

中学物理解题大全

· 力学卷 ·

朱国祥 施 纯 石斯智 陈心田

张 越 林凤生 年绪明 编

陈泰年 王溢然 审

上海科学技术出版社

中学物理解题大全

· 力学卷 ·

朱国祥 施 纯 石斯智 陈心田

张 越 林凤生 年绪明 编

陈泰年 王溢然 审

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海东方印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 19.5 字数 434,000

1989年1月第1版 1989年1月第1次印刷

印数 1-5,000

ISBN 7-5323-0333-0/G·58

定价: 6.90元

出版说明

《中学物理解题大全》主要供各类中等学校及各地物理奥林匹克学校教师教学时使用，也可供物理爱好者及中等学校学生参考。

本大全按力学、热学和电学、光学和原子物理，分三卷出版。

编纂本大全时，贯彻如下原则：

(1) 力求选题面广、题型齐全、题目精当，注重题材的广泛性、代表性、典型性。尽可能筛选收录国内、外物理解题工具书和各种有关资料中的优秀物理命题，我国历届高等学校入学试题(包括副题)及近年来上海、广州等地高等学校入学试题，以及中等物理范围内传统的知名题。

(2) 从实际出发，立足物理教学大纲的精神，紧密联系现行物理课本，以期符合我国国情。

(3) 注重物理概念的运用，不搞数学游戏，重视培养独立思考、分析推理、严密论证以及运用理论知识解决实际问题的能力。

(4) 注意知识体系的科学性、题材归类的合理性，题目编排的次序按由浅入深，由简及繁的原则，逐步深入提高。

本卷由朱国祥、施纯、石斯智、陈心田、张越、林凤生、年绪明等同志编写，每章起首部分的重要公式表、概念辨析、解题规律由石斯智统一编写，王溢然、石斯智同志统稿并计算核对，陈泰年、王溢然同志审阅定稿。

凡 例

1. 本卷共分七章,收录力学题目 856 道。

2. 题目按本学科传统知识体系的章节编序,每节所收的题目按题型分类,题型出现的先后是:选择题、说理题、计算题、论证题。

3. 在各章开头都有重要公式表、概念辨析、解题规律等栏目,提供解题或证题所需要的物理定律、法则、公式等知识提要,作为解题的依据。

4. 对典型题或较难的题目,以[分析]的形式提示解题的关键和基本思考方法;另以[说明]的形式总结有关解题规律,分析常见的错误。

5. 题目解答一般是一题一解,注重物理概念的运用,部分题目有其他较好解法的,则一题多解。本书中已收录题目的结论,在其他题目引用时,一般不再重复。

6. 本卷涉及的力学知识,基本上按照现行中等学校教学大纲的要求。超出大纲要求的知识以及部分难度较高的题目,不超过总题数的 8%,可供教师参考。

7. 因物理实验题另有专章,本卷不收力学实验题。

目 录

第一章 力 物体的平衡.....施 纯 (1)

§ 1. 力的基本概念(1~44 题) (6)

§ 2. 在共点力作用下物体的平衡(45~91 题) (33)

§ 3. 有固定转动轴的物体的平衡(92~149 题) (69)

第二章 直线运动.....林凤生 (108)

§ 1. 基本概念 匀速直线运动(1~18 题) (112)

§ 2. 变速直线运动 匀变速直线运动(19~69 题) (122)

§ 3. 匀变速直线运动的两个特例

——自由落体运动和竖直上抛运动(70~104 题) (158)

第三章 运动定律.....石斯智 陈心田 (178)

§ 1. 牛顿第一、第二定律(1~17 题) (181)

§ 2. 牛顿运动定律的应用(18~88 题) (188)

§ 3. 牛顿运动定律的应用(续)(89~128 题) (237)

第四章 曲线运动 万有引力.....陈心田 林凤生 (273)

§ 1. 基本概念 运动的合成和分解(1~18 题) (279)

§ 2. 平抛运动和斜抛运动(19~49 题) (292)

§ 3. 圆周运动(50~87 题) (317)

§ 4. 万有引力定律(88~120 题) (344)

第五章 机械能.....牟绪明 (361)

§ 1. 功和功率(1~46 题) (335)

§ 2. 动能 动能定理(47~73 题) (394)

§ 3. 重力做功的特点 动能定理(续)(74~92 题) (410)

§ 4. 势能 机械能守恒(93~134 题) (422)

§ 5. 功和能(135~147 题)	(450)
第六章 动量	张 越 (459)
§ 1. 动量 冲量 动量定理(1~39 题)	(463)
§ 2. 动量守恒定律(40~73 题)	(484)
§ 3. 碰撞(74~109 题)	(515)
第七章 机械振动和机械波	朱国祥 (549)
§ 1. 机械振动(1~59 题)	(552)
§ 2. 机械波(60~87 题)	(591)
§ 3. 声音的初步知识(88~101 题)	(606)
附录 量纲	孙正铨 (613)

第一章 力 物体的平衡

重要公式表

名 称	公 式	使用范围或 注 意 事 项	符 号 说 明
胡克定律	$f=kx$	弹簧的形变在弹性限度内	f ——弹簧弹力(牛顿) k ——弹簧倔强系数(牛顿/米) x ——弹簧伸长(或缩短)的长度(米)
静摩擦力	$0 \leq f \leq f_m = \mu_0 N$	两个相互接触物体,有相对运动趋势	f ——静摩擦力(牛顿) f_m ——最大静摩擦力(牛顿) μ_0 ——静摩擦系数 N ——接触面之间压力(牛顿)
滑动摩擦力	$f = \mu N$	两个相互接触物体有相对滑动	f ——滑动摩擦力(牛顿) μ ——滑动摩擦系数 N ——接触面之间压力(牛顿)
牛顿第三定律	$F_1 = -F_2$	宏观物体的低速运动	F_1 ——物体受到的作用力(牛顿) F_2 ——施力物体受到的反作用力(牛顿)
共点力的合力	$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$ $\operatorname{tg}\phi = \frac{F_2\sin\theta}{F_1 + F_2\cos\theta}$	F_1, F_2 作用于物体的同一点, 或它们的作用线交于同一点	F_1, F_2 ——作用于物体上的共点力(牛顿) F —— F_1, F_2 的合力(牛顿) θ ——力 F_1, F_2 之间的夹角(弧度) ϕ ——合力 F 与 F_2 之间的夹角(弧度)

(续表)

名 称	公 式	使用范围或 注意 事项	符 号 说 明
力 矩	$M=FL$	先确定转动轴	L ——力 F 对转动轴的力臂(米) M ——力 F 对转动轴的力矩(牛顿·米)
物体平衡 条件	$F_{\text{合}}=0$ (或 $\sum_i F_i=0$)*	物体受共点力作用	$F_{\text{合}}$ ——物体受到的共点力的合力(牛顿) F_i ——物体受到的第 i 个力(牛顿)
	$M'_1 + M'_2 + \dots$ $= M''_1 + M''_2 + \dots$ (或 $\sum_i M_i=0$ $M_{\text{合}}=0$)	物体有固定转动轴	$M'_1, M'_2, \dots$ ——使物体顺时针方向转动的力矩的大小(牛顿·米) $M''_1, M''_2, \dots$ ——使物体反时针方向转动的力矩的大小(牛顿·米)
	$\sum_i F_i=0$ $M'_1 + M'_2 + \dots$ $= M''_1 + M''_2 + \dots$ (或 $\sum_i M_i=0$ $M_{\text{合}}=0$)	物体所受 力在同一平面上	M_i ——第 i 个力的力矩的代数值(使物体反时针方向转动为正, 顺时针方向转动为负)(牛顿·米) $M_{\text{合}}$ ——合力矩(牛顿·米)

* $\sum$ 为求和符号, 如: $F_1 + F_2 + \dots + F_i + \dots + F_n$ 可记为 $\sum_{i=1}^n F_i$.

概念辨析

1. 标量和矢量

(1) 标量是只有大小没有方向的量, 两个同类标量只要数值和单位相同就相等。矢量既有大小又有方向。两个同类矢量大小相等但方向不同, 这两个矢量就不相等。

(2) 同类标量只要单位相同就可代数加减法运算,而矢量的合成和分解遵守平行四边形法则。如果被运算的矢量在一条直线上,在规定了一个正方向后,可以用正负号表示矢量的方向,它们的运算可以简化为代数运算。

2. 重力和弹力

(1) 重力是物体由于地球吸引而受到的力。弹力是发生形变的物体,由于要恢复原状,对跟它接触的物体产生的力。

(2) 由关系式 $G = mg$ 可知,重力 G 的大小跟物体的质量 m 和重力加速度 g 有关。弹力的大小与物体的形变有关,它随外力的变化而变化,实际中常遇到的弹力(如支持面的支持力和绳的拉力)的大小一般事先不能确定,是待求的,不能认为支持力、拉力的大小总等于重力的大小。

(3) 重力的方向总是竖直向下,支持力的方向总是垂直于支持面并指向被支持物体,绳的拉力的方向总是沿绳并指向绳收缩的方向。

3. 静摩擦力和滑动摩擦力

(1) 发生静摩擦的两个物体相对静止,静摩擦力的方向跟物体相对运动趋势的方向相反(设想失去摩擦时物体将沿哪个方向发生相对运动,这个方向就是实际有摩擦时,物体相对运动趋势的方向)。发生滑动摩擦的两个物体有相对运动,滑动摩擦力的方向与相对运动方向相反。

必须注意摩擦力的方向不一定与物体实际运动的方向相反。

(2) 静摩擦力的大小在零和最大静摩擦力 f_m 之间,它由物体受力情况和运动状态决定。静摩擦力的大小通常可以由物体平衡条件或其他物理规律(如牛顿第二定律,详见第三章)求出。只有最大静摩擦力 f_m 的大小,才可由式 $f_m = \mu_0 N$ 算

出, 式中 μ_0 为静摩擦系数, N 为接触面之间的压力。

滑动摩擦力的大小 f 可由式 $f = \mu N$ 求出, 式中 μ 为滑动摩擦系数。

μ_0 与 μ 与物体的材料、接触面的粗糙程度有关。

4. 静止和平衡

保持静止的物体是处于平衡状态, 但保持平衡状态的物体可能静止, 也可能做匀速直线运动或匀速转动。

5. 一对作用力、反作用力和一对平衡力

(1) 一对平衡力是作用在同一个物体上的。一对作用力反作用力是物体间的相互作用, 它们分别作用在不同的物体上, 根本不存在相互平衡的问题。

(2) 一对平衡力可以是两个性质不同的力(如一个是重力另一个是弹力)。一对作用力反作用力是同一种性质的力(如两个都是弹力或两个都是摩擦力)。

(3) 一对作用反作用力必同时产生、同时存在、同时消失。一对平衡力没有这样的依存关系。

解 题 规 律

1. 物体受力情况分析

(1) 解题步骤: 明确研究对象→分析物体受其它物体作用的情况和物体的运动状态→结合有关规律(胡克定律、摩擦力定律、平衡条件等)确定物体受几个力, 这些力的性质、大小、方向如何。

(2) 注意事项

① 分析物体受力情况时一定要明确被研究对象, 并把它从周围物体中隔离出来。

② 注意研究对象的周围, 哪些物体对它施加力, 是什么

性质的力,力的大小和方向。

不要无中生有,任意添加多余的力。研究对象对其它物体的作用力一般不要画到物体受力图上。

不要遗漏某些物体施加的力。一般先考虑重力,根据跟哪些物体接触并有无形变来判定弹力的有无和方向,再根据对这些与它接触的物体有否相对运动(或相对运动趋势)判定摩擦力的有无和方向。

③ 由运动状态确定物体的受力情况是力学中常见的一类问题。例如物体做变速运动,则由此可知作用于物体上的合力不等于零。因此必须重视物体运动状态的分析。

2. 受共点力作用的物体的平衡

(1) 解题步骤: 确定作为研究对象的平衡物体→分析对象的受力情况→应用平衡条件。

(2) 注意事项

① 如果平衡物体受三个力,则其中两个力的合力跟另外一个力一定大小相等、方向相反。解题时要善于运用这个结论。

② 当物体受两个以上不在一直线上的力作用时,可以把力沿两个垂直的方向分解,然后分别在这两个方向上应用平衡条件。

3. 有固定转动轴的物体的平衡

(1) 解题步骤: 明确研究对象和转动轴→分析研究对象除转动轴处以外所受的力,以及这些力对转动轴的力臂、力矩的方向和大小→应用平衡条件。

(2) 注意事项

① 要正确计算力矩,注意不要把力臂理解为转动轴到力的作用点的连线的长度。

② 当力的作用线通过转动轴或平行于转动轴时,力矩等于零,因此在讨论有固定转动轴物体的平衡时,可以不必分析转动轴处的作用力的情况。

§ 1. 力的基本概念

【选择题】

1. 物体因形变而产生的弹力,它的方向

① 总是与重力的方向相同; ② 总是竖直向下; ③ 总是与使物体发生形变的外力方向相反; ④ 总是与形变方向相同。

〔分析〕 杆(或绳)发生拉伸形变时的弹力总是沿着杆(或绳)并指向杆收缩的方向,支持面(或杆)受到挤压时因形变产生的弹力总是垂直支持面并指向被支持物的方向,显然,弹力的方向和重力的方向没有联系。弹力和使物体产生形变(因而产生弹力)的外力是一对作用力和反作用力,因而它们的方向必然相反。

〔答〕 ③。

2. 下面的叙述,正确的是

① 支持物受到的压力和绳受到的拉力从力的效果来看不是同一类力,但从力的性质来看却是同一类力; ② 一个物体受到力的作用时,不一定存在施力物体; ③ 在弹性限度内,弹性物体的形变越大,弹力也越大,形变消失,弹力也消失; ④ 只要物体与物体间存在着相互作用,不论两个物体是否接触,它们之间总有弹力存在。

〔分析〕 压力和拉力都是由于物体形变而产生的力,所以都是弹力,因此从力的性质来看是属于同一类力,①正确。根据胡克定律,弹力和形变成正比,如果形变消失则弹力也消失,③正确。力是物体之间

的相互作用,但只有两个物体相互接触时才可能产生弹力,④错。

【答】①、③。

3. 放在水平桌面上的物体受到的弹力

① 即是重力;② 是重力的反作用力;③ 是由于物体本身的形变而产生的;④ 是由于桌面的形变而产生的。

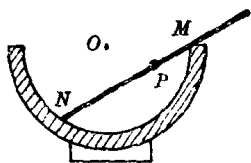
【分析】物体受到的弹力是由于物体压紧桌面,使桌面发生形变而产生的。显然,这个弹力既不是重力,也不是重力的反作用力。物体的形变产生的弹力作用在桌面上,而不是物体上。

【答】④。

4. 一根长为 L 的均匀光滑棒,重量为 G ,重心位于 P 点放在半径为 R 的半球形的光滑碗内,

如右图所示。已知 $R < \frac{L}{2} < 2R$, 如 O

为碗的球心,碗壁 N 点对棒的弹力为 F_N ,那么,弹力 F_N 的方向是



① 指向碗的球心 O ;② 沿棒的轴线斜向上;③ 与棒垂直;④ 有具体方向,但要根据 G 、 R 、和 L 的具体情况才能确定。

【分析】碗壁光滑,对棒没有摩擦。碗壁在 N 点对棒的支持力(弹力) F_N 的方向一定和碗壁垂直,即与过 N 点的球面垂直,方向指向碗的球心 O 。

【答】①。

5. 在测力计(弹簧秤)两端各拴一绳,两人都用100牛顿的力各拉一绳,这时测力计的读数 F_1 和测力计所受的合力 F_2 分别是

① $F_1=100$ 牛顿, $F_2=200$ 牛顿; ② $F_1=100$ 牛顿, $F_2=0$; ③ $F_1=200$ 牛顿, $F_2=200$ 牛顿; ④ $F_1=200$ 牛顿,

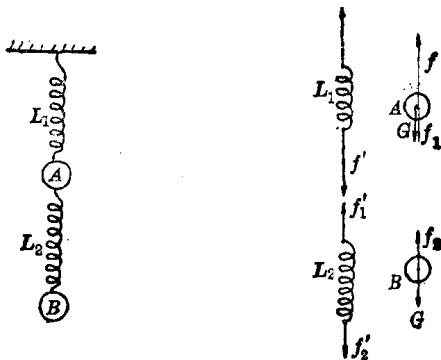
$F_2=0$ 。(1979年全国高考副题)

【分析】 弹簧秤只有两端受力时,弹簧才会被拉长,才有读数显示出来。这读数也就是一端拉力的大小,而整个秤所受合力为零。

【答】 ②。

6. 如下图所示, L_1 和 L_2 是两根完全相同的轻弹簧倔强系数均为 k , 两个小球 A 和 B 重量均为 G , 在平衡时, 两个弹簧伸长之和应为

- ① G/k ; ② $2G/k$; ③ $3G/k$; ④ $4G/k$ 。



【分析】 小球 B 受重力 G 和弹簧弹力 f_2 作用, 由于处于平衡状态, 因此 $f_2=G$ 。弹簧 L_2 受小球 A 和 B 的拉力 f'_1 , f'_2 的作用, 也处于平衡状态, 由于 f_2 和 f'_2 是一对作用力和反作用力, 故 $f_2=f'_2$, 根据胡克定律, L_2 的伸长 $x_2=\frac{f'_2}{k}=\frac{G}{k}$ 。小球 A 受重力 G , 弹簧 L_1 、 L_2 的弹力 f 、 f_1 的作用, 由平衡条件得 $f=G+f_1=2G$ 。而弹簧 L_1 所受小球 A 的拉力 f' 与 f 也为一对作用力和反作用力, 因此 $f'=2G$ 。弹簧 L_1 在 f' 的作用下伸长 $x_1=\frac{f'}{k}=\frac{2G}{k}$ 。两弹簧伸长之和 $x=x_1+x_2=\frac{3G}{k}$ 。

【答】 ③。

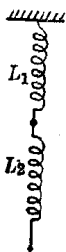
【说明】 在分析一个物体的受力情况时, 必须把物体从周围物体

中隔离出来,分析周围有哪些物体对它施加力的作用,必须注意,没有施力物体的力是不存在的。

✓(7) 弹簧 L_1 的倔强系数为 k_1 , 弹簧 L_2 的倔强系数为 k_2 , 将它们串联后作为一根弹簧, 它的倔强系数为

$$\textcircled{1} \quad k = k_1 + k_2; \quad \textcircled{2} \quad k = k_1 - k_2; \quad \textcircled{3} \quad k = \frac{k_1 + k_2}{2};$$

$$\textcircled{4} \quad k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}.$$



【分析】如在弹簧 L_2 的下端施加一个向下的拉力 F , 当它们平衡时, 每根弹簧两端的拉力均为 F , 则弹簧 L_1 伸长 $x_1 = \frac{F}{k_1}$, 弹簧 L_2 伸长 $x_2 = \frac{F}{k_2}$, 两根弹簧的总伸长 $x = x_1 + x_2$. 设两根弹簧串联后的倔强系数为 k , 根据胡克定律有

$$F = kx = k\left(\frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2}\right),$$

由此得

$$k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}.$$

【答】④。

8/ 在下面一些论述中, 哪些是错误的?

① 由 $f = \mu N$, 得 $\mu = f/N$. 所以滑动摩擦系数 μ 是由滑动摩擦力 f 和压力 N 的大小所决定的; ② 由 $F = kx$, 得 $k = F/x$, 所以在弹簧的弹性限度内, 使物体发生形变的外力 F 一定时, 倔强系数 k 和弹簧伸长的长度 x 成反比; ③ 弹簧的倔强系数和弹簧的长度、材料、弹簧丝的粗细有关; ④ 摩擦力一定是阻碍物体运动的, 方向一定和物体运动方向相反。

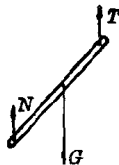
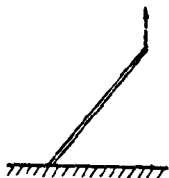
【分析】滑动摩擦系数 μ 决定于两个物体接触面的材料特性及表面粗糙程度, 不是由 f 和 N 决定的。但可以通过 f/N 之值来量度, ①错。弹簧的倔强系数 k 决定于弹簧的长度、材料和弹簧丝的粗细。因而

不能说 k 与弹簧伸长的长度 x 成反比, ② 错。③ 正确。摩擦发生在两个相互接触的物体之间有相对运动或有相对运动趋势时, 摩擦力的方向总是跟物体的相对运动的方向或相对运动趋势的方向相反。但是跟物体相对地面的运动方向不一定相反。④ 错。

[答] ①、②、④。

9. 粗细均匀直铁棒, 下端置于粗糙的水平地面上, 上端用线拴着并被提起, 线保持竖直方向, 如下左图。铁棒处于静止状态, 铁棒下端受到的摩擦力

① 不为零, 方向向左; ② 不为零, 方向向右; ③ 不为零, 方向无法判断; ④ 为零。



[分析] 铁棒受重力 G , 绳子的张力 T 及地面的支持力 N 的作用, 如上右图。由于这些力均是竖直方向的, 因此棒沿水平方向没有滑动趋势, 所以棒与地面之间不存在摩擦。

[答] ④。

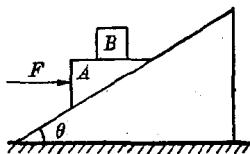
10. 放在汽车车厢水平底板上的物体随汽车一起做匀速直线运动, 则下列说法中, 正确的是

① 物体在水平方向上一定受到一个向前的力的作用; ② 物体在水平方向上一定受到一对平衡力的作用; ③ 物体在水平方向上不受任何力; ④ 物体在水平方向上受静摩擦力的作用。

[分析] 如果物体在水平方向上受力, 则这个力只能是车厢底板给物体的静摩擦力。但是由于物体随车厢一起做匀速直线运动, 它们之间没有相对运动趋势, 因此, 没有静摩擦力。

【答】 ③。

11. 如右图所示,重量分别为 G_A 、 G_B 的物体 A 和 B ,迭放在一起,并放在倾角为 θ 的斜面上,如两个物体间的滑动和静摩擦系数分别为 μ 、 μ_0 ,现用一水平力 F 推 A 使两个物体匀速沿斜面上升,则这时两个物体间的摩擦力为

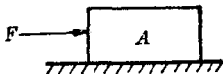


- ① 滑动摩擦力,大小为 μG_A ; ② 静摩擦力,大小为 $\mu_0 G_B$;
③ 静摩擦力为零; ④ 要知道物体沿斜面上升的速度,才能算出两个物体间的摩擦力。

【分析】 A 对 B 的支持力和重力 G_B 是一对平衡力。由于 B 在水平方向上没有受到外力, B 和 A 一起匀速上升,它们之间没有相对运动趋势,因此 B 和 A 之间无摩擦力。

【答】 ③。

12. 在水平桌面上放置一质量 $m = 10$ 千克的物体 A , A 与桌面间的静摩擦系数 $\mu_0 = 0.20$, 有一大小 $F = 15$ 牛顿的恒力沿水平方向作用在 A 上,如果 A 相对桌面保持静止,则桌面施于 A 的摩擦力的大小等于



- ① 0; ② 19.6 牛顿; ③ 2 牛顿; ④ 98 牛顿; ⑤ 15 牛顿。(1981 年全国高考副题)

【分析】 木块在水平方向受两个力:推力 F , 方向向右; 静摩擦力 f , 方向向左。由于木块处于平衡状态,水平方向合力应为零,因此静摩擦力为 15 牛顿。

【答】 ⑤。

【说明】 静摩擦系数 $\mu_0 = \frac{\text{最大静摩擦力 } f_m}{\text{正压力 } N}$ 。静摩擦力可以在零到最大静摩擦力之间变化,只有最大静摩擦力才可以用 $f_m = \mu_0 N$ 来计