

高等学校教学参考书

理论力学学习题集

哈
西
北
工
业
大
学

上
海
交
通
大
学

哈
尔
滨
工
业
大
学

西
北
工
业
大
学

上
海
交
通
大
学

哈尔滨工业大学 清华大学

西北工业大学 大连工学院 理论力学教研室合编

上海交通大学 天津大学

王 铎 主编

高等教育出版社

高等学校教学参考书

理论力学学习题集

哈尔滨工业大学 清华大学
西北工业大学 大连工学院 理论力学教研室合编
上海交通大学 天津大学
王 铎 主编

高等教育出版社



本习题集系根据1962年5月审订的高等工业学校机械、土建类专业适用(145学时)的理论力学教学大纲(试行草案)的要求编写的,全集分静力学、运动学、动力学和附录四部分,共选列700题。

本习题集可作为高等工业学校机械、土建类专业教学用书,也可供其他专业参考选用。

本习题集由哈尔滨工业大学、清华大学、西北工业大学、大连工学院、上海交通大学和天津大学等校理论力学教研室合编,王铎主编。

本书原由人民教育出版社出版。1983年3月9日,上级同意恢复“高等教育出版社”;本书今后改用高等教育出版社名义继续印行。

高等学校教学参考书

理论力学习题集

王铎 主编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

西安新华印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张7.25 字数73,000

1964年12月第1版 1984年2月第3次印刷

印数 78,001—100,100

书号15010·0371 定价0.65元



序

本习题集是按 1962 年 5 月审訂的高等工业学校机械、土建类专业适用(145 学时)的理論力学教学大綱(試行草案)的要求編写的。本习题集共編选了七百題,大部分都是基本的和各类专业通用的。但是,为了引导学生进一步深入思考,也編选了少量的难题,由学生选作。在难题前附有 * 号。

附录中的概念題,主要用以加强学生对理論的深入理解。由于經驗不够成熟,对概念題未能系統和全面的編选,所以将这些題放在附录中,供教师参考选用。

本习题集是继理論力学习題选集之后編写的,增加了原选集題目的数量,补足了教学大綱中附有 * 号的内容,使本习题集能够更好地适应各校和各专业的需要。凡是原选集的題目,在本习题集中題号后的方括号內都附有原題号,以便对照。

在編写本习题集时,参考了二十二本高等工业学校理論力学教研室編写的理論力学习題集、密歇尔斯基著理論力学习題集和铁摩辛柯著工程力学等书。选自原书的題目,有的經過修改,有的被直接采用。

本习题集由哈尔滨工业大学等校理論力学教研室集体編写,由王鐸主編。各校負責編写的是天津大学魏士貴、上海交通大学吳鎮、大連工学院朱学仁、清华大学傅正泰、西北工业大学孙海潤和哈尔滨工业大学陈长庚。各校理論力学教研室的許多教师都参加了編选习题和編写习题卡片的工作。由于我們經驗不足,缺点和錯誤在所难免,希望大家提出批評和指正。

选編者 1964 年 5 月

目 录

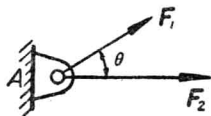
序	iv
I. 静力学	1
1. 平面汇交力系	1
2. 平面任意力系	11
3. 图解静力学	29
4. 摩擦	36
5. 空间力系	45
6. 重心	62
II. 运动学	67
7. 点的运动	67
8. 刚体的基本运动	80
9. 点的复合运动	88
10. 刚体的平面运动	99
11. 刚体的定点运动	115
III. 动力学	120
12. 质点的运动微分方程	120
13. 质点的振动	130
14. 质点的相对运动	140
15. 动量定理	143
16. 动量矩定理	151
17. 动能定理	165
18. 综合问题	175
19. 达朗伯原理	182
20. 虚位移原理和动力学普遍方程	189
21. 拉格朗日方程	197
22. 碰撞	202
IV. 附录	208
23. 概念题	208

I. 静力学

1. 平面汇交力系

1. 支座 A 受两个力作用, 如图所示。已知: $F_1 = 40 \text{ kg}$, 与水平线成角 θ ; $F_2 = 70 \text{ kg}$, 沿水平方向; 两个力的合力 $R = 100 \text{ kg}$ 。求角 θ 和力 R 与水平线的交角 β 。

答: $\theta = 51^\circ 19'$, $\beta = 18^\circ 12'$ 。



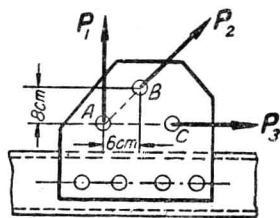
题 1 附图

2[1]①. 铆接薄钢板在孔心 A 、 B 和 C 处受三力作用, 如图所示。已知: $P_1 = 10 \text{ kg}$, 沿铅垂方向; $P_2 = 5 \text{ kg}$, 沿 AB 方向; $P_3 = 5 \text{ kg}$, 沿水平方向。 AB 在水平和铅垂方向的投影分别为 6 cm 和 8 cm 。求力系的合力。

答: $R = 16.12 \text{ kg}$;

$$\angle(R, P_1) = 29^\circ 44'$$

$$\angle(R, P_3) = 60^\circ 16'$$

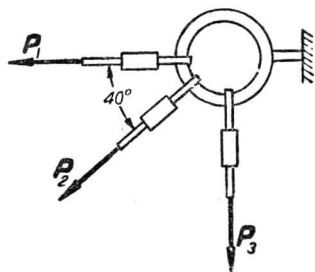


题 2[1] 附图

3[2]. 一固定在墙壁上的圆环受三条绳的拉力作用。 P_1 沿水平方向, P_2 与水平线成 40° 角, P_3 沿铅垂方向。三力的大小分别为: $P_1 = 200 \text{ kg}$, $P_2 = 250 \text{ kg}$, $P_3 = 150 \text{ kg}$ 。求三力的合力。

答: $R = 500 \text{ kg}$; $\angle(R, P_1) = 38^\circ 22'$,

$$\angle(R, P_3) = 51^\circ 38'$$

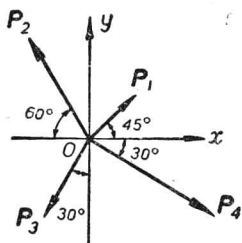


题 3[2] 附图

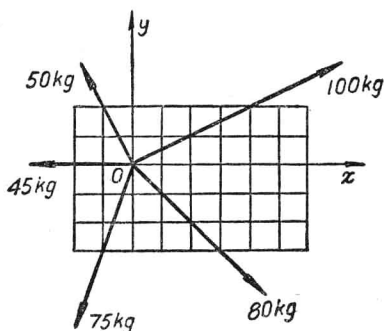
4. 四力作用于一点, 其方向如图所示。已知各力大小为: $P_1 =$

$=5 \text{ kg}$, $P_2=8 \text{ kg}$, $P_3=6 \text{ kg}$, $P_4=10 \text{ kg}$ 。求力系的合力。

答: $R=5.21 \text{ kg}$; $\angle(R, x)=0^\circ$



题 4 附图

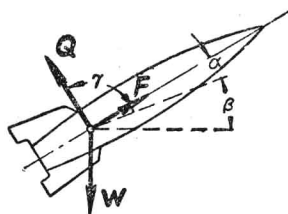


题 5[3] 附图

5[3]. 五力作用于一点, 图中坐标的单位为厘米。求力系的合力。

答: $R=66.9 \text{ kg}$;

$\angle(R, x)=34^\circ 48'$, $\angle(R, y)=124^\circ 48'$ 。



题 6[4] 附图

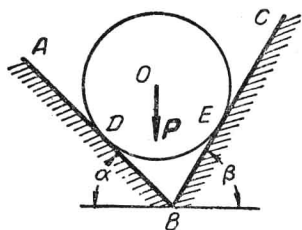
6[4]. 火箭沿与水平面成 $\beta=25^\circ$ 角方向作匀速直线运动。火箭的推力 $F=10 \text{ t}$, 与运动方向成 $\alpha=5^\circ$ 角。如火箭重 20 t , 求空气动力 Q 的大小和它与飞行方向的交角 γ 。

答: $Q=17.3 \text{ t}$; $\gamma=94^\circ 58'$ 。

7[5]. 一均质球重 $P=100 \text{ kg}$, 放在两个相交的光滑斜面之间。如斜面 AB 的倾角为 $\alpha=45^\circ$, 而斜面 BC 的倾角为 $\beta=60^\circ$ 。求两斜面的反力 N_D 和 N_E 的大小。

答: $N_D=89.6 \text{ kg}$,

$N_E=73.2 \text{ kg}$ 。

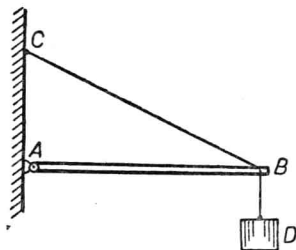


题 7[5] 附图

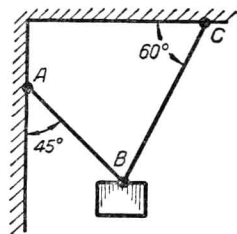
8. AB 杆的 A 端用铰链固定在铅垂墙上, B 端用绳 BC 吊住, 并使

杆成水平。在 B 点上挂有 100kg 重的物体 D 。設杆重不計，且 $AB=2\text{m}$ ； $AC=1\text{m}$ 。求繩的張力和鉸鏈 A 的反力。

答： $R_A=200\text{ kg}$ ， $T=224\text{ kg}$ 。



題 8 附图



題 9(6) 附图

9[6]. 重 1 t 的物体，用两根鋼索悬挂，如图所示。設鋼索重量不計，求鋼索中的張力。

答： $T_{AB}=0.52\text{ t}$ ， $T_{BC}=0.73\text{ t}$ 。

10[7]. AC 和 BC 两杆用鉸鏈 C 联接，两杆的另一端分別固定地鉸支在墙上。在 C 点悬挂重 1 t 的物体。已知： $AB=AC=2\text{ m}$ ， $BC=1\text{ m}$ 。如不計杆重，求两杆的内力。

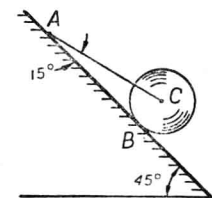
答： $S_{AC}=-1\text{ t}$ ， $S_{BC}=+0.5\text{ t}$ 。

(其中“+”号表示拉力，“-”号表示压力，下同。)

11. 均质圓球重 $Q=100\text{ kg}$ ，放在光滑的斜面 AB 上，用繩 AC 拉住以保持平衡。如斜面与水平面成 45° 角，繩与斜面成 15° 角，求繩的張力和斜面对球的反力。

答： $T=73.2\text{ kg}$ ，

$N=89.6\text{ kg}$ 。



題 11 附图

12. 均质圓柱管半径为 r ，重为 $2P$ ，其两端用两根繞过管子的繩索吊住，且使柱管保持水平，管端的悬挂形状如图所示。設繩繞在管上部分

的弧所对应的弦长为 b ，求绳的张力。又如設管的半徑等于 2 m ，重为 2 t ，每根绳索能承受的最大张力为 1.5 t ，求吊住此管所需绳子的最短长度。

答: $T = \frac{r}{b} P$;

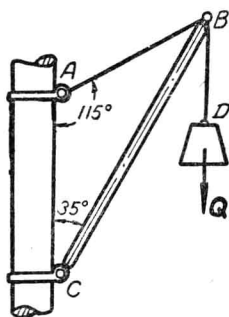
$$l_{\min} = 12.6\text{ m}.$$

13. 均质球重 20 kg ，放在光滑的斜面上，用一绳子維持其平衡。绳子系在固定于 B 点的彈簧秤上，彈簧秤的讀数为 10 kg 。如斜面的傾角为 30° ，彈簧秤的重量略去不計，求绳子与鉛垂綫的交角 α 和斜面的反力。

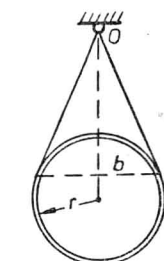
答: $\alpha = 60^\circ$; $N = 17.3\text{ kg}$ 。

14[8]. 起重机由臂 BC 和鏈索 AB 所构成。臂的一端用鉸鏈固定在柱的 C 点，另一端用绳 BD 悬挂重物 $Q = 500\text{ kg}$ 。如 $\angle BAC = 115^\circ$ ， $\angle BCA = 35^\circ$ ，且不計臂的重量，求鏈索的張力和臂的内力。

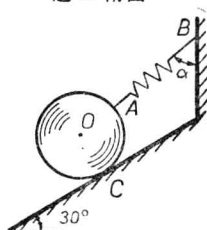
答: $T = 574\text{ kg}$, $S = -906\text{ kg}$ 。



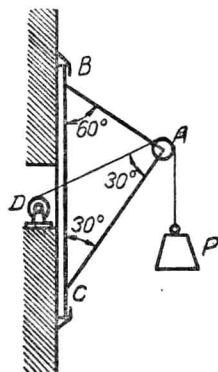
題 14[8] 附图



題 12 附图



題 13 附图



題 15[9] 附图

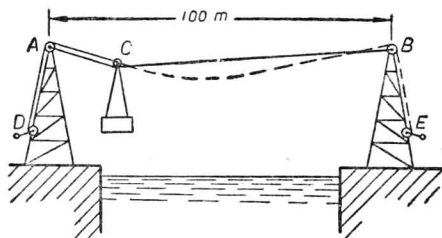
15[9]. 起重机借跨过滑車 D 的鏈条吊起重物 $P = 2\text{ t}$ 。滑車 D 固定在墙上， $\angle CAD = 30^\circ$ 。起重机各杆間的交角为: $\angle ABC = 60^\circ$ ，

$\angle ACB=30^\circ$ 。求杆 AC 和 AB 的内力。

答: $S_{AB}=0$, $S_{AC}=-3.46t$ 。

16. 以吊斗运物过河,吊斗系用小滑車 C 挂在鋼絲繩 AB 上,鋼絲繩的两端固定在塔頂 A, B 上。如欲將小滑車 C 拉向左岸,則利用一跨過滑車 A 而繞在絞盤 D 上的繩索 CAD ; 如欲將小滑車 C 拉向右岸,則可利用一跨過滑車 B 而繞在絞盤 E 上的繩索 CBE 。 A, B 兩點在同一水平線上,距離 $AB=100\text{ m}$,鋼索 ACB 長 102 m ,吊斗重 5 t 。如略去鋼索和繩子的重量以及小滑車 C 沿鋼索的摩擦,求當 $AC=20\text{ m}$ 時繩子 CAD 和鋼索 ACB 的張力。

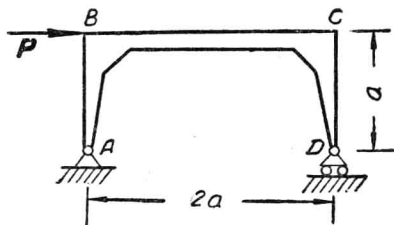
答: $T_{CAD}=0.79\text{ t}$, $T_{CA}=T_{CB}=9.5\text{ t}$ 。



題 16 附圖

17[10]. 应用力对点之矩的几何表示法,即力矩的大小等于矩心与力矢量所組成的三角形的面积的两倍,证明平面中两汇交力对任意点力矩的代数和等于其合力对该点的矩(合力之矩定理)。

18[11]. 求图示的剛架由于作用在 B 点的水平力 P 所引起的支座反力 R_A 和 R_D 的大小。剛架的重量略去不計。



題 18 附圖

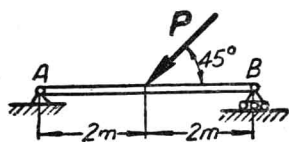
答: $R_A = \frac{\sqrt{5}}{2}P$, $R_D = \frac{1}{2}P$ 。

19[12]. 梁 AB 的支座如图所示。在梁的中点作用一力 $P=2\text{ t}$, 力

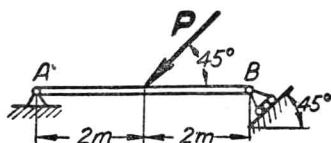
与梁的轴綫成 45° 角。如梁的重量略去不計，試分別求在(1)、(2)两种情形下的支座反力。

答：(1) $R_A = 1.58 \text{ t}$, $R_B = 0.71 \text{ t}$;

(2) $R_A = 2.24 \text{ t}$, $R_B = 1 \text{ t}$ 。



(1)

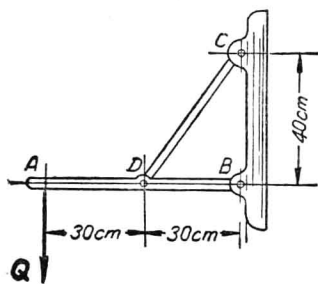


(2)

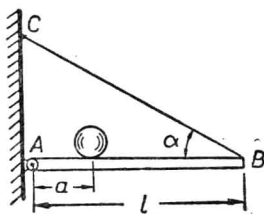
題 19(12) 附图

20[13]. 构架 ABC 受力 $Q = 100 \text{ kg}$ 作用。其中杆 AB 和 CD 在 D 点铰接, B, C 两点均为固定铰鏈。如不計杆重, 求杆 CD 的内力和支座 B 的反力。

答: $S = 250 \text{ kg}$, $R_B = 180 \text{ kg}$ 。



題 20(13) 附图



題 21 附图

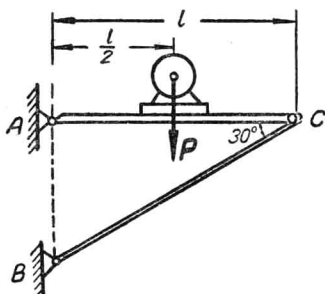
21. 杆的 A 端用铰鏈固定, B 端用繩子吊起, 使杆成水平位置。在杆上放有一重量为 P 的重物, 并已知: 杆长为 l , 重物距 A 点的距离为 a ; 繩子与水平面交角为 α 。如不計杆和繩子的重量, 求繩子的張力。

答: $T = \frac{Pa}{l \sin \alpha}$

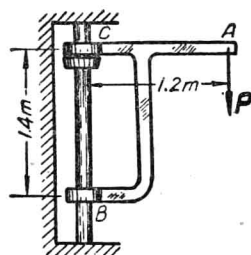
22[14]. 电动机重 $P = 500 \text{ kg}$, 放在水平梁 AC 的中央。梁的 A 端

以铰链固定，另一端以撑杆 BC 支持，撑杆与水平梁的交角为 30° 。如忽略梁和撑杆的重量，求撑杆 BC 的内力。

答： $S_{BC} = -500 \text{ kg}$ 。



题 22[14] 附图

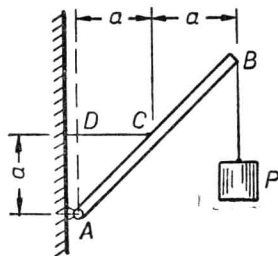


题 23[15] 附图

23[15]. 起重机的构架 ABC 可沿铅垂轴 BC 滑动，但在轴上有一固定凸缘借以支持构架。设载荷 $P=1000 \text{ kg}$ ，求 B, C 处的反力。忽略构架的重量和摩擦。

答： $R_B = 857 \text{ kg}$ ，
 $R_C = 1317 \text{ kg}$ 。

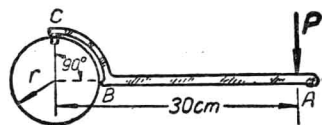
24. 杆的 A 端用铰链固定在铅垂墙上，在杆的中点 C 处用水平绳 DC 将杆拉住；杆的 B 端挂有重量为 P 的物体，各部分的尺寸如图所示。杆的重量略去不计，求绳的张力和铰链的反力。



题 24 附图

25[16]. 一铅垂力 $P=50 \text{ kg}$ 作用于螺旋钳的端部；求在圆柱上 B, C 两点所引起的反作用力。圆柱半径 $r=5 \text{ cm}$ ，并忽略 B 点的摩擦。

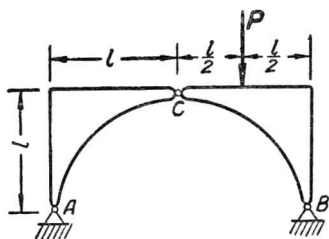
答： $R_B = 300 \text{ kg}$ ， $R_C = 304 \text{ kg}$ 。



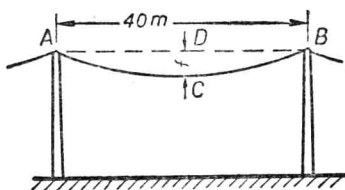
题 25[16] 附图

26[17]. 图示三铰拱受铅垂力 P 的作用。如拱的重量不计, 求 A 、 B 两处的支座反力。

答: $R_A = 0.35P$, $R_B = 0.79P$ 。



题 26[17] 附图



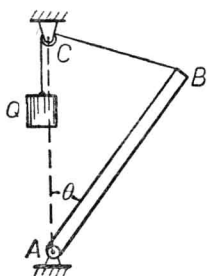
题 27 附图

27. 输电线 ACB 架在两电线杆之间, 形成一下垂曲线, 下垂距离 $CD = f = 1$ m。两电线杆间的距离 $AB = 40$ m, 电线 ACB 段重 $Q = 40$ kg。求电线的中点和两端的张力。

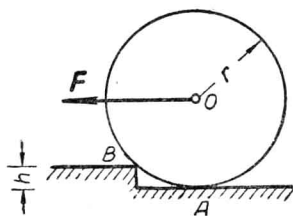
答: $T_C = 200$ kg, $T_A = T_B = 201$ kg。

28. 均质杆 AB 长为 l , 重为 P 。在 B 端用跨过滑轮 C 的绳子吊起, 绳子的末端挂有重物 Q 。设 A 、 C 两点在同一铅垂线上, 且 $AC = AB$, 求杆的平衡位置 (以 θ 角表示)。

答: $\theta = 2 \arcsin \frac{Q}{P}$ 。



题 28 附图



题 29[18] 附图

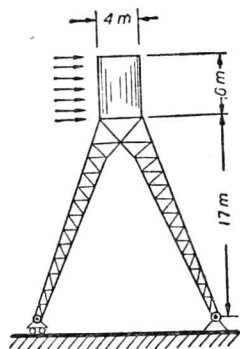
29[18]. 压路机的碾子重 2 t, 半径为 $r = 40$ cm。如用一通过其中心的水平力 F 将此碾子拉过高 $h = 8$ cm 的石块, 求此水平力的大小。

如果要使作用的力为最小，问应沿哪个方向拉？并求此最小力的大小。

答： $F=1.5\text{ t}$ ；

$F_{\min}=1.2\text{ t}$ ，方向与 OB 垂直。

30. 水塔由圆柱形水箱及支柱所构成。水箱高 6 m，直径为 4 m，固定在对称安放的四个倾斜支柱上，水箱底面高出支座平面 17 m。整个水塔重 8 t。风的压力按水箱曲面在垂直于风向的平面上的投影面积来计算，取单位面积上风的压力为 125 kg/m^2 。求柱基间应有的距离 AB 。

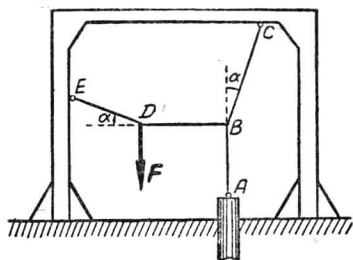


题 30 附图

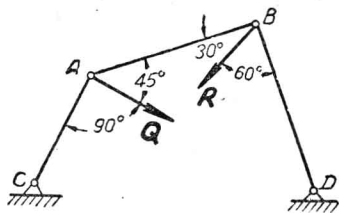
答： $AB \geq 15\text{ m}$ 。

31[19]. 图示为一拔桩装置。在木桩的 A 点上系一绳，将绳的另一端固定在 C 点，然后又在绳的 B 点系另一绳，此绳的另一端固定在 E 点。然后在绳的 D 点用力向下拉，这时绳的 BD 段是水平的， AB 段是铅垂的； DE 段与水平线、 CB 段与铅垂线成等角 $\alpha=0.1\text{ rad}$ (当 α 很小时， $\text{tg } \alpha \approx \alpha$)。如向下拉力 $F=80\text{ kg}$ ，求 AB 绳作用于桩上的拉力。

答： $T=8000\text{ kg}$ 。



题 31[19] 附图



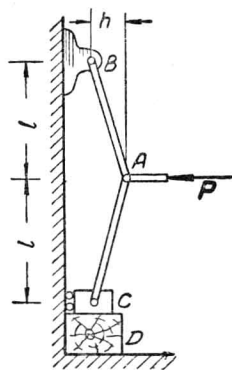
题 32[20] 附图

32[20]. 铰接四连杆机构 $CABD$ 的 CD 边固定。在铰链 A 上作用一力 Q ， $\angle BAQ=45^\circ$ 。在铰链 B 上作用一力 R ， $\angle ABR=30^\circ$ ，这样使

四边形 $CABD$ 处于平衡。如已知 $\angle CAQ = 90^\circ$ 、 $\angle DBR = 60^\circ$ ，求力 Q 与 R 的关系。杆重略去不计。

答: $Q:R=0.61$.

33[21]. 压榨机 ABC ，在 A 铰处作用水平力 P ，在 B 点为固定铰链。由于水平力 P 的作用使 C 块压紧物体 D 。如 C 块与墙壁光滑接触，压榨机的尺寸如图所示，求物体 D 所受的压力。

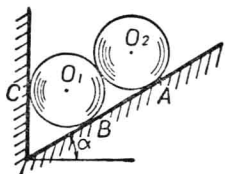


题 33[21] 附图

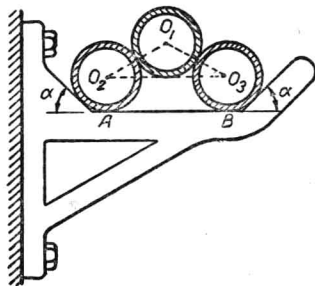
答: $R = \frac{Pl}{2h}$.

34. 两个大小相同的均质球，各重 $Q=100$ kg，放在光滑的斜面与铅垂墙之间，如图所示。斜面的倾角 $\alpha=30^\circ$ 。求斜面和墙的反力。

答: $N_A=86.6$ kg, $N_B=144.4$ kg; $N_C=115.4$ kg.



题 34 附图



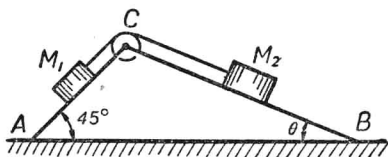
题 35[2] 附图

35[22]. 三个相同的钢管各重 P ，放在悬臂的槽内。设下面两个钢管中心的连线恰好与上面钢管相切，试分别就 $\alpha=90^\circ$ 、 60° 和 30° 三种情形，求槽底 A 点所受的压力。

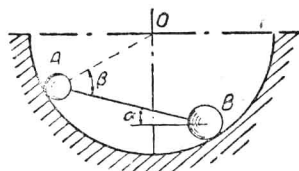
答: 当 $\alpha=90^\circ$ 时, $N=1.5P$;
 当 $\alpha=60^\circ$ 时, $N=P$;
 当 $\alpha=30^\circ$ 时, $N=0$.

36. 在三棱柱 ABC 的斜面 AC 和 BC 上, 各放一重物 M_1 和 M_2 , 并以跨过滑轮的细绳相连, 重物系处于平衡状态。已知: M_1 重 $P_1 = 50 \text{ kg}$, M_2 重 $P_2 = 75 \text{ kg}$; AC 斜面的倾角为 45° 。求另一斜面 BC 的倾角 θ 。

答: $\theta = 28^\circ 8'$ 。



题 36 附图



题 37[23] 附图

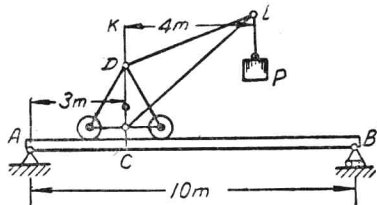
*37[*23]. 两小球 A 和 B 分别重 P 和 Q , 用长为 $2l$ 的杆联接, 然后将其放在有光滑内表面的球形穴中, 球形穴的半径为 R 。如不计杆重, 并且两小球的尺寸不计, 球心和 O 点在同一铅垂面上, 求物系平衡时, 在接触点 A 处和 B 处的反力、杆的内力和杆与水平线的交角 α 。

答: $N_A = \frac{\cos \alpha}{\sin \beta} P$, $N_B = \frac{\cos \alpha}{\sin \beta} Q$; $T = \frac{\cos(\beta - \alpha)}{\sin \beta} P$;

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l(Q - P)}{\sqrt{R^2 - l^2(P + Q)}}, \text{ 其中 } \cos \beta = \frac{l}{R}.$$

2. 平面任意力系

38[24]. 梁 AB 长 10 m , 在梁上铺设起重机的轨道。起重机重 5 t , 其重心在铅垂线 CD 上。重物的重量为 $P = 1 \text{ t}$, 梁重 3 t , 距离 $KL = 4 \text{ m}$, $AC = 3 \text{ m}$ 。求当起重机的伸臂和梁 AB 在同一铅垂面内时, 支座 A 和 B 的反力。



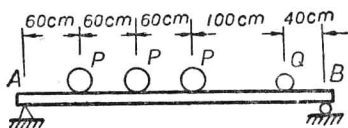
题 38[24] 附图

答: $R_A = 5.3 \text{ t}$, $R_B = 3.7 \text{ t}$ 。

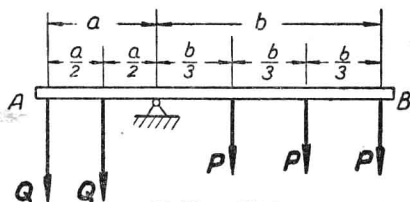
39. 水平梁的两端搁在支座 A 和 B 上, 梁上放有重物, 其位置如图

所示。已知： $P=10\text{ t}$ ， $Q=8\text{ t}$ 。求支座 A 和 B 的反力。

答： $R_A=19.7\text{ t}$ ， $R_B=18.3\text{ t}$ 。



题 39 附图



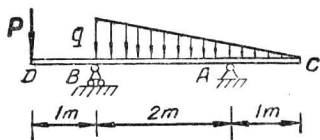
题 40 [25] 附图

40[25]. 杠杆 AB 受载荷 P 和 Q 作用，如图所示。如不计杆重，求保持杠杆平衡时 a 与 b 的比值。

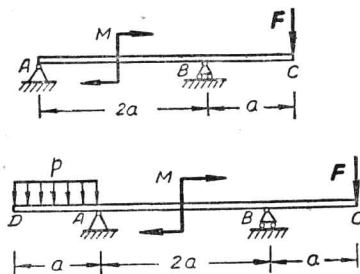
答： $a:b = \frac{4}{3} \frac{P}{Q}$ 。

41[26]. 梁的支承和载荷如图所示。 $P=200\text{ kg}$ ，綫布载荷的最大值 $q=100\text{ kg/m}$ 。如不计梁重，求支座 A 和 B 的反力。

答： $R_A=-25\text{ kg}$ ， $R_B=375\text{ kg}$ 。



题 41 [26] 附图



题 42[27] 附图

42[27]. 水平梁的支承和载荷如图所示。已知力 F 、力偶的力偶矩 M 和均布载荷 p ，求支座 A 和 B 的反力。

答：(1) $R_{Ax}=0$ ， $R_{Ay}=-\frac{1}{2}\left(F+\frac{M}{a}\right)$ ， $R_B=\frac{1}{2}\left(3F+\frac{M}{a}\right)$ ；

(2) $R_{Ax}=0$ ， $R_{Ay}=-\frac{1}{2}\left(F+\frac{M}{a}-\frac{5}{2}pa\right)$ ，

$R_B=\frac{1}{2}\left(3F+\frac{M}{a}-\frac{1}{2}pa\right)$ 。