530,000 \text{ kg.m}$

求ムル速度ヲ $v \text{ m/s}$ トスレバ

$$\frac{300,000 v^2}{2 \times 9.8} = 3,530,000 \quad \therefore v^2 = \frac{3,530,000 \times 19.8}{300,000} = 231$$

$$\therefore v = \sqrt{231} = \underline{\underline{15.2 \text{ m/s}}}$$

174. 重量 $2kg$ ノ物體ニ $8kgm$ ノエネルギーヲ有セシムル速度ヲ問フ。

$$\text{■ } \frac{WV^2}{2g} = \frac{2V^2}{2 \times 9.8} = 8 \quad \therefore V^2 = \frac{8 \times 19.6}{2} = 78.5$$

$$\therefore V = \sqrt{78.5} = \underline{\underline{8.86 \text{ m/s}}}$$

175. $9m/min$ ノ速度ヲ以テ降下スル重量 $1000kg$ ノ荷物ガ制動機ニ作用セラレテ $3m/min$ ノ速度ニ減小シタトイフ。制動機ノ吸収シタル「エネルギー」ヲ求ム。

$$\text{■ } v = 9 \text{ m/min} = \frac{9}{60} \text{ m/s}, W = 1000 \text{ kg} \text{ ノ物體ノ有スル動エネルギーハ}$$

$$\frac{1000 \times \left(\frac{9}{60}\right)^2}{2 \times 9.8} = 1.15 \text{ kg.m}$$

制動機ニ作用セラレタ後ノ動エネルギーハ

$$\frac{1000 \times \left(\frac{3}{60}\right)^2}{2 \times 9.8} = 0.127 \text{ kg.m}$$

$$\therefore \text{制動機ノ吸収シタエネルギーハ } 1.15 - 0.127 = \underline{\underline{1.023 \text{ kg.m}}}$$

176. 一定ノ高さニ一定ノ物體ヲ持ち上グルニ要スル仕事ハ通路ノ如何ニカ、ハラズ一定デアアルコトヲ證明セヨ。

■ 通路ガ如何ニ變ツテモ持ち上グル高さ一定ナレバ變位ハ一定トナルヲ以テ一定重量ノ物體ヲ一定變位動カス仕事ハ常ニ一定デアアル。

177. 體重 $50kg$ ノ人ガ高さ $800m$ ノ山ノ頂上迄登ルニ要スル仕事ヲ求メヨ。

$$\text{■ } W = FS = 50 \times 800 = \underline{\underline{40,000 \text{ kg.m}}}$$

178. 重量1t, 寸法 30cm×30cm×150cm ナル鑄鋼ヲ横ノ位置カラ
縦ノ位置ヘ起スニハドレホドノ仕事ヲ要スルカ。

■ 横ノ位置デハ重心ノ高サハ

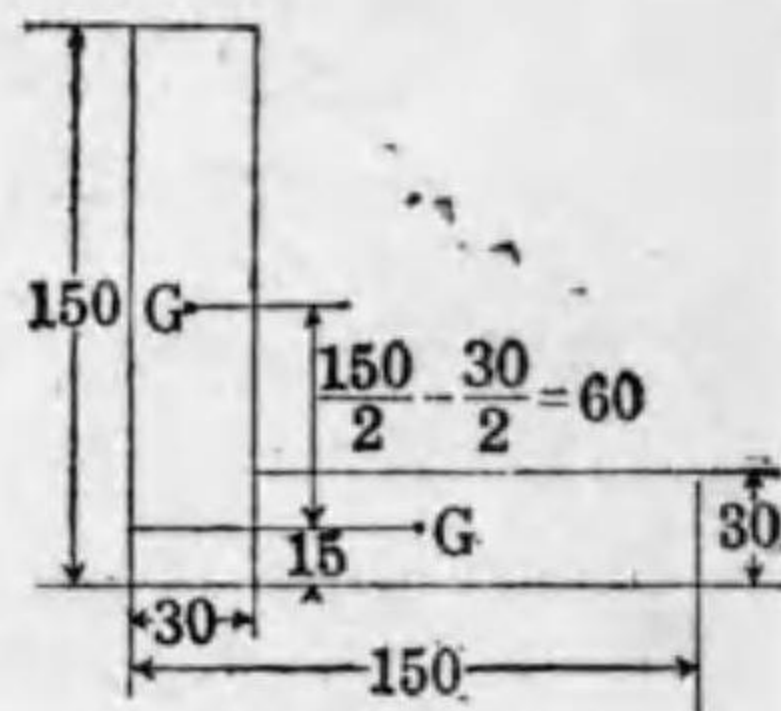
$$\frac{30}{2} \text{cm} = 15 \text{cm}$$

縦ノ位置デハ重心ノ高サハ

$$\frac{150}{2} \text{cm} = 75 \text{cm}$$

横ノ位置カラ縦ノ位置ヘ起ス時ハ重心

ハ 75-15=60cm 高マルヲ以テ



$$W = 1000 \times 60 = 60,000 \text{kgcm} = \underline{600 \text{kg.m}}$$

179. 長サ10m, 重量50kgノ鎖ノ下端ニ150kgノ荷重ヲ吊シ, コレ
ヲ卷キ上ゲルニ要スル仕事ヲ求メヨ。

■ 150kgノ荷重ヲ10m引キ上ゲル仕事ハ $150 \times 10 = 1500 \text{kg.m}$ 長サ10m

重量50kgノ鎖ヲ卷キアゲル仕事ハ50kgノモノヲ5m引キ上ゲル仕事ニ

等シイカラ $50 \times 5 = 250 \text{kg.m}$

$$\therefore W = 1500 + 250 = \underline{1750 \text{kg.m}}$$

180. 1cm伸バスニ100kgノ力ヲ要スル蔓卷バネヲ3cmダケ伸スニ
要スル仕事ハ何程カ。

■ 3cm伸バスニ要スル力ハ $100 \times 3 = 300 \text{kg}$ ナリ

故ニ仕事ハ $W = 300 \times 3 = 900 \text{kg.cm} = \underline{9 \text{kg.m}}$ ナリ。

181. 落差10m, 水量 $1 \text{m}^3/\text{s}$ ノ瀧ハ幾馬力ノ動力ヲ發生スルコトガ
出來ルカ。又幾キロワットニ當ルカ。

■ 水 1m^3 ノ重量ハ 1000kg ナルヲ以テ

$$P = \frac{10 \times 1000}{75} = \underline{133 \text{ P.S.}} = 133 \times 0.7355 = \underline{98 \text{ K.W}}$$

182. 毎分80廻轉, 直径120cmノ調車ニカケタ調帶ノ張り側張力
370kg弛ミ側張力220kgナラバ傳動馬力如何。

■ 調車ノ周速度 $v = \pi DN = 3.14 \times 1.2 \times \frac{80}{60} = 5 \text{m/s}$

驅動力=張り側張力-弛ミ側張力 $= 370 - 220 = 150 \text{kg}$

$$\therefore P = \frac{150 \times 5}{75} = \underline{10 \text{ P.S.}}$$

183. 900kgノ抵抗ニ打ち勝ツテ速サ 60km/h デ走ル汽車ノ機關馬
力ハ何程カ。

$$\text{■ } P = \frac{Fv}{75} = \frac{900 \times \frac{60 \times 1000}{60 \times 60}}{75} = \frac{900 \times \frac{100}{6}}{75} = \underline{200 \text{ P.S.}}$$

184. 機關動力600P.S., 總重量200tノ汽車ハ重量1tニツキ7kgノ
抵抗ニ打ち勝ツテ傾斜 $3/500$ ノ軌道ヲ何程ノ速サデ登ルコトガ出
來ルカ。

■ 列車抵抗 $= 7 \times 200 = 1400 \text{kg}$

列車ガ傾斜路ヲ滑リ下ラントスル力 $= 200 \times 1000 \times \frac{3}{500} = 1200 \text{kg}$

故ニ 全抵抗 $= 1400 + 1200 = 2600 \text{kg}$

$$600 \times 75 = 2600 v$$

$$\therefore v = \frac{2600}{600 \times 75} = \frac{13}{3 \times 75} \text{m/s} = \frac{13 \times 60 \times 60}{3 \times 75 \times 1000} = \underline{0.2 \text{ km/h}}$$

185. 總重量200tノ汽車ガ出發ヨリ4分間デ 50km/h ノ速サヲ出ス
ニハ幾馬力ノ機關ヲ要スルカ。但シ汽車ノ受ケル抵抗ヲ汽車ノ重
量1tニツキ4kgトスル。

■ 抵抗 $= 200 \times 4 = 800 \text{kg}$

質量 $m = \frac{200 \times 1000}{9.8} \text{kg}$

速度 $\frac{50 \times 1000}{60 \times 60} = 13.9 \text{m/s}$

加速度 $\frac{13.9}{4 \times 60} = 0.058 \text{m/s}^2$

平均速度 $v = \frac{13.9}{2} = 6.95 \text{m/s}$

加速力 $\frac{200 \times 1000}{9.8} \times 0.058 = 1186 \text{kg}$

$$P \times 75 = (800 + 1186) \times 6.95$$

$$\therefore P = \frac{1986 \times 6.95}{75} = \underline{184 \text{ P.S.}}$$

186. 總重量 $200t$ ノ汽車ノ速サガ $60km/h$ ナルトキ機關ノ運轉ヲ止メテカラ停車スルマデノ走行距離ヲ求メヨ。但シ制動機ソノ他ノ抵抗ヲ汽車ノ重量 $1t$ ニツキ $30kg$ トスル。

■ 抵抗 $= 30 \times 200 = 6000kg$

汽車ノ質量 $= \frac{200 \times 1000}{9.8} kg$ 速度 $= v = \frac{60 \times 1000}{60 \times 60} = \frac{100}{6} m/s$

汽車ノ運動ノエネルギー

$$K.E. = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times \frac{200 \times 1000}{9.8} \times \left(\frac{100}{6}\right)^2 = 6000S$$

$$\therefore \text{走行距離 } S = \frac{1000000}{9.8 \times 36 \times 6000} = \frac{1000000}{2120} = 470m$$

187. 重量 $1t$ ノ鐵槌ヲ $2m$ ノ高サカラ落シテ厚サ $20cm$ ノ鐵材ヲ $15cm$ ニ打チ薄メタトキ、鐵材ノ受ケタ力ハ平均何程カ。

■ 鐵槌ノ有スル位置ノエネルギーハ

$$P.E. = mgh = wh = 1000 \times 2 = F \times (0.2 - 0.15)$$

$$\therefore \text{鐵材ノ受ケタ力ハ平均 } F = \frac{2000}{0.05} = 40,000kg$$

188. 長サ $1.5m$ ノ砲身ヨリ發射シタ重量 $5kg$ ノ彈丸ノ速度ガ $650m/s$ ナルトキ、爆發瓦斯ノ平均壓力ハ何程カ。

■ 砲身ニ於ケル砲彈ノ加速度ヲ α トセバ

$$650^2 = 2\alpha \times 1.5 \quad \therefore \alpha = \frac{422500}{3} = 140833m/s^2$$

砲彈ニ加ハツタ爆發瓦斯ノ平均ノ力 F ハ

$$F = \frac{5}{9.8} \times 140833 = 71800kg$$

189. 重量 w ノ彈丸ヲ重量 W ノ大砲ニテ水平ニ發射スルトキ大砲ガ自由ニ後退シ得ル場合トコレヲ固定シタ場合トノ彈丸ノ發射速度ノ比ハ $\sqrt{\frac{W}{W+w}}$ ナルコトヲ證明セヨ。

■ 自由ニ後退シ得ル場合ノ速度ヲ v_1 、大砲ノ後退速度ヲ V トセバ

$$wv_1 = WV \quad \therefore V = \frac{w}{W}v_1$$

爆發瓦斯ノ「エネルギー」ハ

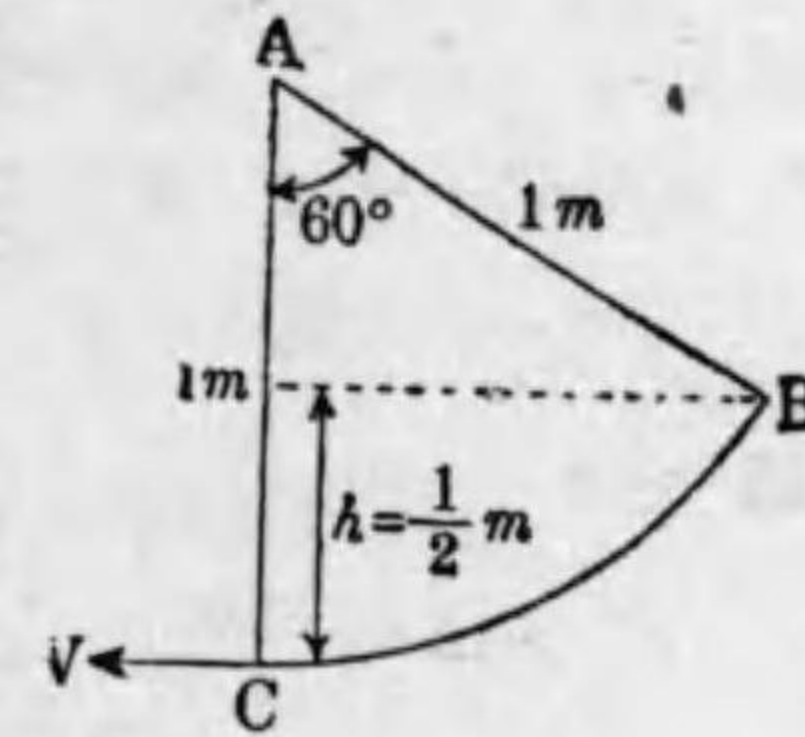
$$K.E. = \frac{1}{2} \frac{w}{g} v_1^2 + \frac{1}{2} \frac{W}{g} V^2 = \frac{1}{2} g \left\{ wv_1^2 + W \left(\frac{w}{W}\right)^2 v_1^2 \right\}$$

$$= \frac{v_1^2}{2g} \frac{w(W+w)}{W}$$

固定シタ場合ノ速度ヲ v_2 トセバ $K.E. = \frac{1}{2} \frac{w}{g} v_2^2$

$$\therefore \frac{v_1^2}{2g} \frac{w(W+w)}{W} = \frac{v_2^2}{2g} w \quad \therefore \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{W}{W+w}}$$

190. 長サ $1m$ ノ絲 AB ノ一端 A ヲ固定シ他端 B ニ錘ヲ吊シ、 A 端ヲ中心、 AB ヲ半径トスル圓周上ニ於テ錘ヲ引キ上げ絲 AB ト鉛直線トノ角ヲ 60° ニシテ錘ヲ放ストセバ錘ガ最下點ヲ通過スルトキノ速度ハ何程カ。



■ 圖ニ於テ $AD = 1 \times \cos 60^\circ = \frac{1}{2}m \quad \therefore h = CD = \frac{1}{2}m$

$$\text{速度 } V = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.8 \times \frac{1}{2}} = \sqrt{9.8} = 3.13m/s$$

191. 長サ $200m$ ノ鎖ガ垂直ニ吊サレテ居ル時鎖 $1m$ ノ重量ヲ $9kg$ トスレバ此ノ鎖ヲ全部捲キ上ゲルニ要スル仕事如何。

■ 鎖ノ全重量ハ $9 \times 200 = 1800kg$ ニシテコノ重心ハ中央ニアリトシ、即チ $100m$ ノ綱ニ $1800kg$ ノ重量ヲ吊シテコレヲ引キ上ゲタト考ヘルト仕事量ハ $W = F.S = 1800 \times 100 = 180000 kg.m$

192. 電動機ノ廻轉モーメントヲ $107.8kg.m$ トセバ、 300 廻轉シタ時ノ仕事量ハ何程カ。

$$\text{解} \quad \text{廻轉モーメント} = Fr = 107.8 \text{ kg}\cdot\text{m} \quad \therefore F = \frac{107.8}{r} \text{ kg}$$

300廻轉スレバ、 $S = 2\pi r \times 300 \text{ m}$ 動イタ事ニナルカラ

仕事量

$$W = FS = \frac{107.8}{r} \times 2 \times 3.14 \times r \times 300 = 107.8 \times 6.28 \times 300 = \underline{\underline{203,500 \text{ kg}\cdot\text{m}}}$$

193. 30,000kgノ荷物ヲ15分間ニ垂直ニ15mノ高所ニ上ゲルニハ何馬力ヲ要スルカ。

$$\text{解} \quad \text{速度} \quad v = \frac{15}{15} \text{ m/min} = \frac{1}{60} \text{ m/s}$$

$$\text{馬力} \quad \frac{30,000 \times \frac{1}{60}}{75} = \frac{500}{75} = \underline{\underline{6.66 \text{ P.S.}}}$$

194. 10分間ニ80mノ深サノ井戸カラ15,000立ノ水ヲ汲出スニハ何馬力ノポンプヲ要スルカ、但シ一立ノ水ノ重ヲ1kgトス。

$$\text{解} \quad \text{速度} \quad v = \frac{80}{10 \times 60} = \frac{8}{60} = \frac{2}{15} \text{ m/s}$$

水ノ重量 = 15000kg

$$\therefore \text{ポンプノ馬力} \quad \frac{15000 \times \frac{2}{15}}{75} = \frac{2000}{75} = \underline{\underline{26.7 \text{ P.S.}}}$$

195. 落差7mノ瀑布アリ、水ガ断面一平方米ノ箇所ヲ一時間5,720mノ速サデ落下スルモノトセバ此ノ水ノ出シ得ル馬力數ハ如何。

$$\text{解} \quad \text{水量} = \frac{5720 \text{ m}^3}{60 \times 60} = 1.59 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{重量} = 1.59 \times 1000 = 1590 \text{ kg}$$

$$\text{P.S.} = \frac{7 \times 1590}{75} = \underline{\underline{148}}$$

196. 一馬力ノ仕事デ一分間ニ1立方米ノ水ヲ何程ノ高サニ上ゲラレルカ。

$$\text{解} \quad 1 \times 75 \times 60 = 1000 \text{ h}$$

$$\therefore h = \frac{4500}{1000} = \underline{\underline{4.5 \text{ m}}}$$

197. 重量45kgノ物體ガ毎秒20mノ速度カラ毎秒25mノ速度ニ變ジタトキ動エネルギーノ増加如何。

$$\text{解} \quad \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2} \times \frac{45}{9.8} (25^2 - 20^2) = \frac{45 \times 45 \times 5}{19.6} = \underline{\underline{517 \text{ m}\cdot\text{kg}}}$$

198. 重量100,000kgノ汽車ガ出發シテカラ1500m走ツテ1時間45kmノ速サヲ得タ時コノ間汽車ノ受ケタ抵抗ヲ1000kgトセバ汽車ノ牽引力ハ如何。

$$\text{解} \quad \text{質量} \dots \text{m} = \frac{100,000}{9.8} \text{ kg} \quad \text{速度} \quad v = \frac{45 \times 1000}{60 \times 60} = 12.5 \text{ m/s}$$

$$v^2 = 2aS \quad \text{ヨリ} \quad a = \frac{12.5^2}{2 \times 1500} = \frac{156}{3000} \text{ m/s}^2$$

$$\text{抵抗} \dots 1000 \text{ kg} \quad \text{平均速度} \dots \frac{12.5}{2} = 6.25 \text{ m/s}$$

$$\text{加速力} \dots \frac{100,000}{9.8} \times \frac{156}{3000} = 532 \text{ kg}$$

$$\text{牽引力} \quad F = 1000 + 532 = \underline{\underline{1532 \text{ kg}}}$$

199. 重量1000kg, 廻轉半徑80cmノフライボールガ1分間ニ120回轉スル。今一回轉毎ニ軸承ニ消費サレル仕事ノ量ヲ10mkgトセバ此車ハ何回轉後ニ止ルカ。

解 廻轉體ノ有スル運動ノ「エネルギー」ハ

$$K.E. = \frac{1}{2}MK^2\omega^2 = \frac{1}{2} \frac{1000}{9.8} \times 0.8^2 \times \left(2\pi \times \frac{120}{60}\right)^2$$

$$= \frac{640}{19.6} \times 12.56^2 = 5150 \text{ m}\cdot\text{kg}$$

$$\text{故} = \frac{5150}{10} = \underline{\underline{515}} \text{ 回轉後} = \text{止ル}$$

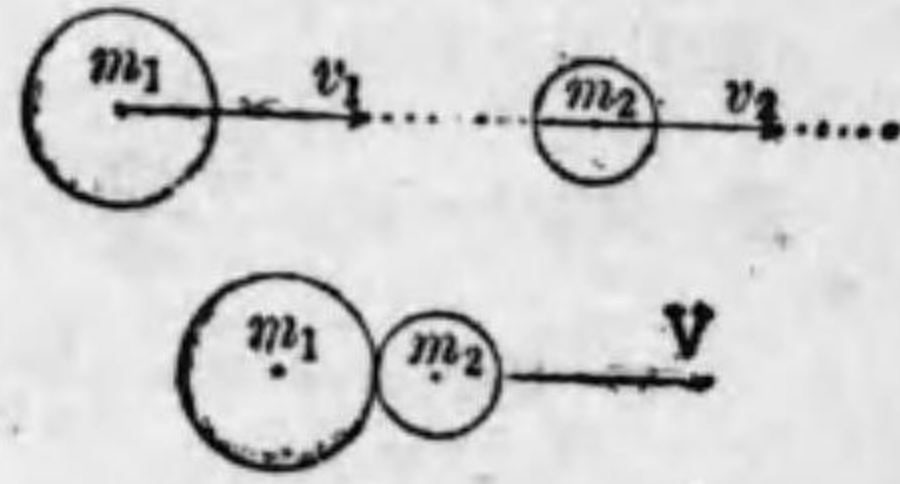
第七章 衝 突

非弾性球ノ向心衝突

質量 m_1, m_2 ノ非弾性球ガ圖ノ如ク同一中心線上ヲ夫々速度 v_1, v_2 ニテ運動シテ居ル場合ニ $v_1 > v_2$ ナラバ二球ハ衝突合體シ速度 V ニテ運動スル。

コノ衝突ノタメ m_1 ノ速度ハ減ジ m_2 ノ速度ハ増スカラ $v_1 > V > v_2$ デアル。

運動第三法則ニヨリ



$$m_1 v_1 - m_1 V = m_2 V - m_2 v_2$$

$$\therefore m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) V \dots\dots\dots(42)$$

即チ衝突前ノ運動量ノ和ハ衝突後ノ運動量ニ等シイ。

$$V = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} \dots\dots\dots(42)'$$

次ニ衝突前ノ二球ノ運動ノ「エネルギー」ノ和 E_1 ハ

$$E_1 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

衝突後ノ運動ノ「エネルギー」 E_2 ハ

$$E_2 = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) V^2 = \frac{(m_1 v_1 + m_2 v_2)^2}{2(m_1 + m_2)}$$

故ニ衝突ニヨル運動ノ「エネルギー」ノ消失量 E ハ

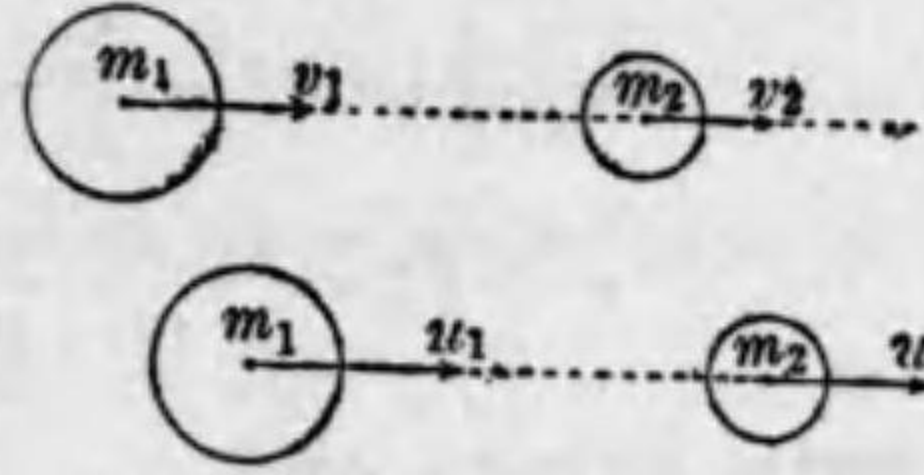
$$E = E_1 - E_2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 - \frac{(m_1 v_1 + m_2 v_2)^2}{2(m_1 + m_2)}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (v_1 - v_2)^2 \dots\dots\dots(43)$$

弾性球ノ向心衝突

硝子, 象牙, 金属等ノ球ハ衝突後一般ニ前ト異ナル速度デ分離ス

ル。質量 m_1, m_2 ノ二弾性球ガ圖ノ如ク中心線上ヲ夫々速度 v_1, v_2 ニテ運動シテ居ル場合ニ $v_1 > v_2$ ナラバ二球ハ衝突シ分離シテ夫々 u_1, u_2 ノ速度トナル。衝突後二球ハ分離スルカラ $u_1 < u_2$ トナル。又 m_1 ノ運動量ノ減少量ト運動量ノ増加量トハ等シイカラ



$$m_1 v_1 - m_1 u_1 = m_2 u_2 - m_2 v_2$$

$$\therefore m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2 \dots\dots\dots(94)$$

「ニュートン」ノ實驗ニヨレバ, 弾性體ノ向心衝突ニ於テ分離速度 $u_2 - u_1$ ト近寄り速度 $v_1 - v_2$ ノ比ハ速度ニ無關係デ兩球ノ種類ニヨツテ異ル定數デアアル。

即チ
$$e = \frac{u_2 - u_1}{v_1 - v_2} \dots\dots\dots(45)$$

e ヲ反撥係數トイヒ次ノ如キ値デアアル。

硝子球ト硝子球	0.94	象牙球ト象牙球	0.81
鐵球ト鐵球	0.66	鉛球ト鉛球	0.20
鐵球ト鉛球	0.13		

完全ナル非弾性體デハ $u_2 - u_1 = 0$ デアルカラ $e = 0$ デアル。
 $e = 1$ ノ物體ヲ假想シテ之ヲ完全ナル弾性體トイフ。

(44), (45)式ヨリ

$$\left. \begin{aligned} u_1 &= v_1 - \frac{m_2(1+e)}{m_1+m_2}(v_1-v_2) \\ u_2 &= v_2 + \frac{m_1(1+e)}{m_1+m_2}(v_1-v_2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(46)$$

(46)式ニ $m_1 = m_2, e = 1$ ヲ代入スレバ, $u_1 = v_2, u_2 = v_1$ トナル。
 即チ, 質量ノ相等シイ2個ノ完全弾性體ガ向心衝突スレバソノ速度ハ交換サレル。

次ニ衝突ニヨル二球ノ運動ノ「エネルギー」ノ消失量 E ハ

$$E = \left[\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \right] - \left[\frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 \right]$$

$$= \frac{1}{2} (1 - e^2) \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (v_1 - v_2)^2 \dots \dots \dots (47)$$

弾性球ノ固定壁トノ衝突

向心衝突

質量 m , 速度 v ナル弾性球ガ固定壁ト直角ニ衝突スル場合, 反撥係数ヲ e トスレバ衝突後ノ球ノ速度 u ハ(46)式ニ $m_1 = m, m_2 = \infty$

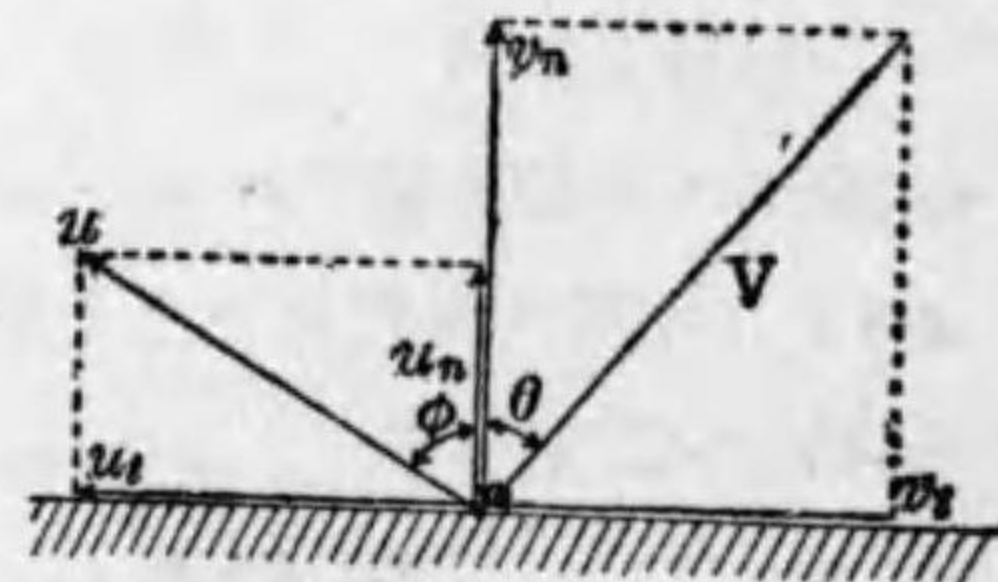
$v_1 = v, v_2 = 0$ 従ツテ $\frac{m}{m_2} = 0, \frac{m}{m+m_2} = 0$ オイテ

$$u = v - \frac{1+e}{\frac{m}{m_2} + 1} v = -ev, \quad u_2 = v_2 = 0 \dots \dots \dots (48)$$

即チ固定壁ヘ直角ニ投射シタ球ハ投射速度ニ反撥係数ヲ乗ジタ速度デ直角ニ反射スル。

斜 衝 突

衝突前後ノ球速ヲ v 及ビ u , 壁ニ平行及ビ直角ノ方向ノ分速度ヲ夫々 v_t, v_n 及 u_t, u_n , 投射角ヲ θ , 反射角ヲ ϕ 反撥係数ヲ e トシ, 壁面ハ摩擦ノナイモノトスレバ



$$u_t = v_t \quad \therefore u \sin \phi = v \sin \theta$$

$$u_n = ev_n \quad \therefore u \cos \phi = ev \cos \theta$$

∴ノ兩式カラ

$$u = v \sqrt{\sin^2 \theta + e^2 \cos^2 \phi} \dots \dots \dots (49)$$

$$\tan \phi = \frac{1}{e} \tan \theta$$

完全弾性球デハ $e=1$ デアルカラ上式ヨリ $u=v, \phi=\theta$ トナル。一般ニハ $e < 1$ デアルカラ $u < v, \phi > \theta$ デアル。又非弾性球デハ $e=0$ デアルカラ $u=v \sin \theta, \phi = \frac{\pi}{2}$ トナリ衝突後ハ壁面ニ沿フテ滑ルコトニナル。

衝突ニヨル「エネルギー」消失量ハ

$$E = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m u^2 = \frac{1}{2} m (v_n^2 + v_t^2) - \frac{1}{2} m (u_n^2 + u_t^2)$$

$$= \frac{1}{2} m (v_n^2 - u_n^2) = \frac{1}{2} m v_n^2 (1 - e^2) \dots \dots \dots (50)$$

【問 題】

200. 重量 $1/4t$ ノ錘ガ $5m$ ノ高所ヨリ落下シテ $100kg$ ノ杭ヲ $10cm$ ダケ打込ミシトイフ。杭上幾何ノ荷重ヲ與ヘシ時杭ガ沈下スルカ。

■ 非弾性體ノ衝突ト考ヘル。錘ガ杭ニ衝突スル瞬間ノ速度ハ

$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 5}$ デ衝突後ノ速度ヲ V トスレバ

$$\frac{\frac{1}{4} \times 1000}{9.8} \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 5} = \frac{1000}{4} + 100 V$$

$$\therefore V = \frac{250}{250 + 100} \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 5} = \frac{250}{350} \sqrt{2 \times 9.8 \times 5} = \frac{5}{7} \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 5}$$

地面ノ平均抵抗ヲ R トスレバ $F = R - \left(\frac{1000}{4} + 100 \right) = R - 350$ ノ力が杭

ノ進入ニ反對シテ働ク。而シテ杭ト錘ノ有スル運動ノエネルギーハ此力 F = 反抗シテナサレル仕事 = 等シイカラ

$$\frac{1}{2} \times \frac{350}{9.8} V^2 = (R - 350) \times 0.10 \dots \dots \frac{1}{2} \times \frac{350}{9.8} \times \frac{25}{49} \times 2 \times 9.8 \times 5$$

$$= R \times 0.1 - 35$$

$$\therefore R = \left(\frac{350 \times 25 \times 5}{49} + 35 \right) \div 0.1 = 9280 kg$$

杭ヲ沈下セシメル荷重ハ

$$P = R - 100 = 9280 - 100 = 9180 kg = 9.18t$$

201. 前問ニ於テ杭ノ重量ヲ無視シテ計算ヲ行ハ、如何。

■ 杭ノ打ち込マレル速度ハ

$$V = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 5}$$

地面ノ平均抵抗ヲ R トセバ, $F = R - 250kg$ ノ力ガ杭ノ進入ニ反對シテ働ク, 而シテ杭ト錘ノ有スル運動ノエネルギーハ此力 F = 反抗シテナサレル仕事ニ等シイカラ

$$\frac{1}{2} \times \frac{250}{9.8} \times (\sqrt{2 \times 9.8 \times 5})^2 = (R - 250) \times 0.1$$

$$1250 = 0.1R - 25 \quad \therefore R = 12750kg$$

杭ノ重量ヲ無視スル故ニ杭ヲ沈下セシメル荷重 $R = 12.750t$

202. 重量 $500kg$ ノ木杭ヲ打ち込ムタメ重量 $1.5t$ ノ錘ヲ $5m$ ノ高サカラ落シタトキ木杭ハ $2cm$ 沈下シタ。地面ノ抵抗ヲ求ム。

■ 問 200 ト同様ニシテ

$$V = \frac{1500}{1500 + 500} \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 5}$$

$$\therefore V^2 = \left(\frac{15}{20}\right)^2 \times 2 \times 9.8 \times 5 = \frac{9}{16} \times 2 \times 9.8 \times 5$$

$$\frac{1}{2} \times \frac{1500 + 500}{9.8} \times \frac{9}{16} \times 2 \times 9.8 \times 5 = (R - 2000) \times 0.02$$

$$\frac{2000 \times 9 \times 5}{16 \times 0.02} = R - 2000 \quad \therefore R = 283.75t$$

203. 密度 $\rho kg/m^3$, 速度 Vm/s ノ蒸汽ガ速度ノ方向ニ角 θ ガケ傾イタ滑カナ固定平板ニ衝突スルトキ, コノ板ハ何程ノ壓力ヲ受ケルカ。但シ反撥係數ヲ e トスル。

■ 板ハ滑力ナル故ニ板ノ方向ノ分速度 $v \cos \theta$ ハ衝突ニヨリ變化スルコトナク, ソノ方向ニハ板ニ何等カヲ及ボサナイ。次ニ板ト直角ナ方向ノ分速度 $v \sin \theta$ ハ衝突後 $-e v \sin \theta$ トナルカラ結局衝突ニヨリ速度變化ハ $(1+e)v \sin \theta m/s$ デアル。又 1 秒間ニ板ノ面積 $1m^2$ = 衝突スル蒸汽ノ體積ハ $v \sin \theta [m^3]$ デアリソノ重量ハ $\rho v \sin \theta [kg/s/m^2]$ デアル。

而シテ蒸汽ガ衝突ノタメニ受ケル力即チソノ反力トシテ板ノ受ケル壓力 P ハ 1 秒間ニ於ケル蒸汽ノ運動量ノ變化ニ等シイカラ

$$P = \frac{(1+e)\rho v^2 \sin^2 \theta}{9.8} [kg/cm^2]$$

204. 毎分 $90kg$ ノ水ヲ水平ニ速度 $3m/s$ デ噴射シ, 同方向速度 $1m/s$ ナル垂直平板ニアテルトキ, 板ノ受ケル壓力ハ何程カ。但シ $e=0$ トス。

■ 1 秒間ニ板ニ衝突スル水ノ重量ハ $\frac{90}{60} = 1.5kg/s$ デアル。速度變化ハ $3-1=2m/s$ デアル。

$$\text{故ニ } P = \frac{1.5}{9.8} \times 2 = \frac{3}{9.8} kg = 0.306kg$$

205. 重量 $2t$ ノ鐵錘ヲ高サ $3m$ ノ所カラ落シテ重量 $0.5t$ ノ杭ヲ地中ニ深サ $10cm$ ガケ打ち込メタトスレバ土地ノ抵抗力ハ何程カ。

$$\text{■ } V = \frac{2000}{2000 + 500} \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 3} \quad V^2 = \left(\frac{4}{5}\right)^2 \times 2 \times 9.8 \times 3$$

$$\frac{1}{2} \times \frac{2500}{9.8} \times \frac{16}{25} \times 2 \times 9.8 \times 3 = (R - 2500) \times 0.10$$

$$48000 = R - 250 \quad \therefore R = 48250kg$$

206. 速度 $6m/s$, 質量 $1kg$ ノ球ガ同一方向ニ速度 $2m/s$, 質量 $2kg$ ノ球ニ追突シタ後ノ二球ノ速度ヲ求メヨ。但シ $e=0.5$

$$\text{■ } v_1 = 6, \quad m_1 = 1, \quad v_2 = 2, \quad m_2 = 2$$

$$u_1 = v_1 - \frac{m_2(1+e)}{m_1+m_2}(v_1-v_2)$$

$$= 6 - \frac{2(1+0.5)}{1+2}(6-2) = 6 - \frac{2 \times 1.5 \times 4}{3} = 2m/s$$

$$u_2 = v_2 + \frac{m_1(1+e)}{m_1+m_2}(v_1-v_2)$$

$$= 2 + \frac{1 \times (1+0.5)}{1+2}(6-2) = 2 + \frac{1.5 \times 4}{3} = 4m/s$$

207. 前問ニ於テ速度ガ反對ノ向キテ衝突シタ後ノ二球ノ速度ヲ求メヨ。

解 $v_1=6m/s, m_1=1kg, v_2=-2m/s, m_2=2, e=0.5$

$$u_1 = v_1 - \frac{m_2(1+e)}{m_1+m_2}(v_1-v_2) = 6 - \frac{2(1+0.5)}{1+2} \times (6+2) = 6 - 8 = -2m/s$$

$$u_2 = v_2 + \frac{m_1(1+e)}{m_1+m_2}(v_1-v_2) = -2 + \frac{1 \times 1.5}{3} \times (6+2) = -2 + 4 = 2m/s$$

208. 速度 $10m/s$ ノ球ガ 45° ノ角テ滑カナ固定板ニ衝突シタ後ノ速度ヲ求メヨ。但シ $e=0.8$

解
$$\left. \begin{aligned} u &= v_1 \sqrt{\sin^2 \theta + e^2 \cos^2 \phi} \\ \tan \phi &= \frac{1}{e} \tan \theta \end{aligned} \right\} \text{ヨリ}$$

$$u = 10 \sqrt{\sin^2 45^\circ + e^2 \cos^2 \phi}$$

$$\tan \phi = \frac{1}{0.8} \tan 45^\circ = \frac{1}{0.8} = 1.25 \quad \therefore \phi = 51.20$$

$$u = 10 \sqrt{\frac{1}{2} + 0.8^2 \times 0.625^2} = 10 \sqrt{0.5 + 0.25} = 10 \sqrt{0.75} = 8.65m/s$$

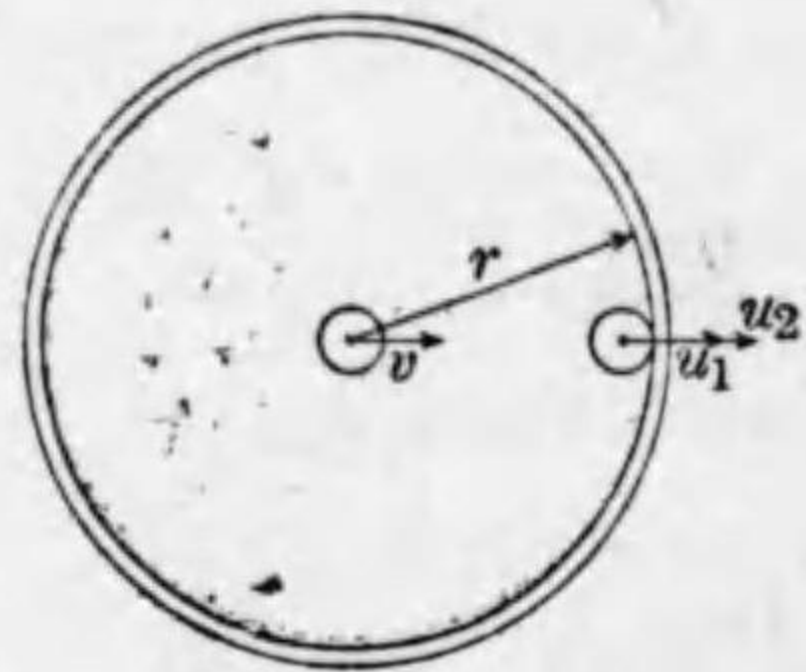
209. 質量 M , 半径 r ノ圓輪ヲ滑カナ水平面上ニヨコタヘ、ソノ中心ヨリ質量 m ノ小球ヲ速度 v ニテ水平面上ニ滑ラストキ圓輪ト第2回目ニ衝突スルマデニ要スル時間ハ $\frac{r}{v} \cdot \frac{2+e}{e}$ デアリ、圓輪及ビ球ノ最終速度ハ $\frac{mv}{M+m}$ デアルコトヲ證明セヨ。但シ e ハ反撥係數ヲ示ス。

解 最初衝突スルマデノ時間ハ $\frac{r}{v}$ デ、衝突後ノ速度ヲ u_1, u_2 トセバ

(46)式ニヨリ

$$\begin{aligned} u_1 &= v - \frac{M(1+e)}{M+m}(v-0) \\ &= \frac{v(m-Me)}{M+m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u_2 &= 0 + \frac{m(1+e)}{M+m}(v-0) \\ &= \frac{mv(1+e)}{M+m} \end{aligned}$$



故ニ球ト圓輪トガハナレル速度 $u_2 - u_1$ ハ

$$u_2 - u_1 = \frac{mv + mve - mv + Mve}{M+m} = \frac{ev(M+m)}{M+m} = ev$$

ナルヲ以テ2回目ニ衝突スルマデノ時間ハ

$$\frac{r}{v} + \frac{2r}{u_2 - u_1} = \frac{r}{v} + \frac{2r}{ev} = \frac{r}{v} \left(1 + \frac{2}{e}\right) = \frac{r}{v} \cdot \frac{e+2}{e}$$

次ニ最終速度ヲ V トセバ球ト圓輪トハ反撥シナクナツテ一體トナツテ

V ノ速度ヲ進ムコトニナルカラ最後ノ運動量ハ

$V(M+m)$ デ最初ノ運動量ハ mv デアルカラ

$$V(M+m) = mv$$

$$\therefore V = \frac{mv}{M+m}$$

第八章 摩 擦

「クーロム」ノ法則

1. 最大摩擦力ノ大イサハ2物體間ニ働ク直壓力ニ正比例スル。

F = 最大摩擦, R = 直壓力, トスレバ

$$F \propto R \quad F = \mu R \dots \dots \dots (51)$$

茲ニ μ ハ2物體ノ種類及ソノ表面ノ性質ニ依ツテ異ル定數デ之ヲ摩擦係數トイフ。

2. 2物體間ニ働ク直壓力ガ一定ナラバ最大摩擦力ハ探觸面ノ大小ニ無關係デアル。

重量 W ノ物體ヲ平面上ニ置キ, 此ノ面ヲ次第ニ傾斜シテ, 傾斜角 λ トナツタ時物體ガ將ニ滑リ落チントスル釣合ニアルトスレバ

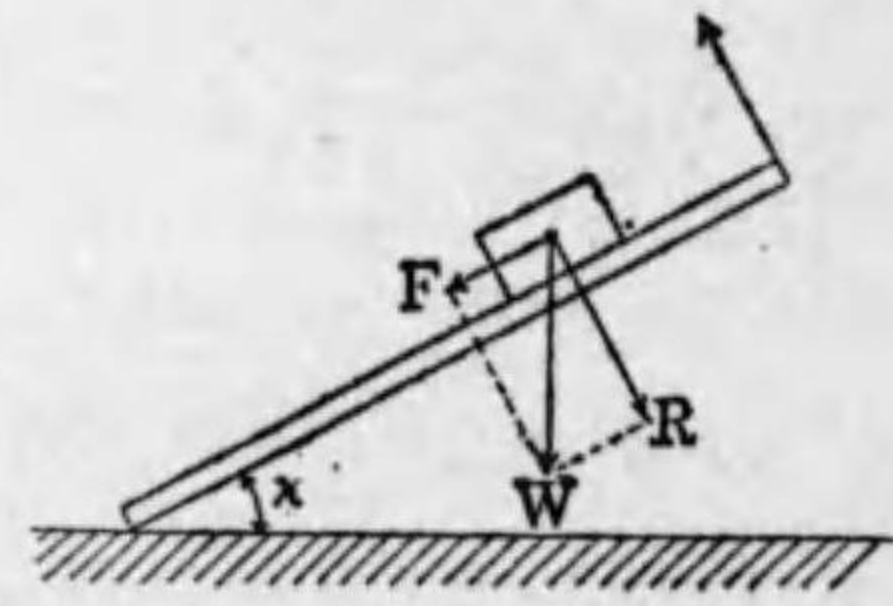
直壓力 $R = W \cos \lambda$

摩擦力 $F = W \sin \lambda$

$\therefore \mu W \cos \lambda = W \sin \lambda$

$\therefore \mu = \tan \lambda \dots \dots \dots (52)$

即チ傾斜角ノ正切ガ摩擦係數ニ等シイ時, 物體ハソノ斜面上ヲ滑リ出サン



トスル。此時ノ角 λ ヲ摩擦角又ハ靜止角トイフ。

乾燥面ニ對スル摩擦係數ノ概略値ハ次ノ如シ。

接 觸 面	速 度	μ	λ
木 ト 木	靜止又ハ極低速	0.3~0.5	17°~27°
木 ト 金 屬	"	0.2~0.6	11°~31°
革 ト 金 屬	"	0.3~0.6	17°~31°
木 ト 草	"	0.3~0.5	17°~27°
金 屬 ト 金 屬	"	0.3	17°
鋼 ト 鑄 鐵	2m/s	0.32	18°
"	13m/s	0.2	11°
"	27m/s	0.06	3°~30°

最モ完全ニ給油サレク好條件ノモノデ $\mu = 0.001$

普通ノ機械ノ給油面デハ $\mu = 0.02$ 内外デアル。

轉リ摩擦

W = 轉動物體ノ重量 r = 同半徑

S = 喰込ミ幅ノ半分 F = 牽引力

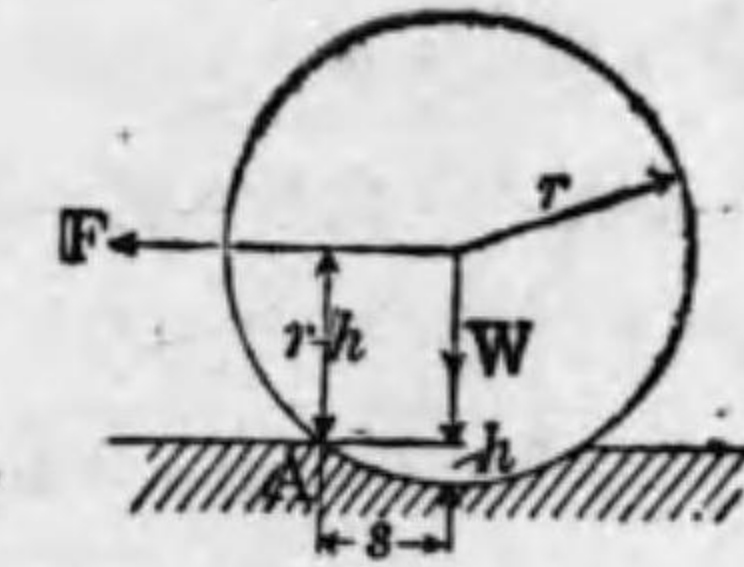
h = 喰込ミノ深サトシテ A ノ周リノ

モーメントヲトレバ $F(r-h) = WS$

h ハ r ニ比シテ小サイカラ之ヲ省略シテ

$$F = W \times \frac{S}{r} \dots \dots \dots (53)$$

S ハ r ト同一單位デ長サノ「デイメンション」ヲ有シ, 之ヲ轉動ノ摩擦係數トイヒ, 大略次ノ値ヲ有ス。



物 體	轉動ノ摩擦係數 S
鑄 鐵 ト 鑄 鐵	0.005
軟 鋼 ト 軟 鋼	0.005
燒 入 鋼 ト 燒 入 鋼	0.001

粗斜面上ノ物體ノ釣合

一般ノ場合

傾斜角 α ノ摩擦アル斜面 AB ノ上ニ

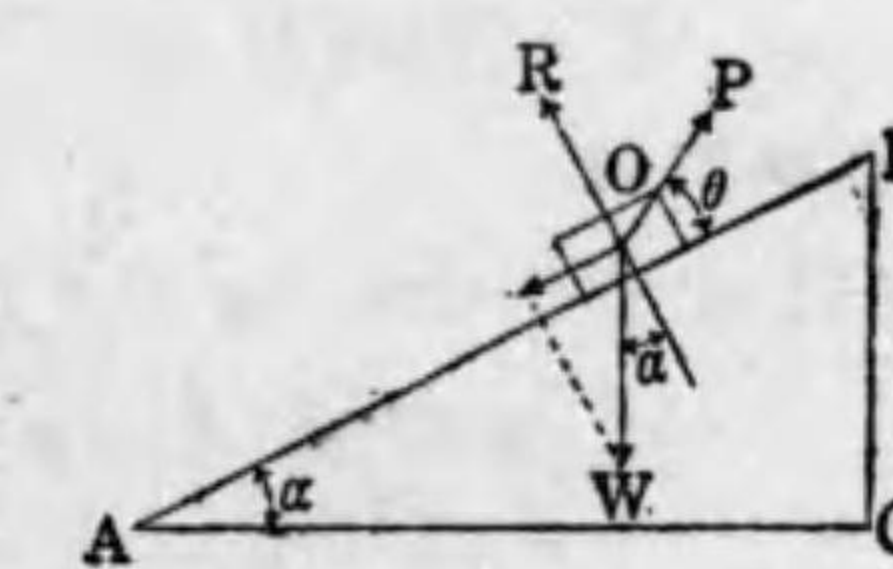
物體 O ヲノセテ, 斜面ト θ ノ傾ヲナス

力 P ヲ作用シテ釣合ハセル時, 角 α ガ

摩擦角ヨリ大キキ力 P ヲ以テ物體ノ降下ヲ支ヘ之ガ將ニ滑リ落チン

トスル極限ノ平衡ヲトレバ, 次ノ式ヲ得。

$$\left. \begin{aligned} P \cos \theta + \mu R &= W \sin \alpha \\ R &= W \cos \alpha - P \sin \theta \end{aligned} \right\} \therefore P = W \frac{\sin \alpha - \mu \cos \alpha}{\cos \theta - \mu \sin \theta}$$



$$P = W \frac{\sin(\alpha - \lambda)}{\cos(\theta + \lambda)} \dots\dots\dots(54)$$

コレハ斜面上ニ物體ヲ支ヘ得ル最小ノ力デアアル。
 Pノ値ヲ大キクシ物體ガ將ニ引上ゲラレントスル極限ノ平衡ヲト
 レバ摩擦力ノ向キハ前ノ場合ト反對デ次ノ式ヲ得。

P'ヲ引張りノカトスレバ

$$\left. \begin{aligned} P' \cos \theta - \mu R &= W \sin \alpha \\ R &= W \cos \alpha - P' \sin \theta \end{aligned} \right\} \therefore R' = W \frac{\sin(\alpha + \lambda)}{\cos(\theta - \lambda)} \dots\dots\dots(54)'$$

コレハ斜面上ニ物體ヲ引上ゲ得ル最小ノ力デアアル。

最小引張

(54)'式デ $\theta = \lambda$ ノ時 P'ノ値ハ最小デアアル。之ニヨレバ斜面上ニ
 物體ヲ引上ゲル場合、牽引力ノ方向ガ斜面ト摩擦角ダケ傾クトキ最
 小デアアル。

又水平面上ニ物體ヲ引ク場合、即チ(54)'式デ $\alpha = 0$ ノ場合モ、此
 力ノ方向ガ水平面ト摩擦角ダケ傾クトキノ値ハ最小デアアル。

$$P' = W \sin \lambda \quad (\text{最小引張}) \dots\dots\dots(55)$$

而シテ同一物體ヲ水平面上ニ水平力ヲ以テ引クニハ

$$P'' = W \tan \lambda \quad \text{デアリ又 } P'' > P' \text{ デアル。}$$

水平引張

(54)式デ $\theta = 180^\circ - \alpha$ 即チ Pガ水平ニ作用スル場合ニハ

$$\begin{aligned} P &= W \frac{\sin(\alpha - \lambda)}{\cos(\theta + \lambda)} = W \frac{\sin(\alpha - \lambda)}{\cos(180^\circ - \alpha + \lambda)} = W \frac{\sin(\alpha - \lambda)}{\langle \cos 180^\circ - (\alpha - \lambda) \rangle} \\ &= -W \frac{\sin(\alpha - \lambda)}{\cos(\alpha - \lambda)} = -W \tan(\alpha - \lambda) \dots\dots\dots(56) \end{aligned}$$

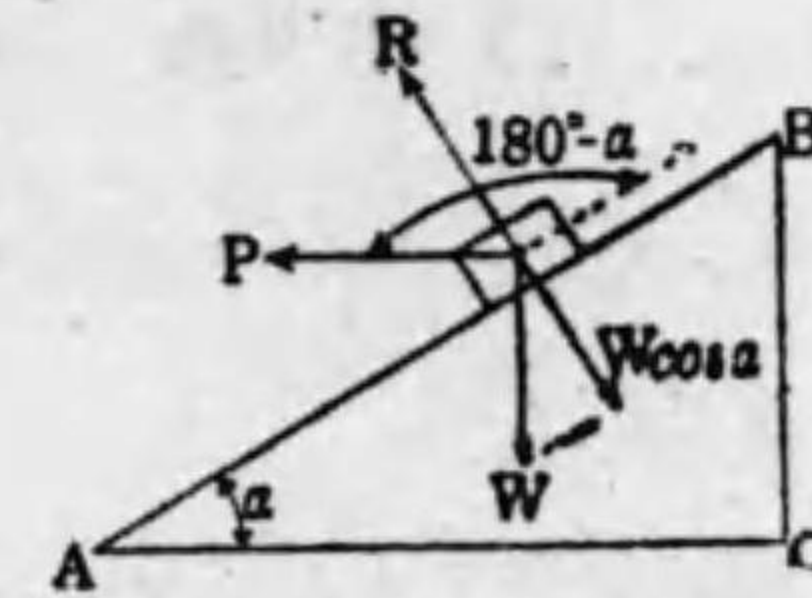
コレハ水平力デ斜面上ニ物體ヲ支ヘ得ル最小ノ力デアアル。

次ニ水平力デ將ニ物體ヲ押上ゲヤウトスルトキノ釣合ヲ求ムレバ

(54)'式ニ $\theta = 180^\circ - \alpha$ ヲ代入シテ

$$P' = W \frac{\sin(\alpha + \lambda)}{\cos(180^\circ - \alpha - \lambda)} = W \frac{\sin(\alpha + \lambda)}{-\cos(\alpha + \lambda)} = -W \tan(\alpha + \lambda) \dots\dots\dots(56)'$$

コレハ水平力デ斜面上ニ物體ヲ押上ゲ
 得ル最小ノ力デアアル。



摩擦損失ト機械効率

Wi = 機械ガ受ケ入レタ「エネルギー」(入力)

Wo = 機械ガナシタ仕事 (出力)

Wf = 摩擦損失 トセバ

$$\text{機械効率 } \eta = \frac{W_o}{W_i} = \frac{W_o}{W_o + W_f} \dots\dots\dots(57)$$

今此ノ機械ガ逆ニ働キ得ルモノトセバ、Woノ「エネルギー」ヲ取
 入レテ Wfノ損失ヲ件ヒW'ノ仕事ヲスルコトニナル。ソノ時ノ効
 率ヲ逆効率ト稱ス。ソノ値ハ

$$\eta_r = \frac{W'}{W_o} = \frac{W_o - W_f}{W_o} \dots\dots\dots(57)'$$

Wf > Woノ時ハ ηrハ負トナリ斯様ナ機械ハ逆轉出來ナイ。

例ヘバ、ウオームギヤ、スクリュージャツキノ如シ、コレヲ自
 己支ヘノ性質ヲ有ストイフ。

機械ガ自己支ヘナルタメノ最小機械損失ハ

$$W_f = W_o \quad \therefore \eta = \frac{W_o}{2W_o} = \frac{1}{2} = 50\%$$

即チ自己支ヘノ機械ノ効率ハ50%ヲ超ヘナイ。

次ニ入力ノカト速度ヲ F, V トシ、出力ノカト速度ヲ f, v トシコ
 ノ機械ニ損失ガナイトスレバ

$$\frac{Wi}{t} = FV = \frac{Wo}{t} = fv$$

$$\therefore FV = fv \quad \frac{F}{f} = \frac{v}{V} \dots\dots\dots(58)$$

$\frac{f}{F}$ ヲ力比, $\frac{v}{V}$ ヲ速比トイヒ, 入力ノ出力=對スル力比ト速比ハ反比例スル。

機械効率ヲ η トスレバ

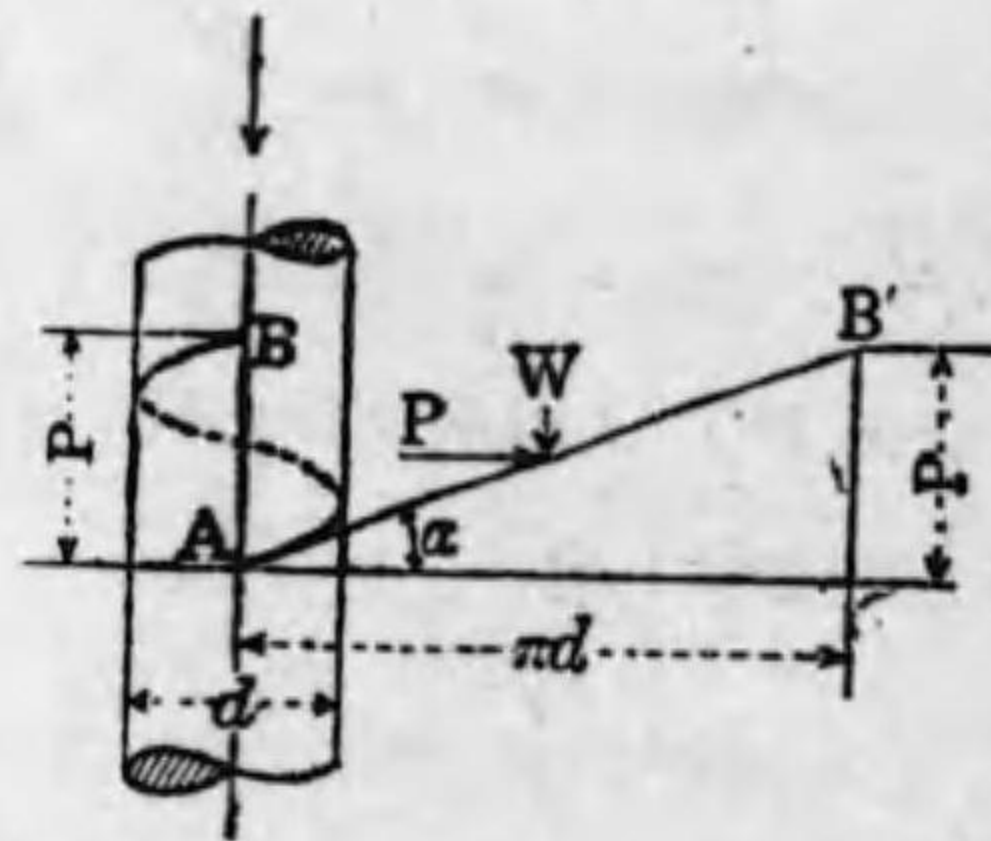
$$\eta FV = fv \quad \therefore \eta = \frac{f}{F} \frac{v}{V} \dots\dots\dots(59)$$

即チ機械効率ハ力比ト速比ノ相乗積=相等シイ。

斜面及摩擦ノ應用

スクリージャツキ

P = ネチノ平均直徑ニ於ケル
回轉力(kg)
 W = 荷重(kg)
 α = ネチノ捩レ角 トスレバ



$$P = W \tan(\alpha + \lambda) = W \frac{\tan \lambda + \tan \alpha}{1 - \tan \alpha \tan \lambda} \dots\dots\dots(60)$$

p = ネチノピッチ d = ネチノ平均直徑トスレバ

(60)式ハ

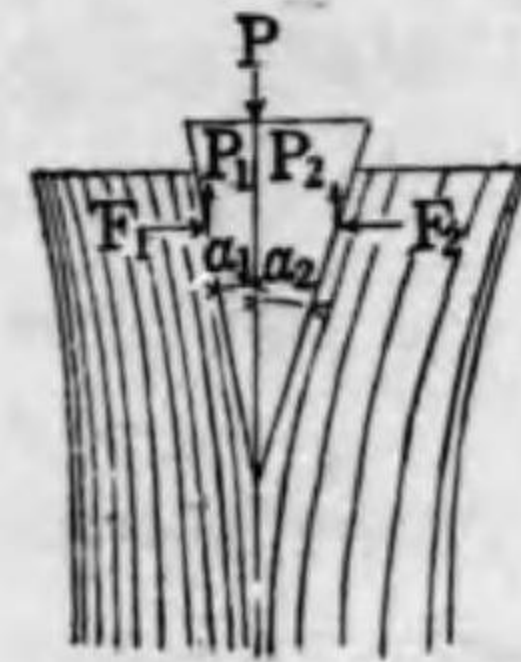
$$P = W \frac{\frac{p}{\pi d} + \mu}{1 - \frac{\mu p}{\pi d}} = W \frac{p + \mu \pi d}{\pi d - \mu p} \dots\dots\dots(61)$$

ネチニ摩擦ナシト假定スレバ

$$P = W \frac{p}{\pi d} \dots\dots\dots(62)$$

楔ヲ打込ム時ノ釣合ハ(56)'式,
之ヲ抜ク時ノ釣合ハ(56)式ニヨル。

楔ヲ軸線ニ依ツテ2分シテ考ヘルト
2ツノ直角三角形ニ就イテ次式ガ成立
ツ。



打込ム場合

$$P_1 = F_1 \tan(\alpha_1 + \lambda)$$

$$P_2 = F_2 \tan(\alpha_2 + \lambda)$$

而シテ $F_1 = F_2 = F$

$$P = P_1 + P_2$$

$$\therefore P = F \{ \tan(\alpha_1 + \lambda) + \tan(\alpha_2 + \lambda) \} \dots\dots\dots(63)$$

楔ガ二等邊三角形ナラバ

$$P = 2F \tan(\alpha + \lambda) \dots\dots\dots(64)$$

楔ガ直角三角形ナラバ

$$P = F \{ \tan(\alpha + \lambda) + \tan \lambda \} \dots\dots\dots(65)$$

楔ヲ抜キトル場合ニハ

$$P' = F \{ \tan(\alpha_1 - \lambda) + \tan(\alpha_2 - \lambda) \} \dots\dots\dots(63)'$$

$$P' = 2F \tan(\alpha - \lambda) \dots\dots\dots(64)'$$

$$P' = F \{ \tan(\alpha - \lambda) + \tan \lambda \} \dots\dots\dots(65)'$$

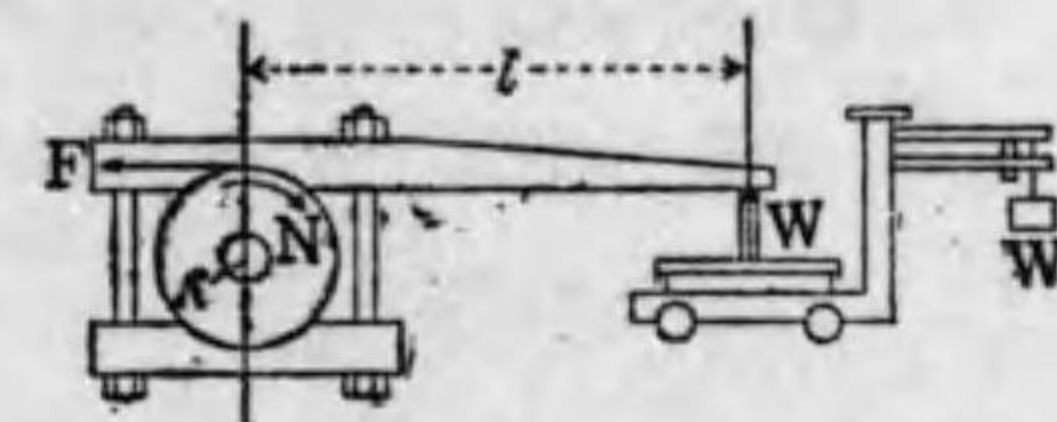
摩擦動力計

プロニー、ブレーキ

(1) r = 制動輪ノ半徑(m)

N = 毎分回轉數

l = 腕ノ長サ(m)



プロニーブレーキ

$W =$ 臺秤で測ツタ重量(kg)

$F =$ 制動輪 = 働ク摩擦力(kg)

トスレバ 動力 P ハ

$$P = \frac{2\pi r NF}{60 \times 75} = \frac{2\pi l NW}{60 \times 75} \text{ [p.s]} \dots\dots (66)$$

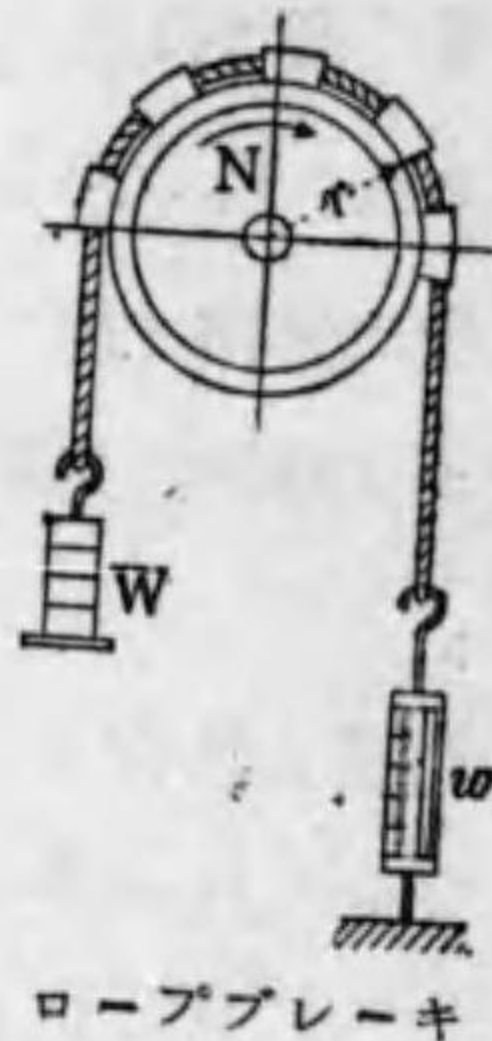
ロープ、ブレーキ

(2) $W =$ 錘ノ重量

$w =$ バネ秤で測ツタ重量

トスレバ $F = W - w$

$$\therefore P = \frac{2\pi r N(W - w)}{60 \times 75} \text{ [p.s]} \dots\dots (67)$$



【問題】

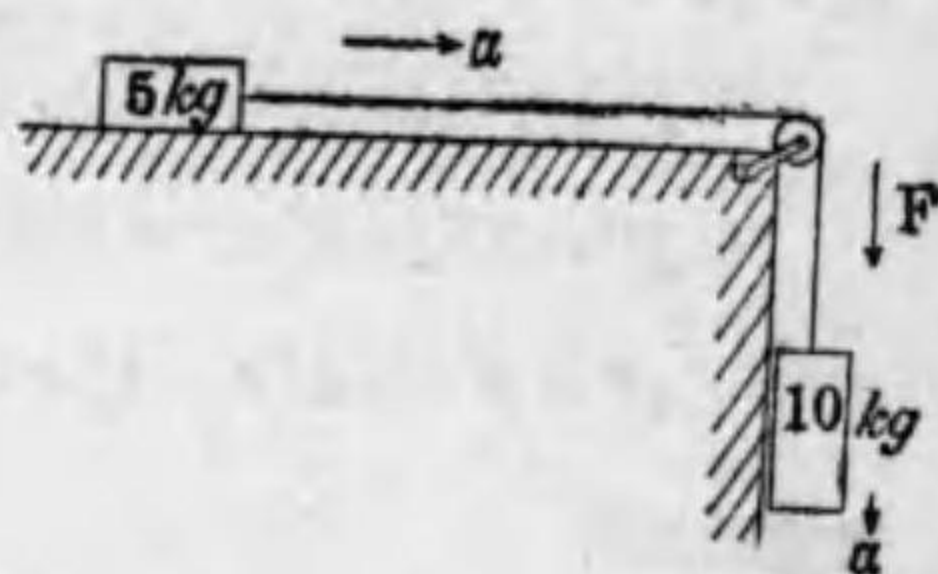
210. 良く研磨セル軟鋼板上ニ青銅片ヲノセテ板ヲ次第ニ傾斜セシメタルニ傾斜角ガ $10^\circ \sim 30'$ ニ達シタ時之ガ滑リ始メタトイフ。摩擦係數ヲ問フ。

■ (52)式 = ヨリ

$$\text{摩擦係數 } \mu = \tan 10^\circ \sim 30' = 0.185$$

211. 金屬板上ニ重量 $5kg$ ノ物體ヲ

置キ圖ノ如ク装置シテ $10kg$ ノ重錘ヲ附セバ、物體ノ運動ノ加速度如何。又ソノ時ノ糸ノ張力如何。但シ動摩擦係數ヲ 0.1 ト假定ス。



■ 物體ノ加速度ヲ α 、糸ノ張力ヲ T トセバ

$$T - 5 \times 0.1 = \frac{5}{9.8} \alpha \dots\dots (1)$$

$$10 - T = \frac{10}{9.8} \alpha \dots\dots (2)$$

α ヲ消去スレバ

$$3T = 11 \quad \therefore T = 3.67kg$$

$$T = 3.67 \text{ ヲ (2)ニ代入シテ } \alpha = 6.21m/s^2$$

212. 水平ノ雪原ニ荷重 $150kg$ ナル橇ヲ引ク人アリ。摩擦係數ヲ 0.14 ト假定シ綱ガ水平ト 20° ノ傾斜ヲナサバ幾何ノ力ヲ要スルヤ。

■ 先ヅ摩擦角ヲ求ムルニ

$$\mu = 0.14 = \tan \lambda \quad \therefore \lambda = 8^\circ$$

(54)式 = ヨリ

$$\text{力 } P = 150 \times \frac{\sin 8^\circ}{\cos(20^\circ - 8^\circ)} = 150 \times \frac{0.139}{0.978} = 21.3kg$$

213. 45° ノ傾斜面ニ重量 $50kg$ ノ物體ヲ置キ、斜面ニ平行ナル力ヲ以テ之ヲ支フルト、之ヲ引上ゲルニ必要ナ最少力トノ差ヲ問フ。但シ摩擦係數ヲ 0.25 トス。

■ $\mu = 0.25 = \tan \lambda \quad \therefore \lambda = 14^\circ$

支ヘル最小力ハ(54)式 = ヨリ

$$P_1 = W \frac{\sin(\alpha - \lambda)}{\cos \lambda} = 50 \times \frac{\sin(45^\circ - 14^\circ)}{\cos 14^\circ} = 50 \times \frac{0.515}{0.970} = 26.5kg$$

引キ上ゲ得ル最小力ハ(54)式 = ヨリ

$$P_2 = W \frac{\sin(\alpha + \lambda)}{\cos \lambda} = 50 \times \frac{\sin(45^\circ + 14^\circ)}{\cos 14^\circ} = 50 \times \frac{0.857}{0.97} = 44.2kg$$

$$\text{故ニ力ノ差ハ } 44.2 - 26.5 = 17.7kg$$

214. 重量 $200t$ ノ特急列車ガ $\frac{1}{40}$ 勾配線ヲ上ルニ $48km/h$ ノ速度ヲ以テストイフ。列車抵抗ヲ $4kg/t$ トセバ機關ノ出馬力如何。

■ 勾配ノ傾斜角ヲ求ムルニ

$$\tan \alpha = \frac{1}{40} \quad \therefore \alpha = 1 \sim 26'$$

勾配 = 依ル抵抗ハ

$$R_1 = 200,000 \times \sin 1^\circ \sim 26' = 200,000 \times 0.025 = 5000kg$$

$$\text{列車抵抗 } R_2 = 4 \times 200 = 800kg$$

$$\text{列車速度 } v = \frac{48 \times 1000}{3600} = \frac{40}{3} \text{ m/s}$$

$$\text{故 = 馬力} = \frac{(R_1 + R_2)v}{75} = \frac{5800 \times 40}{75 \times 3} = 1,030 \text{ P.S.}$$

215. 重量100tノ機關車アリ。此50%ガ動輪ニ掛ルトイフ。線路ト動輪間ノ摩擦係數ヲ0.3トセバ牽引力如何。又此ノ機關車ハ自重諸共幾施ノ列車ヲ $\frac{1}{40}$ 勾配線ニ運轉シ得ルヤ。但シ列車抵抗ヲ4kg/tトス。

$$\text{■ 牽引力 } P = 100 \times 1000 \times 0.5 \times 0.8 = 15000 \text{ kg}$$

列車ノ全重量ヲ Wt トセバ

$$\text{勾配ニ依ル抵抗 } R_1 = W \sin \alpha = 0.025W \times 1000 \text{ kg} = 25W$$

$$\text{列車抵抗 } R_2 = 4W$$

$\frac{1}{4}$ 勾配線ニ於ケル牽引力

$$P' = P \cos \alpha = 15000 \times 0.99968 = 15000$$

$$\therefore R_1 + R_2 = 25W + 4W = 29W = 15000$$

$$\therefore \text{列車重量 } W = \frac{15000}{29} = 517 \text{ t}$$

216. 自重15tノ自動車アリ。エンジンノ馬力數40トセバ 30° ノ坂道ヲ上ル時ノ最大速度ヲ問フ。但シ車ノ抵抗力ハ10kgナリトイフ。

$$\text{■ 勾配ニ依ル抵抗 } R_1 = 1500 \times \sin 30^\circ = 750 \text{ kg}$$

$$\text{車ノ抵抗 } R_2 = 10 \text{ kg}$$

最大速度 $v \text{ m/sec}$ トセバ

$$40 = \frac{(750 + 10)v}{75}$$

$$\therefore v = \frac{40 \times 75}{760} = 3.95 \text{ m/s} = 14.2 \text{ km/h}$$

217. 捲揚機械アリ。其機械効率85%ナリトイフ。今2人ノ男ガ各10kgノ力ヲ以テ0.8m/sノ速度ニ「クランク」ヲ廻セバ1趟ノ荷重ガ5mノ高サニ揚ルニハ幾何ノ時間ヲ要スルヤ。

■ 所要時間ヲ t 秒トセバ

$$10 \times 2 \times 0.8 \times 0.85 \times t = 1000 \times 5$$

$$\therefore t = \frac{5 \times 1000}{10 \times 2 \times 0.8 \times 0.85} = \underline{\underline{6分7秒}}$$

218. 「スキー」ヲ以テ急斜面ヲ直滑降シ來ル全重65kgノ人アリ。平地ニ達セシ際ノ速度ガ10m/sデ「スキー」ト雪ノ摩擦係數ガ0.1ト假定スレバ此儘幾 m ノ平地滑走ヲナシ得ルヤ。

■ 平地ニ達セシ際ニ有シタ運動ノ「エネルギー」ト平地滑走ニヨツテ消費サレタ仕事ノ釣合ヨリ次式ヲ得。

$$\frac{1}{2} \times \frac{65}{9.8} \times 10^2 = 0.1 \times 65 \times S$$

$$\therefore S = \frac{65 \times 10^2}{2 \times 9.8 \times 6.5} = \frac{1000}{19.6} = \underline{\underline{51 \text{ m}}}$$

219. 「スクリュープレス」アリ。 $d = 7 \text{ cm}$, $p = 1.5 \text{ cm}$ ナル二重ネヂヲ使用シアリ。7趟ノ壓力ヲ要スル場合徑1mノ「ハンドホキール」ノ周リニ幾kgノ偶力カ與フベキカ。但シ $\mu = 0.08$ トス。

■ ネヂノ平均直徑ノ所ニ要スル力ヲ P トスレバ

$$P = 7000 \times \frac{2 \times 1.5 + 0.08 \times 3.14 \times 7}{\pi \times 7 - 0.08 \times (2 \times 1.5)} = 1533$$

「ハンドホキール」ニ働ク偶力ノ一ツヲ F トセバ

$$F \times \frac{100}{2} = 1533 \times \frac{7}{2}$$

$$\therefore F = 53.6 \text{ kg}$$

偶力ノ「モーメント」ハ $53.6 \times 1 = 53.6 \text{ kg.m}$

220. 「ネヂジャツキ」アリ。ネヂノ平均直徑50mm, ビッチ15mm, 動摩擦係數0.05ナリトイフ。「ジャツキ」ノ効率ヲ求ム。又此「ジャツキ」ヲ使用シテ2趟ノ荷重ヲ10cmノ高サニ上ゲル時ノ仕事損失ヲ求ム。

■ 摩擦ヲ考慮セル場合ノ力ハ(61)式ニヨリ

$$P_1 = W \times \frac{1.5 + 0.05\pi \times 5}{\pi \times 5 - 0.05 \times 1.5} = 0.146W$$

摩擦ヲ考慮セザル場合ノ力ハ

$$P_2 = W \times \frac{1.5}{5\pi} = 0.095W$$

故ニ 効率 $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{0.095}{0.146} = 65.0\%$

仕事損失ヲ Wf トセバ

$$0.65 = \frac{2000 \times 0.10}{2000 \times 0.10 + Wf} \quad \therefore Wf = 107kg.m$$

221. 摩擦面ガ革ト鑄鐵ニテナル圓錐クラッチノ平均直徑 40cm テ 毎分 900 回轉ヲ以テ 20 馬力ヲ傳達セントス。兩部ヲ壓シ付ケルニ 要スル力ヲ求ム。但シ圓錐角 $\alpha = 8^\circ$, $\mu = 0.3$ トス。

■ $R =$ クラッチノ圓錐面ノ平均直徑 cm

$Q =$ 圓錐面ニ垂直ニ作用スル力 kg

$\alpha =$ 圓錐角, $N =$ 毎分回轉數トセバ

圓錐面ニ沿フ摩擦力ノ軸方向ノ分力ハ $\mu Q \cos \alpha$

テ Q ノ軸方向ノ分力ハ $Q \sin \alpha$ ナルヲ以テ軸 方向ノ力ノ釣合カラ

$$F = \mu Q \cos \alpha + Q \sin \alpha = Q(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

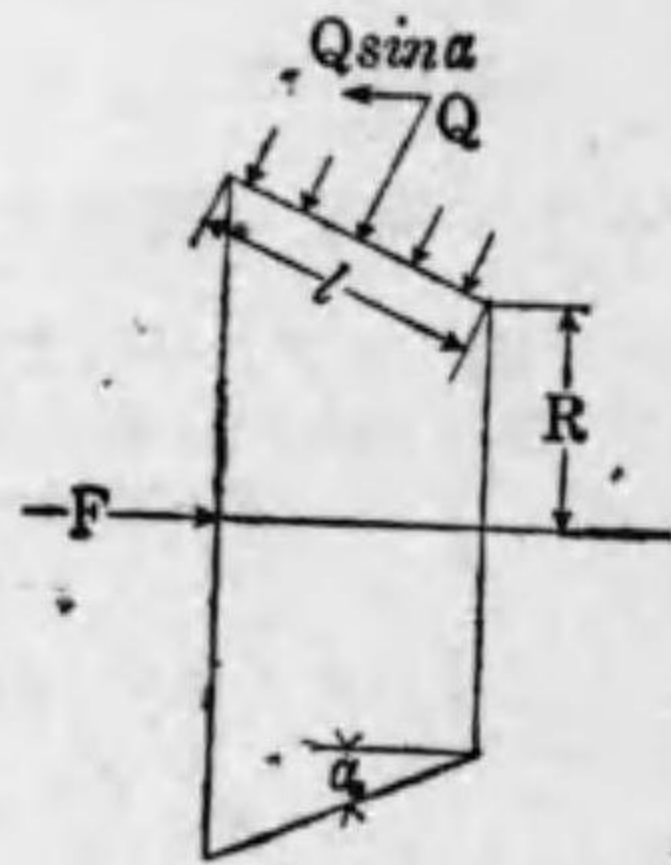
而シテ傳達シ得ル馬力數ハ

$$P.S = \frac{\mu Q \times 2\pi RN}{100 \times 60 \times 75} = \frac{2\pi RN\mu}{100 \times 60 \times 75} \times \frac{F}{\mu \cos \alpha + \sin \alpha}$$

$$P.S = 20, N = 900, R = \frac{40}{2} = 20cm, \alpha = 8^\circ, \mu = 0.3 \text{ ヲ代入セバ}$$

$$20 = \frac{2 \times 3.14 \times 20 \times 900 \times 0.3}{100 \times 60 \times 75} \times \frac{F}{0.3 \cos 8^\circ + \sin 8^\circ}$$

$$F = \frac{(20 \times 100 \times 60 \times 75)(0.3 \times 0.990 + 0.139)}{2 \times 3.14 \times 20 \times 900 \times 0.3} = 116kg$$



222. 角度 12° ナル二等邊形金楔ヲ木材ニ打込ム $= 100kg$ ノ力ヲ以テ セリトイフ。木材ヲ押裂カントスル力ヲ求メヨ。但シ $\mu = 0.2$ ト ス。

■ $\tan \lambda = 0.2$ ヲリ $\lambda = 11^\circ \sim 18'$

(64)式ヨリ

$$F = \frac{P}{2 \tan(\alpha + \lambda)} = \frac{100}{2 \tan(12^\circ + 11^\circ \sim 18')} = \frac{100}{2 \tan 23^\circ \sim 18'} = \frac{100}{2 \times 0.43067} = 116kg$$

223. 「ローブブレーキ」ヲ使用シテ發動機ノ動力ヲ測定セルニ回轉 數 190 毎分ニシテ重錘ノ重量 $35kg$, ゼンマイ秤ノ示度 $3.5kg$ ナ得 タリトイフ。制動車ノ半徑 $75cm$ ナラバ制動馬力如何。

■ (67)式ニヨリ

$$\text{制動馬力 } P.S = \frac{2 \times 3.14 \times 0.75 \times 190(35 - 3.5)}{60 \times 75} = 6.27$$

224. 3 噸ノハズミ車ヲ支ヘテ毎分 75 回轉スル半徑 $10cm$ ノ軸アリ。 軸承ノ摩擦係數ヲ 0.08 トセバ之ニ費サル、動力如何。

$$\text{■ 摩擦損失動力} = \frac{3000 \times 0.08 \times 2 \times 3.14 \times 0.10 \times 75}{60 \times 75} = 2.51 P.S$$

225. 直徑 $15cm$ ノ車軸ヲ以テ重量 5 噸ナル「ローリングミル」用齒 車ヲ支ヘテ居ル。齒ノ受ケル壓力ガ 3 噸デアリソノ嚙合點ハ車ノ 最下端ニアレバ $60 r.p.m$ $\mu = 0.06$ ノトキノ摩擦損失馬力如何。

■ 軸承ハ重量ニ依ル荷重 $5t$ ト齒面ニ加フ壓力ノ水平反力 $3t$ トガ働ク

故ニソノ合力ハ $F = \sqrt{5^2 + 3^2} = \sqrt{34}t$ ナリ

$$\text{故ニ摩擦損失 動力} = \frac{\sqrt{34} \times 1000 \times 0.06 \times 3.14 \times 0.15 \times 60}{60 \times 75} = 2.2 P.S$$

226. 摩擦係數 0.25 ナル水平面上ニ置イタ重量 $100kg$ ノ物體ヲ動力 シ得ル最小水平力ヲ求メヨ。

$$\blacksquare P = 0.25 \times 100 = \underline{25kg}$$

227. 前問ニ於テ力ノ方向ガ水平面ト角 30° ダケ下ヘ傾イテ押シヤリ得ル最小力ヲ求メヨ。又 30° ダケ上ヘ傾イテ引張り得ル最小力ヲ求メ。

$$\blacksquare \text{摩擦力} = (100 + P \sin 30^\circ) \times 0.25 \\ = 25 + 0.125P$$

$$\text{水平ニ押シヤル力} = P \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}P$$

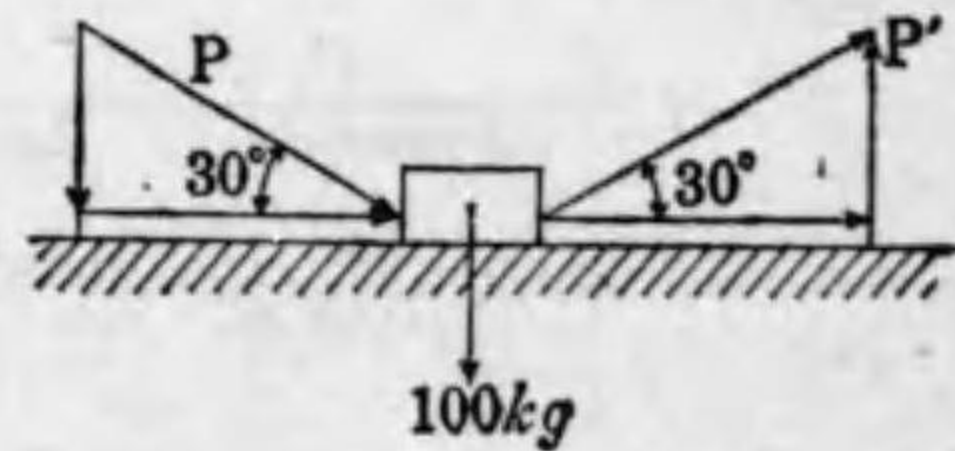
$$\therefore \frac{\sqrt{3}}{2}P = 25 + 0.125P$$

$$(0.866 - 0.125)P = 25 \quad \therefore P = \frac{25}{0.741} = \underline{33.7kg}$$

次ニ引張ル力ヲ P' トセバ

$$\frac{\sqrt{3}}{2}P' = 25 - 0.125P'$$

$$\therefore (0.866 + 0.125)P' = 25 \quad \therefore P' = \frac{25}{0.991} = \underline{25.2kg}$$



228. 水平板上ニノセタ重量 $100kg$ ノ物體ヲ滑ラスノニ丁度 $30kg$ ノ水平力ヲ要シタトスレバ接觸面ノ摩擦係數ハ何程カ。

$$\blacksquare \text{摩擦係數 } \mu = \frac{P}{W} = \frac{30}{100} = \underline{0.3}$$

229. 物體ヲノセタ板ノ傾角ヲ次第ニ増シテ丁度 $16^\circ 40'$ ニナツタトキ滑リ出シ、漸次ソノ速度ヲ増スカラ今度ハ次第ニ傾角ヲ減ジテ 14° ニシタ時等速度ニナツタトスレバ、接觸面ノ靜摩擦係數ト動摩擦係數ハ何程カ。

$$\blacksquare \text{靜摩擦係數 } \mu = \tan 16^\circ 40' = \underline{0.2994}$$

$$\text{動摩擦係數 } \mu' = \tan 14^\circ = \underline{0.2493}$$

230. 重量 $100kg$ デ高さ $1m$ 半径 $10cm$ ノ直圓壙ヲ摩擦係數 0.3 ナル水平面上ニ立テコレニ水平力ヲ加ヘル場合、着力點ノ高さニヨリ圓壙ガ滑ルカ、倒レルカヲ調べヨ。

$$\blacksquare W = 100kg \quad \mu = 0.3$$

$$\text{故ニ摩擦力 } F = \mu W = 0.3 \times 100 = \underline{30kg}$$

圓壙ヲ滑ラストメニハ $30kg$ 以上ノ力ヲ底面ニ加ヘレバヨイ。

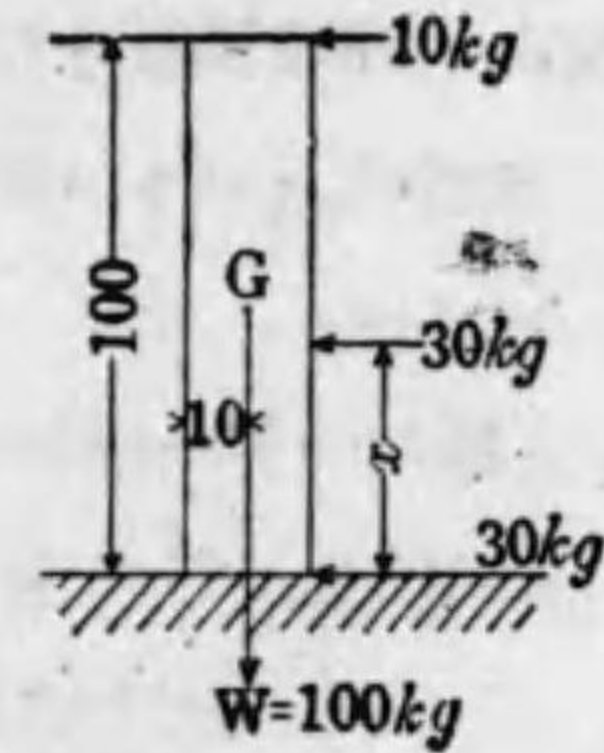
圓壙ヲ倒ス最小力ヲ I トセバ

$$F \times 100 = W \times 10 = 100 \times 10$$

$$\therefore P = \underline{10kg} \quad \text{ヲ圓壙ノ頂上ニカケレバヨイ。}$$

$30kg$ ノ底面ヨリ xcm ノ高さニ加ヘル時ハ倒レル。

$$30x = 10 \times W = 10 \times 100 \quad \therefore x = \frac{100}{3} = \underline{33.3cm}$$



231. 摩擦係數 0.6 、傾角 30° ノ斜面上ニテ重量 $10t$ ノ物體ヲ 30 分間ニ $100m$ ダケ引キ摺リ上ゲタトキニ要シタ仕事ヲ求メヨ。又所要馬力ヲ求メヨ。

$$\blacksquare \text{摩擦力 } F_1 = 0.6 \times 10 = 6t \quad S = 100m$$

$$\text{斜面ノ抵抗 } R_2 = 10 \sin 30^\circ = 5t \quad v = \frac{S}{t} = \frac{100}{30 \times 60} = \frac{1}{18} m/s$$

$$\text{全抵抗} = R = R_1 + R_2 = 6 + 5 = 11t = 11000kg$$

引キ摺リ上ゲルニ要スル仕事量ハ

$$RS = 11 \times 100 = 1100t.m = 1100000kg.m$$

$$\text{所要馬力 } P.S = \frac{1100000}{30 \times 60 \times 75} = \frac{110000}{18 \times 75} = \underline{8.2}$$

232. 重量 $200t$ ノ機關車ノ働輪ニハソノ重量ノ 60% ガカ、ルトシ、働輪ト軌條トノ摩擦係數ヲ 0.1 トスレバ、コノ機關車ノ牽引力ハ何程カ、又列車ノ抵抗ヲソノ重量 $1t$ ニツキ $3kg$ トスレバ幾 t ノ列車ヲ牽引シ得ルカ。

$$\blacksquare \text{牽引力 } P = 200 \times 1000 \times 0.6 \times 0.1 = 12000kg$$

$$\text{列車ノ重量ヲ } Wt \text{ トセバ 列車抵抗(機關車共)} = (W + 200) \times 3kg$$

$$(W + 200) \times 3 = 12000 \quad \therefore W = 4000 - 200 = \underline{3800t}$$

233. 摩擦係數 0.25, 傾角 30° の斜面 = 重量 $40kg$ の物體ヲ置キコレヲ滑リ上ゲルニ要スル斜面ニ平行ナ力, 水平ノ力及ビ最小ノ力ヲ求メヨ。

$$\mu = 0.25 = \tan \lambda \quad \therefore \text{摩擦角 } \lambda = 14^\circ$$

滑リ上ゲルニ要スル斜面ニ平行ナ力ハ

$$P_1 = W \frac{\sin(\alpha + \lambda)}{\cos(\theta - \lambda)} = 40 \times \frac{\sin(30^\circ + 14^\circ)}{\cos 14^\circ} = 40 \times \frac{0.6947}{0.9703} = \underline{28.6kg}$$

$$\begin{aligned} \text{水平力ハ } P_2 &= W \frac{\sin(\alpha + \lambda)}{\cos(\alpha - \lambda)} = W \frac{\sin(\alpha + \lambda)}{\cos(\alpha + \lambda)} = W \tan(\alpha + \lambda) \\ &= 40 \times \tan(30^\circ + 14^\circ) = 40 \times 0.9657 = \underline{38.6kg} \end{aligned}$$

$$\text{最小引上ゲ力ハ } P_3 = W \frac{\sin(\alpha + \lambda)}{\cos(\theta - \lambda)} \quad \text{ニ於テ } \theta = \lambda \text{ ノ時最小ナリ}$$

$$\text{故ニ } P_3 = 40 \times \frac{\sin(30^\circ + 14^\circ)}{\cos 0^\circ} = 40 \times 0.6947 = \underline{27.8kg}$$

234. 水平ナル鐵板上ニ置カレタル $12kg$ ノ石塊ヲ動かスニ $3.5kg$ ノ水平力ヲ要ストイフ。接觸面間ノ摩擦係數ヲ求ム。

$$\mu = \frac{F}{R} = \frac{3.5}{12} = \underline{0.292}$$

235. 水平ナル板ノ上ニ置カレタル重量 $18kg$ ノ物體ヲ動かスニ $6.5kg$ ノ水平力ヲ要ストイフ。コノ板ハ水平面ニ對シテ傾クコト何度ナラバ, コノ物體ハ板ノ上ヲ滑リ落チントスルニ至ルカ。

$$\mu = \frac{F}{R} = \frac{6.5}{18} = 0.36 = \tan \lambda$$

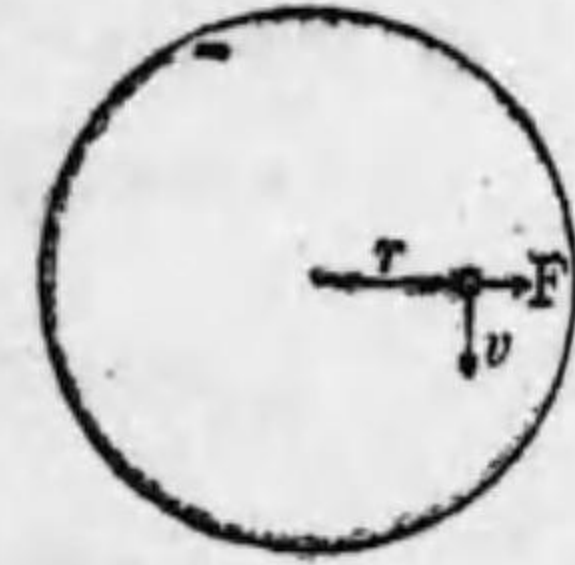
$$\therefore \lambda = \underline{19^\circ 51'}$$

236. 地面トノ傾斜角 45° ノ斜面ニ沿フテ重量 $100kg$ ノ木塊ヲ引キ上ゲルニコレニ繩ヲ結ビソレヲ斜面ニ平行ニ引クトシ, 繩ノ張力ヲ求ム。摩擦係數ハ 0.3 ナリトス。

$$\mu = 0.3 = \tan \lambda \quad \therefore \lambda = \underline{16^\circ 40'}$$

$$\begin{aligned} P' &= W \frac{\sin(\alpha + \lambda)}{\cos \lambda} = 100 \times \frac{\sin(45^\circ + 16^\circ 40')}{\cos 16^\circ 40'} \\ &= 100 \times \frac{0.8802}{0.9580} = \underline{92kg} \end{aligned}$$

237. 固定セル垂直軸ノマハリニ 34 回毎分ノ回轉ヲナス水平盤上ニ置カレタル物體ガ正ニ滑ラントスル位置ハ軸心ヨリ幾何ノ距離ニアルカ。二物體間ノ摩擦係數ハ 0.65 ナリトス。



$$\mu = 0.65$$

物體ガ軸ヨリ r_m ノ距離ニアルトセバ

$$\text{線速度 } v = 2\pi r N = 2 \times 3.14 \times 34 r / \text{min} = \frac{2 \times 3.14 \times 34}{60} r \text{ m/s}$$

$$\text{遠心力 } F = \frac{W}{g} \frac{v^2}{r} = W \frac{(2 \times 3.14 \times 34)^2}{9.8 \times 60^2} r = \mu W = 0.65W$$

$$\therefore r = \frac{0.65 \times 9.8 \times 60^2}{(2 \times 3.14 \times 34)^2} = \underline{0.504m}$$

238. 摩擦係數 0.17 ナル水平板上ニ於テ重量 $9500kg$ ノ物體ヲ 120 m/min ノ速度ヲ以テ動かス工程ハ何馬力カ。

$$F = 9500 \times 0.17 = 1615kg$$

$$v = \frac{120}{60} = 2 \text{ m/s}$$

$$\therefore \frac{Fv}{75} = \frac{1615 \times 2}{75} = \underline{43.1 P.S}$$

239. 重サ 10 觔ノ水車ガ半徑 $10cm$ ノ軸ニヨリテ支ヘラレ, 毎分 10 回轉ヲナセリ。軸ト軸承トノ摩擦係數ヲ 0.1 トシ, 摩擦ノタメニ消失スル工程ハ何馬力ナルカ。

$$\begin{aligned} \text{失ハルル工程} &= \frac{F \pi d N}{60 \times 75} = \frac{0.1 \times 10 \times 1000 \times 3.14 \times \frac{10 \times 2}{100} \times 10}{60 \times 75} \\ &= \frac{6,280}{4,500} = \underline{1.396 P.S} \end{aligned}$$

240. ネヂ山ノ中點ニテ測リタル直徑 $63.5mm$, ビッチ $3.17mm$ ナル
ネヂ棒ヲ有スル「ネヂジャッキ」ヲ以テ $6000kg$ ノ重量ヲ上グルニ
把手ヲ廻スカヲ問フ。把手ノ長サヲ $152mm$ トシ摩擦係數ヲ 0.01 ト
セヨ。

■ 把手ヲ廻スカヲ F トセバ, ネヂノ平均直徑ニ働ク水平力ハ

$$P = \frac{2Fl}{d} = \frac{2 \times 152F}{63.5} = 4.8F$$

$$P = W \frac{p + \mu \pi d}{\pi d - \mu p} = 6000 \times \frac{3.17 + 0.01 \times 3.14 \times 63.5}{3.14 \times 63.5 - 0.01 \times 3.17}$$

$$= 6000 \times \frac{5.17}{199.97} = 156$$

$$F = \frac{156}{4.8} = \underline{\underline{32.4kg}}$$

241. ネヂ山ノ中點ニテ測リタル直徑 $32mm$, ビッチ $5mm$ ノネヂア
リ。「メネヂ」ト「オネヂ」トノ間ノ摩擦係數ヲ 0.08 トセバソノ効
率如何。

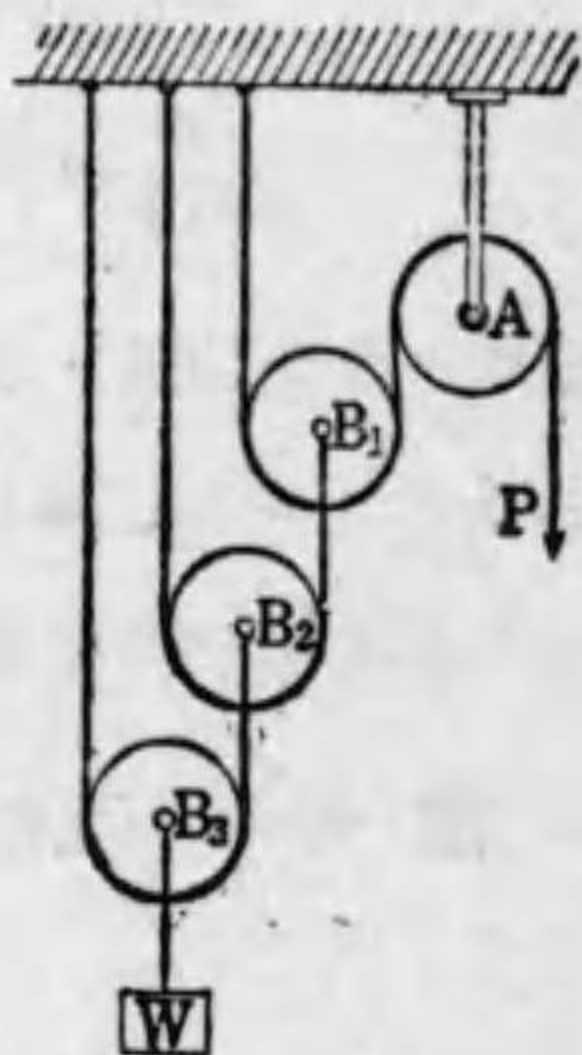
$$\eta = \frac{Wp}{p\pi d} = \frac{p(\pi d - \mu p)}{\pi d(\mu p + p)} = \frac{5 \times (3.14 \times 32 - 0.08 \times 5)}{3.14 \times 32 \times (0.08 \times 3.14 \times 32 + 5)}$$

$$= \frac{498}{1300} = \underline{\underline{38.2\%}}$$

滑 車

圖ノ如ク一固定滑車 A ト三移動滑車 B_1, B_2, B_3 トヲ三本ノ綱ヲ組合シタ場合, 定滑車 A ニカケタ綱ニ力 P ヲ働カシテ長サ s ダケ引キ下ゲ動滑車 B_3 ニ付ケタ重量 W ノ荷物ヲ長サ s_3 ダケ引キ上ゲタトシ, 摩擦損失ガナケレバ

$$Ps = Ws_3$$



第一動滑車 B_1 ノ上ル距離ハ $s_1 = \frac{1}{2}s$

第二動滑車 B_2 ノ上ル距離ハ $s_2 = \frac{1}{2}s_1 = \frac{1}{2^2}s$

第三動滑車 B_3 ノ上ル距離ハ $s_3 = \frac{1}{2}s_2 = \frac{1}{2^3}s$

$$\therefore Ps = W \times \frac{1}{2^3}s \quad \therefore P = \frac{1}{2^3}W = \frac{1}{8}W \dots \dots (68)$$

一般ニ n 個ノ動滑車ト組合シタ場合ニハ

$$s = 2^n s_n \quad P = \frac{1}{2^n}W \dots \dots (69)$$

又一個ノ動滑車ノ重量ヲ w , 効率ヲ η トスレバ

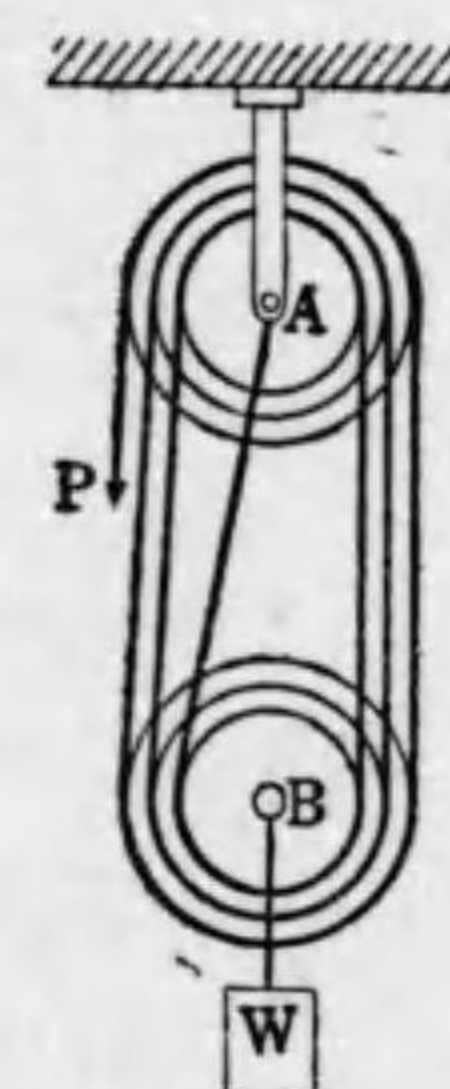
$$P = \frac{1}{2^n \eta} [W + w(2^n - 1)] \dots \dots (69)'$$

次ニ圖ノ如ク n 個ノ等直徑滑車ヲ組合シタ固定セミ A ト同數ノ
滑車ノ移動セミ B トヲ一條ノ綱ヲ連絡シ綱ノ一端
ハ固定シテ他端ヲ力 P デ長サ s ダケ引キ下ゲ移動
セミ B ニ付ケタ重量 W ノ荷物ヲ高サ s' ダケ引上ゲ
タトスレバ摩擦損失ノナイ時ハ

$$s = 2n s' \quad P = \frac{1}{2n}W \dots \dots (70)$$

又移動セミ B ノ重量ヲ w , 効率ヲ η トセバ

$$P = \frac{1}{2n\eta} (W + w) \dots \dots (70)'$$



【問 題】

242. $12kg$ ノ力ヲ以テ $768kg$ ノ荷物ヲ上グル滑車装置ニ必要ナル動
滑車ノ數ヲ問フ。

$$\square P = \frac{1}{2^n}W = \text{ヨリ } 12 = \frac{1}{2^n} \times 768$$

$$\therefore 2^n = \frac{768}{12} = 64 = 2^6 \quad \therefore n = \underline{\underline{6}}$$

243. $15kg$ の力ヲ以テ $150kg$ の荷物ヲ上グル等徑滑車装置ニ必要ナル滑車(セミ)ノ數ヲ問フ。

$$\blacksquare P = \frac{1}{2n} W \quad \text{ニヨリ} \quad 15 = \frac{1}{2n} \times 150$$

$$\therefore 2n = \frac{150}{15} = 10 \quad \therefore n = \underline{5}$$

244. 300 r.p.m デ出力 30 p.s ノ發動機アリ。此動力ヲ測定スルノニ槓杆ノ長サ $1.2m$ ノ摩擦動力計ヲ使用スレバ幾 kg ノ臺秤ヲ用意スベキカ。

$$\blacksquare 30 = \frac{2 \times 3.14 \times 300 \times 1.2 \times W}{60 \times 75}$$

$$W = 60kg$$

故ニ $100kg$ ノ台秤ヲ用意スベシ。

第九章 回轉運動

遠心カト求心力

質量 m ノ物體ガ半徑 r ノ圓周上ヲ v ノ速度デ圓運動スル時ハ遠心カ(求心力)ハ

$$F = \frac{m}{r} v^2 = m\omega^2 r \dots\dots\dots(71)$$

回轉體ノ有スル運動ノ「エネルギー」

m_1, m_2, m_3, \dots ノ小分子ノ中心 O カラノ距離ヲ夫々 r_1, r_2, r_3, \dots

トスレバソノ線速度ハ

$$v_1 = r_1\omega, \quad v_2 = r_2\omega, \quad v_3 = r_3\omega$$

運動ノ「エネルギー」ハ

$$ke_1 = \frac{1}{2} m_1 r_1^2 \omega^2, \quad ke_2 = \frac{1}{2} m_2 r_2^2 \omega^2 \dots\dots\dots$$

故ニ全エネルギーハ

$$K.E = ke_1 + ke_2 + \dots\dots\dots = \frac{1}{2} \omega^2 \sum mr^2$$

$\sum mr^2$ ヲ此ノ物體ノ此軸ニ關スル慣性モーメントトイフ。

$$\sum mr^2 = I \text{トセバ} \quad K.E = \frac{1}{2} I\omega^2 \dots\dots\dots(72)$$

若シ回轉體ノ全質量ガ半徑 K ノ所ニ集中シクトスレバ

$$K.E = \frac{1}{2} MK^2\omega^2 = \frac{1}{2} I\omega^2$$

$$\therefore K = \sqrt{\frac{I}{M}} \dots\dots\dots(73) \quad \text{コレヲ回轉半徑トイフ。}$$

慣性モーメント

定理 1 物體ノ任意ノ軸ニ關スル慣性モーメント I ハ重心ヲ通ツテ此軸ニ平行ナル軸ニ關スル慣性モーメント I_G ト重心ニ全質量 M

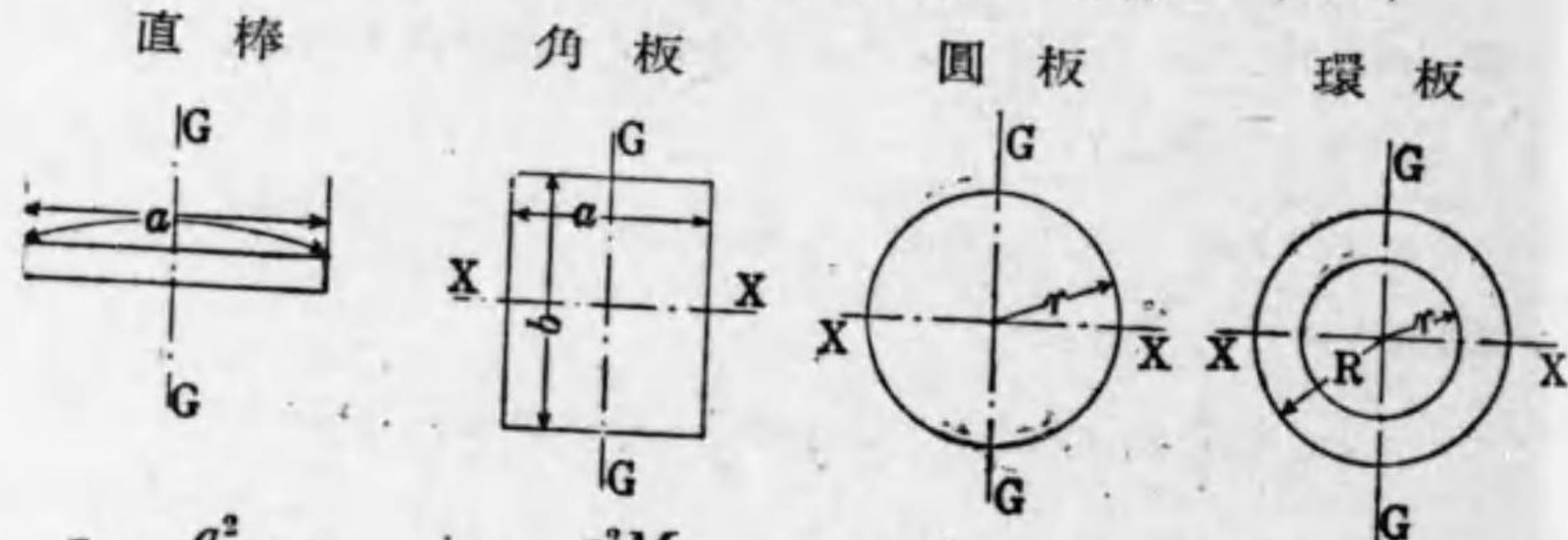
ガ集中シタト考ヘタ時、之ガ前記ノ軸ニ關スル慣性モーメント Ma^2 トノ和ニ等シイ。

$$I = I_G + Ma^2 \dots\dots\dots(74)$$

定理2 垂直ニ交ル2ツノ軸ニ關スル慣性モーメントノ和ハ、兩軸ノ交點ヲ通リ前記2軸ノ定メル平面ニ垂直ナル軸ニ關スル慣性モーメントニ等シイ。

$$I_z = I_x + I_y \dots\dots\dots(75)$$

簡單ナ形狀ノ物體ノ重心ヲ通ル軸ニ關スル慣性モーメント



$$I_G = \frac{a^2}{12} M$$

$$I_G = \frac{a^2 M}{12}$$

$$I_G = \frac{1}{4} r^2 M$$

$$I_G = \frac{1}{4} (R^2 + r^2) M$$

Gヲ通リ圓板ニ直
角ナ軸ニ關スル

$$I_X = \frac{1}{12} M b^2$$

$$I_G' = \frac{1}{2} r^2 M$$

モーメントト動力及角力積ト角運動量

物體ガ $T = fr$ ナル一定ノ力ノモーメントヲ受ケツ、回轉運動ヲナシ、 t 時間中ニ θ ラディアンダケ回轉スレバ、ソノ間ニ物體ガ受ケタ仕事量ハ

$$W = fs = fr\theta = T\theta \dots\dots\dots(76)$$

此間ニ物體ノ角速度ガ ω_1 カラ ω_2 ニ變化シタトスレバ

$$T\theta = \frac{1}{2} I(\omega_2^2 - \omega_1^2) \dots\dots\dots(77)$$

又ソノ時ノ動力ハ

$$P = \frac{T\theta}{t} = T\omega \dots\dots\dots(78)$$

$T \dots \dots \text{kg.m}, \omega \dots \dots \text{rad/s}, N \dots \dots \text{r.p.m.}$ トセバ

$$P.S = \frac{T\omega}{75} = \frac{2\pi NT}{60 \times 75} \dots\dots\dots(79)$$

質量 m ノ質點ガ線速度 v デ運動スル時、任意ノ軸 O ト此速度ヲ示ス「ベクトル」トノ間ノ距離 r ニ運動量 mv ヲ乗ジタ積 mvr ヲ O 軸ニ關スル角運動量或ハ運動量ノモーメントトイフ。

$$\text{故ニ 角運動量} = \sum mvr = \sum m\omega r^2 = I\omega \dots\dots\dots(80)$$

又一般ニ物體ノ線速度ガ v_1 カラ v_2 ニ變化シタタメニ起ル。

$$\begin{aligned} \text{角運動量ノ變化} &= \sum mv_2 r - \sum mv_1 r = \sum mr(v_2 - v_1) \\ &= I(\omega_2 - \omega_1) \dots\dots\dots(80)' \end{aligned}$$

α 及 β ヲ夫々加速度及角加速度トスレバ

$$\sum m\alpha r = I\beta$$

$$\therefore \sum m\alpha r = \sum fr = T = I\beta \dots\dots\dots(81)$$

$$\left. \begin{aligned} m(v_2 - v_1) &= ft \text{ ナルヲ以テ } Tt = I\omega \\ \sum fr &= Tt = I\omega_2 - I\omega_1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(82)$$

Tt ハ廻轉體ニ働クモーメントトソノ作用時間トノ積デコレヲ角力積トイフ。

角力積ハ角運動量ノ變化ニ等シイ。

ハズミ車

氣筒數ノ少イ發動機ヤ、ローラー機、プレス等ニハ大キナハズミ車ガツケテアル。前者ハ「クランクピン」ニ傳ハル不同ノ回轉モーメントヨリ起ル一回轉中ノ速度ノ不同ヲ调速シ、後者ハ間歇的ノ作

業ニ對シテ瞬間ニ必要ナル多量ノ「エネルギー」ヲ蓄積スル役目ヲ有ス。

原動機ノハズミ車ニ於テ

ω_1 = 最大角速度, ω_2 = 最小角速度, ω = 平均角速度トセバ

$$\omega = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$$

ハズミ車ノ角速度ガ ω_2 カラ ω_1 ニ變化シタタメニ之ガ蓄積シタ「エネルギー」ハ

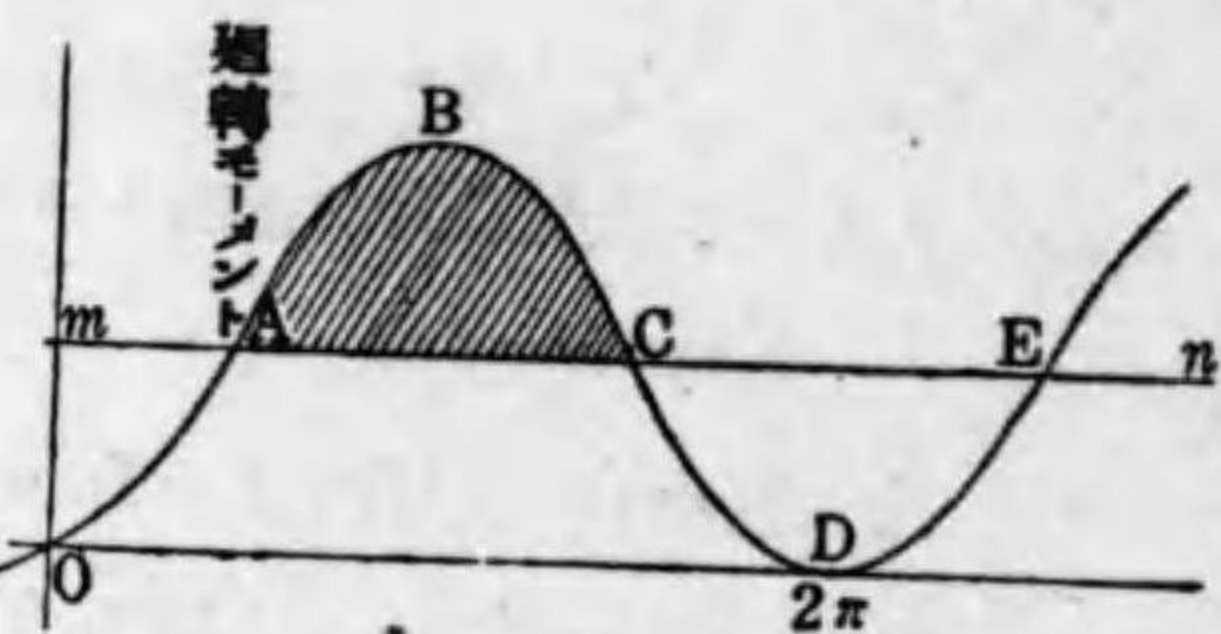
$$e = \frac{1}{2} I (\omega_1^2 - \omega_2^2) = \frac{1}{2} I (\omega_1 - \omega_2) (\omega_1 + \omega_2)$$

$$= \omega I (\omega_1 - \omega_2) = \omega^2 I \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega} \dots\dots\dots (83)$$

コノ値ハ「クランクピン」ニ週期的ニ與ヘラレル過分ノ「エネルギー」ニ相當シ, 又次ノ瞬間ニ吐キ出ス「エネルギー」ニ相當スル。

即チ圖ニ於テ OABCDE

ガ回轉角(横軸)ニ對スル「モーメント」(縦軸)ノ關係ヲ示シ直線 m ACEn ガ同様ニ平均ノ「モーメント」ヲ



示ストセバ, 面積 ABC ハハズミ車ノ一回轉毎ニ蓄積セラレル「エネルギー」 e ヲ示ス。

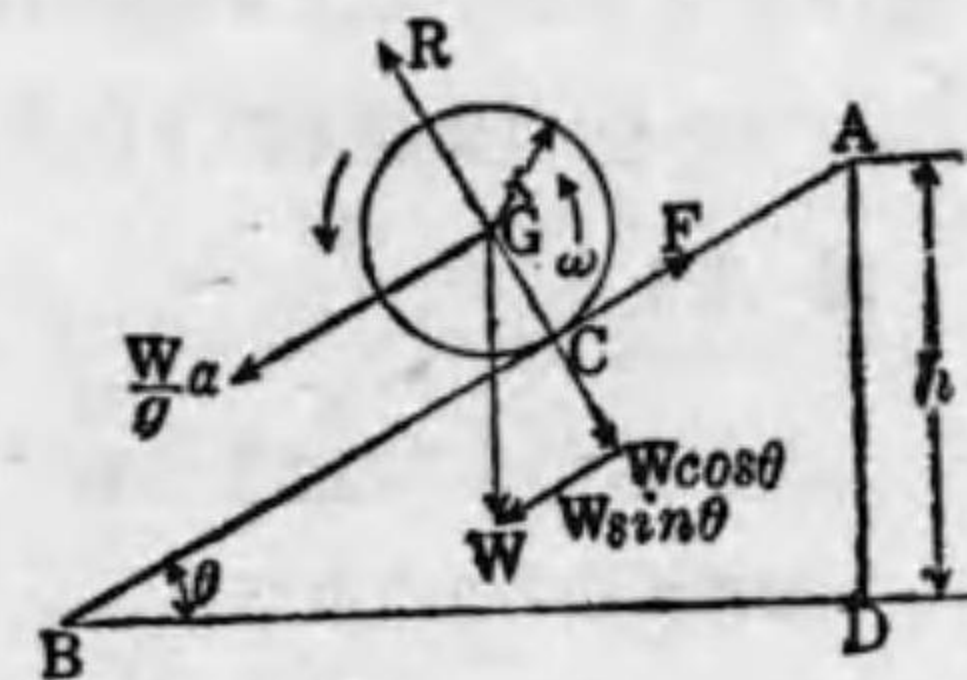
轉動現象

今斜面ヲ轉動スル圓形物體ヲ考フルニ, 斜面ノ角ヲ θ , 圓柱ノ重量ヲ W , 接觸點 C = 於テ斜面ニ直角ニ働ク反動力ヲ R , 接觸點 C = 於テ圓柱ニ切線方向ニ働ク摩擦力ヲ F , 重心 G ガ斜面ニ平行ニ α ナル加速度ヲ降下スルトセバ

運動ノ第二法則ニヨリ $\frac{W}{g} \alpha$ ナル力ガ斜面ニ平行ニ働クガ, 此ノ力ハ降下運動ニ對スル抵抗力トナリ, 圖示ト反對ニ斜面ニ沿ウテ上方

ニ向ツテ働ク力トナル。

故ニコレラノ力ヲ受ケテ圓柱ガ釣合フタメニハ斜面ニ平行ナ方向ノ力ノ分力ノ和ト斜面ニ垂直ナ方向ノ分力ノ和ハソレゾレ零トナルベキデアルカラ。



$$F - W \sin \theta + \frac{W}{g} \alpha = 0 \dots\dots\dots (84)$$

$$R - W \cos \theta = 0 \dots\dots\dots (85)$$

又圓柱ノ半径ヲ r トシ重心 G ノ廻リノ慣性モーメント及ビ角加速度ヲ I, β トセバ

$$Fr = I\beta \quad \text{但シ} \quad F = \mu W \cos \theta \dots\dots\dots (86)$$

圓柱ガ斜面ノ高さ h ガケ斜面ヲ降下シテ v ノ速度ヲ得タトセバ

$$\text{得タ進行運動ノエネルギー} (K.E)_t = \frac{1}{2} \frac{W}{g} v^2$$

$$\text{得タ廻轉運動ノエネルギー} (K.E)_r = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{W}{g} \frac{r^2}{2} \right) \omega^2$$

$$= \frac{1}{2} \frac{W}{g} \frac{r^2}{2} \frac{v^2}{r^2} = \frac{1}{4} \frac{W}{g} v^2$$

$$\text{得タ全運動エネルギー} (K.E)_T = \frac{1}{2} \frac{W}{g} v^2 + \frac{1}{4} \frac{W}{g} v^2 = \frac{3}{4} \frac{W}{g} v^2$$

失ツタ位置ノエネルギー $P.E = Wh$

$$\therefore \frac{3}{4} \frac{W}{g} v^2 = Wh$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{4}{3} gh} = \sqrt{\frac{2}{3} \times 2gh} = \sqrt{\frac{2}{3}} (\sqrt{2gh}) \dots\dots (87)$$

【問題】

245. 毎分70回轉ナル蓄音器レコード板上, 中心ヨリ 5cm ノ處ニ物

體ヲ置イタ時丁度之ガ遠心力ノタメニ跳飛バサレタトイフ。レコードト物體ノ摩擦係數ヲ問フ。

$$\text{■ 遠心力 } F = \frac{W}{g} \omega^2 r \quad \omega = \frac{70}{60} \times 2\pi$$

$$\therefore F = \frac{W}{9.8} \times \left(\frac{70}{30}\pi\right)^2 \times 0.05$$

摩擦係數ヲ μ トセバ

$$\mu W = \frac{W}{9.8} \left(\frac{7}{3}\pi\right)^2 \times 0.05 = 0.275W$$

$$\therefore \mu = 0.275$$

246. 毎分3600回轉ナル蒸汽「タービン」アリ。回轉盤ノ半徑0.4mノ處ニ0.2kgノ不平衡重アリトセバ、之ガタメニ幾何ノ不平衡力ヲ生ズルヤ。

$$\text{■ } \omega^2 = \left(\frac{3600}{60} \times 2\pi\right)^2 = (120\pi)^2$$

$$F = \frac{0.2}{9.8} \times (120\pi)^2 \times 0.4 = \underline{1160kg}$$

247. 翼環ノ平均直徑1mニシテ毎分1800回轉ナル蒸汽「タービン」アリ。汽翼ノ長サヲ15cmトセバ、遠心力ニヨリ之ガ根元ニ誘起サレル伸張力ノ強サ如何。但シ翼ハ銅合金ヲ以テ造ラレ比重8.5ナリトイフ。

■ 1cm²ノ断面ニツイテ考ヘルト

$$F = \frac{8.5 \times 15}{9.8 \times 1000} \times (60\pi)^2 \times \frac{1}{2} = \underline{231 kg/cm^2}$$

248. 直徑200mナル「コース」ヲ50km/hノ速度デ競走スル自轉車アリ。垂直線ニ對シテ何度ノ傾斜ヲ保ツベキカ。

■ 遠心力ト重力トノ合力ノ方向ニ傾斜スベキデアルカラ

$$\text{速度 } v = \frac{50 \times 1000}{3600} = 13.9m/s$$

$$\text{遠心力 } F = \frac{W}{9.8} \times \frac{13.9^2}{100}$$

傾斜角ヲ θ トセバ

$$\theta = \tan^{-1} \frac{F}{W} = \tan^{-1} \frac{13.9^2}{980} = \tan^{-1} 0.197 = 11^\circ \sim 9'$$

249. 10kgノ張力ニ耐ヘル長サ1mノ絲ノ一端ニ1kgノ物體ヲ吊シ、他端ヲ握ツテ垂直面内ニ回轉スレバ毎分幾回轉ニ達シタ時絲ガ切斷スルカ。

■ 物體ガ下方ニ來タ時糸ニカカル張力ハ遠心力 F ト重力 W トノ合力ノ作用ヲ受ケテ最大トナリコノ位置デ糸ガ切斷スル。

毎分ノ回轉數ヲ n トセバ

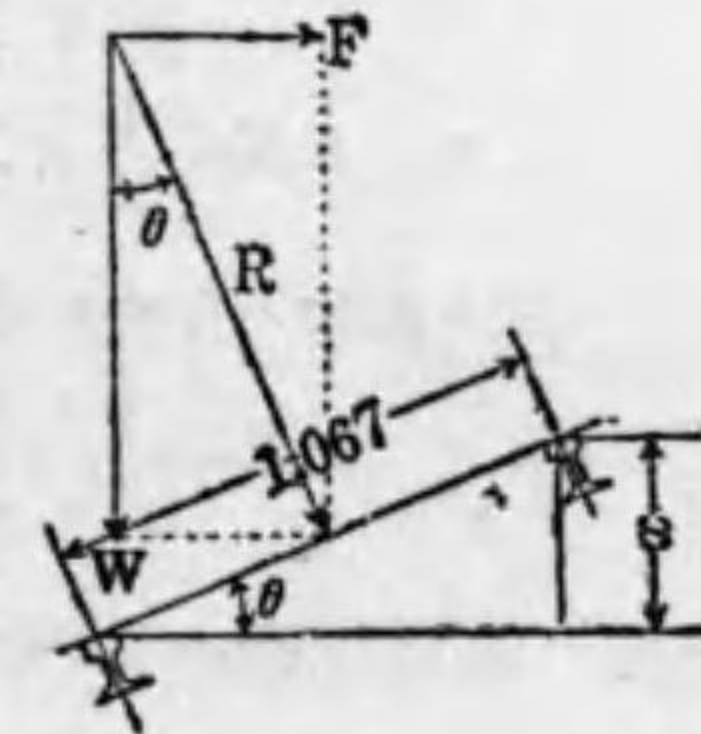
$$\frac{1}{9.8} \left(\frac{n}{60} \times 2\pi\right)^2 \times 1 + 1 = 10$$

$$\frac{n^2 \times \pi^2}{9.8 \times 30^2} = 9 \quad \therefore n = \frac{30}{\pi} \sqrt{9 \times 9.8} = \underline{89.7}$$

同一水平面内ニ廻轉セシメル時ハ

$$\frac{1}{9.8} \left(\frac{n}{60} \times 2\pi\right)^2 \times 1 = 10 \quad \therefore n = \frac{30}{\pi} \sqrt{10 \times 9.8} = \underline{94.5}$$

250. 本邦鐵道線路ノ「ゲージ」ハ1,067mナリ。曲率半徑600mナル曲線路ヲ60km/hノ速度ヲ以テ列車ヲ運轉スルニハ軌道ノ左右ニ幾何ノ高低ヲ要スルヤ。



■ 列車ノ遠心力ト重力トノ合力ニ對シテ軌道面ガ垂直ナルコトヲ要ス。

$$\text{遠心力 } F = \frac{W}{9.8} \left(\frac{60 \times 1000}{60 \times 60}\right)^2 \times \frac{1}{600}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{F}{W} = \tan^{-1} \frac{10000}{9.8 \times 36} \times \frac{1}{600} = \tan^{-1} 0.0473$$

θ ハ小ナル故ニ $\tan \theta = \sin \theta$ トミナスコトヲ得ルヲ以テ線路左右ノ高低差ヲ α トセバ

$$\sin \theta = 0.0473 = \frac{x}{1.067}$$

$$\therefore x = 1.067 \times 0.0473 = \underline{5.05 \text{ cm}}$$

251. 重量 12 kg をシテ回轉半徑 0.5 m ナル飛行機ノ「プロペラ」ガ毎分 1800 回轉スル時有スル運動ノ「エネルギー」ヲ求ム。

$$\blacksquare \text{ 慣性モーメント } I = \frac{12}{9.8} \times 0.5^2$$

$$\therefore K.E = \frac{1}{2} \times \frac{12}{9.8} \times 0.5^2 \times (60\pi)^2 = \underline{5440 \text{ kg.m}}$$

252. 直徑 2 m をシテ重量 1 t ナル機關車ノ車輪アリ。列車ガ 60 km/h ノ速度ヲ有スル時此ノ動輪ノ有スル運動ノ「エネルギー」如何。

\blacksquare 回轉運動ノエネルギーハ

$$\omega = \frac{60 \times 1000}{3600 \times 1} = \frac{100}{6} \text{ rad/s} \quad I = \frac{1000}{9.8} \times 1^2 = 102$$

$$\therefore K.E = \frac{1}{2} \times 102 \times \left(\frac{100}{6}\right)^2$$

移動運動ノエネルギーハ

$$v = \frac{60 \times 1000}{3600} = \frac{100}{6} \text{ m/s} \quad m = \frac{1000}{9.8} = 102$$

$$\therefore K.E = \frac{1}{2} \times 102 \times \left(\frac{100}{6}\right)^2$$

故ニ動輪ノ有スル運動ノ「エネルギー」ハ

$$K.E = \frac{1}{2} \times 102 \times \left(\frac{100}{6}\right)^2 + \frac{1}{2} \times 102 \times \left(\frac{100}{6}\right)^2 = \underline{28.3 \text{ tm}}$$

253. 輕巡洋艦ハ全速時ノ推進器廻轉數 360 R.P.M. をシテ之ニ要スル動力ノ軸當リ $20,000 \text{ P.S.}$ ナリトイフ。軸ニ働ク回轉モーメントヲ求ム。

\blacksquare (79)式ニヨリ

$$20,000 = \frac{T\omega}{75} \quad \omega = \frac{360}{60} \times 2\pi = 12\pi \text{ rad/s}$$

$$\therefore T = \frac{20000 \times 75}{12\pi} = \underline{39,800 \text{ kg.m}}$$

254. 慣性モーメント 150 kgms^2 ノ「ハズミ」車ガ 200 R.P.M. ヨリ 300 R.P.M. ニ變ズルニ 15 秒ヲ要セシトイフ。加速度ニ費シタ平均モーメントヲ問フ。

\blacksquare (81)式ヨリ

$$T = I\beta = 150 \times \frac{\omega_2 - \omega_1}{t} = 150 \times \left(\frac{300}{60} - \frac{200}{60}\right) \times 2\pi \times \frac{1}{15} = 150 \times 0.698 = \underline{105 \text{ kg.m}}$$

255. 回轉數 1800 毎分ナル 5 馬力モーターノ回轉モーメントヲ求ム。

$$\blacksquare \omega = \frac{1800}{60} \times 2\pi = 60\pi \text{ rad/s}$$

$$(79) \text{式ヨリ } 5 = \frac{T}{75} \times 60\pi \quad \therefore T = \frac{5 \times 75}{60\pi} = \underline{2 \text{ kg.m}}$$

256. 回轉半徑 0.6 m , 重量 300 kg ノ「ハズミ」車アリ, 直徑 8 cm ナル水平軸ニ固定セラル。此軸ニ綱ヲ捲キノノ下端ニ 50 kg ノ重錘ヲ附セバ錘ノ落下スル加速度如何。又此ノ錘ガ 20 m 落下セル時ノ車ノ回轉速度如何。但シ軸承ノ摩擦ヲ考慮セズ。

$$\blacksquare I = \frac{300}{9.8} \times 0.6^2 \text{ kgm sec}^2$$

$$T = 50 \times 0.04 = 2 \text{ kgm}$$

$$(81) \text{式ヨリ } 2 = \frac{300}{9.8} \times 0.6^2 \beta \quad \therefore \beta = \frac{2 \times 9.8}{300 \times 0.36} = 0.1825 \text{ rad/s}^2$$

$$\text{加速度 } \alpha = \beta r = 0.1815 \times 0.04 = \underline{0.00726 \text{ m/sec}^2}$$

$$v_2^2 = 2\alpha S \text{ ヨリ}$$

$$v = \sqrt{2 \times 0.00726 \times 20} = 0.54 \text{ m/sec}$$

$$\text{毎分回轉數 } N = \frac{0.54 \times 60}{3.14 \times 0.08} = \underline{129}$$

257. 軍艦アリ。全速 40 ノットヲ得ルニ軸馬力 $50,000$ ヲ要ストイフ。水ノ抵抗ヲ求ム。又双子「プロペラ」ニシテ此時 420 R.P.M. トセバ軸ノ廻轉モーメント如何。但シ 1 ノット = $1,852 \text{ m/h}$

$$\text{速度 } v = \frac{1,852 \times 40}{3600} = 20.55 \text{ m/sec}$$

抵抗力ヲ F トセバ

$$P.S = \frac{Fv}{75} \quad \text{ヨリ} \quad F = \frac{50,000 \times 75}{20.55} = 182.5 \text{ t}$$

$$\text{次} = \quad \omega = \frac{420}{60} \times 2\pi = 14\pi$$

$$T = \frac{\frac{50,000}{2} \times 75}{14\pi} = 42,600 \text{ kg.m}$$

258. 直径 0.4m , 長さ 0.15m ノ鑄鐵製圓筒ガ直径 0.06m ノ軸デ軸承ニ支ヘラル。筒ニ捲キ付ケタ紐ニ 5kg ノ重錘ヲカケル時静止ノ状態カラ 20 秒後ノ回轉ノ速サ如何。但シ鑄鐵ノ比重ヲ 7.3 トス。

$$\text{圓筒ノ重量 } W = \frac{40^2 \pi \times 15 \times 7.3}{4 \times 1000} = 137.5 \text{ kg}$$

$$\text{圓筒ノ慣性モーメント } I = \frac{1}{2} Mr^2 = \frac{1}{2} \times \frac{137.5}{9.8} \times 0.2^2 = 0.28 \text{ kgms}^2$$

$$\text{又回轉モーメント } T = 5 \times 0.2 = 1 \text{ kgm}$$

(82)式 $Tt = I\omega$ ヲヨリ

$$1 \times 20 = 0.28\omega \quad \therefore \omega = 71.5 \text{ rad/sec} = \frac{4280}{2 \times 3.14} = 680 \text{ r.p.m}$$

259. 前問題ニ於テ 20 秒後ニ重錘ヲ取去ラバ何秒後ニ静止スルカ。但シ軸承面ノ摩擦係數 $f = 0.016$ トスル。

$$\text{圓筒ノ重量 } W = 137.5 \text{ kg} \quad I = 0.28 \text{ kgm sec}^2$$

$$\omega = 71.5 \text{ rad/sec}$$

軸承ニ於ケル摩擦抵抗ニヨル「モーメント」ハ

$$137.5 \times 0.016 \times 0.03 = 0.066 \text{ kgm}$$

$$\text{故} = (82) \text{式} = \text{ヨリ} \quad 0.066t = 0.28 \times 71.5$$

$$\therefore t = \frac{0.28 \times 71.5}{0.066} = 303 \text{ 秒}$$

260. 直径 1m , 長さ 0.2m ノ鑄鐵圓筒ニ紐ヲ捲キ付ケ絲ノ一端ニ 12

kg ノ重錘ヲ付ケ自由ニ回轉セシメル時 8 秒後ノ角速度, 回轉數, 角加速度ヲ求ム。

$$\text{圓筒ノ質量 } M = \frac{0.7854 \times 12 \times 0.2 \times 7300}{9.8}$$

軸ニ關スル慣性モーメント

$$I = \frac{1}{2} \times 0.5^2 \times \frac{78.5 \times 0.2 \times 73}{9.8} \text{ kg.m sec}^2$$

$$\text{回轉モーメント } T = 12 \times 0.5 = 6 \text{ kg.m}$$

故ニ(82)式 $Tt = I\omega$ ヲヨリ

$$\omega = \frac{6 \times 8 \times 2 \times 9.8}{0.25 \times 78.5 \times 0.2 \times 73} = 3.3 \text{ rad/sec}$$

$$R.P.M. = \frac{3.3 \times 60}{2\pi} = 31.5$$

$$\text{角加速度 } \beta = \frac{3.3}{8} = 0.41 \text{ rad/sec}^2$$

261. 外徑 1m , 慣性モーメント 3 kgm sec^2 ナルハズミ車アリ。 300 R.P.M. ノ回轉ヲナス。之ニ 10 kg ノ壓力ヲ以テ制動機ヲ作用セシメテヨリ何秒後幾回轉シテ静止スルカ。但シ車ノ周面ニ於ケル摩擦係數ヲ 0.3 トス。

$$\text{圓筒ノ重量 } W = 10 \text{ kg} \quad I = 3 \text{ kgm sec}^2 \quad \omega = 10\pi \text{ rad/sec}$$

$$T = 10 \times 0.3 \times 0.5 = 1.5 \text{ kg.m}$$

$$1.5t = 3 \times 10\pi \quad \therefore t = 20\pi = 63 \text{ sec}$$

静止スルマデノ回轉角ハ

$$\theta = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t = \frac{10\pi}{2} \times 63 = 315\pi$$

$$\text{故} = \text{回轉數} \quad \frac{315\pi}{2\pi} = 157.5 \text{ 回}$$

262. 重量 500 瓦ノ物體ヲ長さ 1m 半ノ絲ノ一端ニ結ビ之ヲ廻ストキ一分間何回轉セバ絲ハ切斷スルカ。絲ノ耐張力ヲ 1kg トス。

$$\blacksquare \frac{0.5}{9.8} \times \left(\frac{n}{60} \times 2\pi \right)^2 \times 1.5 + 0.5 = 1$$

$$n^2 = \frac{(1-0.5) \times 0.8 \times 3600}{0.5 \times 4 \times 3.14^2 \times 1.5} = \frac{9.8 \times 600}{1 \times 3.14^2} \approx 600$$

$$\therefore n = 24.5 \quad \text{答 毎分 } \underline{24.5} \text{ 回轉}$$

263. ニツニ割ツタ調車アリ、各重量25kgデソレラノ重心ハ中心カラ0.5mノ所ニアリ。今中心カラ0.5mノ所ヲ「ボルト」デ締め付ケタモノトセバ一分間360回轉ヲナス時「ボルト」ヲ切ラントスルカハ幾何カ。

■ 「ボルト」ヲ引張り切ラントスルカハ遠心力ニ相當スルヲ以テ

$$F = \frac{25}{9.8} \times \left(\frac{360}{60} \times 2\pi \right)^2 \times 0.5 = \frac{25 \times 36 \times 4 \times 3.14^2 \times 0.5}{9.8} = \underline{1811kg}$$

264. 重量5000kgノ「フライホキール」ヲ軸ニ取付ケタ時ソノ重心ハ軸ノ中心ヨリ2.5mmハナレ居ルコトニナツタ。遠心力ヲ利用シテ重心ガ軸心ニ來ル様ニスルニハ如何ニスレバヨイカ。

■ 半徑2.5mmノ所ニ5000kgノ重量ガアツテ毎秒 n 回轉スル時ノ遠心力ヲ求ムレバ $F = \frac{5000}{9.8} \times (2\pi n)^2 \times \frac{25}{10000} kg$ トナルカラコノ力ニ釣合ハセルタメニ反對側ノ半徑 r ノ所ニ w kgノ釣合錘ヲ附ケレバ重心ガ軸心ニ來ルコトニナル。故ニ

$$\frac{5000}{9.8} \times (2\pi n)^2 \times \frac{25}{10000} = \frac{w}{9.8} \times (2\pi n)^2 \times r$$

$$\therefore 12.5 = wr$$

即チ釣合錘ノ重量ト半徑トノ積ガ12.5ニナルヤウニスレバヨイ。

例ヘバ $r = 0.5m$ ノ所ニ25kgノ釣合錘ヲ附ケレバヨイ。

265. 横10cm、縦5cmナル矩形ノ板ノ重心ヲ通り横ノ縁ニ平行ナル軸ニ關スル慣性モーメントヲ求メヨ。但シ比重ヲ ρ トス。

$$\blacksquare \text{板ノ厚サヲ } 1cm \text{ トセバ板ノ質量 } M = \frac{10 \times 5 \times 1 \times \rho}{9.8} = \frac{50\rho}{9.8} gr$$

$$I_x = \frac{1}{12} M b^2 = \frac{1}{2} \times \frac{50\rho}{9.8} \times 5^2 = \underline{64\rho}$$

266. 外徑240cm、内徑210cmナル圓輪ノ回轉半徑ヲ求ム。

$$\blacksquare R = \left(\frac{240}{2} + \frac{210}{2} \right) \div 2 = 112.5cm$$

$$r = 120 - 112.5 = 7.5cm$$

$$k = \frac{1}{2} \sqrt{4R^2 + 3r^2} = \frac{1}{2} \sqrt{4 \times 112.5^2 + 3 \times 7.5^2}$$

$$\approx \frac{1}{2} \sqrt{51000 + 170} = \frac{1}{2} \sqrt{51170} = \underline{112.75cm}$$



267. 直徑91cm、重量67.5kgノ丸形ノ砥石ガ300回毎分ノ回轉度ヲ有スル時ソノ「エネルギー」ヲ問フ。

$$\blacksquare \text{回轉體ノ動エネルギー} = \frac{I_G \omega^2}{2} = \frac{1}{2} r^2 M \omega^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \left(\frac{0.91}{2} \right)^2 \times \frac{67.5}{9.8} \times \left(2\pi \times \frac{300}{60} \right)^2 = \frac{0.8281}{16} \times \frac{67.5 \times 4 \times 3.14^2}{9.8} \times 25$$

$$= \underline{351kg \cdot m}$$

268. 150回毎分ノ回轉度ヲ有スル蒸汽機關クランク軸ノ回轉モーメントハ275mkgナリトイフ。ソノ工程何馬力ナルカ。

$$\blacksquare \text{工程} = \frac{2\pi NT}{60 \times 75} = \frac{2 \times 3.14 \times 150 \times 275}{60 \times 75} = \underline{57.6P.S}$$

269. 200回毎分ノ回轉度ヲ有スル250馬力ノ蒸汽タービンノ回轉モーメントヲ求ム。

$$\blacksquare 250 = \frac{2 \times 3.14 \times 200T}{60 \times 75} \quad \therefore T = \underline{896m \cdot kg}$$

270. 重量4t、回轉半徑1.6mノ車ニ80回毎分ノ回轉度ヲ與ヘテソノママニ放置スル時ハ100回轉ヲナシタル後ニ回轉度ハ幾何トナルカ。又初メヨリ何回轉ヲナシタル後ニ静止スルニ至ルカ。車ヲ支フル軸承ノ摩擦ハ一回轉毎ニ200mkgノ「エネルギー」ヲ消費スルモノトシテ計算セヨ。

$$\begin{aligned} \text{車ノ動エネルギー} &= \frac{W\omega^2 K^2}{2g} = \frac{4000 \times (2 \times 3.14 \times 80)^2 \times 1.6^2}{2 \times 9.8 \times 60^2} \\ &= 36600 \text{ m}\cdot\text{kg} \end{aligned}$$

$$\text{摩擦ニヨリ失ハレル「エネルギー」} = 200 \times 100 = 20000 \text{ m}\cdot\text{kg}$$

$$100\text{回轉後ノ動エネルギー} = 36600 - 20000 = 16600 \text{ m}\cdot\text{kg}$$

100回轉後ノ回轉度ヲ N トセバ

$$16600 = \frac{4000 \times \left(\frac{2 \times 3.14 \times N}{60} \right)^2 \times 1.6^2}{2 \times 9.8} = \frac{112N^2}{19.6}$$

$$\therefore N = \sqrt{\frac{16600 \times 19.6}{112}} = \sqrt{2900} = 53.9 \text{ 回轉毎分}$$

静止スルマデノ回轉數ヲ n トセバ

$$n = \frac{36600}{200} = 183 \text{ 回轉}$$

271. 長サ 4m , 重量 6.8kg ノ棒ノ一端ヲ持チコレヲ 47 回毎分ノ割合ヒテ回轉スル時ノ遠心力ヲ問フ。

$$\text{重心ガ棒ノ中央ニアルトセバ } r = 2\text{m}$$

$$\text{遠心力} = \frac{W}{g} \omega^2 r = \frac{6.8}{9.8} \times (2\pi \times \frac{47}{60})^2 \times 2 = 33.6 \text{ kg}$$

272. 長サ 1.5m ノ糸ノ一端ニ重量 180 瓦ノ物體ヲ結ビ他端ヲ中心トシテコレヲ水平面内ニ於テ回轉スル時糸ノ張力ヲ 1kg ナラシメントス。ソノ回轉度ヲ問フ。

$$\text{遠心力ヲ } 1\text{kg} \text{ ナラシムレバヨイカラ}$$

$$1 = \frac{0.18}{9.8} \times \omega^2 \times 1.5 \quad \therefore \omega = \sqrt{\frac{9.8}{0.18 \times 1.5}} = \sqrt{36.4} = 6.03$$

$$\frac{2\pi N}{60} = 6.03 \quad \therefore N = \frac{6.03 \times 60}{2 \times 3.14} = 57.6 \text{ 回毎分}$$

273. 重量 7.2kg ノ物體ヲ長サ 1m ノ糸ニ結ビコレヲ垂直面内ニ於テ 105 回毎分ノ割合ヒテ回轉スル時物體ガ最上點ト最下點トニアル時ノ糸ノ張力ヲ求ム。

$$\text{遠心力} = \frac{7.2}{9.8} \times \left(\frac{2\pi \times 105}{60} \right)^2 \times 1 = 88.6 \text{ kg}$$

$$\text{最上點ノ張力 } 88.6 - 7.2 = 81.4 \text{ kg}$$

$$\text{最下點ノ張力 } 88.6 + 7.2 = 95.8 \text{ kg}$$

274. 水平面ト 15° ナス斜面上ヲ水平軸ノ廻リニ轉動スル圓柱アリ, 静止ノ位置カラ 10m 轉動シタ時ノ圓柱ノ速度ヲ求メヨ。

$$\text{轉動シタ斜面ノ高さ } h = 10 \sin 15^\circ = 2.588 \text{ m}$$

(87)式ニヨリ, 圓柱ノ速度ハ

$$v = \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{2gh} = \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{2 \times 9.8 \times 2.588} = 5.8 \text{ m/s}$$

275. 水平面ト θ ノ角ヲナス斜面ヲ轉動スル半径 r ノ球アリ。ソノ加速度ヲ求メヨ。

$$\text{(84)式ヨリ}$$

$$F - W \sin \theta + \frac{W}{g} \alpha = 0 \quad F = \mu W \cos \theta$$

$$\frac{W}{g} \alpha = -\mu W \cos \theta + W \sin \theta \quad \therefore \alpha = \underline{g(\sin \theta - \mu \cos \theta)} \text{ m/sec}^2$$

$$\text{摩擦ナキモノトセバ } \alpha = \underline{g \sin \theta} \text{ m/sec}^2$$

276. 圓板ノ重心ヲ通り面ニ平行ナル軸ニ關スル慣性モーメントヲ知ツテ同ジク面ニ垂直ナル軸ニ關スル慣性モーメントヲ求メヨ。

$$I_x = I_y = \frac{1}{4} r^2 M$$

$$I_z = I_x + I_y = \frac{1}{2} r^2 M$$

277. 外徑 1m , 内徑 0.8m , 幅 12cm ノ「リム」ヲ有スルハズミ車アリ。ソノ慣性モーメントト之ガ 300r.p.m. スルトキノ運動ノ「エネルギー」ヲ求メヨ。但シ材料ノ比重ヲ 7.2 トシ, 車ノ腕ヲ考慮セズ。

■ 環状體ノ面ニ平行デ重心ヲ通ル軸ニ關スル慣性モーメントハ

$$I_x = \frac{1}{4}M(R^2 + r^2)$$

故ニ車軸ニ關スル慣性モーメントハ

$$I_z = I_x + I_y = \frac{1}{2}M(R^2 + r^2)$$

$M = \pi(R^2 - r^2)t \frac{w}{g}$ ヲ代入スレバ

$$\begin{aligned} I_z &= \frac{1}{2}\pi(R^2 - r^2)t \frac{w}{g}(R^2 + r^2) = \frac{1}{2}\pi \frac{w}{g}(R^4 - r^4) \\ &= \frac{1}{2} \times 3.14 \times \frac{7.2}{9.8} \times 0.12 \times (0.5^4 - 0.4^4) = 0.00514 \text{ tms}^2 \\ &= 5.14 \text{ kgms}^2 \end{aligned}$$

$$K.E = \frac{1}{2} \times 5.14 \times \left(\frac{300\pi}{30}\right)^2 = 2540 \text{ kgm}$$

278. $30 \times 40 \times 1 \text{ cm}$ ノ鐵板アリ。30cmノ一邊ニ平行デ厚サノ中央ヲ通ル軸ニ關スル慣性モーメントヲ求メ

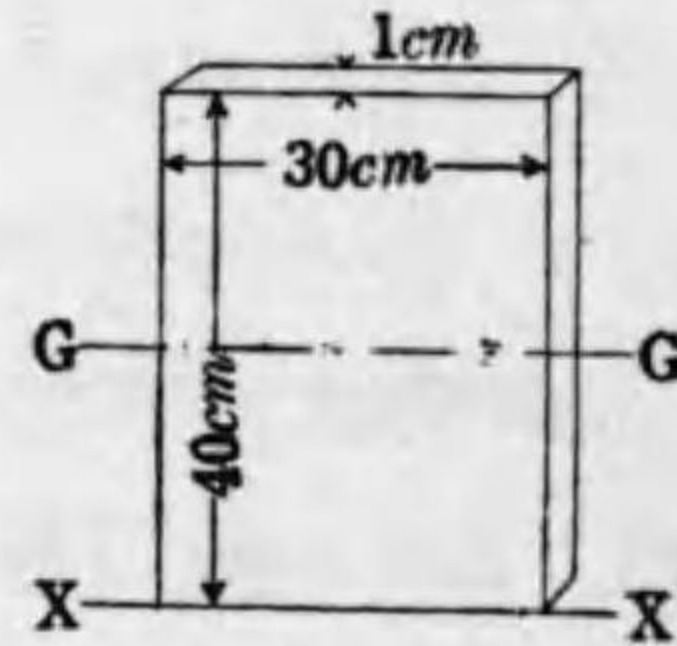
ヨ。但シ比重ヲ8トス。

■ $I_G = \frac{0.4^2}{12}M$

$$I_x = 0.2^2M + \frac{0.4^2}{12}M$$

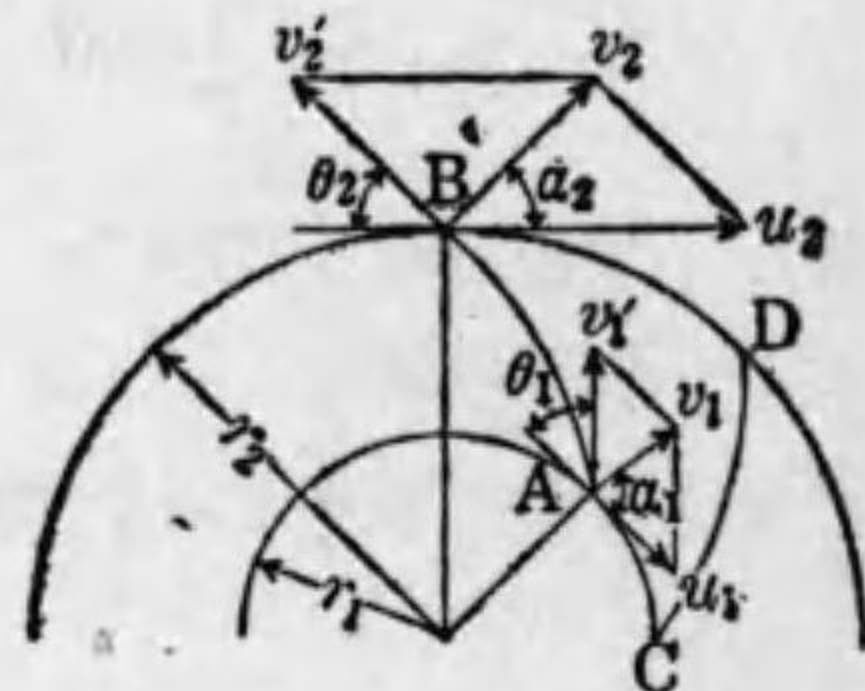
$$M = \frac{40 \times 30 \times 1 \times 8}{1000 \times 9.8} = 0.98 \text{ kg}$$

$$\therefore I_x = 0.04 \times 0.98 + \frac{0.16}{12} \times 0.98 = 0.052 \text{ kgms}^2$$



279. 前問題ノ鐵材ヲ以テ造ツタ羽根12枚ヲ有スル水車ガ150 r.p.mスルトキノ運動ノ「エネルギー」ヲ求ム。

■ $K.E = \frac{1}{2} \times 0.052 \times \left(\frac{150\pi}{30}\right)^2 \times 12 = 77 \text{ kg.m}$



280. 渦巻ポンプノ羽根ノ間ヲ水ガ流レテAカラBニ達スル間ニ受ケタ「エネルギー」ト之ニヨツテ生ズル理論上ノ「ポンプヘッド」ヲ求メヨ。

但シ $\mu_1, \mu_2 \dots \dots A, B$ 點ニ於ケル羽根ノ線速度

$v_1, v_2 \dots \dots$ 水ノ絶對速度

$v_1', v_2' \dots \dots$ 水ノ羽根ニ對スル關係速度

$\alpha_1, \alpha_2 \dots \dots v_1, v_2$ ガ μ_1, μ_2 トナス角

$\theta_1, \theta_2 \dots \dots$ 羽根ノ入口及出口ノ方向ガ μ_1 及 μ_2 トナス角

$Q \dots \dots$ 1秒時間ニ羽根ノ間ヲ流レル水量 m^3

$\gamma \dots \dots$ 水ノ重量 kg/m^3 トス

■ (82)式ヨリ運動體ノ單位時間中ノ角運動量ノ變化ハ之ニ働ク「モーメント」ニ等シイカラ。

$$T = \frac{\gamma Q}{g}(r_2 v_2 \cos \alpha_2 - r_1 v_1 \cos \alpha_1)$$

即チ水ノモーメント T ヲ受ケテ v_1 カラ v_2 ニソノ速度ヲ變化シソノ結果トシテ「エネルギー」ヲ與ヘラレル理デアロ。

動力即チ1秒毎ニ受ケル「エネルギー」ハ

$$P = T\omega = \frac{\gamma Q \omega}{g}(r_2 v_2 \cos \alpha_2 - r_1 v_1 \cos \alpha_1)$$

然ルニ $\omega = \frac{u_1}{r_1} = \frac{u_2}{r_2}$ ナルヲ以テ

$$p = \frac{\gamma}{g}Q(u_2 v_2 \cos \alpha_2 - u_1 v_1 \cos \alpha_1)$$

水量 Q ガエネルギー P ヲ得テ上昇シ得ル高サヲ H トスレバ

$$p = \gamma QH$$

$$\therefore H = \frac{u_2 v_2 \cos \alpha_2 - u_1 v_1 \cos \alpha_1}{g}$$

281. 平均有効壓力 5 kg/cm^2 , 氣筒直徑 30 cm , 行程 40 cm , 180 r.p.m ノ單氣筒蒸汽機關ノハズミ車ノ重量ヲ求メヨ。

但シ $\frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega} = \frac{1}{150}$, e ハ一行程ニナサレル仕事ノ 0.15 トス。

■ 一行程ニナサレル仕事ハ

$$\frac{\alpha}{4} D^2 p_m L = \frac{\pi}{4} \times 30^2 \times 5 \times 0.4 = 1260 \text{ kg.m}$$

$$\therefore e = 1260 \times 0.15 = \frac{1}{150} \left(\frac{180\pi}{30} \right)^2 I$$

$$\therefore I = \frac{1260 \times 0.15 \times 150}{(6\pi)^2} = 80 \text{ kg.ms}^2$$

回轉半徑 $K=1\text{m}$ トセバ

$$M = \frac{80}{1} = 80 \quad \therefore \text{重量} = 80 \times 9.8 = \underline{784 \text{ kg}}$$

282. 「リム」ノ平均直徑 1.5m , 重量 700kg ノハズミ車ガ毎分 80 回轉シテ居ルトキ, ハズミ車ノ腕ニ働ク力ハ何程カ, 但シ全重量ハ「リム」ニアルモノトス。又心軸ニ關スル慣性モーメント, 運動量ノモーメント, 及ビ「エネルギー」ヲ求メヨ。

■ 腕ニ働ク力ハ遠心力ニシテ

$$F = \frac{700}{9.8} \times \left(\frac{80\pi}{30} \right)^2 \times \frac{1.5}{2} = \underline{3770 \text{ kg}}$$

中心軸ニ關スル慣性モーメント

$$I = MK^2 = \frac{700}{9.8} \times \left(\frac{1.5}{2} \right)^2 = \underline{40.2 \text{ kg.ms}^2}$$

(80)式 "

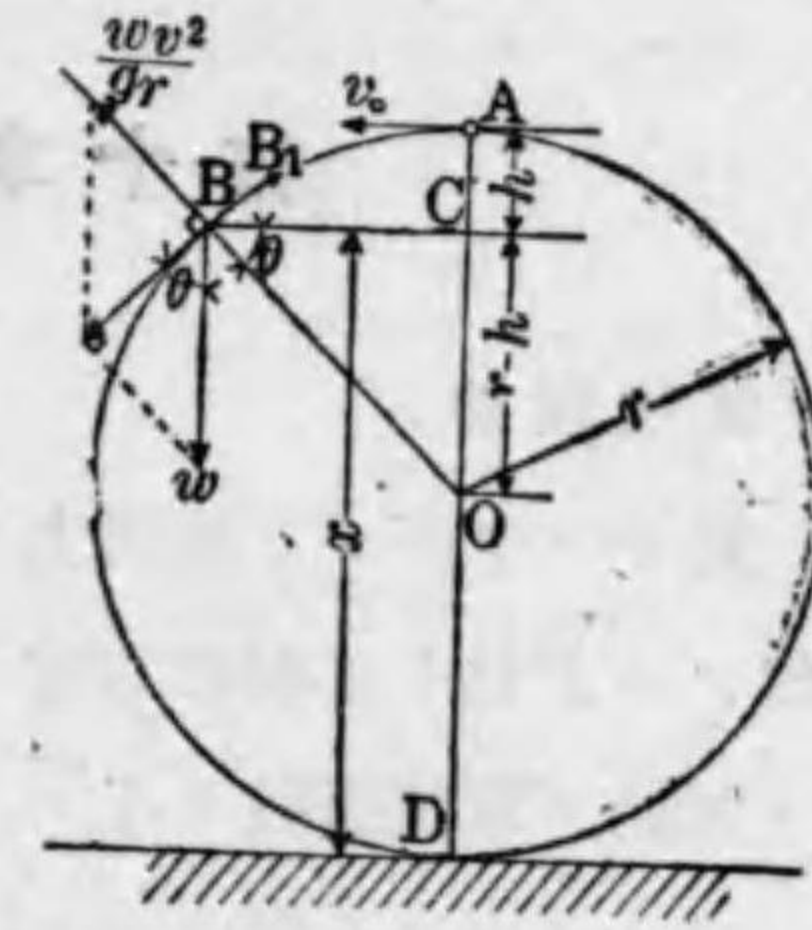
$$\text{運動量ノモーメント} = I\omega = 40.2 \times \frac{80\pi}{30} = \underline{336 \text{ kg.m/s}}$$

(72)式

$$\text{「エネルギー」} KE = \frac{1}{2} I\omega^2 = \frac{1}{2} \times 40.2 \times \left(\frac{80\pi}{30} \right)^2 = \underline{1410 \text{ kg.m}}$$

283. 軸ヲ水平ニシタ半徑 r ノ圓壙アリ。ソノ最高點 A ニ一質點ヲ置キ, コレガ圓壙ヲ滑リ落チル時質點ガ圓壙ヲハナレル點 B ノ水平面カラノ高サヲ求メヨ。

■ 圖ニ於テ $AC=h$ トセバ B 點ノ速度ハ $v = \sqrt{2gh}$ トナリ, ソノ時ノ遠心力ハ $\frac{wv^2}{gr}$ デ, 質點ノ重量 w トノ合力ガ B 點ニ於ケル圓壙面ニ切線ノ方向ニナツタ時ニ質點ガ圓壙ヲハナレルカラ



$$\frac{wv^2}{gr} + w = \sin \theta = \sin OBC = \frac{OC}{OB} = \frac{r-h}{r}$$

$$\frac{2gh}{gr} = \frac{r-h}{r} \quad \therefore 2h = r-h \quad \therefore h = \frac{1}{3}r$$

$$\text{故ニ} \quad x = CD = CO + OD = r-h+r = \left(2 - \frac{1}{3} \right) r = \frac{5}{3}r$$

第十章 單弦運動

單弦運動

點 P が半徑 r の圓周上ヲ等速ノ運動ニナス時任意ノ直徑 AB 上ニ於ケル P 點ノ正射影 Q 點ハ AB 間ヲ往復運動ヲスル。斯ノ如キ Q 點ノ運動ヲ單弦運動トイフ。

同一ノ途ヲ一定時間ニ往復スル運動ヲ振動トイヒ、ソノ中點 O ヲ振動ノ中心トイフ。

Q 點ノ中心 O ヲヨリノ最大變位 OA 又ハ OB ヲ振幅一往復ノ時間ヲ周期、單位時間内ノ往復數ヲ振動數、 Q 點ノ位置ヲ示ス角 POQ ヲ位相トイフ。

圖ニ於テ P が A カラ出發シテ矢ノ方向ニ一定ノ角速度 ω ニテ t 秒後ニ圖ノ位置ニ來タトシ、 Q 點ノ變位 OR ヲ x トスレバ

$$\theta = \omega t \text{ ナルヲ以テ}$$

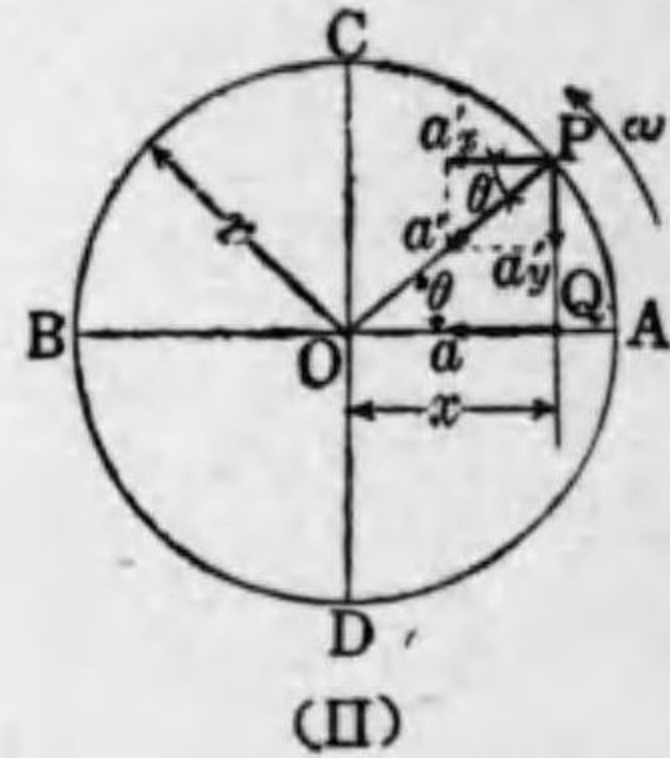
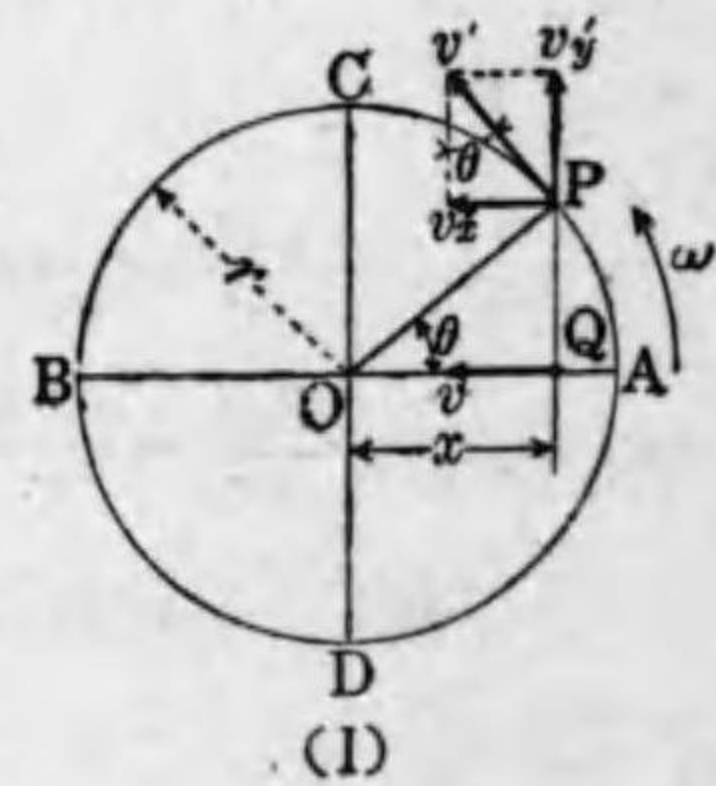
$$x = r \cos(\omega t) \dots \dots \dots (88)$$

I 圖デ P 點ノ速度 $v' = \omega r$

AB 方向ノ v' ノ分速度ハ $v'_x = v' \sin \theta = r\omega \sin(\omega t)$ デ Q 點ノ速度ニ等シイカラ

$$v = -r\omega \sin(\omega t) = \frac{-r\omega \sqrt{r^2 - x^2}}{r} = \omega \sqrt{r^2 - x^2} \dots \dots \dots (89)$$

次ニ P 點ノ加速度 α' ハ (II) 圖ノ如ク半徑方向デソノ大サハ $\omega^2 r$ デ AB 方向ノ α' ノ分加速度ハ $\alpha_x' = \alpha' \cos \theta = r\omega^2 \cos(\omega t) = \omega^2 x$ トナリ、コレハ Q 點ノ加速度 α ニ等シイカラ



$$\alpha = -r\omega^2 \cos(\omega t) = -\omega^2 x \dots \dots \dots (90)$$

又 Q 點ノ重量ヲ w トシコレニ働ク力ヲ f トスレバ

$$f = \frac{w}{g} \alpha = -\frac{w}{g} \omega^2 x \dots \dots \dots (91)$$

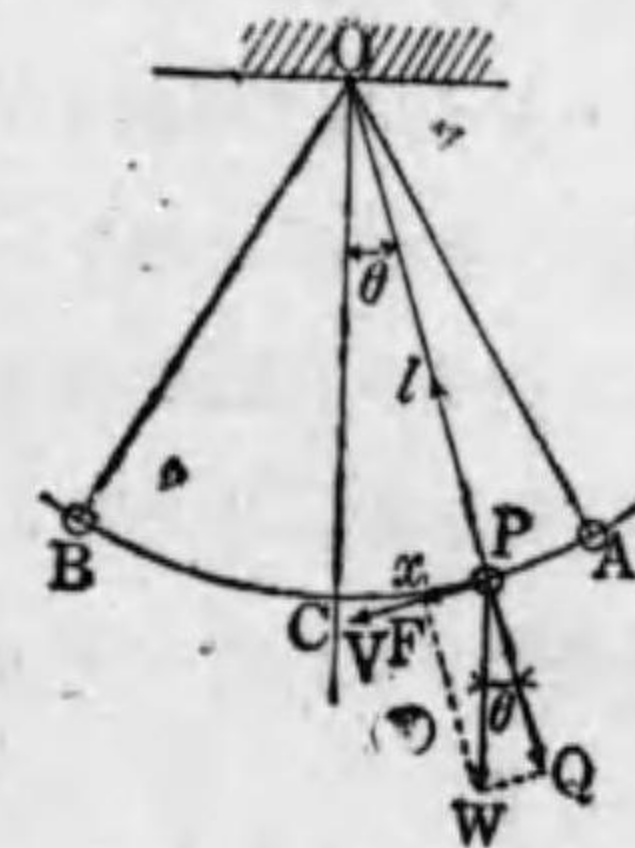
以上ノ四式ハ何レモ單弦運動ヲ示ス式デアアル。上式ヨリ單弦運動ヲナス點ノ加速度又ハコレニ働ク力ハ振動ノ中心ヨリノ距離ニ正比例シソノ方ヘ向フコトガ分ル。速度ハ兩端 A, B デ零中心 O デ最大ノ $r\omega$ トナリ、加速度ハ中心 O デ零、兩端 A, B デ最大 $r\omega^2$ トナル。加速度ノ大サダケヲ考ヘレバ (81) 式ヨリ $\alpha = \omega^2 x$ 、又ハ $\omega = \sqrt{\frac{\alpha}{x}}$

而シテ T ヲ周期、 n ヲ振動數トスレバ $T = \frac{1}{n} = \frac{2\pi}{\omega}$ ナル故ニ

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{x}{\alpha}} \quad n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\alpha}{x}} \dots \dots \dots (92)$$

單振子

長サ l ノ細絲ノ一端ヲ固定シ、他端ニ重量 W kg ノ小錘 P ヲ吊シテ左右ニ振動セシムル單振子ニ於テ、錘 P ニ働ク力ハ絲ノ張力 T ト重力 W ノニツデ W ヲ絲ノ方向ノ分力 Q トコレニ直角ナ分力 F トヲ分ケレバ Q ト遠心力ノ和ガ T ニ等シクナリ、錘 P ノ速度 v ハ F ニヨツテ變ル。



$$F = -W \sin \theta \text{ (負號ハ力 } F \text{ が } \theta \text{ ヲ減ズル方向ニ向クカラデアアル)}$$

P ノ接線方向ノ加速度ヲ α トスレバ

$$F = \frac{W}{g} \alpha \quad \therefore \alpha = -g \sin \theta$$

振幅 ($\angle AOC$) が 8° 以下デアレバ $\sin \theta \approx \theta$ ト見做スコトヲ得。

又 $CP = x$ トスレバ $\theta = \frac{x}{l}$ ナルヲ以テ

$$\alpha = -g \frac{x}{l} \dots\dots\dots(93)$$

即ち α は x に正比例スルカラ P の運動ハ単弦運動デアル。
コレヲ(81)式ト比較シテ次ノ結果ヲ得ベシ。

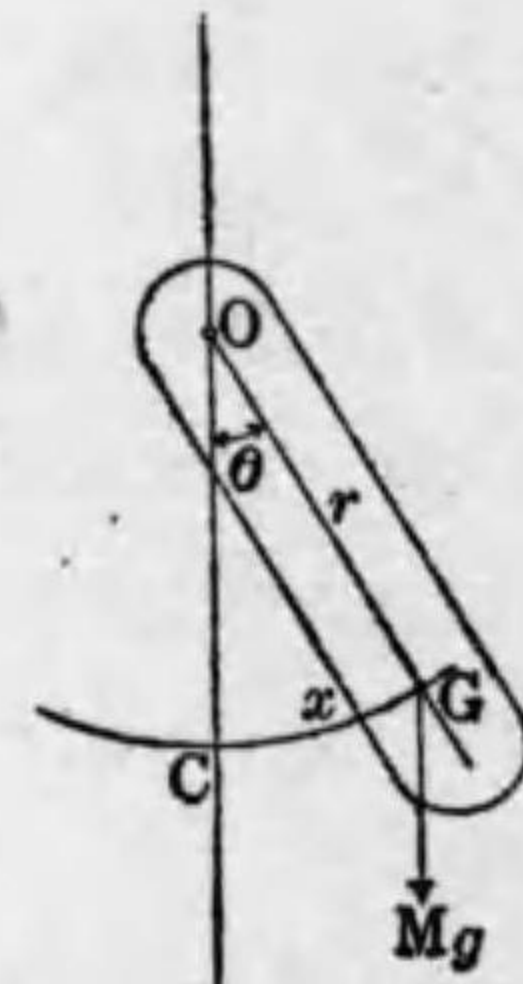
$$\omega^2 = \frac{g}{l} \quad \therefore \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$\text{周期ヲ } T \text{ トセバ } T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \dots\dots\dots(94)$$

上式ニヨリ単振子ノ周期ハ ($\theta < 8^\circ$) 糸ノ長サガ一定ナラバ一定場所ニ於テハソノ値ハ一定デアル。コレヲ振子ノ等時性トイッテ、時計ノ振子ニ利用スル。又アル地點デ T ヲ測定シ、コレニヨツテソノ地點ノ g ヲ計算シ得ベシ。

複 振 子

固定シタ水平軸 O ノ周リニ振動スル物體ヲ複振子トイフ。複振子ノ質量ヲ M トスレバ重力 Mg ハ重心 G ニ働キ、コノ力ニヨツテ振子ヲ軸 O ノ周リニ回轉サセヨウトスル「モーメント」 $Mg \cdot r \sin \theta$ トソノ時ノ角加速度 β ト O 軸ニ關スル物體ノ慣性モーメント I トノ間ニハ式 $T = I\beta$ ニヨリ



$$I\beta = -Mg \cdot r \sin \theta$$

今 $\widehat{CG} = x$ トシ θ ガ小ナル時ハ $r \sin \theta = x$ ト見做シ

$$I\beta = -Mgx$$

又 G ノ接線加速度ヲ α トスレバ $\beta = \frac{\alpha}{r}$ ナル故ニ

$$I \frac{\alpha}{r} = -Mgx \dots\dots\dots(95)$$

$$\text{或ハ } \alpha = -\frac{Mgr}{I}x \dots\dots\dots(96)$$

コノ式ト單振子ノ式(93)トヲ比べルト複振子ノ運動ハ次式ノ長サ l ナル單振子ノ運動ト同様デアルコトガ分ル。

$$l = \frac{I}{Mr} = \frac{k^2}{r} \dots\dots\dots(97)$$

k ハ回轉半徑デアル。

コノ長サ l ヲ相當單振子ノ長サトイフ。コレヲ(85)式ニ代入シテ複振子ノ周期ヲ求ムレバ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{Mgr}} = \frac{2\pi k}{\sqrt{g \cdot r}} \dots\dots\dots(98)$$

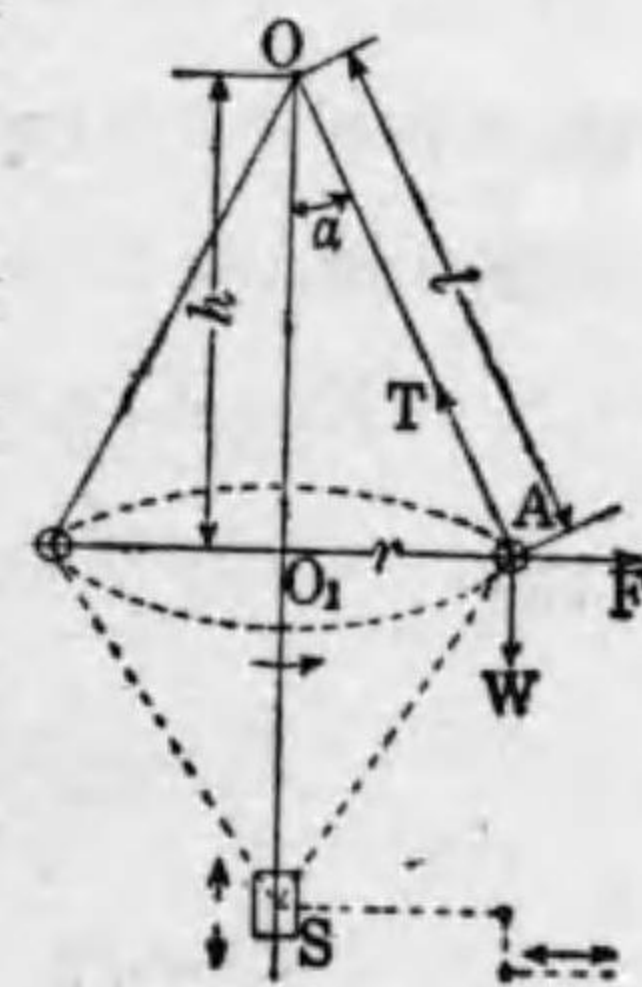
圖上 OG 上ニ O ヨリ相當振子ノ長サ l ニ等シイ距離ニアル點ヲ振動ノ中心トイフ。重心ヲ通ル軸ニ關スル回轉半徑ヲ K トスレバ

$$I = I_G + Mr^2 = M(K^2 + r^2)$$

$$\therefore T = 2\pi\sqrt{\frac{K^2 + r^2}{gr}} \dots\dots\dots(99)$$

圓錐 振 子

棒ノ一端ニ重錘 A ヲ吊シ、他端 O ヲ固定シテ之ヲ垂直軸 OO_1 諸共ニ回轉スレバ、錘ハソノ遠心力ニヨツテ跳ネ上リ、圖ノ位置デソノ重量 W 及ビ棒ノ張力 T ト釣合ヲ保チナガラ回轉シ棒 OA ハ圓錐形ヲ畫ク。コノ裝置ヲ圓錐振子トイヒ、原動機ノ調速機ニ應用セラル。 F ヲ錘ニ働ク遠心力トスレバ W, T, F ノ三力ハ平衡ヲ保ツカラ「ラミー」ノ定理ニヨリ



$$\frac{W}{\sin(90^\circ + \alpha)} = \frac{T}{\sin 90^\circ} = \frac{F}{\sin(180^\circ - \alpha)}$$

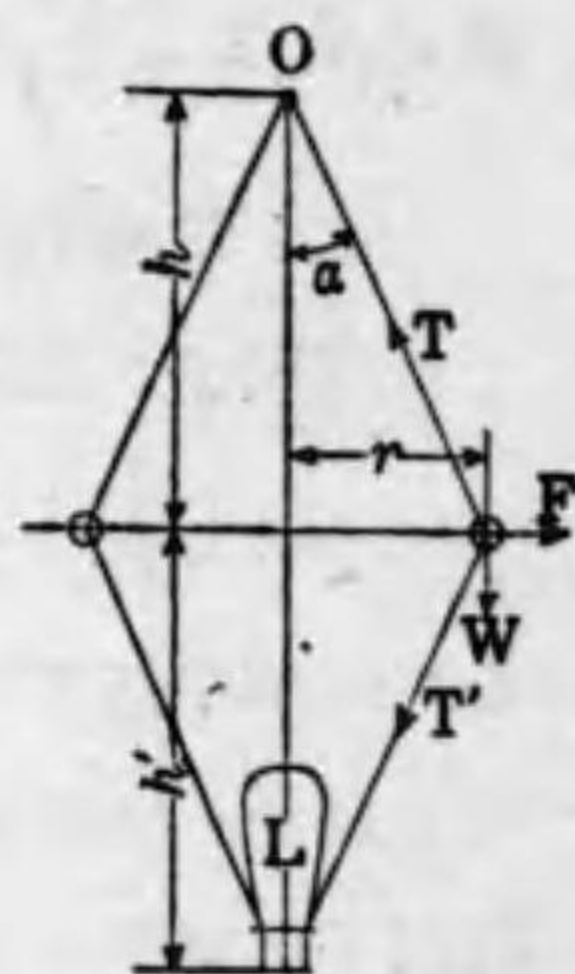
$$\therefore \frac{W}{\cos \alpha} = T = \frac{F}{\sin \alpha}$$

$$\therefore \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{F}{W}$$

$$\omega \text{ 角速度トスレバ } F = \frac{W}{g} \omega^2 r$$

$$\therefore \tan \alpha = \frac{W}{g} \omega^2 r \frac{1}{W} = \frac{\omega^2 r}{g}$$

$$\text{而シテ } \tan \alpha = \frac{r}{h} \quad \therefore h = \frac{g}{\omega^2}$$



Nヲ毎分回轉數トセバ

$$h = \frac{g}{\left(2\pi \frac{N}{60}\right)^2} = \frac{3600g}{4\pi^2 N^2} = \frac{89,500}{N^2} \text{ cm} \dots\dots(100)$$

$$\text{或ハ } N = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{h}} \dots\dots(101)$$

コノ式ヨリ 錘ノ高サハ回轉數ノ自乗ニ逆比例シソノ重量及棒ノ長サニハ無關係デアアル。

圖ノ如ク「スリーブ」Sノ上ニ荷重Lヲツケテ重錘ノ跳ネ上リヲ抑制スルモノヲ中心荷重付調重機トイフ。

O點ニ關スル「モーメント」ヲトレバ

$$Fh = Wr + T'(h+h') \sin \alpha$$

$$\text{而シテ } T' = \frac{1}{2} L \sec \alpha \quad \text{普通ハ } h=h' \text{ デアルカラ}$$

$$\frac{W}{g} r \omega^2 h = Wr + \frac{L}{2} \sin \alpha \sec \alpha (h+h')$$

$$\frac{W}{g} r \omega^2 h = Wr + L \tan \alpha h$$

$$\therefore h = \frac{g}{\omega^2} \left(\frac{W+L}{W} \right) = \frac{89,500}{N^2} \left(1 + \frac{L}{W} \right) \text{ cm} \dots\dots(102)$$

撻扭振子

撻扭振子トハ細イ針金ノ上端ヲ固定シ下端ニアル物體ヲ固着シ物體ノ重心ガ針金ノ中心線上ニアルヤウニシタモノデアアル。

今撻扭振子トシテ用ヒラレル圓板ノ表面ニ描イタ一直線OAヲ中立ノ位置トシ、OP軸ノ廻リニ圓板ヲθダケ回轉シテ之ヲ放テバ、針金ハ撻ラレルカラ物體ヲ元ノ位置ニ復サシメントスル撻扭モーメントヲ起シ物體ハ回轉振動ヲナスコレヲ特ニ撻扭振動トイフ。

サテ材料力學ニヨレバ、物體ニ生ズル撻扭モーメントハ撻扭角ニ比例スル。依ツテOP軸ニ關スル圓板ノ慣性モーメントヲIトシ運動ノ角加速度ヲβトセバ T=Iβ ヨリ

$$-\lambda \theta = I\beta \dots\dots(103)$$

但シβハθノ増ス方向ヲ正トスルモノニ對シモーメントハθヲ減ズル方向ニ働クカラ負號ヲ用ヒル。

λハ單位角變位ニ相當スル抵抗撻扭モーメントデアアル。



$$\therefore \beta = -\frac{\lambda \theta}{I} \quad \text{即チ } \beta \propto \theta \quad \dots\dots(104)$$

角加速度ハ撻扭角ニ比例スルカラコレハ角單弦運動デアアル。

角速度ωハ單弦運動ノ公式 α=-ω²x ト比較スルト

$$\omega^2 = \frac{\lambda}{I} \quad \text{トナリ } \omega = \sqrt{\frac{\lambda}{I}} \dots\dots(105)$$

$$\text{周期ハ } T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{\lambda}{I}}}$$

$$\therefore T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{\lambda}} \dots\dots(106)$$

時計振子

振子時計ノ振子ガ一往復スル時間即周期ヲ T トスレバ T ハ振子ノ二振スル時間ニ等シイカラソノ一振ニ要スル時間ハ $\frac{T}{2}$ デコレヲ t ニテ表ハセバ $T=2t$

1秒間ニ n 振スル振子ニアツテハ $t=\frac{1}{n}$ 秒デアルカラ、ソノ周期ハ $T=\frac{2}{n}$ 秒ニ等シイ、コレヲ $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ニ代入スレバ

$$l=\frac{g}{\pi^2 n^2} \dots\dots\dots (107)$$

$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}=T=2t$ ヲ代入セバ

$$l=\frac{gt^2}{\pi^2} \dots\dots\dots (108)$$

1秒間ニ n 振スル振子或ハ一振ヲナスニ t 秒ヲ要スル振子ノ長さ l ハコレヲノ公式ニヨツテ算定セラル。

正確ナ時計ノ振子ノ長さヲ l トシソレガ一振スル時間ヲ t トシ、次ニソノ振子ノ長さが極メテ微小ナル長さ a ガケ延バサレタト考ヘテソレガ一振スル時間ヲ t' トスル時ハ、上式ニヨリ

$$l=\frac{gt^2}{\pi^2}, \quad l+a=\frac{gt'^2}{\pi^2}$$

コレヨリ次ノ關係ヲ得ル。

$$\frac{t'}{t}=\sqrt{\frac{l+a}{l}}=\left(1+\frac{a}{l}\right)^{\frac{1}{2}}=1+\frac{a}{2l}-\frac{1}{8}\left(\frac{a}{l}\right)^2+\frac{1}{16}\left(\frac{a}{l}\right)^3\dots$$

$\frac{a}{l}$ ハ 1ニ比ベルト極メテ微小ナル値デアルカラ $\left(\frac{a}{l}\right)^2, \left(\frac{a}{l}\right)^3\dots$ 等ハ $\frac{a}{l}$ ヨリモ尙一層微小ナルカラ無視シテモヨイ。

$$\therefore \left(1+\frac{a}{l}\right)^{\frac{1}{2}}=1+\frac{a}{2l}$$

$$\therefore \frac{t'}{t}=1+\frac{a}{2l}$$

$$\text{コレヨリ } t'-t=\frac{at}{2l} \dots\dots\dots (109)$$

コノ $t'-t$ ハ一振時ゴトニ起ル時計ノ誤差デアル。コレヲ知ツテ正確ナル時計ノ振子ノ長さ l ヲ求ムルニハ上式ヨリ

$$l=\frac{at}{2(t'-t)} \dots\dots\dots (110)$$

次ニ地球重力ノ加速度ガ g ナル所ニ於テ一振ニ t 秒ヲ要スル振子ヲソレガ g' ナル他ノ所ニ持チ行キタルニ一振ニ t' 秒ヲ要スルヤウニナツタトスレバ

$$l=\frac{gt^2}{\pi^2}=\frac{g't'^2}{\pi^2}$$

$$\therefore t'=t\sqrt{\frac{g}{g'}}$$

$$\text{又 } t'-t=t\left(\sqrt{\frac{g}{g'}}-1\right) \dots\dots\dots (111)$$

$$g'=\frac{g}{\left(\frac{t'}{t}-1\right)^2} \dots\dots\dots (112)$$

【問題】

284. 周期 $\frac{1}{2}$ 秒ノ單弦運動ヲ以テ上下運動ヲナセル水平板ノ上ニ置カレタル物體ガ板ヨリ跳ネ上ゲラレザルタメニハソノ振幅ヲ如何ニセバヨイカ。

■ 物體ノ加速度ガ地球ノ重力ノ加速度ニ等シイカ、或ハソレヨリモ大ナル時ハ物體ハ跳ネ上ゲラレルモノデアル。故ニ跳ネ上ゲラレザルタメニハ物體ノ加速度即チ板ノ振動スル加速度ヲ地球重力ノ加速度ヨリモ小ナラシムレバヨイ。

サテ單弦運動ノ加速度ハ x ニ比例スルガ故ニ x ノ最大ナル振動ノ極點ニ於テ加速度ハ最大デアル。コノ最大ノ加速度ヲ地球重力ノ加速度 g ヨリモ小ナラシムレバヨイノデアル。故ニ(92)式ニ於テ α ヲ g トシ

x ヲ求ムレバ

$$\text{振幅ハ } x = \frac{T^2}{(2\pi)^2} g = \frac{0.5^2}{6.28^2} \times 9.8 = 0.622m$$

即チ振幅ガ 0.622m ナル時振動ノ極點ノ加速度ガ正 = g = 等シクナル故ニ跳ネ上ゲラレザルタメニハ振幅ヲ 0.622m 或ハ 6.22cm ヨリモ小ナラシムルコトヲ要ス。

285. 絲ノ長サ 30m ノ單振子ヲ靜止セシメ、ソノ球ニ突然 76cm/s ノ速度ヲ與ヘテ振動ヲ起サシムル時ハ、球ハ幾何ノ距離ニ達スルカ。又ソノ距離ニ達スル時間ヲ問フ。

■ 球ハ振幅ニ等シキ距離ニ達スルモノデアル。又初メ靜止セル時球ノ位置ハ振動ノ中心 $x=0$ ナル位置ニアツテ、コノ位置ノ振動ノ速度ハ (89)式ヨリ $v = \omega \sqrt{l^2 - x^2} = \omega r$ $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$

$$\therefore v = r \sqrt{\frac{g}{l}} \quad \therefore r = v \sqrt{\frac{l}{g}} = 0.76 \sqrt{\frac{30}{9.8}} = 1.33m$$

コレ即チ球ノ達スル距離デアル。

$r = 1.33m$ ハ $l = 30m$ ニ比較スレバ極メテ小ナルモノデアルカラ球ノ畫ク圓弧ハ殆ンド直線ト見ナシテ差支ヘナイ。ソレ故ニ球ノ運動ヲ單弦運動ト見ナシ上記ノ如ク計算シテ大差ガナイ。

次ニ振動ノ終點ニ達スル時間ハ周期ノ $\frac{1}{4}$ ナルコト明カデアルカラコノ時間ヲ t トセバ

$$t = \frac{T}{4} = \frac{2\pi}{4} \sqrt{\frac{l}{g}} = \frac{6.28}{4} \times \sqrt{\frac{30}{9.8}} = 2.75\text{秒}$$

286. 或ル地ニテ長サ 3m ノ振子ヲ振ラシテ測定シタル結果一振ニ 1.736秒ヲ要スルコトヲ知リタリトセバソノ地ノ地球重力ノ加速度ヲ問フ。

$$\text{■ } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \text{ヨリ } g = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 l = \left(\frac{2\pi}{2 \times 1.736}\right)^2 \times 3 = 9.815 m/s^2$$

287. $g = 9.805 m/s^2$ ノ地ニテ一秒ニ正ニ一振スル振子ノ長サヲ問フ。

■ $T = 2$ 秒ナルヲ以テ

$$l = \frac{T^2 g}{(2\pi)^2} = \left(\frac{2}{2 \times 3.14}\right)^2 \times 9.805 = 0.9945m$$

288. 一秒ヲ以テ一振スル長サ 0.9945m ノ振子ノ長サヲ 2 ネチ山ダケ縮ムル時ハ一日ニ何秒進ムヤウニナルカ。但シネチハ長サ 1cm ニツキネチ山 12 個ヲ有スルモノトス。

■ 長サ 1cm ニツキネチ山 12 個ヲ有スルネチノ 2 ネチ山ノ長サハ

$$a = \frac{1}{12} \times 2 = \frac{1}{6}, \quad t = 1\text{秒}, \quad l = 99.45cm \quad \text{トセバ}$$

一振毎ニ進ム時間ハ (109) 式ヨリ

$$t' - t = \frac{1}{2 \times 99.45 \times 6}$$

一秒ヲ以テ一振スルナラバ一日間ニ振動スル總數ハ一日ノ秒數

$$24 \times 60 \times 60 = \text{等シイ。}$$

$$\therefore \text{一日ニ進ム時間} = \frac{24 \times 60 \times 60}{2 \times 99.45 \times 6} = 72.4\text{秒}$$

或ハ 1分12.4秒

289. 毎分 80 回轉スル圓錐振子ノ高サヲ 1cm 上ラシムルタメノ回轉數ヲ求ム。

$$\text{■ 角速度 } \omega = \frac{2\pi \times 80}{60} = \frac{8\pi}{3} \text{ rad/s}$$

コノ時ノ振子ノ高サ h ハ

$$h = \frac{9.8 \times 3^2}{(8\pi)^2} = 0.14m$$

1cm 上リタル後ノ振子ノ高サヲ h' トセバ

$$h' = 0.14 - 0.01 = 0.13m$$

コレニ相當スル角速度ヲ ω' トセバ

$$\omega' = \sqrt{\frac{g}{h'}} = \sqrt{\frac{9.8}{0.13}} = 8.69 \text{ rad/s}$$

$$n = \frac{60\omega'}{2\pi} = \frac{60 \times 8.69}{2 \times 3.14} = 83 \text{ 回毎分}$$

290. 圖ノ如キ鐵板ノO軸ニ關スル振動ノ周期及
ビ相當單振子ノ長サヲ求メヨ。

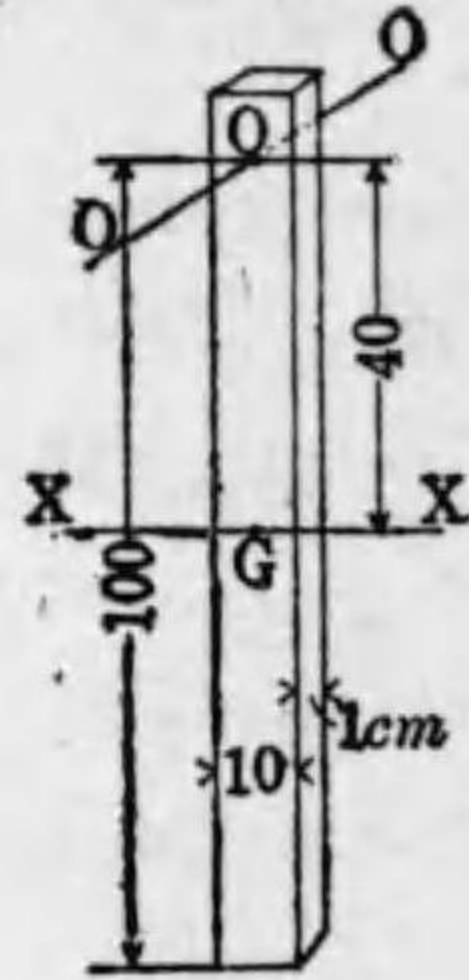
$$I_G = I_x + I_y = \frac{100^2}{12}M + \frac{10^2}{12}M$$

$$I_O = I_G + 40^2M$$

$$\therefore I_O = \frac{10^2}{12}M + \frac{100^2}{12}M + 40^2M = 2,440M$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{2440M}{980M \times 40}} = 1.57 \text{ 秒}$$

$$l = \frac{I}{ML} = \frac{2440M}{M \times 40} = 61 \text{ cm}$$



291. 重錘ノ重サ 3kg, 中心荷重ノ重サ 40kg 「スリーブ」ニ働ク摩
擦抵抗力 2kg トスレバ 200r.p.m.ニ對スル錘ノ高サ h 如何。又回轉
數ガ如何ニ減ジタ時錘ガ降下シ始ムルカ。

■ 摩擦抵抗ハ常ニ「スリーブ」ノ運動ニ反對シテ働クカラ、錘ノ上昇ニ
際シテハ荷重Lノ働キヲ増シ錘ノ降下ニ際シテハ之ヲ減ズル。

$$h = \frac{29,500}{200^2} \times \frac{40+3+2}{3} = 33.5 \text{ cm}$$

錘ガ降下シ始ムル回轉數ヲ N' トスレバ

$$33.5 = \frac{89,500}{N'^2} \times \frac{40+3-2}{3}$$

$$\therefore N' = 190$$

$$\text{或ハ } N' = 200 \times \sqrt{\frac{40+3-2}{40+3+2}} = 190$$

292. 單弦運動アリ。振幅 33cm, 最大速度 4m/s ナリ。中心ヨリ 13
cm 及ビ 30cm ノ點ニ於ケル速度ヲ求ム。

$$\text{■ } r = 33 \text{ cm} \quad v = \omega r = 4 \text{ m/s}$$

$$\therefore \omega = \frac{4}{0.33} \text{ rad/s}$$

$$v_{13} = \omega \sqrt{r^2 - x^2} = \frac{4}{0.33} \sqrt{0.33^2 - 0.13^2} = \frac{4}{0.33} \times 0.303 = 3.68 \text{ m/s}$$

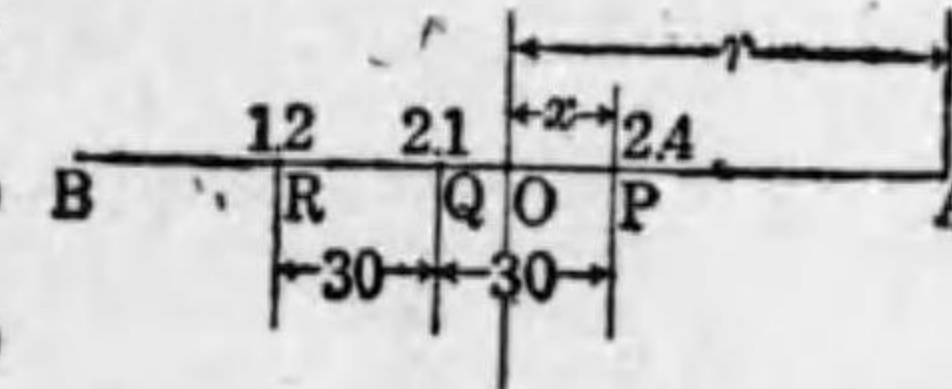
$$v_{30} = \frac{4}{0.33} \sqrt{0.33^2 - 0.3^2} = \frac{4}{0.33} \times 0.147 = 1.67 \text{ m/s}$$

293. 單弦運動ヲナス物體アリ。互ニ 30cm ヲ隔ツル 3 點ニ於テソ
ノ速度ソレゾレ 2.4m/s, 2.1m/s 及ビ 1.2m/s ナリトイフ。運動ノ中
心ノ位置, 振幅, 周期及ビ最大速度ヲ求ム。

$$\text{■ } V_P = \omega \sqrt{r^2 - x^2} = 2.4 \dots \dots (1)$$

$$V_Q = \omega \sqrt{r^2 - (0.30 - x)^2} = 2.1 \dots (2)$$

$$V_R = \omega \sqrt{r^2 - (0.60 - x)^2} = 1.2 \dots (3)$$



$$(2) \div (1) \quad \frac{\sqrt{r^2 - (0.30 - x)^2}}{\sqrt{r^2 - x^2}} = \frac{2.1}{2.4} = \frac{7}{8} \dots \dots \frac{r^2 - 0.09 + 0.6x - x^2}{r^2 - x^2} = \frac{49}{64}$$

$$4 - \frac{0.09 - 0.6x}{r^2 - x^2} = \frac{49}{64} \quad 64(0.09 - 0.6x) = 15(r^2 - x^2) \dots \dots (1')$$

$$(1) \div (3) \dots \frac{\sqrt{r^2 - x^2}}{\sqrt{r^2 - (0.60 - x)^2}} = \frac{2.4}{1.2} = 2 \dots r^2 - x^2 = 4(r^2 - 0.36 + 1.2x - x^2)$$

$$3(r^2 - x^2) = 4(0.36 - 1.2x) \dots \dots (2')$$

$$(1)' = (2)' \text{ヲ代入スレバ } 32(0.09 - 0.6x) = 10(0.36 - 1.2x)$$

$$2.88 - 19.2x = 3.6 - 12x \quad \therefore 7.2x = -0.72 \quad \therefore x = -0.1$$

中心ハ第一點Pヨリ 10cm ノ所ニアリ

$$x = -0.1 \text{ヲ}(2)' \text{ニ代入セバ } 3(r^2 - 0.01) = 1.44 + 0.48 = 1.92$$

$$\therefore r^2 - 0.01 = 0.64 \quad \therefore r^2 = 0.65$$

$$\therefore r = \sqrt{0.65} = 0.81 = 81 \text{ cm}$$

$$x = -0.1, r = 0.81 \text{ヲ}(1)' \text{ニ代入セバ}$$

$$\omega = \frac{2.4}{\sqrt{0.81^2 - 0.1^2}} = \frac{2.4}{\sqrt{0.6401}} = 3 \text{ rad/s}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2 \times 3.14}{3} = 2.1 \text{ 秒}$$

$$V_{max} = \omega r = 3 \times 0.81 = 2.43 \text{ m/s}$$

294. 單弦運動ヲナス物體アリ。中點ヨリ 10cm ノ距離ニ於テ速

度 $2m/s = 7cm$ ノ距離ニ於テ速度 $2.5m/s$ ナリトイフ。振幅、周期及最大速度ヲ求ム。

$$\text{■ } 2 = \omega \sqrt{r^2 - 0.1^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$2.5 = \omega \sqrt{r^2 - 0.07^2} \dots\dots\dots (2)$$

$$(1) \div (2) \cdot \frac{2}{2.5} = \frac{\sqrt{r^2 - 0.01}}{\sqrt{r^2 - 0.0049}} \dots\dots\dots \frac{16}{25} = \frac{r^2 - 0.01}{r^2 - 0.0049}$$

$$\therefore 9r^2 = 0.25 - 0.0784 = 0.1716 \quad \therefore r^2 = 0.019$$

$$\therefore r = 0.138m \quad \text{振幅 } 13.8cm$$

$$\therefore \omega = \frac{2}{\sqrt{0.138^2 - 0.1^2}} = \frac{2}{0.095}$$

$$\text{周期 } T = \frac{2\pi}{\omega} = 2 \times 3.14 \times \frac{0.095}{2} = 0.299 \text{ 秒}$$

$$\text{最大速度 } v = \omega r = \frac{2}{0.095} \times 0.138 = 2.9m/s$$

295. 蔓巻バネアリ、 $1m$ 延バスタメニハ $8kg$ ノ力ヲ要ス。此バネノ端ニ $5kg$ ノ重錘ヲ附ケテ若干變位 xm セシメテ離ス時、バネノ往復運動ノ周期ヲ求メヨ。

■ $1m$ 延バス時ノ反抗力 $= -8kg$ } 負號ハ常ニ振動ノ中心ニ向フコトヲ示ス
 xm 延バス時ノ反抗力 $= -8xkg$ }

$$P' = \frac{W}{g} \quad \text{ヨリ} \quad \alpha = \frac{P'}{\left(\frac{W}{g}\right)} = \frac{-8x}{\left(\frac{5}{9.8}\right)} = -\frac{8 \times 9.8x}{5}$$

$$\alpha = -\omega^2 x = -\frac{8 \times 9.8x}{5}$$

$$\therefore \omega = \sqrt{\frac{8 \times 9.8}{5}} = 3.96 \text{ rad/s}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2 \times 3.14}{3.96} = 1.59 \text{ 秒}$$

296. 長サ $1m$ ノ糸ノ一端ヲ垂直ニ立テテ棒ニ結ビツケ、他端ニ石ヲ釣リ之ヲ毎分60回ノ割合デ棒ノマワリニ回轉サセル時棒ト糸ト

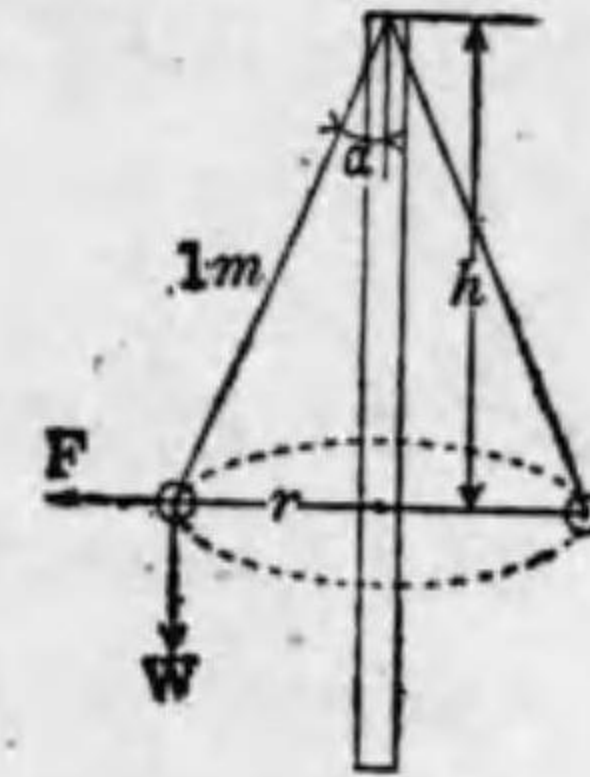
ハ何度ノ角ヲナスカ。

■ (100)式ヨリ

$$h = \frac{89500}{N^2} = \frac{89500}{3630} = 25cm$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{l} = \frac{25}{100} = 0.25$$

$$\therefore \alpha = 75^\circ 38'$$



297. $g = 980cm/s^2$ ノ場所ニ於ケル秒振子ノ長サヲ求メヨ。但シ秒振子トハ一端ヨリ他端ニ達スルニ1秒ヲ要シ、從ツテ周期ガ2秒ノ單振子ヲイフ。

$$\text{■ } 2 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \therefore l = \frac{9.8}{3.14^2} = 1m$$

298. 振動數 n ナル單振子ノ長サヲ半分ニスレバ振動數ハ何程ニナルカ。

$$\text{■ } n = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}}$$

$$l \text{ ヲ } \frac{1}{2}l \text{ ニセバ}$$

$$\text{振動數 } n' = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{l}{2g}}} = \frac{1}{\frac{2\pi}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{l}{g}}} = \frac{\sqrt{2}}{2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}} = 1.414n$$

299. 秒振子ノ時計ガ1日ニ4分進ム時振子ノ長サヲドレダケ變レバ時計ハ正シクナルカ。

■ 1日ニ4分進メバ、コノ振子ハ1日ニ $24 \times 60 \times 60 + 4 \times 60 = 86640$ 振リスルカラ一振ノ時間ハ $t' = \frac{86400}{86640}$ 秒デアル。

正確ナ時計ノ振子ノ長サヲ l トシ、コノ時計ノ振子ノ長サヲ l' トセバ

$$l - l' = a, \quad t = 1,$$

$$l = \frac{at}{2(t' - t)} = \frac{a}{2 \times \left(\frac{86400}{86640} - 1\right)} = \frac{a \times 8664}{2 \times (-24)} = -(l - l') \times \frac{8664}{48}$$

$$l \times \left(1 + \frac{8664}{48}\right) = \frac{8664}{48} l' \quad \therefore l = \frac{8664}{48} \times \frac{48}{8712} l' = \frac{8664}{8712} l'$$

答 振子ノ長サヲ $\frac{8664}{8712}$ 倍ニスレバヨイ

300. $18m/s$ ノ速度ヲ以テ走レル汽車ノ屋根ヨリ糸ヲ下ゲ、ソレニ重リヲ釣ル時ハ、コノ汽車ガ半徑 $300m$ ノ曲線狀ノ線路ヲ通過スル場合ニ糸ハ垂直線ニ對シテ何度ニ傾クカ。

■ 糸ハ遠心カト重力ノ合力ノ方向ニ向フヲ以テ垂直線トノ角度ヲ α トセバ

$$\tan \alpha = \frac{F}{W} = \frac{\frac{W}{g} \frac{v^2}{r}}{W} = \frac{18^2}{9.8 \times 300} = 0.11$$

$$\therefore \alpha = 6^\circ \sim 17'$$

301. 汽車ノ屋根ヨリ釣リ下ゲラレタル單振子アリ。汽車ガ $13m/s$ ノ一定速度ニテ走レル場合ニ垂直ノ位置ヲ保チタリシガ、制動機ノ作用ヲ受ケタルニ垂直線ニ對シテ 3° 傾斜シタリトイフ。制動機ノタメニ汽車ノ受ケタル減速度ヲ求メ、更ニ制動機ガ作用シテ汽車ガ静止スルマデニ走ル距離ヲ問フ。

■ 汽車ノ減速度ヲ α トセバ振子ノ錘ニ作用スル力ハ $m\alpha$ ニシテ重力 mg トノ合力ノ方向ガ垂直線ト 3° 傾クカラ

$$\tan 3^\circ = \frac{m\alpha}{mg} \quad \therefore 0.0524 = \frac{\alpha}{g}$$

$$\therefore \alpha = 0.0524 \times 9.8 = 0.514 m/s^2$$

汽車ノ止ルマデニ進ム距離ヲ S m トセバ

$$2\alpha S = v_1^2 - v_2^2 \quad \text{ヨリ} \quad 2 \times 0.514 S = 13^2$$

$$\therefore S = \frac{169}{1.028} = 164.5 m$$

302. 糸ノ長サ $3m$ ノ圓錐振子アリ。糸ハ $5kg$ ノ張力ニ耐ヘルコトヲ得ルモノトス。コノ振子ノ球ノ重量ヲ $1.8kg$ トシ糸ノ耐ヘルソ

ノ最大線速度トソノ回轉スル圓ノ半徑ヲ求ム。

$$\text{■ 糸ノ張力} \quad T = \frac{W}{\cos \alpha} \dots\dots(1) \quad \frac{F}{W} = \tan \alpha \dots\dots(2)$$

$$F = \frac{W}{g} \frac{v^2}{r} \dots\dots(3) \quad \sin \alpha = \frac{r}{l} = \frac{r}{3} \dots\dots(4)$$

$$(1) \text{ヨリ} \quad \cos \alpha = \frac{W}{T} = \frac{1.8}{5} \quad \therefore r = \frac{4.66 \times 3}{5} = 2.8 m$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \left(\frac{1.8}{5}\right)^2} = \frac{\sqrt{25 - 3.24}}{5} = \frac{4.66}{5} = \frac{r}{3}$$

$$(2) \text{ヨリ} \quad \frac{v^2}{g r} = \frac{4.66}{5} = \frac{4.66}{1.8} \quad \therefore v^2 = \frac{4.66 \times 9.8 \times 2.8}{1.8}$$

$$\therefore v = 8.44 m/s$$

303. 地球ノ重力ノ加速度 $g = 9.815 m/s^2$ ノ地ニテ一秒ニ一振スル時計ヲ $g = 9.785 m/s^2$ ノ赤道上ニ持チ行ク時ハ毎日何分何秒ツ、後レルカ。

$$\text{■} \quad t' = t \sqrt{\frac{g}{g'}} = \text{ヨリ} \quad t' = \sqrt{\frac{9.815}{9.785}} = \sqrt{1.00306} = 1.00152$$

一振毎ニオクレル時間

$$t' - t = \sqrt{\frac{9.815}{9.785}} - 1 = \frac{\sqrt{9.815} - \sqrt{9.785}}{\sqrt{9.785}} = \frac{0.005}{3.128} = 0.0016$$

故ニ 1 日ニハ

$$24 \times 60 \times 60 \times \sqrt{\frac{0.03}{9.785}} = 86400 \times 0.0016 = 139 \text{ 秒} = 2 \text{ 分 } 19 \text{ 秒}$$

304. 地球ノ赤道ニ於ケル半徑ハ $6.4 \times 10^3 cm$ ニシテ g ノ値ハ $978 cm/s^2$ デアル。地球ノ回轉數ガ現在ヨリモ幾倍ニ増セバ赤道上ノ物體ハ重サガ零トナル。

■ 赤道上ノ遠心カガ重力ニ等シクナツタ時ニ物體ノ重サガ零トナル筈デアルカラ。

$$m\omega^2 r = mg \quad \therefore \omega^2 = \frac{g}{r} = \frac{978}{6.4 \times 10^8}$$

$$\therefore \omega = \sqrt{\frac{978}{6.4 \times 10^8}} = \frac{31.28}{25250} \text{ rad/s} = \frac{2\pi N}{24 \times 60 \times 60}$$

$$\therefore N = \frac{31.28 \times 86400}{25250 \times 2 \times 3.14} \approx 17$$

地球ハ1日=1回轉スルカラ現在ヨリ約17倍=ナレバ重サガ零トナル。

305. 長サ l ノ棒ノ AB ノ一端 B ハ中心 C 半径 l ナル圓周上ニテ一

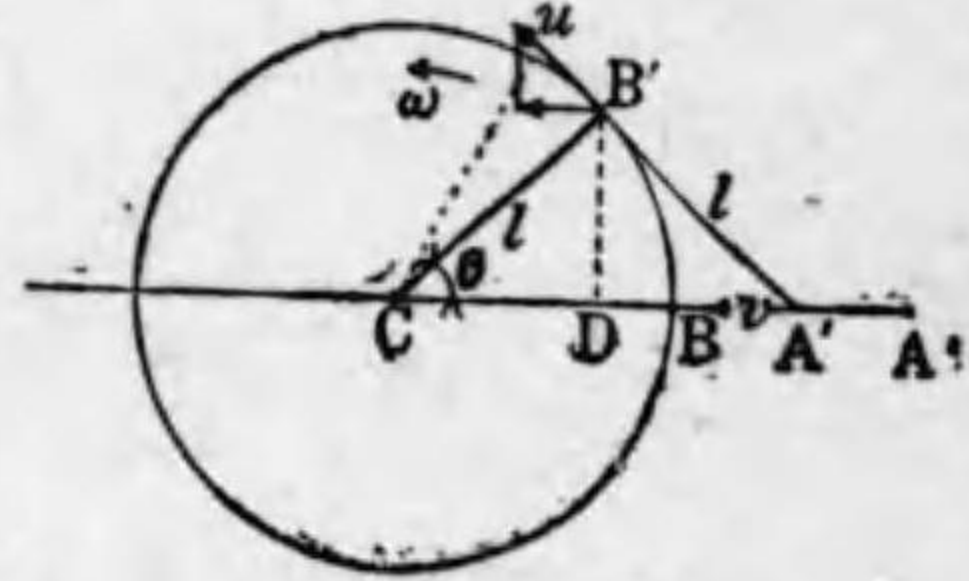
定ノ速サ u ノ圓運動ヲナシ, 他端

A ハ中心 C ヲ通過スル一定直線上

ヲ運動スルトセバ A 端ノ運動ハ單

弦運動デソノ速度ハ $\frac{u}{l} \sqrt{4l^2 - x^2}$

ナルコトヲ證明セヨ。但シ $x = CA$



■ $\theta = \omega t$

$$CD = l \cos \theta = l \cos(\omega t) \quad x = CA' = 2l \cos(\omega t)$$

$$B \text{ 點ノ線速度ヲ } u \text{ トセバ } u = \omega l$$

AC 方向ノ分速度ハ $\omega l \sin(\omega t)$ デ A' 點ノ速度 v ハ

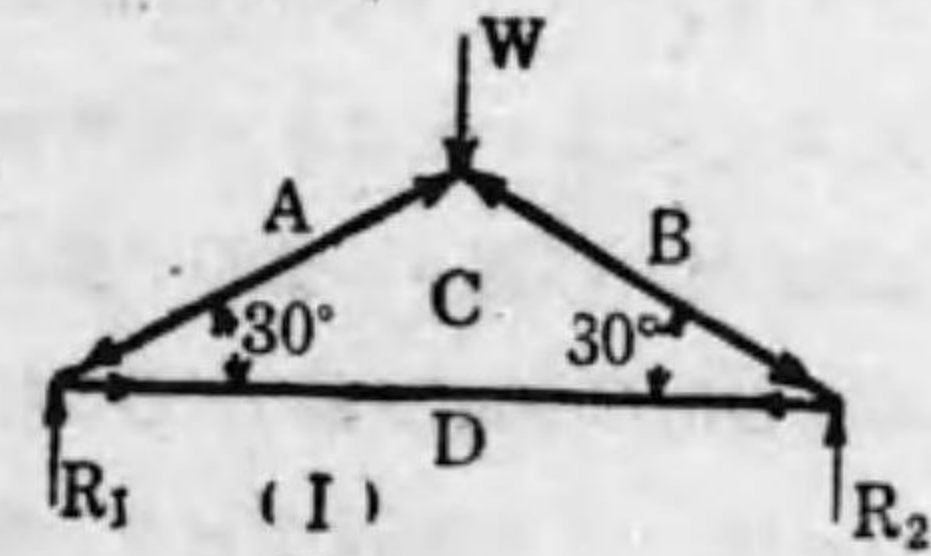
$$v = 2\omega l \sin(\omega t) = 2\omega l \frac{\sqrt{l^2 - \left(\frac{x}{2}\right)^2}}{l} = 2 \frac{u}{l} \frac{\sqrt{4l^2 - x^2}}{2} = \frac{u}{l} \sqrt{4l^2 - x^2}$$

第十一章 圖法力學

圖法力學

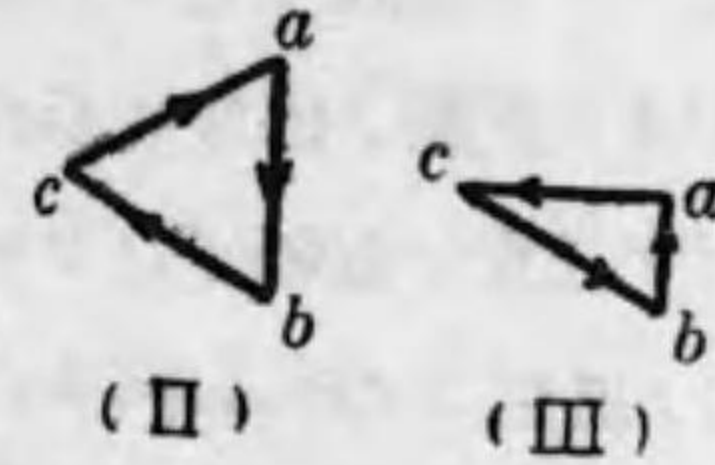
平面上ニ於ケル力ノ釣合ニ關スル問題ヲ解クニ計算ヲ用ヒズニ「ベクトル」線圖ニヨルノヲ圖法力學トイヒ, 結構ノ形狀トコレニ働ク荷重ヲ知ツテ各組子ニ誘導サレル應力ノ種類トソノ値ヲ見出スノニ便利ナ方法デアル。

(I)圖ノ如ク結構ヲ正確ナ縮尺デ畫キ之ニ働ク力ノ位置方向, 向キヲ記入シタモノヲ構造圖トイフ。



ほうノ記號法

之ハ各示力線及各組子ニ依ツテ區劃サレタ空間ニ順次ニ記號ヲ記入シ相隣レル記號ヲ以テコレガ挾ム力或ハ組子



ヲ呼ブノデ組子ノ接手ヲ中心トシテ右廻リニ讀ム。即チ圖ニ於テ荷重 W ハ AB トヨミ, 反動力 R_1, R_2 ハソレゾレ DA, BD トヨム。

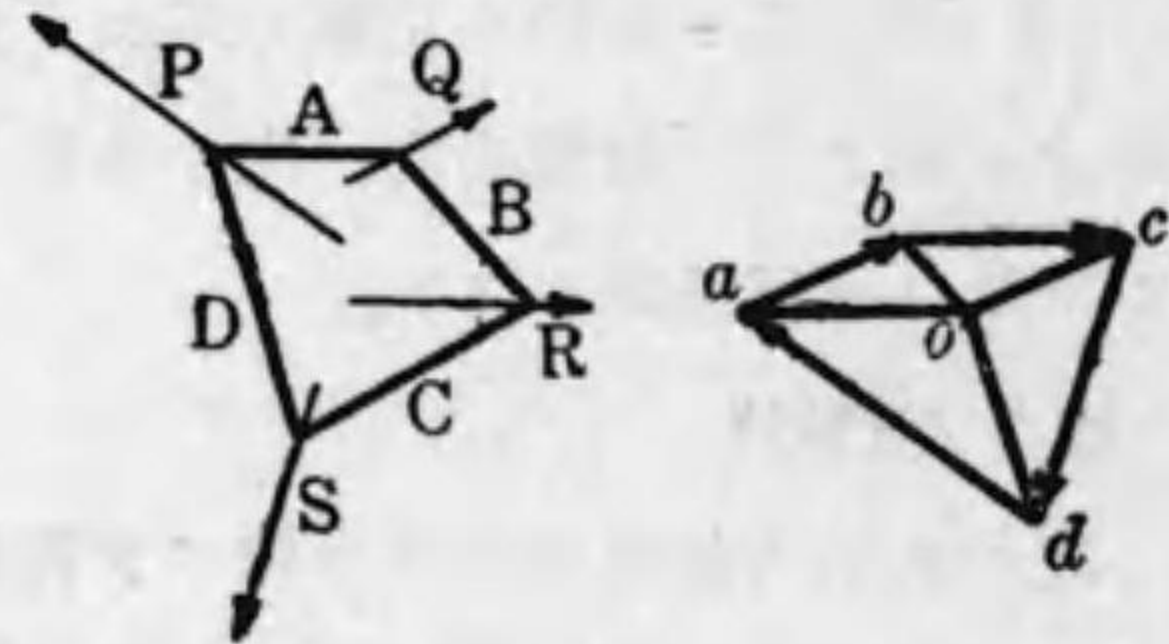
(II)圖ハ結構ノ頂點ニ働ク荷重ト應力ノ釣合ヲ示ス「ベクトル」線圖デ「ベクトル」 ab ハ荷重 AB ヲベクトル bc, ca ハ夫々組子 BC, CA 内ニ誘導サレル應力ノ大サトソノ向キヲ示シ, 此時應力ハ何レモ頂點ノ方ニ向フ。之ハ材料ガソノ縦軸ノ方向ニ壓シ潰サレントスル外力ヲ受ケタ時壓シ潰サレマイトシテ生ズル應力デ壓縮應力トイヒ, カカル應力ヲ生ズル組子ヲ突張又ハ抗壓組子トイフ。

次ニ組子 CA, CB ノ他端ニハ之ト反對ノ向キノ應力ヲ生ズルコトハ明カデアル。

(III)圖ハ右ノ支點ニ對スル力ノ釣合ヲ示ス「ベクトル」線圖デ bd ハ BD 組子ノ應力ヲ示シ、 BC ト同様抗壓應力デアアル。 DC 内ニ生ズル内力ハソノ向キ前者ト異リ組子ガ縦軸ノ方向ヘ引張ラレテ之ニ抵抗スルモノデアアル。カカル内力ヲ抗張應力トイヒ、之ヲ生ズル組子ヲ引張り又ハ抗張組子トイフ。

圖ノ如キ AB, BC, CD ノ3カアリ、之ニ釣合フ力ノ大サハ DA デアルガ、ベクトル多角形 $abcd$ カラ求メタ da ガケデハ力線ノ位置ハ決定シナイカラベクトル多角形

$abcd$ 内ノ任意ノ一點 O ヲ撰ビ Oa, Ob, Oc, Od ヲ結ビ (O ヲ極 Oa, Ob, \dots ヲ極線トイフ) 構造圖中 A ノ區劃ノ部分ニ Oa 、ニ平行ナ任意ノ直線 PQ ヲ引



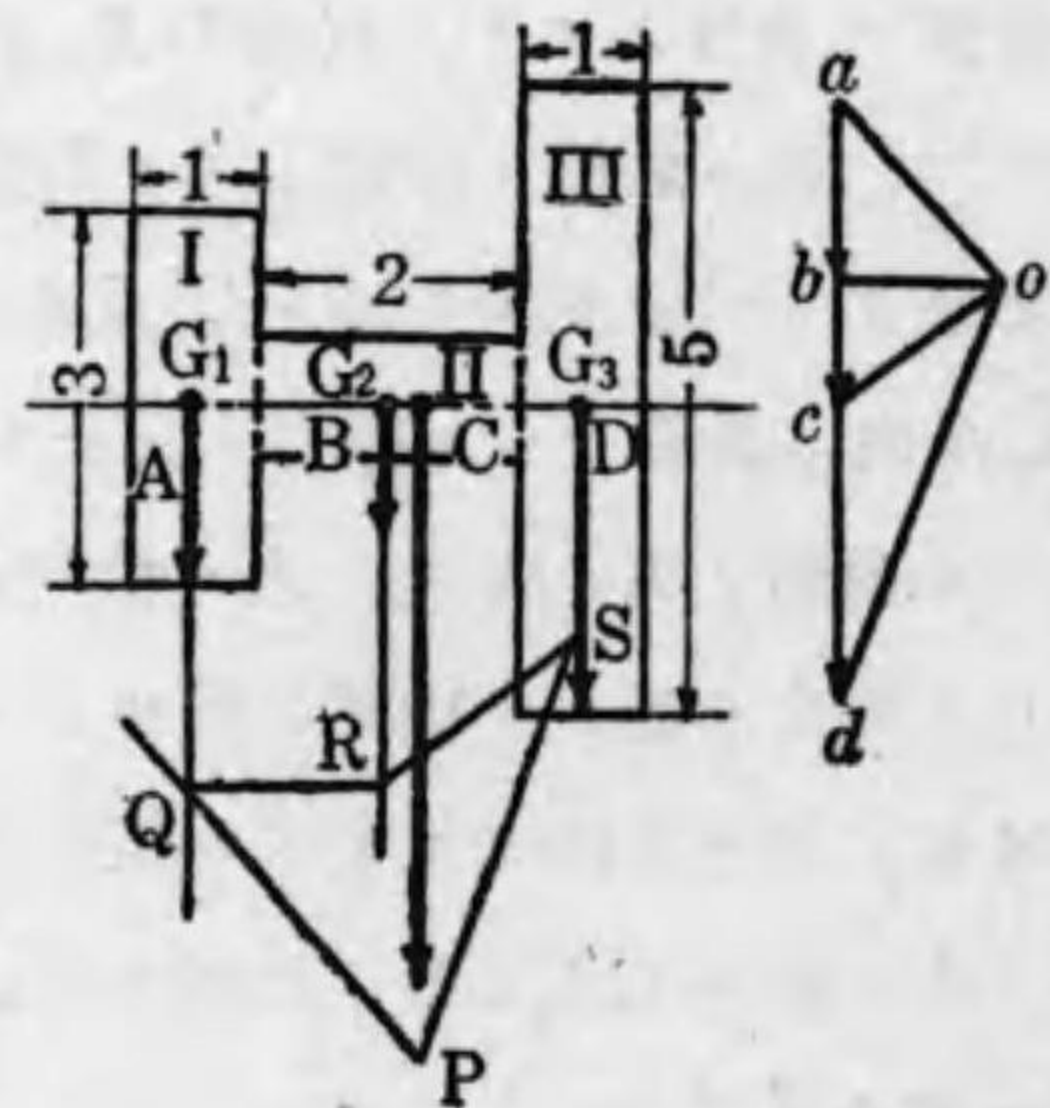
キ、 B ノ區劃ニ Ob ニ平行ニ QR 、更ニ C ノ區劃ニ Oc ニ平行ニ RS 、 D ノ區劃ニ SP ヲ引キ PQ ト SP ノ交點 P ヲ求メレバ P ガ釣合ノ力 DA ノ力線ヲ定メル點デアアル。

$PQRS$ ノ如キモノヲリンク多角形トイフ。

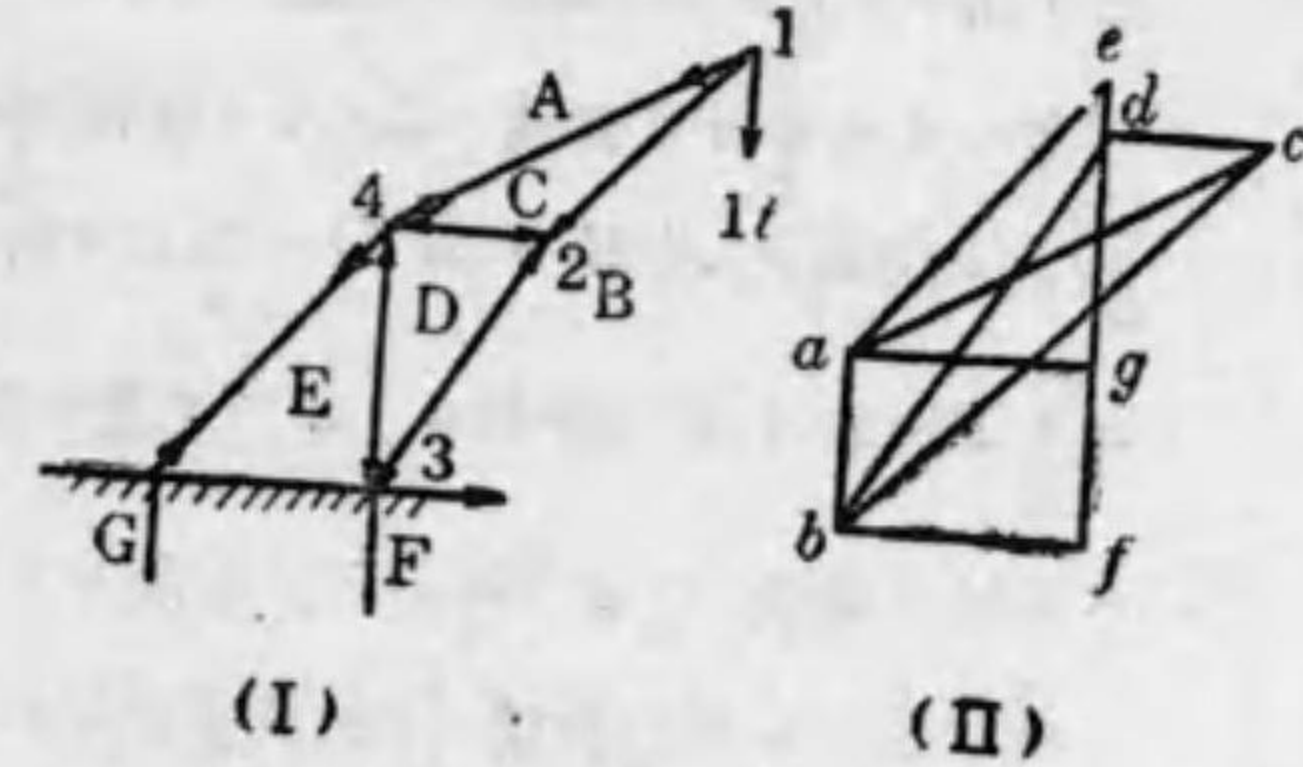
【問題】

306. 圖ノ如キ圖形アリ。其面心ノ位置ヲ圖法力學ニヨツテ求メヨ。

圖形ヲ I, II, IIIノ各部分ニ分割スレバコレ等ノ部分ノ面心



ハ對稱ノ中心 G_1, G_2, G_3 デソノ面積ノ比ハ $3:2:5$ ナリ。今ソノ面積ノ大サヲ AB, BC, CD トスルニコレ等ノ合成ハベクトル線圖



$abcd$ ニヨツテ得ラレソノ位置ハ極線 Oa, Ob, Oc, Od トコレラニ平行ニ造ラレタリンク多角形 $PQRS$ ニヨツテ求メラレル。

307. 圖ノ如キ構造ヲ有スル「クレーン」ヲ設

計セントス。各組子ニ働ク應力ノ種類ト大サヲ決定セヨ。

圖 (I)圖ハ 1, 2, 3, 4 各接手ニ關スル「ベクトル」圖ヲ連續的ニ一纏メニ畫イタモノデアアル。

1ニカカル荷重 $1t$ ヲ適當ナ寸法割合デ垂直ニ ab ヲ引キ、 b ヨリ B/C ニ平行ニ bc ヲ引キ、 a ヨリ C/A ニ平行ニ ac ニ引キ bc, ca ノ交點ヲ c トシ、ベクトル圖 abc ヲ得、 $ab=1t$ ノ寸法割合デ bc, ca ヲ測レバ $bc=3.7t, ca=3.1t$ ヲ得、矢ノ方向ハ循環シテ ab, bc, ca ノ方向ヲトルカラコノ方向ヲ構造圖ニ移セバ C/B ハ $C \nearrow B, A/C$ ハ $A \swarrow C$ トナル。即チ組子 1, 2ハ突張組子、4, 1ハ引張組子トナル。

次ニ 2ニカカル荷重ハ $3.7t$ デ $C \nearrow B$ ノ反作用 $C \swarrow B$ デ D/B ト $\frac{C}{D}$ デ釣合フカラ C ヨリ $\frac{C}{D}$ ニ平行ニ $d-c$ ヲ引キ、 b ヨリ D/B ニ平行ニ b/d ヲ引イテ交點ヲ d トスレバ矢ノ方向ハ cb, bd, dc ノ方向ヲトルカラ寸

法ヲ測ツテ $b \rightarrow d$ ハ $3.1t$ ノ突張, $d \rightarrow c$ ハ $1t$ ノ突張ナルヲ知ル。

次 = 4 = カカル荷重ハ $C \nearrow A$ ノ反作用 $A \nearrow C$ ナル引張ト $\frac{C}{D}$ ノ反作用 $\frac{C}{D}$ ナル突張デ A/E ト E/D ノ四力が釣合フカラ, d カラ $E/D =$ 平行 $= \frac{e}{d}$, a カラ $A/E =$ 平行 $= \frac{a}{e}$ ヲ畫キ交點 e ヲ求メ寸法ヲハカレバ $\frac{e}{d}$

ハ $0.3t$ ノ突張, $a \leftarrow e$ ハ $2.6t$ ノ引張トナル。

次 = 3 = カカル荷重ハ $D \searrow B, E \searrow D$ デ $\frac{B}{F}$ $E \uparrow F$ ト釣合フカラ, e カラ $E \uparrow F =$ 平行 $= \frac{e}{f}$ ヲ引キ $\frac{B}{F} =$ 平行 $= \frac{b}{f}$ カラ $b \rightarrow f$ ヲ引キ交點 f ヲ求メレバ $\frac{e}{f}$ ハ土地ノ抗壓力, $b \rightarrow f$ ハ 3 ヲ右 = 壓スカトナル。コレノ反作用トシテ 5 ヲ左 = 壓スカガ $a \leftarrow g$ トナリ, 土地ヲ上 = 持チアゲル力ガ $\frac{g}{f}$ トナル。

答 BC 突張 $3.7t$, CA 引張 $3.1t$, BD 突張 $3.1t$
DC 突張 $1.0t$, DE 突張 $0.3t$, EA 引張 $2.6t$

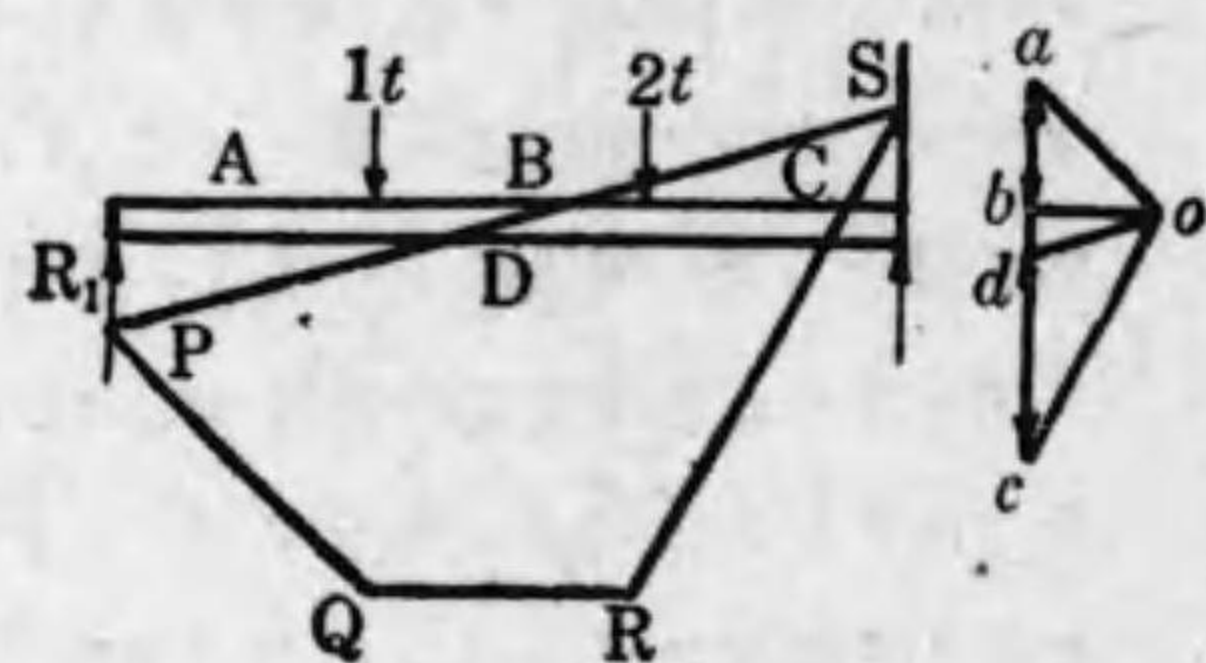
303. 圖ノ如ク (307) ノ問題ニ於ケル引張 EA ヲ使用セヌ場合ハ如何。

■ 1, 2 接手 = 於ケル釣合ハ前題ト全ク同一デアルカラ BC, CA, BD, DC 各組子 = 起ル重力ノ大サ及種類ハ同一デアルガ, 3 接手 = 於ケル釣合ハ圖ノ如クニシテ ED ハ引張トナリ, 又 4 接手 = 於テ EA ノ如キ水平ノ釣合力ヲ要スル故 = DE ヲ圖ノ如ク基礎 = 深く嵌メ込メ BF, EA ノモーメント = 釣合フ働キヲナサシメルコトヲ必要トスル。

309. 自重ヲ考ヘナイ水平梁アリ。兩端カラ $\frac{1}{3}$ ノ距離 = 夫々 $1t, 2t$

ノ集中荷重ヲ附シタトキ兩端ノ支點ニ於ケル支持力ヲ求メヨ。

■ ベクトル線圖 abc , 極線 Oa, Ob, Oc ヲ引キリンク多角形 $PQRS$ ヲ求メ $PS =$

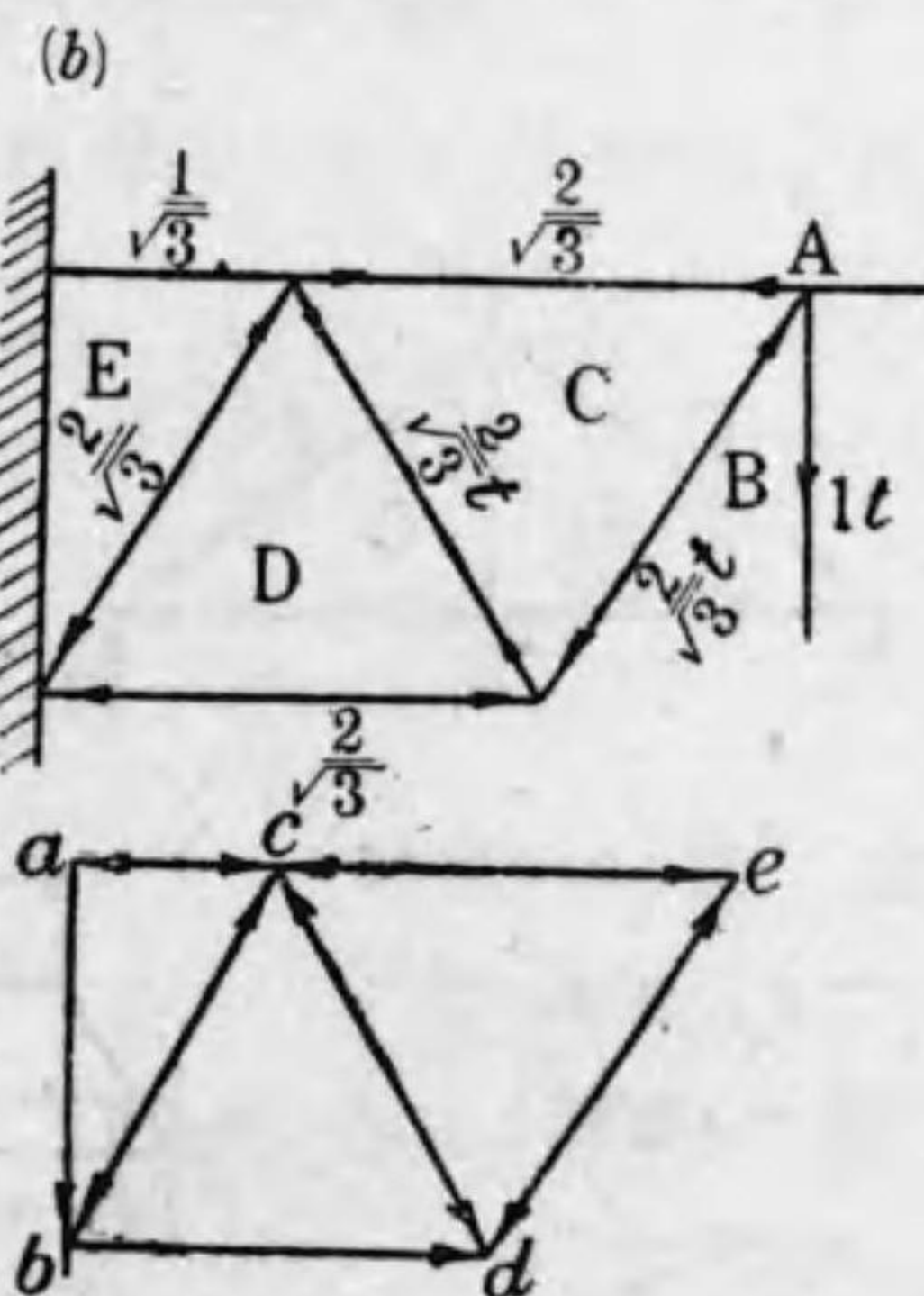
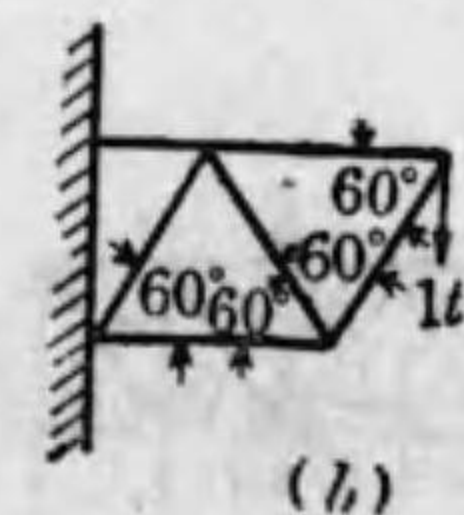
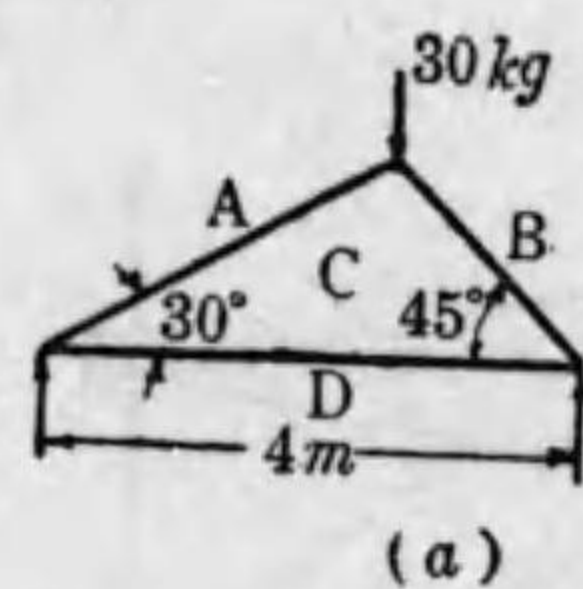
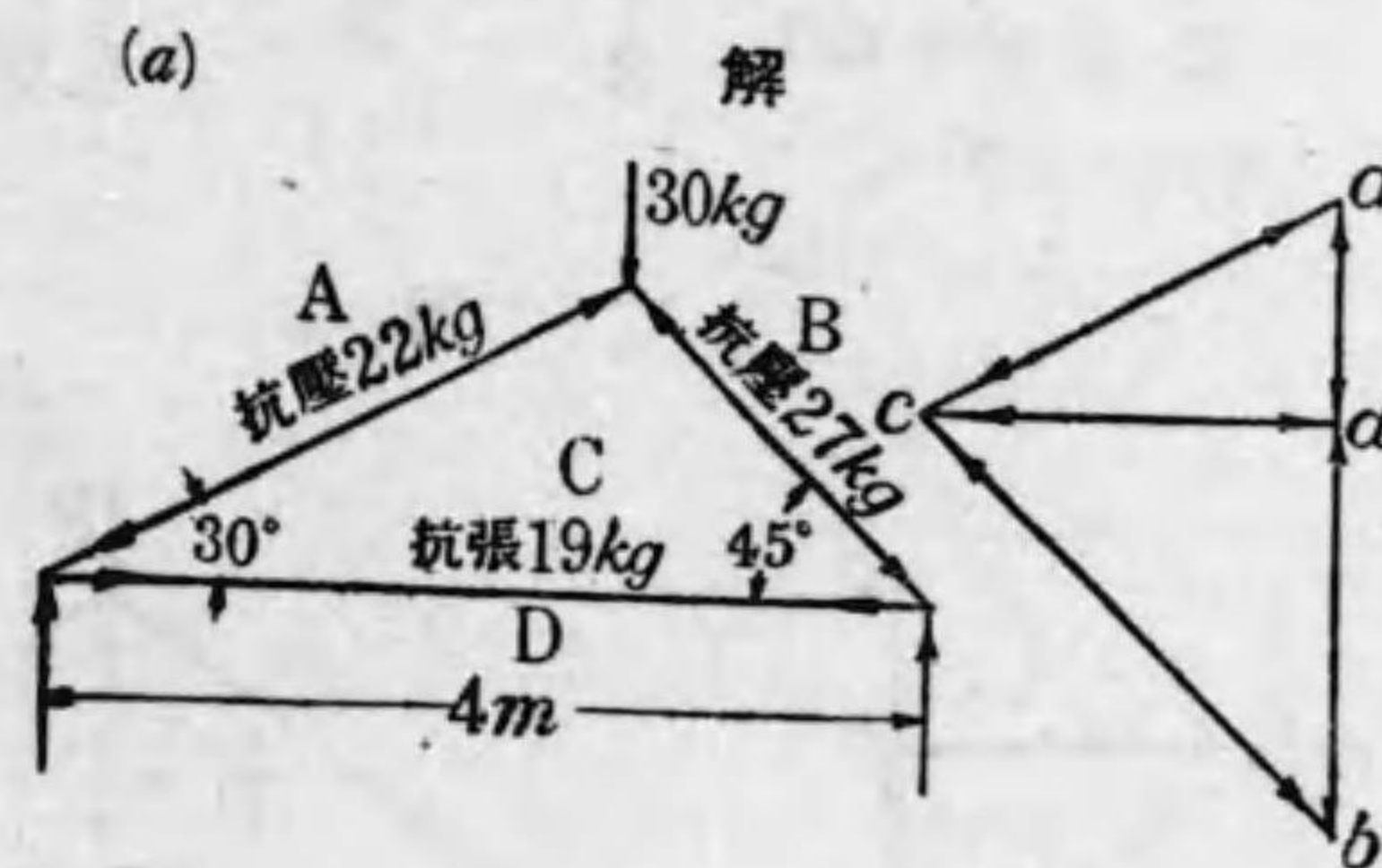


平行 = Od ヲ造レバ cd ガ R_2 ヲ da ガ R_1 ヲ示シソノ値ハ

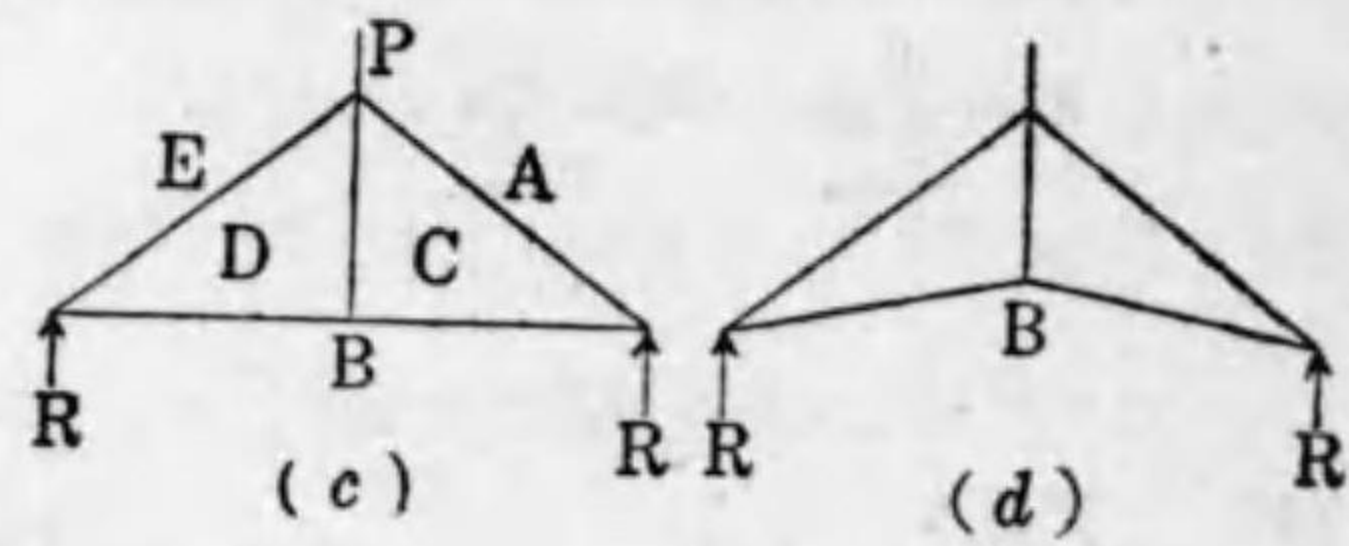
$$R_1 = \frac{4}{3}t, \quad R_2 = \frac{5}{3}t$$

310. 下圖(a),

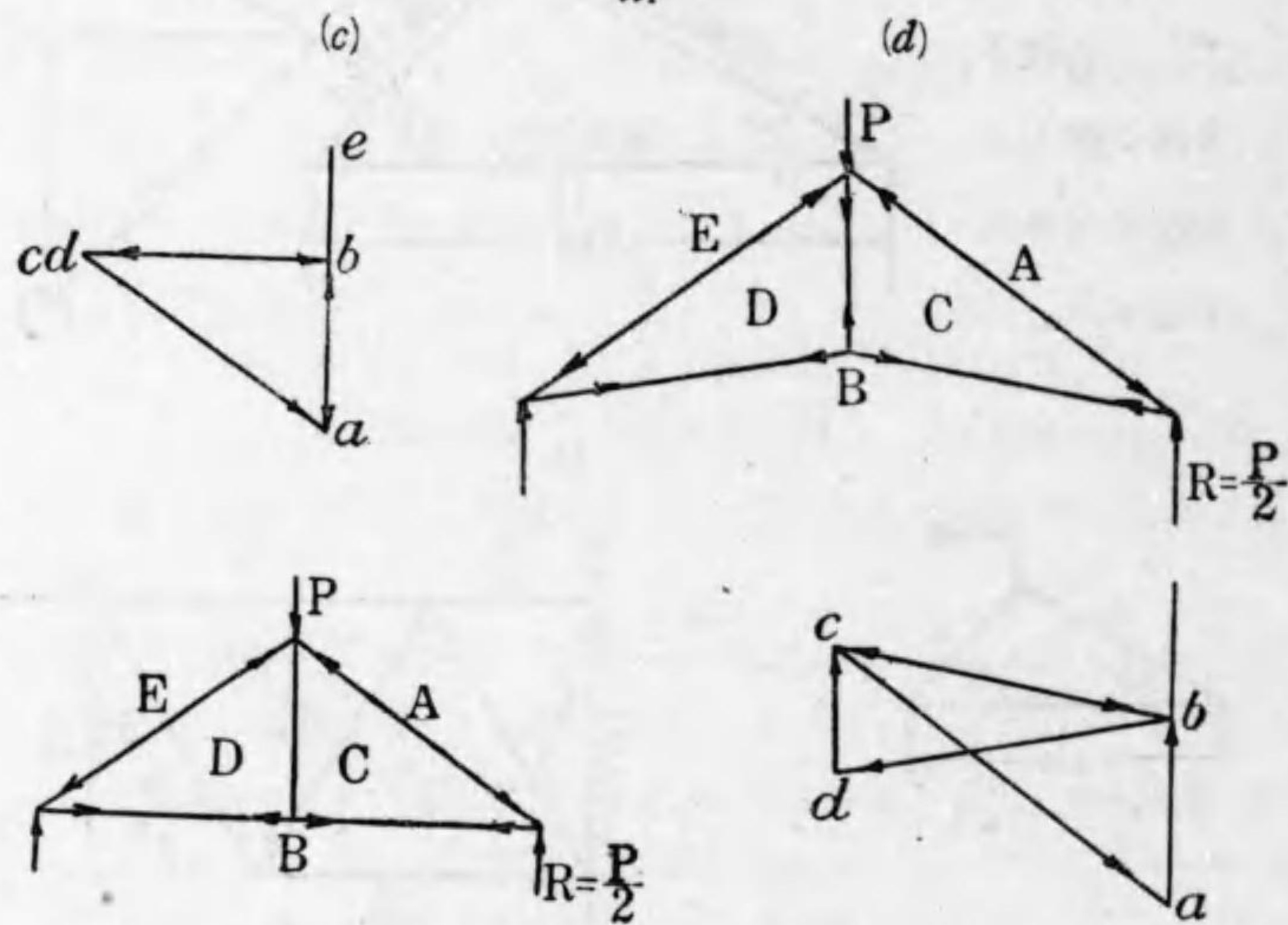
(b) ノ如キ結構アリ。各組子 = 働ク應力ノ種類ト大サヲ決定セヨ。



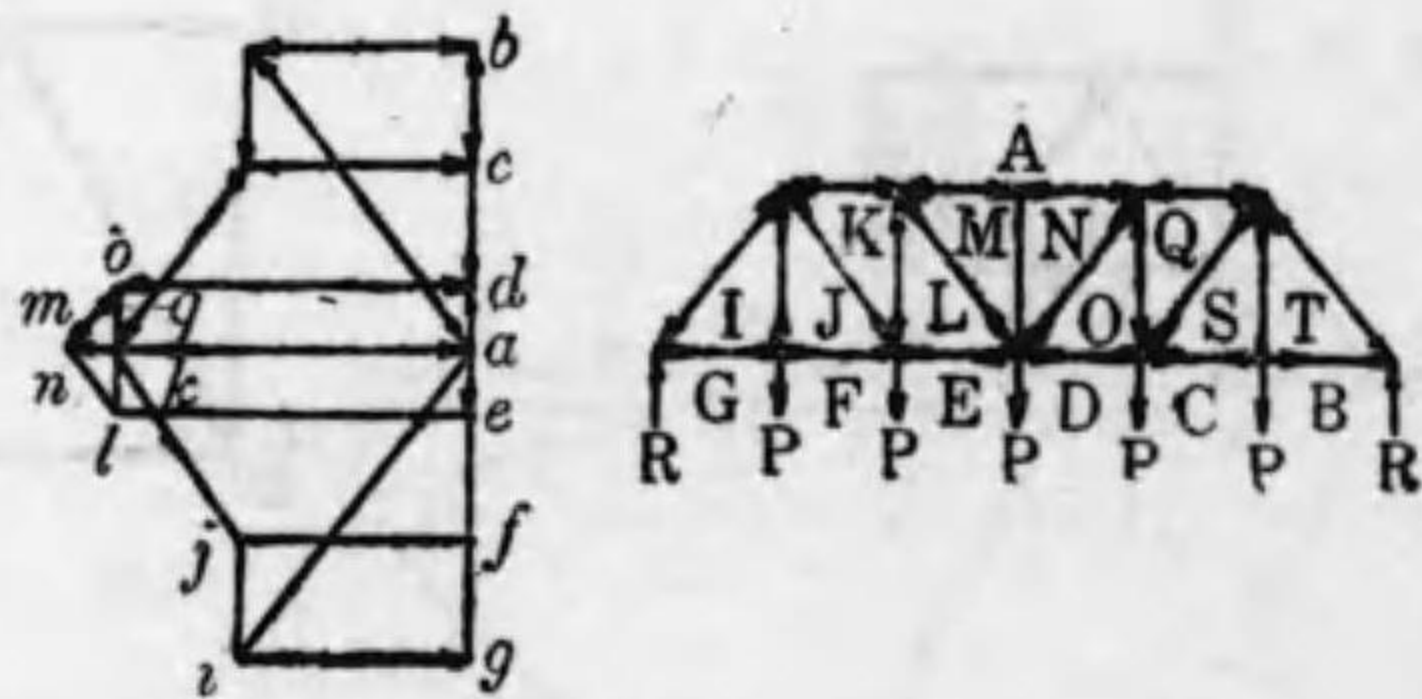
311. 圖(c)=於ケル組子CDハ力學上不要ナルコトヲ證明シ、(d)圖=於ケルCDノ應力ヲ求メヨ。



解

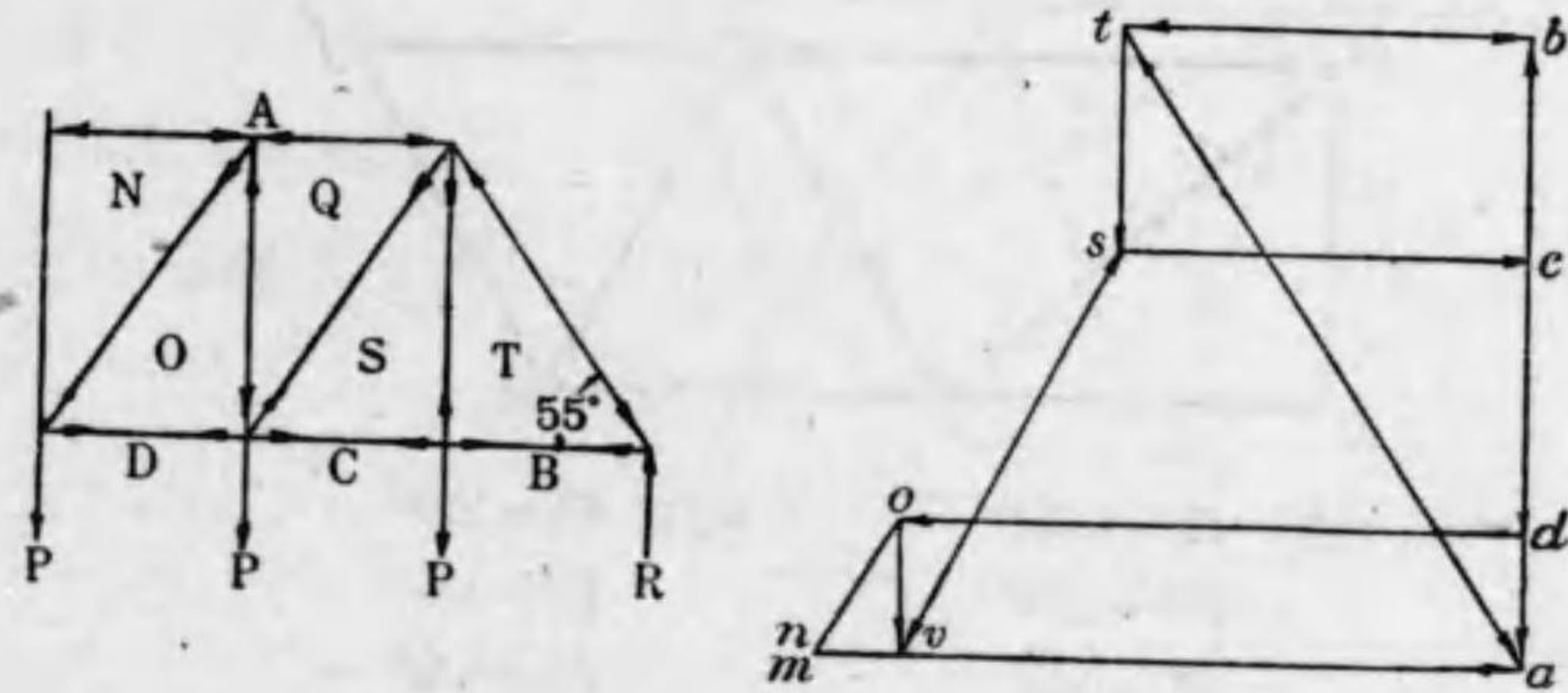


312. 圖ノ如キ結構アリ、各組=働ク應力ノ種類ト大サヲ決定セヨ。



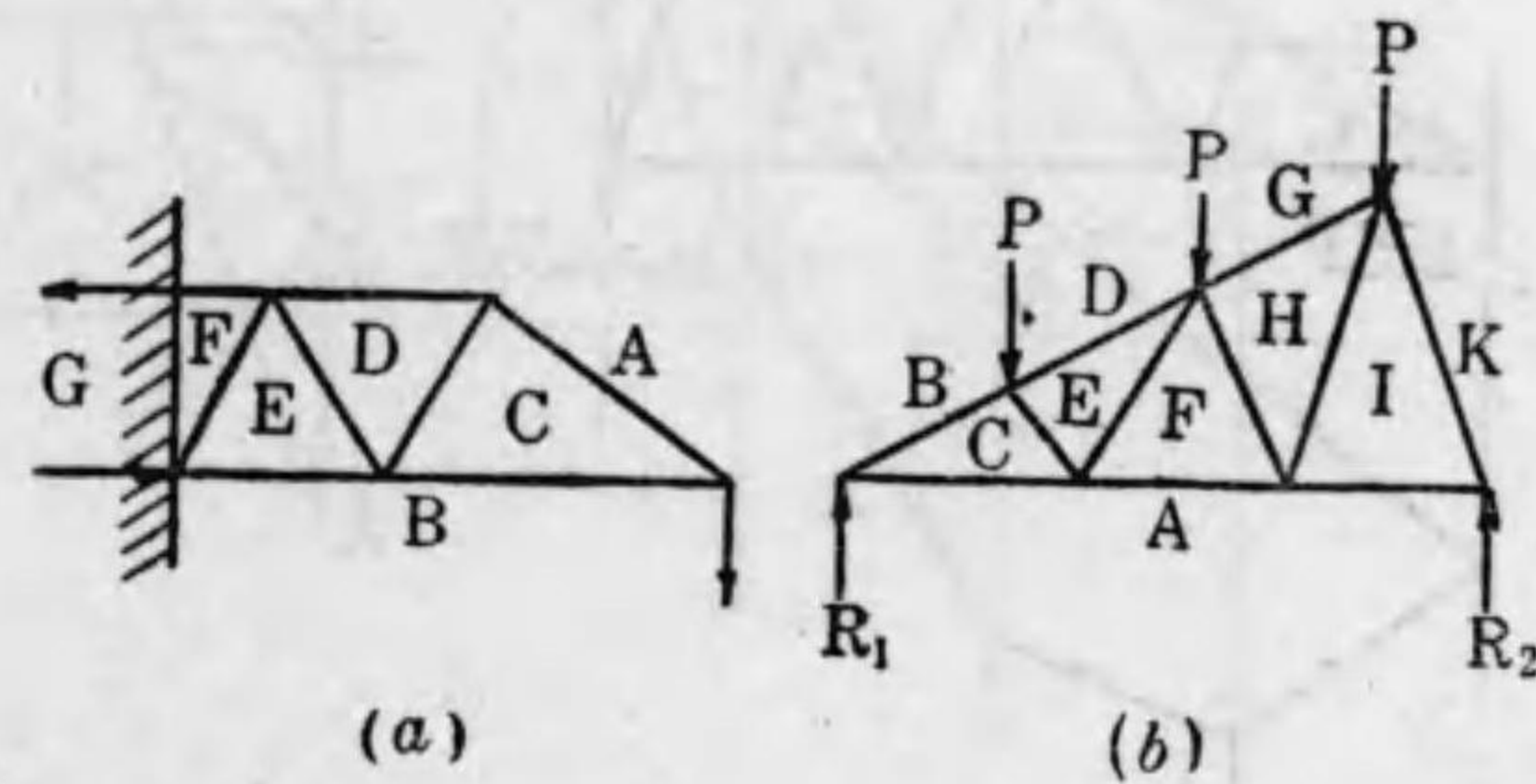
■ 對稱形ナルガ故ニ半分ニツイテ求メル。

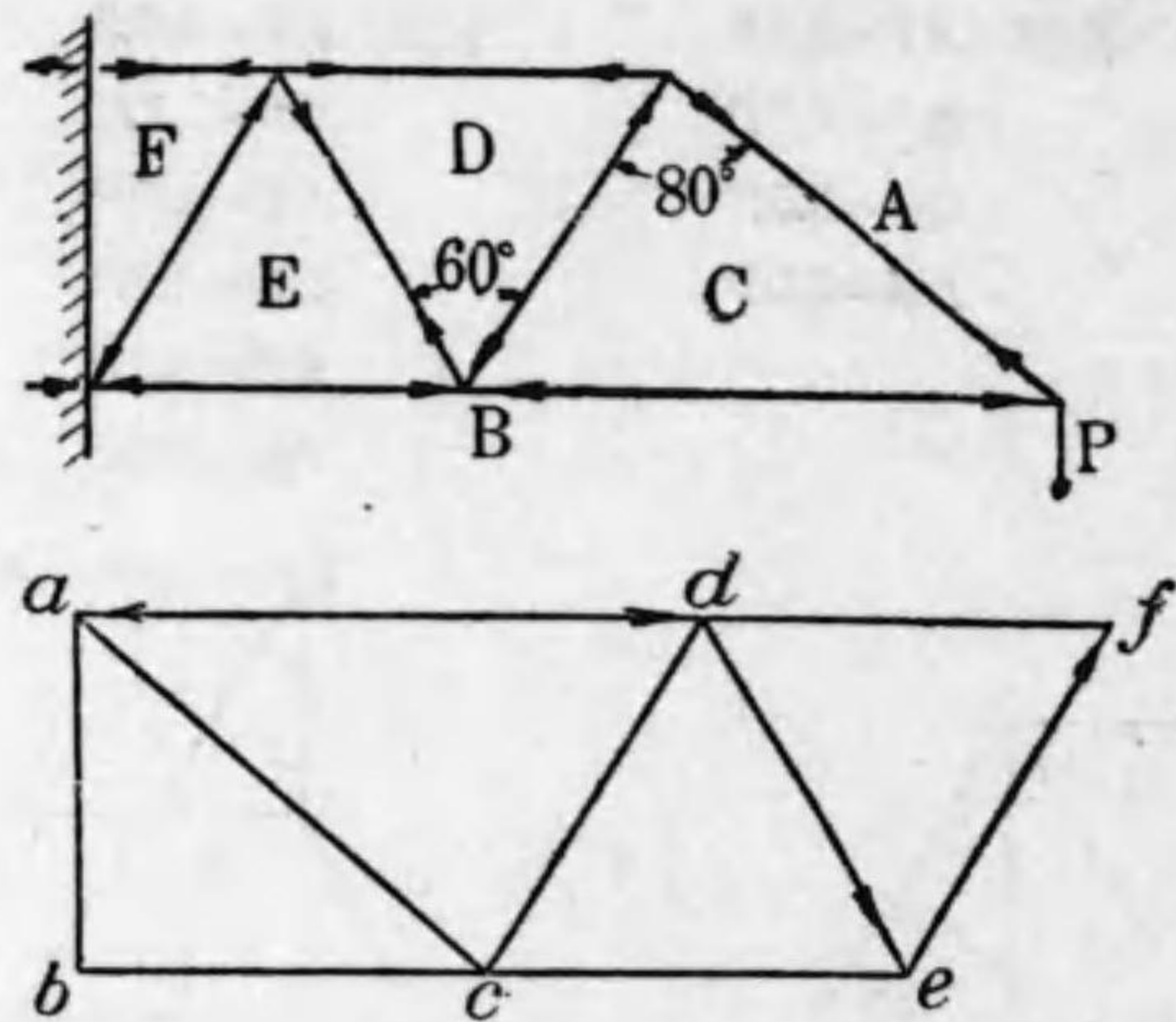
$R=2.5P$ 抗壓 $AT=3.0P$ 抗張 $BT=1.7P$
 $QA=2.7P$ $CS=1.7P$
 $QO=0.5P$ $ST=1.0P$
 $NA=3.0P$ $SQ=1.9P$
 $OP=2.7P$
 $NO=0.5P$



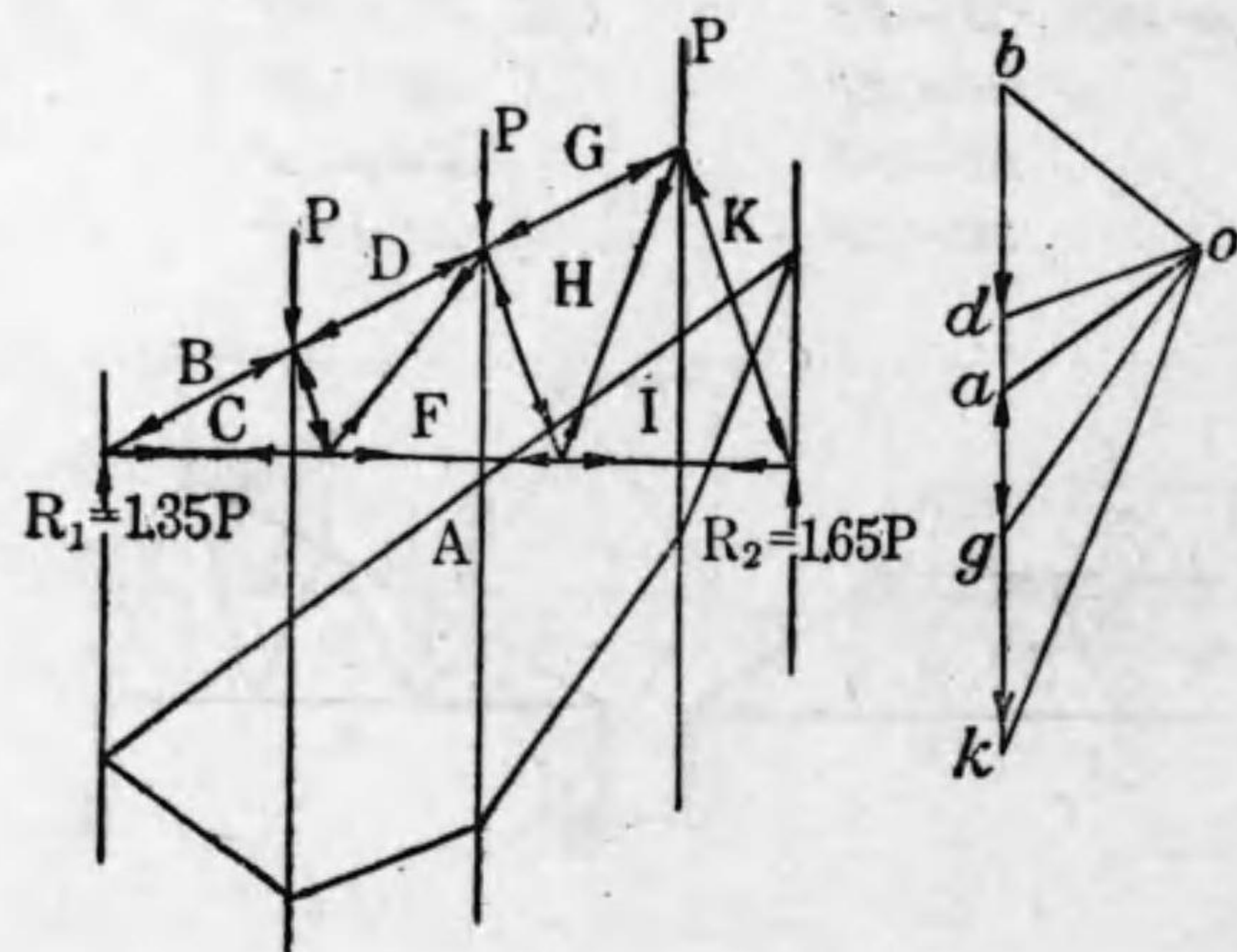
313. (a)圖ハ壁起重機、(b)ハ鋸型小屋組ヲ示スモノデアル。之ニ對スル「リクン」多角形ヲ畫ケ。

■ (a) 抗壓 $CB=1.2P$ 抗張 $AC=1.6P$
 $DC=1.2P$ $ED=1.2P$
 $BE=2.4P$ $DA=1.8P$
 $FE=1.2P$ $AF=3.0P$



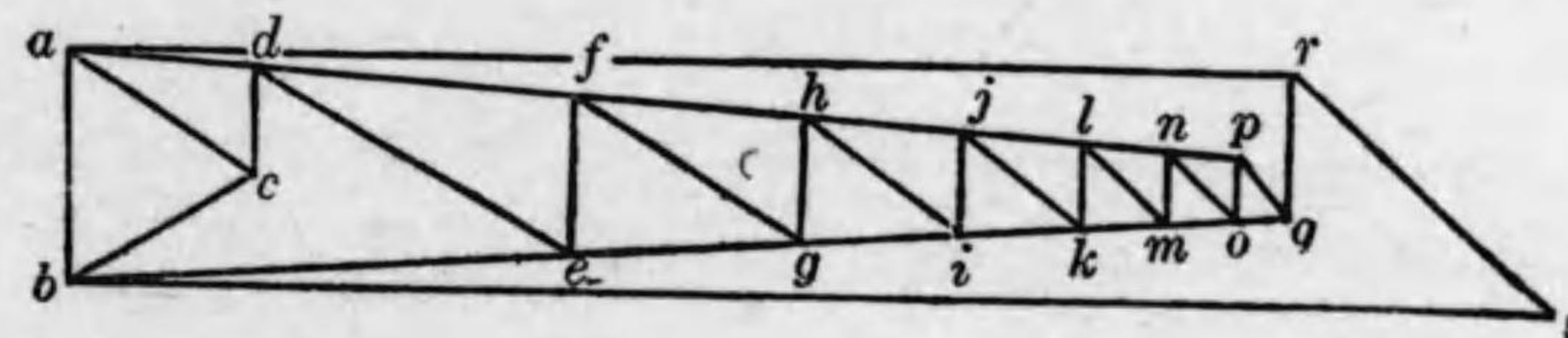
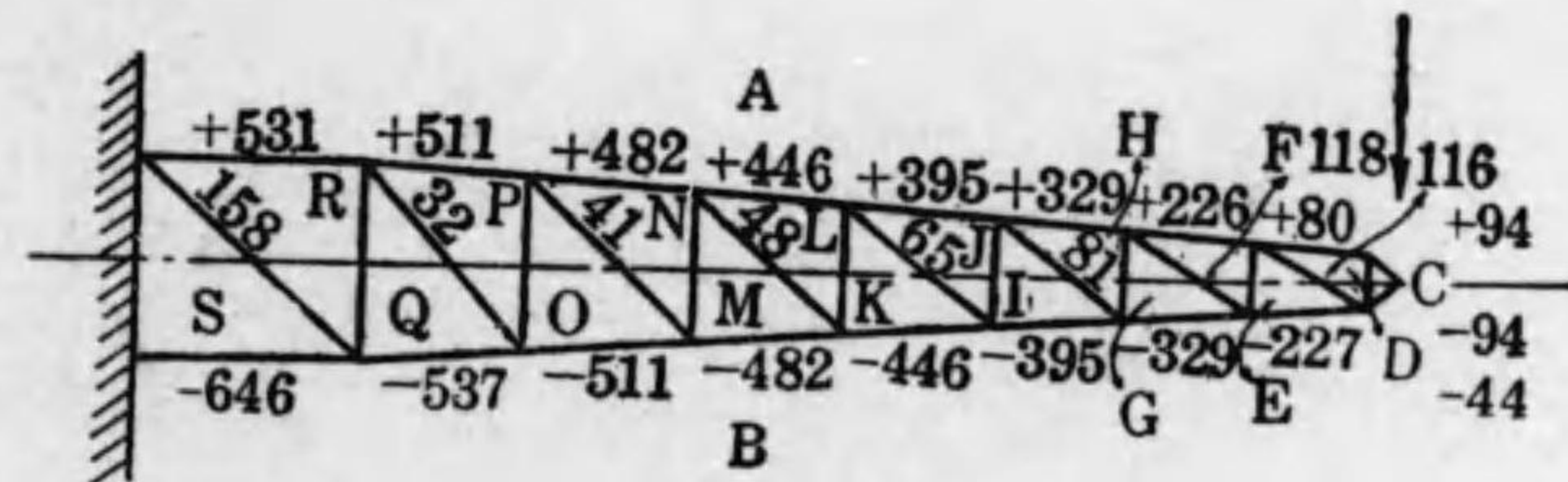
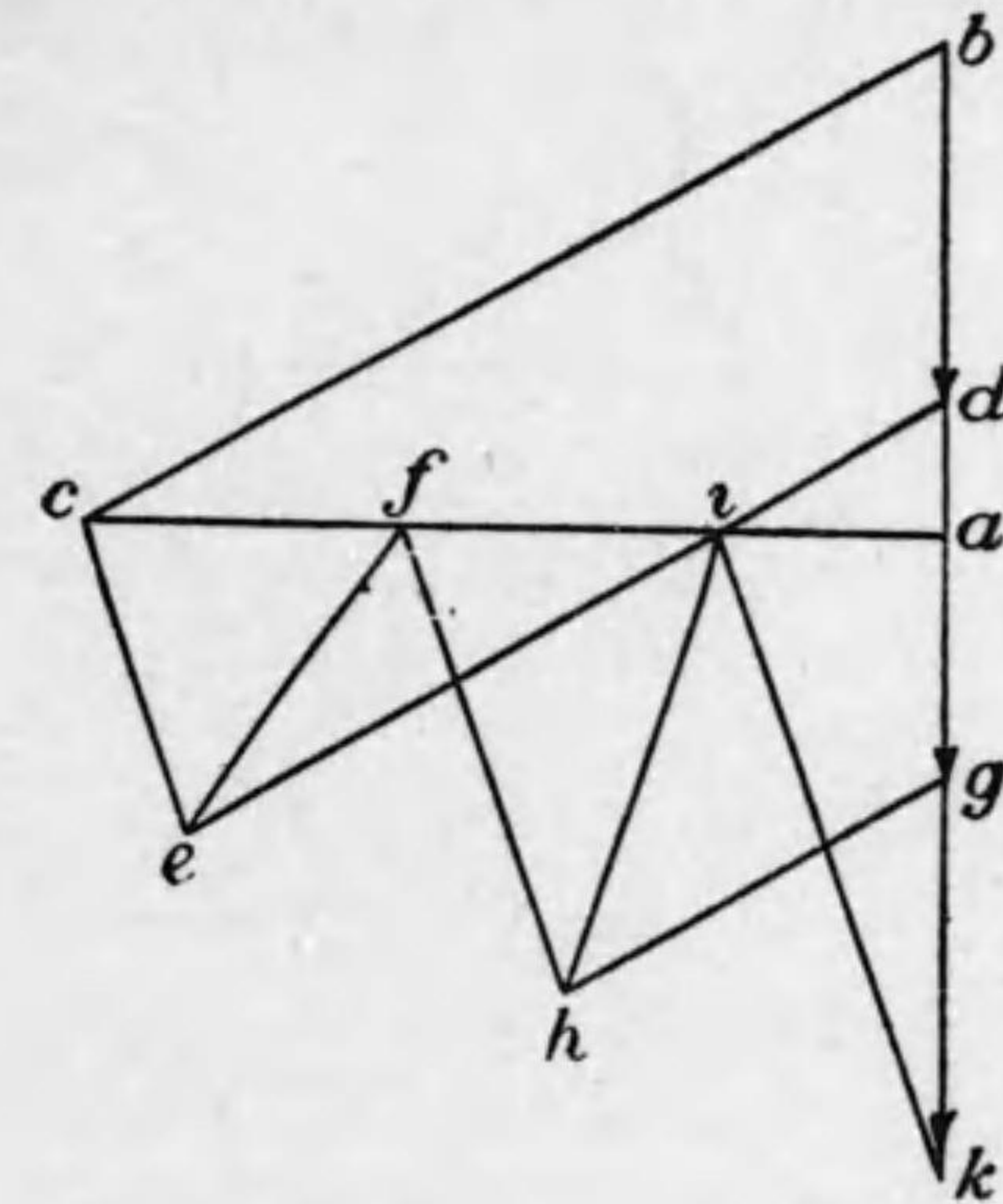


(b) 抗壓 $KI=1.75P$ 抗張 $HI=1.3P$
 $HF=1.3P$ $EF=1.0P$
 $EC=0.9P$ $IA=0.6P$
 $GH=1.2P$ $FA=1.5P$
 $DE=2.3P$ $CA=2.3P$
 $BC=2.7P$



314. 圖ハ飛行機ノ胴

體ガソノ尾端ニ 100 kgノ水平力ヲ受ケタ
 時各組子ニ誘導サレ
 ル應力ヲ求メル圖法
 ナ参考ニ示シタモノ
 デ(+), ハ抗張力,
 (-)ハ抗壓力ヲ示
 ス。



昭和16年7月5日印刷

昭和16年7月10日發行

禁複製



定價金壹圓

工 研 會

著 者

責任者 工學士 田 中 光 彦

大阪市南區橫堀七丁目一九番地

發 行 者

前 田 勸 次

大阪市浪速區西園手町一〇三二

印 刷 所

岩 岡 書 籍 刷 印 所

發 行 所

文 進 堂

本店 大阪市南區橫堀七丁目一九番地
振替大阪一二四七二番
電話船場(83)一九九九番

全國讀者ノ
通債及中部
以西書店用

支店 東京市神用區錦町一ノ一五
電話神田(35)一五四三番

關東以北
書店用

書店配給元 東京市神田區淡路町二ノ九

日本出版配給株式會社

英語の**学び方から修得の最捷路！**木村明先生の快著に倣て [文進堂刊]

⑦	⑥	⑤	④	③	②	①
て公式と 覚え解る	て公式と 覚え解る	英英英 文解文 文釋法	て公式と 覚え解る	て公式と 覚え解る	て公式と 覚え解る	て公式と 覚え解る
英語 教室	英語 の初歩	三・四年 の総合英語	一・二・三年 の英文法	一・二・三年 の英作文	二・三年生 の英語	一年生 の英語
送定B 料價列 金六 十九 十五 錢錢頁	送定B 料價列 金六 十七 十 錢錢頁	送定B 料價列 金四 十二 十五 錢錢頁	送定B 料價列 金四 十三 十五 錢錢頁	送定B 料價列 金四 十四 二十 錢錢頁	送定B 料價列 金三 十四 二十 錢錢頁	送定B 料價列 金三 十九 四十 錢錢頁

[學生間からむづかしい英語としての聲を根底から撃滅する本書は]

試みに何れの書を御覽になつてもキット諸君の欲求點を満足せしめてくれるのが本書の持つ強い力です。直ぐに書店でお求め下さい。品切の節は發行所まで御申越次第急送致します。

田中光彦先生苦心の編纂！**數學參考書の決定版！！** [文進堂刊]

⑩	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①
學自習 用器 畫法 精解	人初め によく 分る	人初め によく 分る	三年生 の幾何 三角法	一・二年 生の幾 何學	を最も 要點 だ	人初め によく 分る	よ急所 をか るみ	よ急所 をか るみ	よ急所 をか るみ
學生の 幾何學	學生の 代數學	學生の 代數學	幾何 三角 法	幾何 學	代數 學初 歩	一・二・三 年の 代數 學	三年生 の代 數學	二年生 の代 數學	一年生 の代 數學
送定B 料價列 金六 十一 〇 錢圓頁	送定B 料價列 金四 十一 〇 錢圓頁	送定B 料價列 金三 十一 〇 錢圓頁	送定B 料價列 金三 十八 〇 十 錢錢頁	送定B 料價列 金三 十一 〇 四 錢圓頁	送定B 料價列 金四 十二 〇 四 錢錢頁	送定B 料價列 金四 十二 〇 四 錢錢頁	送定B 料價列 金二 十八 〇 四 錢錢頁	送定B 料價列 金三 十八 〇 十 錢錢頁	送定B 料價列 金二 十八 〇 十 錢錢頁

[初めて數學を學ぶ人によく分るやう明解を與へた本書は]

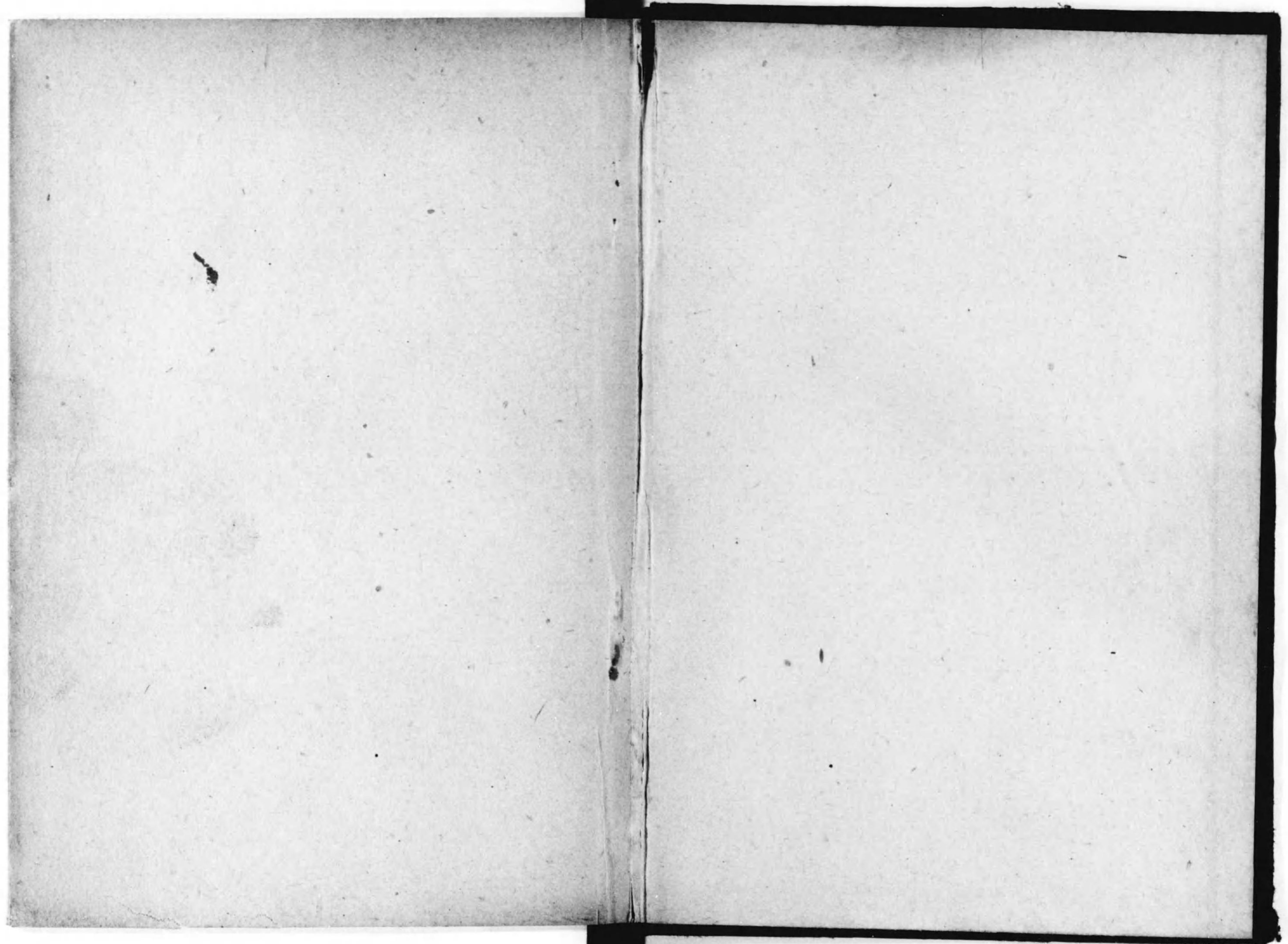
あらゆる問題の急所を掴み親切な考へ方や解式を附して一々詳解してある爲自學自習には好適な參考書として擴く學生諸君に推薦する次第である。

神戸数学研究会責任編纂になる学生参考書の白眉編 [文進堂刊]

⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①
三 角 解考 きへ 方方 新 研 究	三・四 年の 幾何 解考 きへ 方方 新 研 究	二 年 の 幾何 解考 きへ 方方 新 研 究	一 年 の 幾何 解考 きへ 方方 新 研 究	三・四 年の 代數 解考 きへ 方方 新 研 究	二 年 の 代數 解考 きへ 方方 新 研 究	一 年 の 代數 解考 きへ 方方 新 研 究	算 術 解考 きへ 方方 新 研 究	中 等 算 術 重 要 問 題 正 し き 解 き 方
送定B 料價列 6 金金四 十圓五 四三〇 錢錢頁	送定B 料價列 6 金金四 十圓〇 四二〇 錢錢頁	送定B 料價列 6 金金三 十圓五 四〇 錢圓頁	送定B 料價列 6 金金三 十九圓 四〇 錢錢頁	送定B 料價列 6 金金一 十圓四 十五〇 錢錢頁	送定B 料價列 6 金金三 十一圓 四〇 錢圓頁	送定B 料價列 6 金金三 十一圓 四〇 錢圓頁	送定B 料價列 6 金金三 十圓四 四二〇 錢錢頁	送定B 料價列 6 金金三 十圓四 四二〇 錢錢頁

[數學に関する問題の考へ方・解き方・答へ方を懇切に指導せる本書は]

諸君の最も難解視せる代數・幾何でも一讀忽ち解決することの出来るやう苦心と工夫を拂つて編纂してある爲どの様な問題に對しても常に親切なヒントを與へ、學習者に分り易く覚え易い解式を附して専ら自學自習の便に供せり。



終