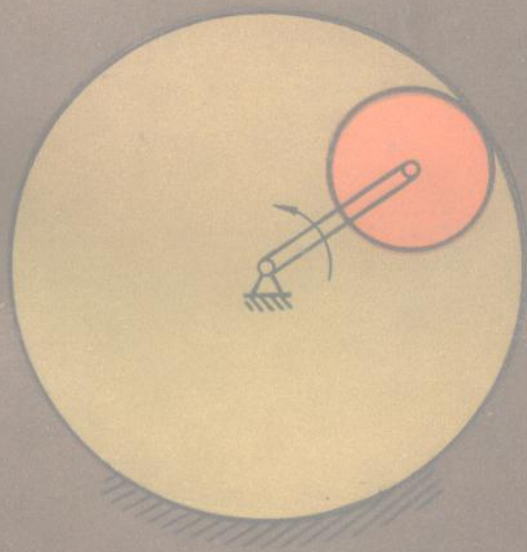


密歇尔斯基 理论力学习题集

〔俄〕第 36 版

吕茂烈 谈开孚 译校



高等教育出版社

031-44

M 70

(36)

379470

密歇尔斯基 理论力学习题集

(第 36 版)

[俄]И. В. 密歇尔斯基

吕茂烈 谈开孚 译校



高等教育出版社

(京)112号

D202/07
内容提要

本书是根据原苏联莫斯科科学出版社(物理-数学图书编辑部)1986年出版的«И. В. Мещерский, Сборник задач по Теоретической механике»第36修正版译出的。该书该版的主编是 Н. В. Бутенина, А. И. Лурье, Д. Р. Меркина。由吕茂烈、谈开平、董秋泉、王世忠译校。

本书第一部分是静力学,第1章平面力系214题,第2章空间力系123题。第二部分是运动学,第3章点的运动学80题,第4章刚体的简单运动39题,第5章刚体的平面运动103题,第6章刚体的定点运动与空间方位定向33题,第7章点的复合运动113题,第8章刚体的复合运动64题。第三部分是动力学,第9章质点动力学332题,第10章质点系动力学326题(其中变质量力学44题),第11章分析力学250题(其中非完整系统力学26题),第12章宇宙飞行动力学52题,第13章系统平衡的稳定性、振动理论、运动稳定性共153题(其中非线性振动12题),第14章理论力学的概率问题23题。全书1800题左右。

责任编辑 蒋 鉴

高等学校教学参考书

密歇尔斯基

理论力学学习题集

[俄]第36版

吕茂烈 谈开平 译校

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

通县屯子店印刷厂印装

开本850×1168 1/32 印张19.375 字数480 000

1994年12月第1版 1991年12月第1次印刷

印数 0 001— 1 085

ISBN 7-04-004136-7/TB·216

定价 19.00 元

译者序

《密歇尔斯基理论力学学习题集》是原苏联一本被广泛采用的著名的力学教材。它的前身是原彼得堡工学院的石印讲义。自1914年该书第一版问世以来,几经重大修订和增补,迄今已出到第三十几版。1952年的第18修正版由哈尔滨工业大学理论力学教研室译成中文,于1955~1964年间由人民教育出版社出版。该书是当时我国高等工业学校普遍采用的教学参考书之一,曾对建国初期理论力学课程的教学起过较大的作用。

该书使用经久不衰的成功经验之一是密切结合与时增长的教学要求,及时反映有关新科技中的力学问题;其所选习题大多比较广泛联系实际,以期有效地培养学生掌握运用理论力学的理论解决有关实际问题的能力。

另一经验是该书有一个强大的编辑组,它包括了苏联力学界的许多著名学者;编辑组与使用者常保持密切联系,广泛收集教学中的意见,并且每隔几年出新修订版,从而使书中内容和观点始终保持新颖。

原主编И. В.密歇尔斯基早已过世。1935年以来一直担任主编工作的А. И.路里叶也于1980年去世。现在任主编的有Н. В.布且宁和Л. Р.密尔根等人。

最新版(36版)的内容复盖了原苏联高等学校工科理论力学课程以及与其直接相关的各专题课,如分析力学、振动理论、运动稳定性、刚体动力学等。和1952年旧版相比,新版还增加了宇宙飞行动力学、非完整系统动力学、随机过程问题等新内容。习题总数增至1800题左右,且包括各种不同难度,以期适应不同专业和课程的需要。书中所使用的单位全部都换成了国际单位。

本书1952年第18版的中译本由哈尔滨工业大学理论力学教研

室组译。参加译校工作的有吕茂烈、黄文虎、尹昌言、吴瑶华、谈开孚、童秉纲、李国枢、陶城、王铎，以及刘古等。该书译本绝版较久。鉴于本书对我国目前和今后的理论力学教学仍有较大的参考价值，我们重新将本书的 1986 年第 36 修正版译成中文，由高等教育出版社出版。

本书的一、二、九、十、十三、十四章由谈开孚、王世忠译，三、四、五、六、七、八、十一、十二章由吕茂烈、董秋泉译；最后由吕茂烈、谈开孚对全书作了总的校订。

译校者 1988 年 1 月

密歇尔斯基理论力学学习题集

目 录

第一部分 刚体静力学

第一章 平面力系	1
§ 1 共线力	1
§ 2 汇交力	2
§ 3 平行力	21
§ 4 平面任意力系	34
§ 5 摩擦力	63
第二章 空间力系	80
§ 6 汇交力	80
§ 7 力系的简化	88
§ 8 任意力系的平衡	93
§ 9 重心	112

第二部分 运 动 学

第三章 点的运动学	120
§ 10 点的轨迹与运动方程	120
§ 11 点的速度	127
§ 12 点的加速度	132
第四章 刚体的简单运动	143
§ 13 刚体的定轴转动	143
§ 14 刚体简单运动的变换	147
第五章 刚体的平面运动	155
§ 15 平面图形的运动方程	155

§ 16	平面运动刚体上各点的速度·瞬时速度中心	159
§ 17	定瞬心轨迹与动瞬心轨迹	173
§ 18	平面运动刚体上各点的加速度·瞬时加速度中心	178
第六章	刚体的定点运动、空间方位定向	190
§ 19	刚体的定点运动	190
§ 20	空间方位定向·欧拉运动学方程及其变型·瞬轴轨迹面	195
第七章	点的复合运动	205
§ 21	点的运动方程	205
§ 22	点速度的合成	210
§ 23	点加速度的合成	219
第八章	刚体的复合运动	240
§ 24	刚体运动的合成	240
a)	刚体平面运动的合成	240
b)	刚体空间运动的合成	247
§ 25	点与刚体的复合运动杂题	259

第三部分 动 力 学

第九章	质点动力学	266
§ 26	根据已知运动求力	266
§ 27	运动微分方程	274
a)	直线运动	274
b)	曲线运动	282
§ 28	质点动量变化定理·质点动量矩变化定理	290
§ 29	功与功率	295
§ 30	质点动能变化定理	298
§ 31	杂题	305
§ 32	振动	317
a)	自由振动	317
b)	阻力对自由振动的影响	333
c)	强迫振动	341

d) 阻力对强迫振动的影响	345
§ 33 相对运动	349
第十章 质点系动力学	355
§ 34 质量几何: 质点系的质量中心·刚体的转动惯量	355
§ 35 质点系质量中心运动定理	365
§ 36 质点系动量主矢变化定理·对连续体的应用	372
§ 37 质点系动量主矩变化定理·刚体定轴转动微分方程	377
§ 38 质点系动能变化定理	395
§ 39 刚体的平面运动	414
§ 40 陀螺仪近似理论	420
§ 41 动静法	424
§ 42 转动刚体对转轴的压力	431
§ 43 杂题	439
§ 44 碰撞	444
§ 45 变质量质点与变质量系动力学	452
第十一章 分析力学	463
§ 46 可能位移原理	463
§ 47 动力学普遍方程	475
§ 48 第二类拉格朗日方程	481
§ 49 运动积分·劳斯变换·哈密顿正则方程·雅可比- 哈密顿方程·哈密顿-奥斯特洛格拉兹基原理	507
§ 50 具有滚动的系统·非完整约束	516
第十二章 宇宙飞行动力学	528
§ 51 中心引力作用下的开普勒运动	528
§ 52 其他问题	538
第十三章 系统平衡的稳定性·振动理论·运动的 稳定性	542
§ 53 系统平衡条件的确定·平衡的稳定性	542
§ 54 单自由度系统的微振动	550
§ 55 多自由度系统的微振动	568

§ 56 运动的稳定性	591
§ 57 非线性振动	598
第十四章 理论力学的概率问题	603
§ 58 静力学的概率问题	605
§ 59 运动学和动力学的概率问题	608

第一部分 刚体静力学

第一章 平面力系

§ 1 共线力

1.1 重量分别为 10N 和 5N 的两个重锤，挂在同一绳子的两个不同位置上，较大的重锤挂在较小的重锤下面。问：如果绳子的顶端固定在一个不动点上，则绳子的张力等于多少？

答： 10N 和 15N 。

1.2 一艘拖轮拉着大小不同的三条驳船，前后排成一列。某瞬时拖轮螺旋推进器的牵引力为 18kN ，水对拖轮的阻力为 6kN ，水对第一条驳船的阻力为 6kN ，对第二条驳船的阻力为 4kN ，对第三条驳船的阻力为 2kN 。所用的船缆足以承受 2kN 的张力。问：如果运动是匀速直线运动，则拖轮拉第一条驳船，第一条驳船拉第二条驳船，第二条驳船拉第三条驳船各需船缆几根？

答：各需6, 3, 1根。

1.3 重 640N 的人站在矿井底上，借助于一根绕过定滑轮的绳索拉住 480N 的重物，问：1) 此人对井底的压力等于多少？2) 借助于绳索此人能拉住的重量为多少？

答：1) 160N ；2) 640N 。

1.4 列车沿水平直线轨道匀速行驶。电气机车除外，列车的重量为 $12 \times 10^3\text{kN}$ 。问：如果列车运动的阻力等于列车对铁轨压力的 0.005 倍，则电气机车的牵引力等于多少？

答: 60kN .

1.5 旅客列车包含电气机车、一节重为 400kN 的行李车厢和十节重均为 500kN 的旅客车厢。问:如果列车运动阻力等于列车重量的 0.005 倍,并且在计算中可以假定阻力按重量之比分布于列车的每节车厢上,又列车运动是匀速的,则各个车厢挂钩的拉力以及机车的牵引力各为多少?

答: 电气机车的拉力为 27kN , $T_{11}=2.5\text{kN}$, $T_{10}=2\times 2.5\text{kN}$, ..., 等等(下标表示车厢的号码,从电气机车开始算起)。

§ 2 汇交力

2.1 在正六边形的中心作用着大小分别为 $1, 3, 5, 7, 9$ 和 11N 的六个力,各力都指向六边形的顶点。试求合力及其平衡力的大小和方向。

译注:平衡力即与合力大小相等方向相反的共线力。

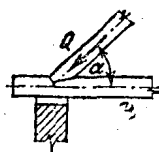
答: 12N ;平衡力的方向与所给 9N 力的方向相反。

2.2 试把 8N 的一个力分解为各等于 5N 的两个力。问:能否把这个 8N 的力分解为两个各等于 $10\text{N}, 15\text{N}, 20\text{N}$ 等的力?又可否分解为两个各等于 100N 的力?

答:如果不规定分解的方向,那都是可以的。

2.3 沿着与水平线成倾角 $\alpha=45^\circ$ 的人字屋架斜梁作用着一个力 $Q=2.5\text{kN}$ 。

问:在水平拉杆方向所产生的内力 S 以及沿铅垂方向作用于墙上的力 N 各等于多少?



题 2.3 图

答: $S=N=1.77\text{kN}$ 。

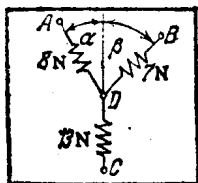
2.4 两台沿平直河岸匀速行进的拖拉机用两根缆绳拉一驳船。两缆绳的张力各为 0.8kN 和 0.96kN ,两缆绳间的夹角等于

60°。设驳船平行于河岸运动,试求驳船受到水的阻力 P , 以及绳与河岸的夹角 α 和 β 。

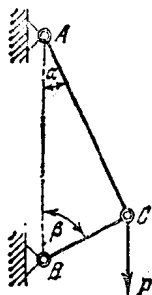
答: $P=1.53\text{kN}$, $\alpha=33^\circ$, $\beta=27^\circ$ 。

2.5 三个弹簧秤的吊环 A 、 B 、 C 固定在水平木板上。弹簧秤的钩子上各系着一条绳子。将此三绳子拉紧, 并将自由端在 D 点连结。已知弹簧秤上的读数分别为8,7和13 N, 试求绳子所组成的角 α 和 β 。

答: $\alpha=27.8^\circ$, $\beta=32.2^\circ$ 。



题 2.5 图



题 2.6 图

2.6 杆 AC 和 BC 彼此用铰链相联结, 同时各以铰链联结于铅垂墙上。在铰链螺钉 C 上作用着铅垂力 $P=1000\text{N}$ 。设杆与墙的夹角为 $\alpha=30^\circ$, $\beta=60^\circ$, 求两杆在铰链螺钉上的反作用力。

答: 866 N, 500 N。

2.7 如上题, 图 a 、 b 和 c 也表示诸杆以铰链彼此连结并联结于天花板或墙上的简图。在铰链螺钉 B 、 F 和 K 上各挂着重物 $Q=1000\text{N}$ 。

求在下列各种情形下杆的内力,

a) $\alpha=\beta=45^\circ$;

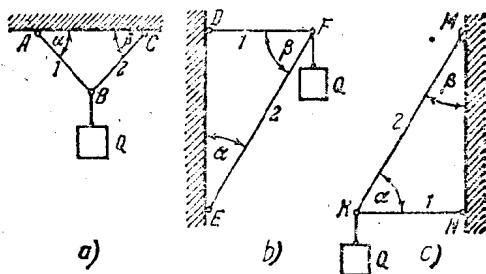
b) $\alpha=30^\circ$, $\beta=60^\circ$;

c) $\alpha = 60^\circ, \beta = 30^\circ$.

答: a) $S_1 = S_2 = 707 \text{ N}$;

b) $S_1 = 577 \text{ N}, S_2 = -1154 \text{ N}$;

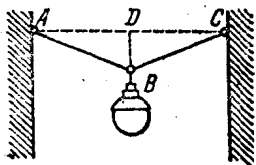
c) $S_1 = -577 \text{ N}, S_2 = 1154 \text{ N}$.



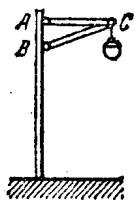
题 2.7 图

2.8 街灯悬挂在绳索 ABC 的中点 B 处, 绳索两端挂在同一水平线上的钩子 A 与 C 上. 设灯重 150 N , 绳索 ABC 全长 20 m , 灯的悬挂点离水平线的距离 $BD = 0.1 \text{ m}$; 绳索重量可不计. 求绳索 AB 与 BC 部分的张力 T_1 与 T_2 .

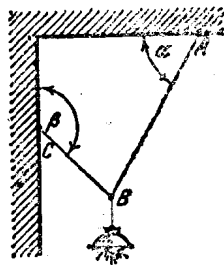
答: $T_1 = T_2 = 7.5 \text{ kN}$.



题 2.8 图



题 2.9 图



题 2.10 图

2.9 街灯重 300 N , 以水平杆与斜杆悬挂在铅垂柱上, 水平杆 $AC = 1.2 \text{ m}$, 斜杆 $BC = 1.5 \text{ m}$. 设在 A 、 B 和 C 诸点处用铰链连结,

求杆 AC 与 BC 的内力 S_1 与 S_2 。

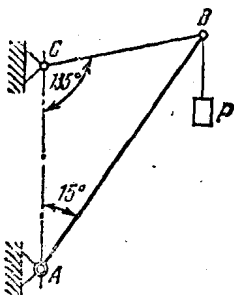
答: $S_1 = 400\text{ N}$, $S_2 = -500\text{ N}$ 。

2.10 电灯重 20 N , 用电线 AB 挂在天花板下, 绳子 BC 将电灯拉向墙的一边。已知 $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 135^\circ$, 电线和绳子的重量略去不计, 求电线 AB 的张力 T_A 以及绳子 BC 的张力 T_C 。

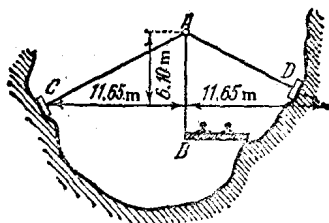
答: $T_A = 14.6\text{ N}$, $T_C = 10.4\text{ N}$ 。

2.11 柱式起重机由臂 AB 与链索 CB 构成, 臂 AB 用铰链固定于柱子的 A 点。臂的 B 端挂有重物 $P = 2\text{ kN}$, $\angle BAC = 15^\circ$, $\angle ACB = 135^\circ$ 。求链索 CB 的张力 T 与臂 AB 的内力 Q 。

答: $T = 1.04\text{ kN}$; $Q = 2.83\text{ kN}$ 。



题 2.11 图

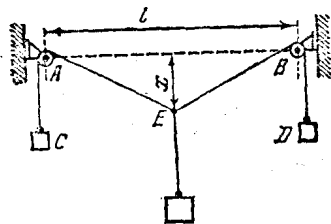


题 2.12 图

2.12 通过山地的铁路, 在山谷中的一段悬挂如图所示。假设悬杆 AB 承载力为 $P = 500\text{ kN}$, 求杆 AC 和 AD 的内力。

答: 杆 AC 和 AD 承受相同的压力 539 kN 。

2.13 滑轮 A 、 B 位于同一水平线上, 距离 $AB = l$, 绳 $CAEBD$ 绕过滑轮, 绳的两端 C 、 D 上各挂有重为 p 的砝码, 而在 E 点挂有重为 P 的砝码。不计滑



题 2.13 图

轮上的摩擦、滑轮尺寸和绳子重量，求在平衡状态下 E 点到 AB 线的距离 x 。

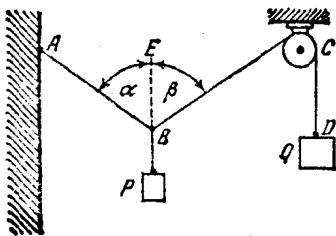
答：
$$x = \frac{Pl}{2\sqrt{4p^2 - P^2}}$$

2.14 重 25 N 的重物用两根绳子维持平衡，两绳各跨过滑轮并挂有重物。重物之一重 20 N ，悬挂该重物的绳子与铅直线间夹角的正弦等于 0.6 。不计滑轮上的摩擦和绳子重量，求另一重物的重量 p ，以及第二根绳子和铅直线间的夹角 α 。

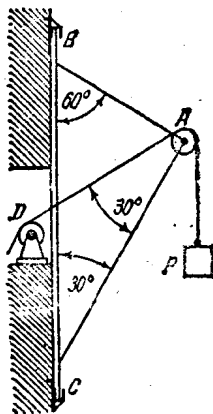
答： $p = 15\text{ N}$, $\sin \alpha = 0.8$ 。

2.15 绳 AB 的一端固定在 A 点，在 B 点系重物 P 和绳子 BCD ，绳子 BCD 跨过滑轮，其 D 端挂有重为 100 N 的砝码 Q 。不计滑轮上的摩擦，又已知在平衡状态下绳子和铅直线 BE 间的夹角为 $\alpha = 45^\circ$ 和 $\beta = 60^\circ$ ，求绳子 AB 的张力 T 和重物 P 的重量。

答： $T = 122\text{ N}$, $P = 137\text{ N}$ 。



题 2.15 图



题 2.16 图

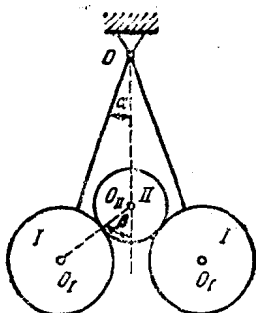
2.16 商店用起重机 BAC 借助于跨过滑轮 A 和 D 的链子吊起重物 $P = 20\text{ kN}$ 。滑轮 D 固定在墙上， $\angle CAD = 30^\circ$ ，起重机各杆间

的夹角 $\angle ABC = 60^\circ$, $\angle ACB = 30^\circ$. 求杆 AB 和 AC 的内力 Q_1 和 Q_2 .

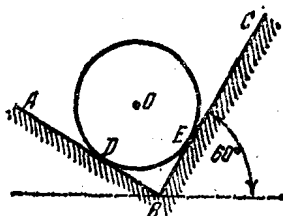
答: $Q_1 = 0$; $Q_2 = -34.6 \text{ kN}$.

2.17 两个重各为 P 的相同圆柱 I 分别用绳子悬在 O 点. 在这两圆柱体之间又放着重为 Q 的圆柱体 II . 整个系统处于平衡. 两圆柱 I 彼此不接触. 两绳分别与铅垂线组成的夹角为 α , 通过圆柱体 I 、 II 之轴心的直线与铅垂线的夹角为 β . 求 α 与 β 间的关系.

答: $\text{tg} \beta = \left(\frac{2P}{Q} + 1 \right) \text{tg} \alpha$.



题 2.17 图



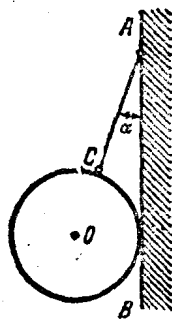
题 2.18 图

2.18 重 60 N 的均质球 O 搁置在相互垂直的光滑斜面 AB 和 BC 上. 设斜面 BC 和水平线间的夹角为 60° , 求球对每一斜面的压力.

答: $N_D = 52 \text{ N}$, $N_E = 30 \text{ N}$.

2.19 均质球 O 挂在绳子 AC 上, 并紧靠在光滑的铅垂墙 AB 上. 绳子与墙间的夹角为 α , 球重为 P . 求绳子的张力 T 和球对墙的压力 Q .

答: $T = \frac{P}{\cos \alpha}$, $Q = P \text{tg} \alpha$.

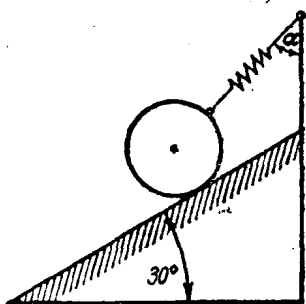


题 2.19 图

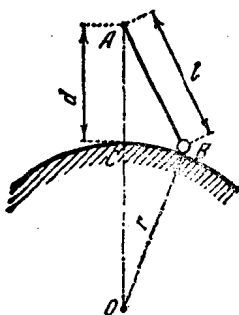
2.20 重 20 N 的均质球用系在弹簧秤

上的绳子搁置在光滑斜面上。弹簧秤读数为 10 N ，斜面与水平线间夹角为 30° 。不计弹簧重量，求绳子和铅垂线的夹角 α 以及球对斜面的压力 Q 。

答： $\alpha = 60^\circ$ ， $Q = 17.3\text{ N}$ 。



题 2.20 图



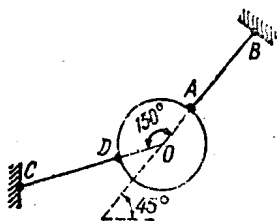
题 2.21 图

2.21 小球 B 重为 P ，用绳子 AB 挂在固定点 A ，并搁置在半径为 r 的光滑球面上。 A 点到球面的距离 $AC = d$ ，绳长 $AB = l$ ，直线 AO 沿铅垂方向。不计小球的半径，求绳子的张力 T 和球面的反作用力 Q 。

答： $T = P \frac{l}{d+r}$ ， $Q = P \frac{r}{d+r}$ 。

2.22 均质球重 10 N ，由两根绳子 AB 和 CD 维持平衡。两根绳子位于同一铅垂面内，彼此间组成夹角 150° 。绳子 AB 对水平面的倾斜角为 45° 。求两绳子的张力。

答： $T_B = 19.3\text{ N}$ ， $T_C = 14.1\text{ N}$ 。



题 2.22 图

2.23 锅炉搁置在石砌的灶上，其半径 $R = 1\text{ m}$ ，重量 $P = 40\text{ kN}$ 并沿纵轴均匀分布。灶的两墙间距离为 $l = 1.6\text{ m}$ 。不计摩擦，求锅炉在 A 点与 B 点处对灶墙的压力。