

# 理論力学习題集

理論力学教研組編

西安交通大學

1962, 8

# 目 录

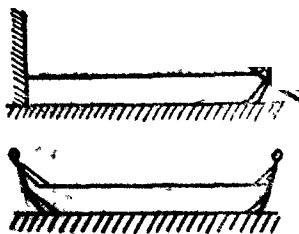
一	静力学公理 受力图	( 1 )
二	共点力系	( 4 )
三	平行力 力偶	( 10 )
四	平面力系	( 12 )
五	摩擦	( 20 )
六	图介静力学及桁架	( 25 )
七	空间力系	( 28 )
八	平行力系中心 重心	( 35 )
九	点的运动	( 38 )
十	刚体基本运动	( 44 )
十一	点的复合运动	( 47 )
十二	刚体平面运动	( 53 )
十三	动力学基本定律 质点运动微分方程式	( 60 )
十四	质点动力学普遍定理	( 65 )
十五	质点振动	( 74 )
十六	质点系动量定理 质心运动定理	( 79 )
十七	质点系动量矩定理 刚体定轴转动及平面运动动力学	( 83 )
十八	质点系动能定理	( 91 )
十九	质点系达朗伯原理 刚体绕定轴转动时轴承反力的决定	( 95 )
二十	质点系动力学杂题	( 100 )
二十一	虚位移原理 动力学普遍方程式	( 103 )
二十二	碰撞理论	( 108 )

# 理論力学习題集

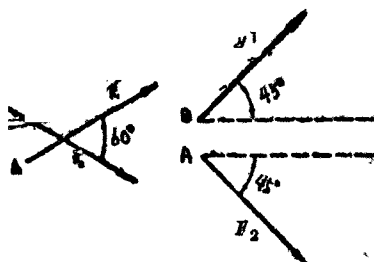
## 一 靜力学公理 受力图

1-1 一人以10公斤之力拉系在墙上的繩子的一端。又二人各以10公斤之力拉此繩子之兩端。問：繩子的受力情况有无改变？試說明理由。

1-2 已知  $F_1 = F_2 = 40$  公斤，分別作用在同一剛体上的  $A$  点和  $B$  点，力  $\vec{F}_1$  和  $\vec{F}_2$  在同一平面內。求在 (a) (b) 两种情况下的合力的大小、方向和作用点。



題 1-1 图



(a) (b)

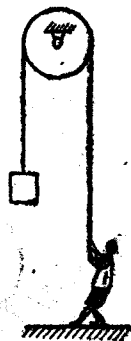
題 1-2 图

1-3 一人重 84 公斤，站在矿井底上，借一根跨过固定滑車的繩索拉住 48 公斤的重物。問：(1) 此人对井底的压力等于多少？(2) 此人用这种方法所能拉住的重量为多少？

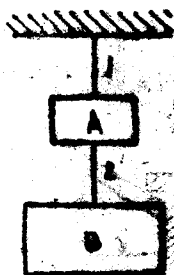
1-4 兩物块  $A$ 、 $B$ ，用兩条繩子 1、2 連結如图所示，物块各重  $P_A$ 、 $P_B$ ，繩重不計。

- 試求：(1) 繩 2 作用于物块  $B$  之力；  
 (2) 物块  $A$  作用于繩 2 之力；  
 (3) 繩 1 受物块  $A$  之力。

1-5 电动机  $P_1$  置于混凝土的基础



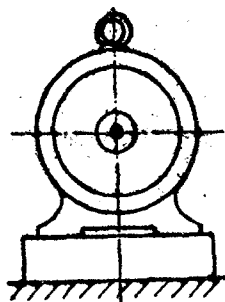
題 1-3 图



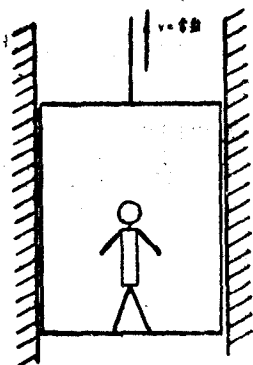
題 1-4 图

上，而基礎重為  $P_3$ ，筑于地面上，如圖所示。試根據公理來說明存在于電機、基礎、地面三者之間的作用反作用力。

1-6 電梯勻速上升，梯中立一人，已知梯重  $P = 480$  公斤，人重  $Q = 60$  公斤。試求：(1) 繩對電梯的拉力  $T$ ；(2) 人對電梯的壓力  $N$ 。

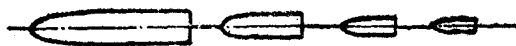


題 1-5 圖



題 1-6 圖

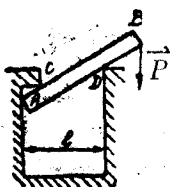
1-7 一拖輪用一列拖帶法拖帶三只大小不同駁船。設拖輪螺旋槳的牽引力為 1800 公斤，水對拖輪的阻力為 600 公斤，水對第一只駁船的阻力為 600 公斤，對第二只駁船的阻力為 400 公斤，而對第三只駁船的阻力為 200 公斤。設所用的船纜只允承受 200 公斤的張力。試問拖輪拉第一只駁船，第一只拉第二只，第二只拉第三只各需船纜幾條。



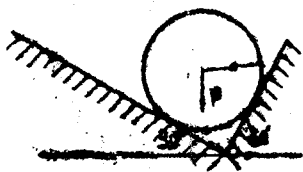
題 1-7 圖

1-8 試決定下列各物體所受約束反力方向。并畫出它的受力圖。

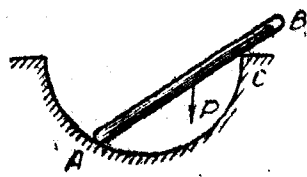
假設所有接觸均為光滑的，物體處于平衡狀態，除畫有作用力外，圖內繩索，杆件等物體重量均不計。



(a) AB 杆



(b) 圓石柱 P



(c) AB 杆

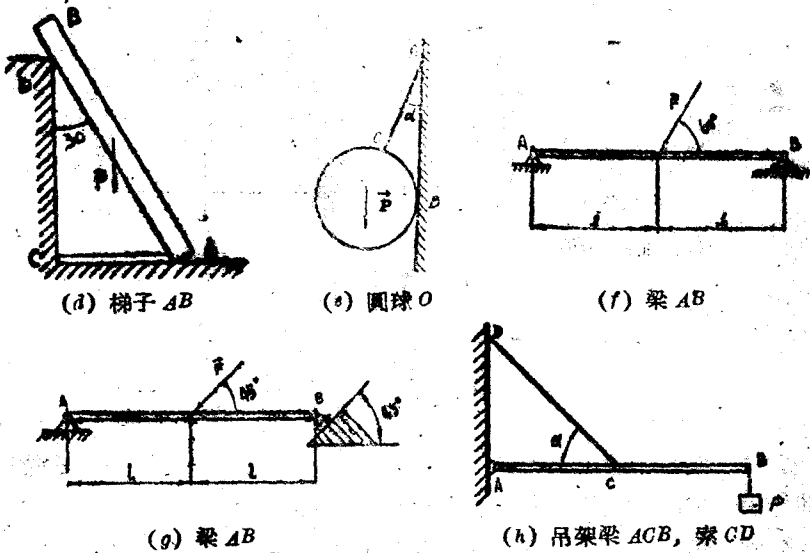
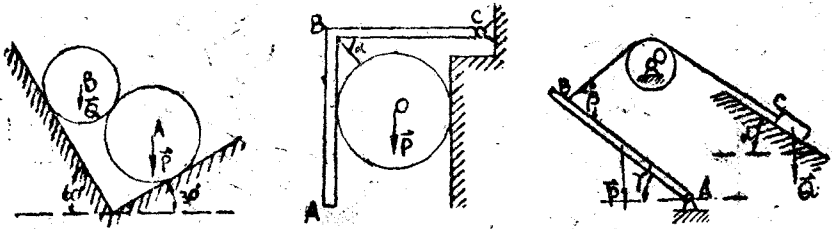
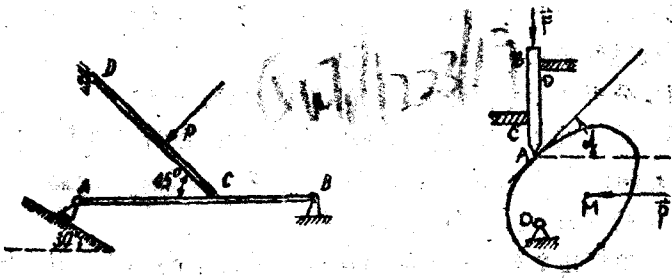


图 1-8 图

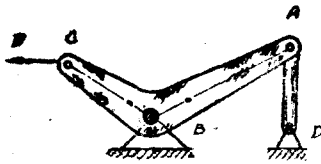
1-9 试决定下列各组成系统中各物体的受力。画出它的受力图。假设同上题。



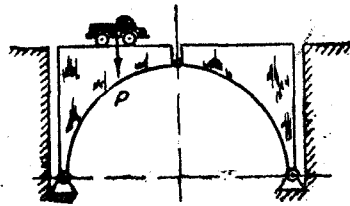
(a) 堆棧中圓筒 A 和圓筒 B (b) 圓球 O 和曲杆 ABC (c) 吊橋中橋面 AB, 滑輪 O, 平衡重 C



(d) 臨時腳手架中杆 AB 及 CD (e) 凸輪機構中凸輪 O 及推杆 AB



(f) 曲杆 ABC



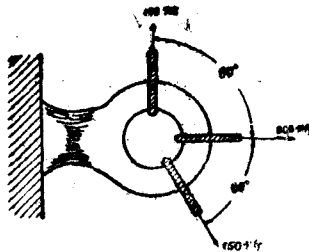
(g) 三铰拱

題 1-9 图

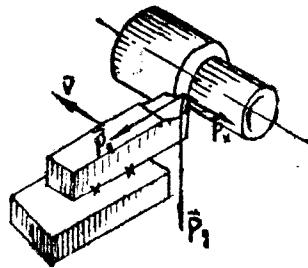
## 二 共點力系

2-1 图示一固定环受到三根繩的作用，如用另一繩代替这三繩而不改其作用，試求这繩的拉力的大小和方向角  $\theta$ 。

2-2 机床上刀具切削工件  $K$ ，設工件給刀口的力在三个方向的分力可量得为  $P_x=100$  公斤， $P_y=250$  公斤， $P_z=500$  公斤，方向如图示。試求刀具尖端所受合力的大小及方向。



題 2-1 图



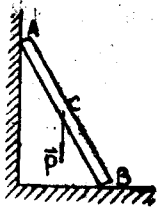
題 2-2 图

2-3 試分析下列各物体是否处于平衡状态，并画出它們的受力图。假設所有接触处光滑。除画有作用力外，图内各物体重量均不計。

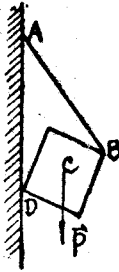
2-4 分析  $AB$  杆。試求  $x$  为何值才能保証平衡。

2-5 街灯重 3 公斤，以水平杆与斜杆悬挂在鉛垂柱上，水平杆  $AC=1.2$  米，斜杆  $BC=1.5$  米。設在  $A$ 、 $B$  与  $C$  諸点处用鉸鏈連結，求杆  $AC$  与  $BC$  的内力  $S_1$  与  $S_2$ ，杆重不計。

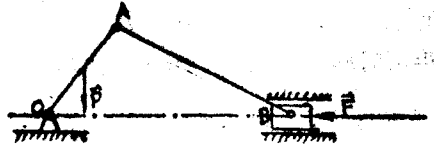
2-6 电灯重 2 公斤，电綫  $AB$  从天花板挂下，繩子  $BC$  将电灯拉向牆的一边。如已知  $\alpha=60^\circ$  角，而角  $\beta=135^\circ$ ，又电綫与繩子的重量略



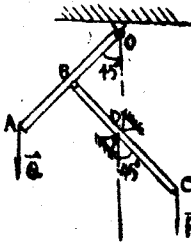
(a) 杆子  
AB,  
設  $AC=CB$



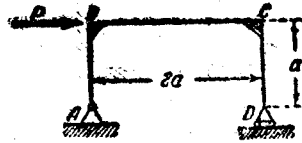
(b) 重物 BCD



(c) 凿岩机构 OAB



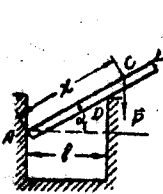
(d) 杆架 OA, BC。B 端是铰链  
并設  $BD=CD$ 。



(e) 刚架 ABCD。

題 2-3 图

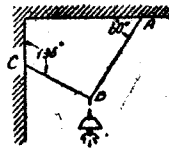
去不計，求电綫 AB 的張力  $T_A$  及繩子 BC 的張力  $T_C$ 。



題 2-4 图



題 2-5 图



題 2-6 图

2-7 錘子对釘子的拉力  $P$  是沿釘子的軸向，設接觸面凸凹不平，試根据图示条件，求拉力  $P$  及接触处 (A 点) 木板对錘子的反力  $R$  (图中长度单位为厘米，力的单位为公斤，錘重不計。)

2-8 重为 20 公斤的均質球，擱置在光滑的斜面上，并用繩子維持平衡，繩子的一端系在固定于鉛直牆上的彈簧秤上，彈簧秤的讀数为 10 公斤。斜面对水平面

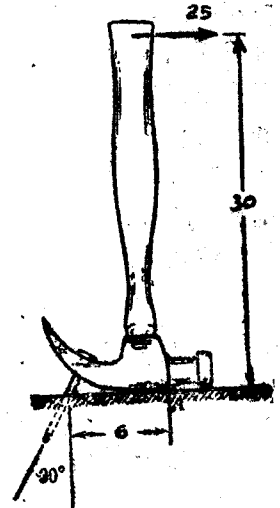
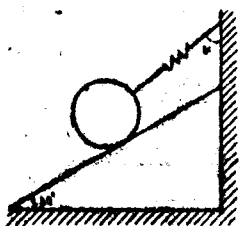


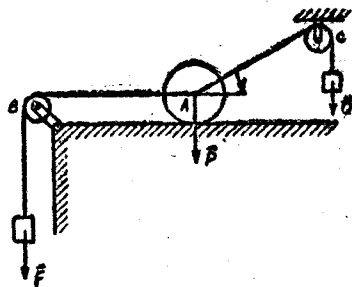
圖 2-7

的傾斜角為  $30^\circ$ 。彈簧秤和繩子的重量略去不計。求繩子和鉛垂綫的交角  $\alpha$  以及球對斜面的壓力。試問  $\alpha$  角為何值時彈簧秤指示重量最小。

2-9 將重  $P$  的球放在光滑的水平面上，球上系兩繩  $AB$  及  $AC$ ，繩通過球心，並繞過滑輪  $B$  及  $C$ ，兩端分別綫掛載荷  $F$  及  $Q$ （見圖）。試求平衡時繩  $AC$  與水平所成的  $\alpha$  角及水平面上的壓力  $N$ 。



題 2-8 圖



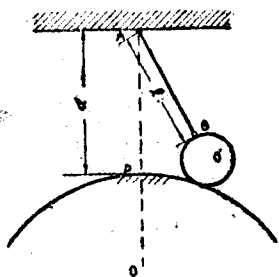
題 2-9 圖

2-10 半徑為  $a$ ，重為  $P$  的均質球  $O$ ，用繩  $AB$  掛于  $A$  點，並擱置于半徑為  $r$  的光滑球面上。設繩長為  $l$ 。 $A$  點到球面的距離為  $d$ 。求繩子張力  $T$  與球面的反力  $N$ 。

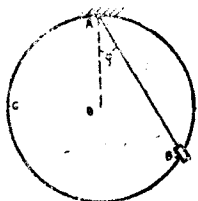
2-11 在半徑為  $R$  的鐵絲環上放着一個光滑的小環  $B$ ，鐵絲環在鉛直平面內。小環的重量為  $P$ ，其大小則可忽略。今用原長為  $R$  的彈性綫  $AB$  系着小環，而綫的另一端固結在最高點  $A$  上。已知綫的拉力  $T$  和綫的伸長成正比，比例常數為  $k$ 。試求在平衡位置時的  $\varphi$  角和鐵絲對小環的約束反力。

2-12 小環  $A$  沿圓弧形杆  $CD$  滑動，不計摩擦及滑輪半徑，求平衡時角  $\alpha$  的值。

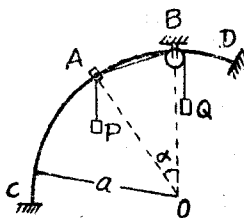
注意：套在曲杆上的小環由二根繩子系着，一根吊着重物  $P$ ，一根繞過滑輪吊着重物  $Q$ 。



題 2-10 圖



題 2-11 圖



題 2-12 圖



2-13 压路机碾子重2吨，半径为40厘米。若要越过8厘米高的台阶，作用最小的 $P$ 力为若干？其作用线与水平线的交角 $\alpha$ 应为多少？若 $P$ 力为水平方向则又需用力若干？

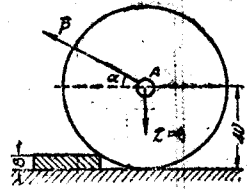
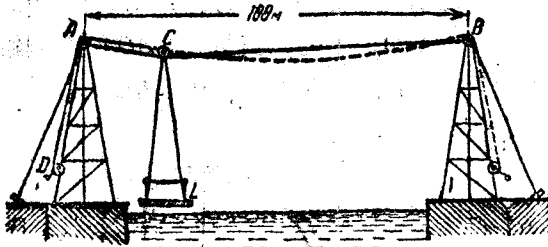


图 2-13

2-14 吊車过山谷或水道时，用小滑車 $C$ 挂在鋼絲繩 $AB$ 上，鋼絲繩的兩端固定在同一水平面



题 2-14 图

上的塔頂 $A, B$ 。如須使吊車拉向左岸，則利用一跨过滑車 $A$ 并繞在鉸盤 $D$ 上的繩索 $CAD$ ；如使吊車向右岸，也設有同樣繩索。設 $AB=100$ 米，繩索 $ACB=102$ 米，吊車重5吨。如略去鋼絲繩，

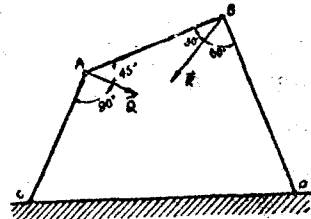
繩索和滑車 $C$ 的重量与摩擦，求当 $AC=20$ 米时，繩索 $CAD$ 与鋼絲繩 $ACB$ 的張力。

2-15 在繩 $ABCD$ 上的 $B$ 及 $C$ 兩点，分別掛一重量 $P$ 及 $Q$ 。如 $P=50$ 公斤； $Q=150$ 公斤，求平衡时 $BC$ 段的傾斜角 $\alpha$ 及三段繩內的張力。

2-16 鉸接四連杆机构 $ABCD$ 的 $CD$ 边固定，在鉸鏈 $A$ 上作用一力 $Q=10$ 公斤，角 $BAQ=45^\circ$ ；在鉸鏈 $B$ 上作用一力 $R$ ，角 $ABR=30^\circ$ 。这样使四杆机构 $ABCD$ 处于平衡。如已知角 $CAQ=90^\circ$ ， $DBR=60^\circ$ 。求力 $R$ 的大小。設杆重不計。

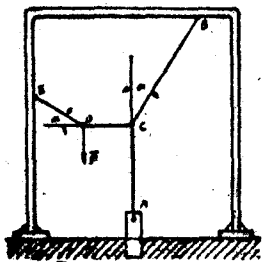


题 2-15 图



题 2-16 图

2-17 图示一拔椿架。繩 $ACB$ 的一端系在椿上 $A$ 点，一端固定在架上 $B$ 点。繩 $ODE$ 的一端系在 $C$ 点，另一端固定在架上 $E$ 点。在 $D$ 点用力 $P$ 向下拉，即有較 $P$ 大若干倍的力將椿拔起。若 $AC$ 及 $OD$ 各为鉛直及水

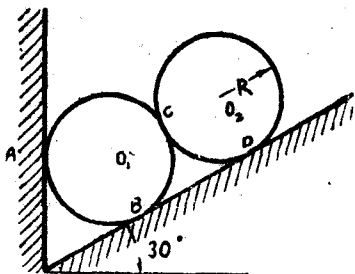


題 2-17 圖

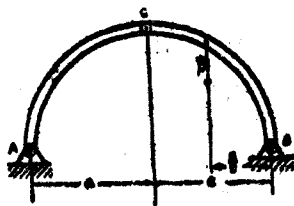
平方向， $BC$  及  $DE$  各與鉛直及水平方向成角  $\alpha=4^\circ$ ， $P=40$  公斤，試求樁上所受的向上的力。

2-18 兩個相同的紗筒，置于一斜面上，由一鉛垂的牆擋住。設紗筒各重 100 公斤，斜面的傾斜角為  $30^\circ$ ，不計接觸處之摩擦力。求  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  四點之反力。

2-19 設三鉸拱屋架  $ACB$  受到鉛直載荷  $P$  的作用。若不計拱本身的重量，試求支座  $A$ 、 $B$  處的反力。

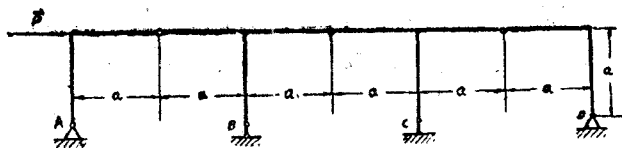


題 2-18 圖



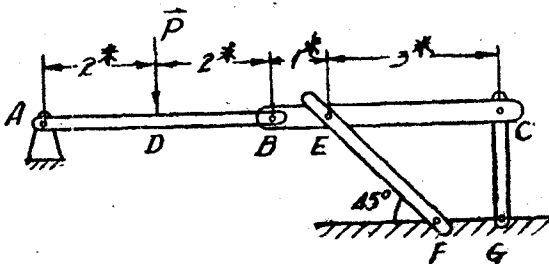
題 2-19 圖

2-20 剛架由三個三鉸拱架組成，其尺寸如圖所示。求在水平力  $P$  作用下各支座  $A$ 、 $B$ 、 $C$  與  $D$  的反力。



題 2-20 圖

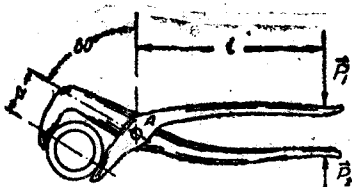
2-21 一復樑由杆  $AB$ 、 $BC$  在  $B$  點鉸接而成，以固定支座  $A$  及鏈杆  $EF$ 、 $CG$  支持，其中  $EF$  與水平成  $45^\circ$  角， $CG$  鉛垂。設  $P=100$  公斤作用在  $AB$  的中點處，不計杆重，試求支座  $A$  的反力及



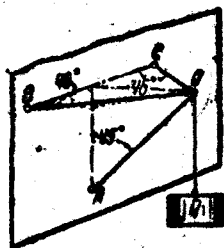
題 2-21 圖

鏈杆  $EF$ 、 $CG$  所受的力。

2-22 弯头手钳如图示，在手柄上作用握力  $P_1 = P_2 = P = 25$  公斤，并知  $l = 15$  厘米， $a = 5$  厘米，求管子所受到的



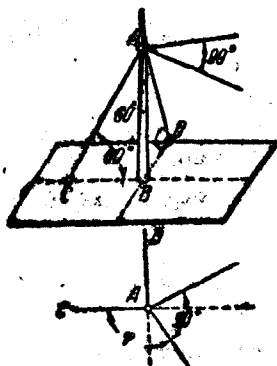
題 2-22 图



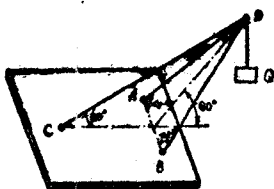
題 2-23 图

压力  $N$  及铰链  $A$  的反力  $R_A$ 。不计摩擦及钳子本身重。

2-23 重物  $Q = 100$  公斤，由杆  $AO$  与两根等长之水平拉链  $BO$  和  $CO$  所支持。杆在  $A$  点用铰链铰接于墙上， $AO$  杆与铅垂线成  $45^\circ$  角， $\angle CBO = \angle BCO = 45^\circ$ 。求杆的内力  $S$  及链内张力  $T$ 。



題 2-24 图



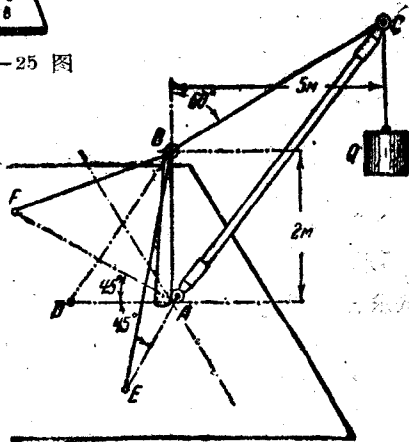
題 2-25 图

2-24 架空电缆的角柱  $AB$ ，由两根张索  $AC$  及  $AD$  所支持， $\angle CBD = 90^\circ$ ，两电缆水平且互成直角，其张力相同且等于  $T$ 。设一根电缆与  $CBA$  平面所成之角为  $\varphi$ ，求支柱内力以及张索中张力与  $\varphi$  角关系。

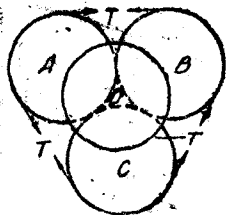
2-25 重物  $Q$  重 1 吨，挂在  $D$  点，

如图所示。  $A$ 、 $B$  与  $C$  三点用铰链固定。试求支座  $A$ 、 $B$  与  $C$  之反力。

2-26 搬运起重机举起重为 2 吨之重物  $Q$ ，其安装如图所示。  $AB = AE = AF = 2$  米，角  $BAF = 90^\circ$ ，起重机之平面  $ABC$  等分两面角  $ABEF$ 。起重机之重量略去不计。试求铅垂支柱  $AB$  上所受的力  $P_1$ ，吊索  $BC$  与张索  $BE$ 、 $BF$  上所受的张力  $P_2$ 、 $P_3$  与  $P_4$ 。



題 2-26 图



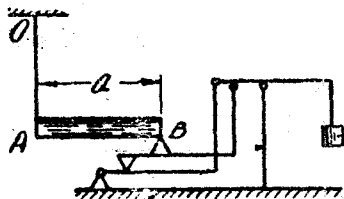
題 2-27 图

2-27 三个半徑相等的均質圆球  $A$ 、 $B$  和  $C$  放在光滑水平面上相互接触，并用繩在通过三个球心的平面內縛住。第四个同样半徑的均質圆球  $O$  重 10 公斤，放在該三球之上。求由上面一球所引起的繩內張力  $\vec{T}$ 。球相互間及球与水平面間的摩擦略去不計。

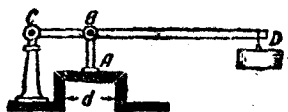
### 三 平行力 力 偶

3-1 不均匀杆  $AB$ ，其重为  $P$ ， $A$  端用一条固定于  $O$  点鉛垂繩掛起，另一端  $B$  靠在磅秤秤台刀口上，將此杆維持水平。秤得重为  $Q$  公斤，如  $AB = a$ ，求杆重心到  $A$  端的距离。

3-2 蒸汽鍋的安全閥  $A$  用杆  $AB$  連接于均質杠杆  $CD$ ， $CD$  长 50 厘米，重 1 公斤，可繞固定点  $C$  而轉动，閥的直徑  $d = 6$  厘米，臂  $BC = 7$  厘米。如欲使汽閥能在汽鍋內汽压为 11 大气压时自动开启，問杠杆的  $D$  端应掛多么大的重物  $Q$ ？此处可認為 1 大气压 = 1 公斤/平方厘米。



題 3-1 图

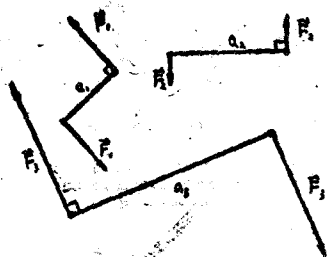


題 3-2 图

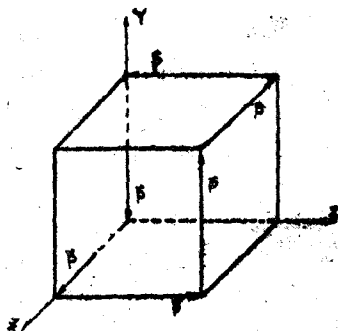
3-3 今有三个共面力偶。(見图) 已知： $F_1 = F_1' = 10$  公斤， $a_1 = 0.5$  米， $F_2 = F_2' = 5$  公斤， $a_2 = 0.8$  米， $F_3 = F_3' = 20$  公斤， $a_3 = 1.5$  米。試求合力偶。

3-4 六个相等的力  $P = 5$  公斤，作用于边长  $a = 10$  厘米的立方体上，如图所示。求其合力偶。

3-5 曲梁  $ABC$  中，設  $P = P' = 5$  吨， $Q = Q' = 2$  吨。图中长度单位为米。杆的重量略去不計，求兩支座之反力。



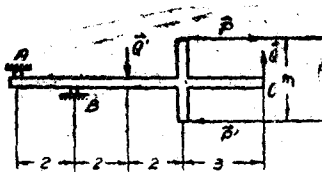
題 3-3 图



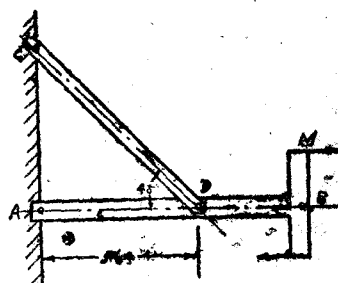
題 3-4 图

3-6 直杆  $CD$  和丁字杆  $AB$  在  $D$  点用铰链相联。在  $A$  和  $C$  端各用铰链联于墙上，角  $ODA = 45^\circ$ 。丁字杆的横木上受一力偶，其矩  $M = 100$  公斤-米。设杆的重量均不计，求  $A$  和  $C$  点的反力（图中长度单位为米）。

3-7 六对力偶作用于同一平面内。它们的力之大小分别为  $5, 3, 2, 3, \frac{1}{2}$  与  $1$  公斤，而臂长分别为  $2, 1, 4, x, 6$  与  $3$  厘米。已知前三力偶矩为正，其余为负。设此力偶系平衡，试求力偶臂  $x$ 。



題 3-5 图



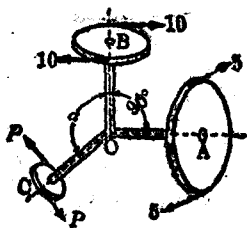
題 3-6 图

3-8 圆盘  $A, B, C$  的半径分别为  $30$  厘米、 $20$  厘米、 $10$  厘米，用  $OA, OB, OC$  三杆刚连，三杆在同一平面内而各垂直于刚连的圆盘。现圆盘  $A$  与  $B$  各在其平面内各受如图所示的力偶的作用，设要在圆盘  $C$  的平面内用一个力偶来维持平衡。求这力偶的力的大小  $P$  及杆  $OC$  与  $OB$  所成的角  $\alpha$ 。（图中力的单位为公斤）

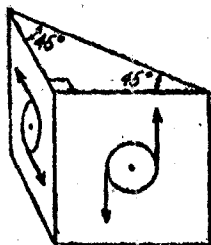
3-9 图示由尺寸为  $1 \times 1 \times 1$  米和一个  $45^\circ$  斜面所构成的匣。在三个铅直面上，每面皆有一直径为  $30$  厘米的轮子固结其上。现设图示之力偶

为 5 公斤。試求在斜面上必須作用怎样的一对力，方才能够保持匣的平衡。

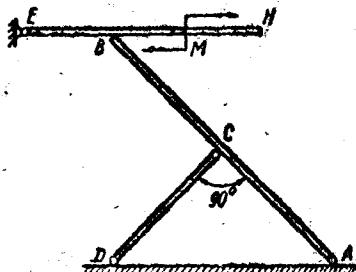
3-10 杆系由杆  $EH$ 、 $ACB$ 、 $CD$  用铰链  $C$ 、 $A$ 、 $D$ 、 $E$  联成。在杆  $EH$  上作用一力偶，其矩  $M=100$  公斤-米。已知  $AC=CB=CD$ ， $AB \perp CD$ ， $BE=1$  米，不計杆重及摩擦。試求支座  $A$ 、 $D$ 、 $E$  的反力。



題 8-8 图



題 8-9 图



題 3-10 图

## 四 平面力系

4-1 一繞盘有三个等长的柄，长度为  $R$ ，相互間夹角为  $120^\circ$ ，在每个柄端各作用一垂直于柄的力  $P_1=P_2=P_3=P$ 。試求：(1) 力系向中心  $O$  点簡化的結果，(2) 力系向  $BC$  联綫的中点  $D$  簡化的結果。

4-2 上形板一块，尺寸及受力情况見图，試求：(1) 該力系向  $A$  点簡化的結果，(2) 該力系向  $B$  簡化的結果，(3) 把向  $A$  点簡化的力系，再度簡化到  $B$  点，以驗算是否与(2)的結果相同。

4-3 图示正三角形各边长为 2 米，受三力作用，求力系的合成。

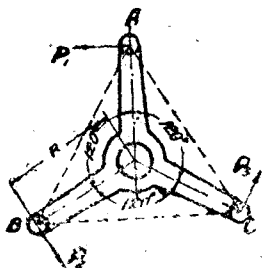
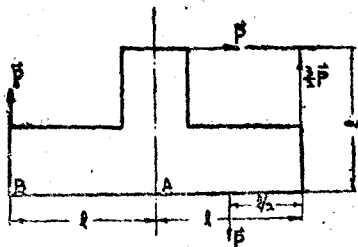


圖 4-1 图



題 4-2 图

4-4 三个儿童在小船上游戏。一个儿童划一对桨，各以10公斤的力推船向前，另一个用搞抵着岸以40公斤的力推着船，第三个儿童由于推拉着码头，因而构成一个力偶其矩 $M=4$ 公斤-米作用在船上。试求合力的大小、方向和作用线位置。（图中长度单位为米）

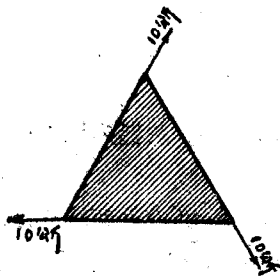


图 4-3 图

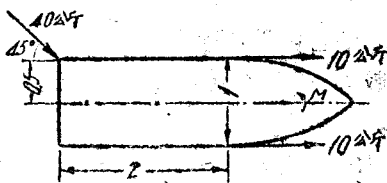


图 4-4 图

4-5 在试验飞机发动机的性能时，将飞机水平放置，一輪搁在台秤上，秤台所受鉛垂压力在发动机轉动时为640公斤，发动机停止时为460公斤，发动机螺旋桨轉动方向如图，若 $l=2.5$ 米，试分析发动机轉动时压力增加的原因，并求此发动机会力偶矩的大小。

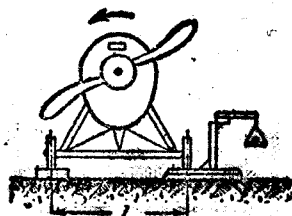


图 4-5 图

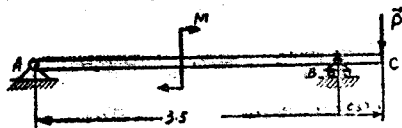


图 4-6 图

4-6 梁AC支于A, B两点，梁上受一力偶，其矩 $M=6$ 吨-米，在C点受一力 $P=2$ 吨（见图）。求A、B兩支座的反力。（图中长度单位为米）

4-7 起重机的水平梁长 $l$ ，在一端以铰链固定，在另一端B用鏈杆BC拉住。鏈杆与水平梁間的夹角为 $\alpha$ 。有一重物P可在梁上移动，其位置由变动的距离 $AP=x$ 米决定。若梁的重量不計，求鏈杆BC所受的力 $T$ 和重物位置間的关系。

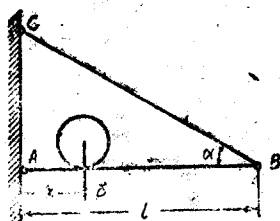
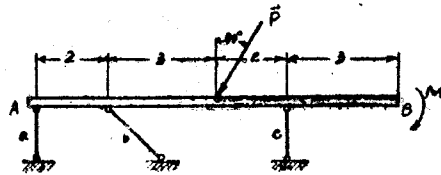


图 4-7 图

4-8 梁AB用a, b, c三根鏈杆支承，并受載荷如图所示。已知 $P=10$ 吨， $M=5$ 吨-米。

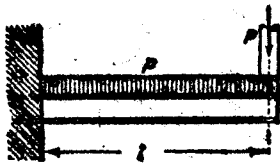
試求三根杆所受的力。图中的长度单位均为米。 $b$ 杆与水平面交角为  $45^\circ$ 。

4-9 支持凉台的水平梁  $AB$  承受强度  $p=200$  公斤/米的匀布荷载之作用。在它的自由端从柱上傅下荷载  $P=200$  公斤。柱的軸綫到墙的距离  $l=1.5$  米。求插入端  $B$  所受的作用。

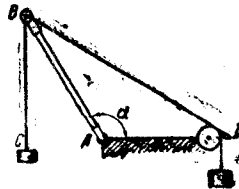


題 4-8 图

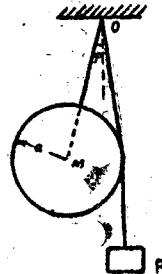
4-10 均質杆  $AB$  可繞鉸鏈  $A$  轉動，在  $B$  端用繩掛一重 100 公斤的重錘  $C$ 。在  $B$  端另外引出一繩，跨过滑車  $D$ ，上挂一重 200 公斤的重錘。設已知  $AB=AD$ ，杆重 200 公斤。求杆在平衡位置時角  $BAD=\alpha$  的大小。滑車的摩擦不計。



題 4-9 图



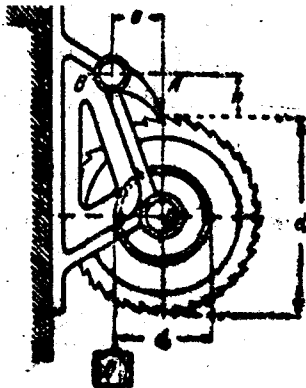
題 4-10 图



題 4-11 图

4-11 一均質球，重为  $Q$ ，半徑为  $a$ ，和重物  $P$  同时用繩子挂在  $O$  点(如图所示)，距离  $OM=b$ 。求平衡时直綫  $OM$  与鉛垂綫所成  $\phi$  角的大小。

4-12 絞車由直徑为  $d_1$ ，并帶有掣子  $A$  的棘齒輪所构成。鼓輪固結于絞車上，其直徑为  $d_2$ ，其上繞有繩子，繩上掛重物  $Q$ 。若已知： $Q=50$  公斤， $d_1=420$  毫米， $d_2=240$  毫米， $h=50$  毫米， $a=120$  毫米，求掣子軸綫  $B$  上所受的壓力。掣子重量不計。



題 4-12 图

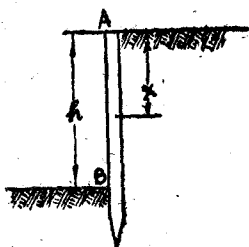


4-13 船剛用擋土鋼板樁，承受土壓力。土壓力分布按離地面高度成比例地增加，在離地面距離  $x$  米處壓強為  $\gamma x$  噸/平方米，其中  $\gamma$  為土壤電度，若  $\gamma = 2.2$  噸/立方米，鋼板樁寬 20 厘米，高度  $h = 3$  米。試求鋼板樁插入土端  $B$  處所受的約束反力。

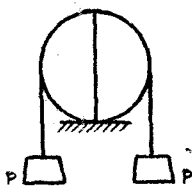
4-14 整個均質圓柱體分成兩個半圓柱體，有一根繩跨過它們而把它們拚湊在一起。繩的兩端各挂有重  $P$  公斤的重錘。整個圓柱體重  $Q$  公斤。兩個半圓柱體的接觸平面是鉛垂的。要使這兩個半圓柱體在水平面上靜止，問重錘重量的最小值為多少？

註：半圓面積的重心  $C$  到鉛垂直徑的距離為  $\frac{4R}{3\pi}$ 。

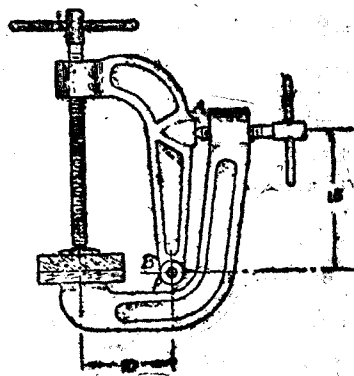
4-15 圖示一種雙手柄螺絲鉗。設先將垂直的螺絲旋緊使產生一鉗緊力 500 公斤，然後將水平螺絲旋緊，直至在  $A$  點的壓力增加一倍。試求總鉗緊力  $P$  以及鉸鏈  $B$  的反作用力  $R$ 。（圖中長度單位為厘米）



題 4-13 圖

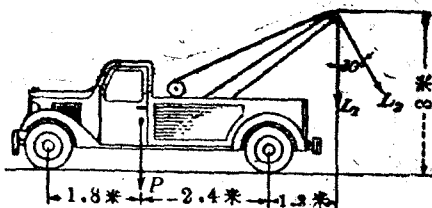


題 4-14 圖



題 4-15 圖

4-16 汽車起重機重  $P = 3500$  公斤，試求：(a) 保證起重機安全操作而不至使汽車翹起的最大鉛直負荷  $L_1$ ；(b) 當  $L_2$  與鉛直成  $30^\circ$  時，它的最大值又為多少？



題 4-16 圖

4-17 均質梁  $AB$  長 10 米，在它的上面鋪設了起重機的軌道。起重機重 5 噸，其重心在軸線  $CD$  上，重物  $P = 1$  噸，梁  $AB$  的重量為 3 噸；距離  $AC = 3$  米。求當起重機的突樑  $DL$  和梁  $AB$  在同一鉛垂平面內時支