

工科大学物理习题与选解

许丽敏 朱祖莹 李雯里 编

华东化工学院出版社

责任编辑 范 荷 英

责任校对 黄 黎 峥

工科大学物理习题与选解

Gongke Daxue Wuli Xiti yu Xuanjie

许丽敏 朱祖萱 李燮里 编

华东化工学院出版社出版

(上海市梅陇路136号)

新华书店上海发行所发行

华东化工学院印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 11.875 字数 266 千字

1989 年 2 月第 1 版

1989 年 2 月第 1 次印刷

印数 1—9000 册

ISBN 7 5628-0018-9/O·3

定价: 2.35 元

内 容 简 介

本书是根据国家教委物理课程指导委员会制订的“教学基本要求”的精神,配合工科大学物理理论课教学而编写的习题集。内容包括力学、气体分子运动论、热力学基础、静电场、稳恒电流的磁场、电磁感应、机械振动、机械波、波动光学、近代物理基础等。

本书的习题着重于基本概念的理解和掌握,并力求典型、精炼。全书题型较多,有选择题、填空题、计算题和复习思考题。习题之间有一定的融合和联系,有利于学生拓宽思路、活跃思想,深入讨论、融会贯通、培养逻辑思维和综合分析能力、学会熟练地运用数学工具。对于每一部分内容都有典型习题的解题参考,并对解题思路的关键作简单的分析,便于学生复习时归纳总结,以适应不同的教学层次。所以本书不仅可作为工科高等学校学生教学用书,还可作为其他非物理类夜大、业余工大及成人自学考试物理课程的参考书。

前 言

在大学物理教学过程中，做习题是一个重要的环节，学生通过做习题可以复习、巩固所学的知识，加深对教学内容的理解，培养分析和解决实际问题的能力。随着教学改革的深入发展，很多高等工业学校正在逐步实行学分制和选课制，以提高学生学习的积极性和主动性。为了适应教学改革的形势，作者在原《普通物理习题集》讲义的基础上，按照国家教委物理课程指导委员会制定的《大学物理教学基本要求》的精神作了修改和充实。

本书在编写时，注意到以下几点：

1. 根据工科学生的特点，兼顾到知识和能力的培养两个方面。着重对基本概念的理解和掌握，在习题之间有一定的融合和联系，能激发学生去深一层地思考，培养学生逻辑思维和综合分析的能力，并能熟练地运用数学工具。

2. 习题类型多样化，有选择题、填充题、计算题和复习思考题。使习题形式显得灵活多变，富有思考性，也有利于讨论。

3. 编写的习题有难有易，使各个教学层次都有选择的余地。同时，选编的习题力求典型、精炼，使学生做练习时能提高效率。

4. 每章习题中选择若干典型题目作为示范解题的例子，在选解中着重指导解题的思路，并在每个选解后作一小结，指出解题的关键。

本书由周昌寿教授审阅。在编写中得到了华东化工学院物理系大学物理教研组教师热情的支持和帮助，谨此表示衷心感谢。

限于编者水平，加之编校时间仓促，编校中难免有些错误和缺点，敬请读者指正。

编 者

1988年8月

目 录

力 学 部 分

1 质点运动学	(1)
2 牛顿定律	(11)
3 功和能	(21)
4 冲量和动量	(30)
5 刚体的定轴转动	(40)
力学部分选解	(53)

热 学 部 分

6 气体分子运动论	(93)
7 热力学	(103)
热学部分选解	(115)

电 磁 学 部 分

8 真空中的静电场	(130)
9 静电场中的导体和电介质	(143)
10 稳恒电流的磁场	(159)
11 电磁感应	(177)
电磁学部分选解	(19)

机械振动与机械波部分

12 机械振动	(222)
13 机械波	(236)

机械振动与机械波部分选解·····	(247)
-------------------	-------

波动光学部分

14 光的干涉·····	(259)
15 光的衍射·····	(271)
16 光的偏振·····	(278)
波动光学部分选解·····	(286)

近代物理部分

17 狭义相对论基础·····	(304)
18 量子物理基础·····	(311)
近代物理选解·····	(318)
附录：习题参考答案·····	(332)

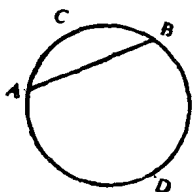
力学部分

1 质点运动学

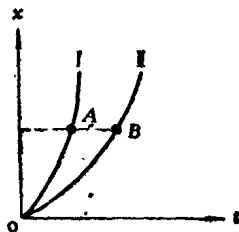
1.1 选择题

(1.1.1) 一质点沿 $\overline{AB}$, $\widehat{ACB}$, $\widehat{ADB}$ 不同的路径从 A 到 B , 如图所示, 若经历的时间完全相同, 则正确的说法是:
(D)。

- (1) 无论沿哪一条路径从 A 到 B 的平均速度一定相同。
- (2) 沿圆弧 $\widehat{ADB}$ 运动的平均速度最大。
- (3) 沿直线 $\overline{AB}$ 运动的平均速度最小。
- (4) 沿三条不同路径运动的平均加速度一定不同。



题 1.1.1 图



题 1.1.2 图

(1.1.2) 图中的抛物线 I 和 II 分别代表两个质点沿 x 轴运动的 $x-t$ 图线, 由图判别出正确的说法是: (D)。

$$(1) a_A > a_B, \quad v_A > v_B.$$

$$(2) a_A > a_B, \quad v_A < v_B.$$

$$(3) a_A < a_B, \quad v_A > v_B.$$

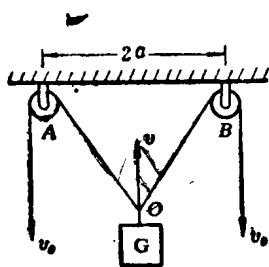
$$(4) a_A < a_B, \quad v_A < v_B.$$

✓ (1.1.3) 一质点作直线运动，其运动方程为 $x = t^2 - 4t + 2$ (式中， t 的单位为 s ， x 的单位为 m)，则质点在前 $5s$ 内通过的路程和平均速度分别为：(13 m, 1 m/s)。

$$(1) 13 m, 1 m/s. \quad (2) 5 m, 1 m/s.$$

$$(3) 13 m, 3 m/s. \quad (4) 5 m, 3 m/s.$$

(1.1.4) 一根不可伸长的绳子绕过两个相同的定滑轮，



题 1.1.4 图

两滑轮的间距 $AB = 2a$ 。在绳的中点 O 挂一重物 G ，若用相同的速率 v_0 拉绳的两端，使重物沿 AB 的垂直平分线上升。设重物上升的速度为 v ，则正确的关系式为：(3)。

$$(1) v < v_0.$$

$$(2) v = v_0.$$

$$(3) v > v_0.$$

如拉绳的速度 v_0 为匀速：则重物 G 上升的运动是：

(1)。

$$(1) \text{加速运动}.$$

$$(2) \text{减速运动}.$$

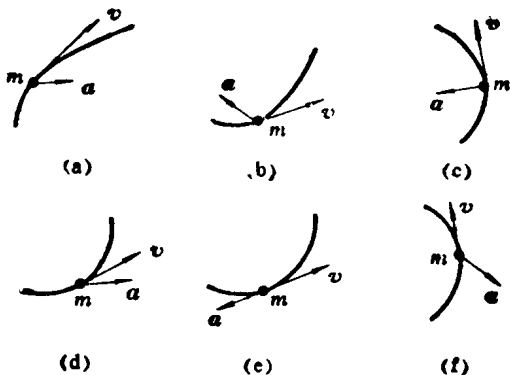
$$(3) \text{匀速运动}.$$

$$(4) \text{匀加速运动}.$$

(1.1.5) 质点 m 作曲线运动，其速度 v 和加速度 a 如图所示，这些图形中可能发生的情况是：(1, 3, 4)。

(1.1.6) 对于斜抛运动，正确的说法是：(1, 4)。

(1) 在最高点，物体的切向加速度为零。



题 1.1.5 图

(2) 在最高点，物体的速度为零。

(3) 在起抛点，物体的速度最大，因此在该点物体的法向加速度也最大。

(4) 如果起抛点和落地点在同一水平面上，则抛射角为 $45^\circ + \alpha$ 和 $45^\circ - \alpha$ 时，射程相同。

(1.1.7) 一质点运动的位置矢量为 r ，速度矢量为 v ，则，瞬时速率是：(v)。

切向加速度的大小是：($\frac{dv}{dt}$)。

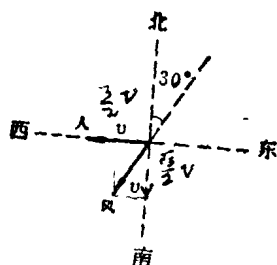
总加速度的大小是：($\sqrt{(\frac{dv}{dt})^2 + (\frac{v^2}{r})^2}$)。

(1) $\frac{dr}{dt}$ 。 (2) $\left| \frac{dr}{dt} \right|$ 。 (3) $\frac{dr}{dt}$ 。 (4) $\frac{dv}{dt}$ 。

(5) $\left| \frac{dv}{dt} \right|$ 。 (6) $\frac{dv}{dt}$ 。

✓ (1.1.8) 某人骑自行车以速率 v 向西行驶，风以相同的速率从北偏东 30° 方向吹来，人感到风吹来的方向是：(北偏东 30°)。

- (1) 北偏东 30° 。
- (2) 北偏西 30° 。
- (3) 西偏南 30° 。
- (4) 南偏东 30° 。

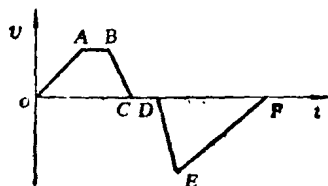


题 1.1.8 图

1.2 填充题

(1.2.1) 一质点作直线运

动, $v-t$ 曲线如图, 在图中各线段分别表示的运动如下:



题 1.2.1 图

oA 表示_____。

AB 表示_____。

BC 表示_____。

CD 表示_____。

DE 表示_____。

EF 表示_____。

(1.2.2) 一质点 P 从 o 点

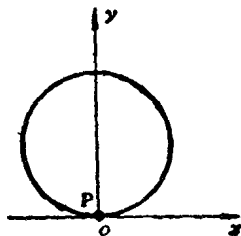
出发, 以匀速率 v 作顺时针转向的圆周运动, 圆的半径为 R , 当它走过 $2/3$ 圆周时, 质点 P 的位移大小为_____, 方向为_____; 走过的路程为_____, 这段时间的平均速度大小是_____, 方向_____

_____; 在该点瞬时速度大小为_____ , 方向_____。

(1.2.3) 一质点的运动方程为

$$\mathbf{r} = i + 4t^2j + tk,$$

(式中, $\mathbf{r}$ 的单位为 m , t 的单位为 s), 其速度表示式为_____, 加速度表示式为_____, 质点的运



题 1.2.2 图

动轨迹为_____，质点初速度大小为_____，方向为_____。

(1.2.4) 有一石块以初速度 v_0 与水平方向成 α 的仰角抛出，在点 M 处它的速度 v 与水平方向成 θ 角，如果空气阻力不计，则石块在点 M 处速度大小为_____，切向加速度大小为_____，法向加速度大小为_____，抛物线在该点的曲率半径为_____。

(1.2.5) 在倾角为 θ 的斜面的底端处 O 点，以初速 v_0 抛出一物体， v_0 的方向与斜面的夹角为 β ，物体落在斜面的点 B ，如图所示，若要求距离 OB ，以图 a 、图 b 两种方式建立坐标，则对解题比较方便的是图_____。

如果按图 a 建立坐标，运动方程为_____；

如果按图 b 建立坐标，运动方程为_____。

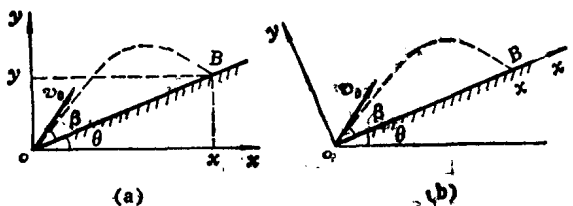


图 1.2.5

(1.2.6) 在半径为 R 的圆周上运动的质点，其速率与时间的关系为 $v = ct^2$ (式中 c 为常数)，则走过的路程与时间的关系为 $s =$ _____， t 时刻的切向速度 $a_t =$ _____，法向加速度 $a_n =$ _____。

(1.2.7) 以 $\vec{r}$ 和 $\vec{v}$ 表示某质点的位置矢量和速度矢量，当质点作下列运动时，在 $\frac{d\vec{r}}{dt}$ 、 $\left| \frac{d\vec{r}}{dt} \right|$ 、 $\frac{d\vec{v}}{dt}$ 、 $\frac{d|\vec{v}|}{dt}$ 四个量中，

选出不变量。

- (1) 匀速圆周运动时, _____是不变量;
- (2) 匀变速圆周运动时, _____是不变量。
- (3) 抛体运动时 _____是不变量。

(1.2.8) 一升降机高 H , 以匀加速度 a 上升, 当速度到达 v 时, 从顶上落下一螺丝钉, 则:

- (1) 螺丝钉相对地面作 _____ 运动,
- (2) 螺丝钉相对升降机作 _____ 运动,
- (3) 螺丝钉相对地面的加速度为 _____,
- (4) 螺丝钉相对升降机的加速度为 _____,
- (5) 螺丝钉落到升降机底板的时间为 _____。

1.3 计算题

(1.3.1) 一质点在 xoy 平面内运动, 运动方程为

$$x = 2t, y = 19 - 2t^2.$$

式中 x 、 y 以米(m)为单位, t 以秒(s)为单位。

- (1) 计算并图示质点的运动轨迹;
- (2) 写出 $t=1\text{ s}$ 、 $t=2\text{ s}$ 两时刻质点的位置矢量, 并计算在这一秒内质点的平均速度;
- (3) 计算 1 秒末的瞬时速度和瞬时加速度;
- (4) 在什么时刻, 质点的位置矢量与其速度矢量正好垂直? 这时, 它们的 x 、 y 分量各为多少?
- (5) 在什么时刻质点离原点最近? 并算出这一距离。

(1.3.2) 已知质点的运动方程为

$$x = 4 \cos^2 t, y = 3 \sin^2 t.$$

求: (1) 轨迹方程;

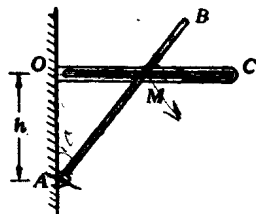
(2) 瞬时速度和瞬时加速度的大小与时间的关系。

(1.3.3) 一滑块以加速度 $a = -\pi^2 \sin \frac{\pi t}{2}$ 沿直线运动。

如果滑块初速度 $v_0 = 2\pi$ ，且以滑块中心与坐标原点相重合时作为起始位置。求滑块的运动方程。

(1.3.4) 一质点在平面上运动的加速度为 $a_x = -A \cos t$, $a_y = -B \sin t (A \neq B)$ 。初始条件为 $t=0$ 时, $v_{0x} = 0, v_{0y} = B$, $x_0 = A, y_0 = 0$ 。求质点的轨迹。

(1.3.5) 如图所示, 杆 AB 以等角速度 ω 绕 A 点转动, 并带动水平槽 OC 上的质点 M 运动, 设起始时刻杆在竖直位置, $OA = h$ 。



(1) 列出质点 M 沿水平槽 OC 的运动方程; $x = h \tan \omega t$

(2) 求质点 M 沿槽 OC 滑动的速度的大小。 $v = h \sec^2 \omega t \cdot \omega = \frac{h\omega}{\cos^2 \omega t}$

题 1.3.5 图

(1.3.6) 一质点沿半径为 R 的圆周按规律 $s = v_0 t - \frac{1}{2} b t^2$ 运动。 v_0 、 b 为常数, 求:

(1) t 时刻质点的总加速度矢量;

(2) t 为何值时总加速度在数值上等于 b ;

(3) 到加速度为 b 时, 质点沿圆周运动的圈数。

(1.3.7) 一质点沿半径为 0.1 m 的圆周运动, 其角位移用下式表示

$$\theta = 2 + 4t^3.$$

式中, θ 的单位为弧度(rad), t 的单位为秒(s), 问:

(1) 在 $t = 2 \text{ s}$ 时, 质点的法向和切向加速度各为多少?

(2) 当 θ 等于多少时, 其合加速度和半径成 45° 角?

✓ (1.3.8) 一质点沿曲线 $y^2 - 2ax - bx^2 = 0$ 运动, 速率为 v , 试求质点位于任一点 (x, y) 时, 速度沿 x 和 y 方向的分量。已知: a 、 b 和 v 均为常量。

✓ (1.3.9) 一辆小车以速度 v 沿水平方向作匀速直线运动时, 在车的正前方距车为 x_0 处的一个平台上自由落下一物体, 设平台的高为 h 。试列出车中观察者所看到的物体的轨迹方程。

(1.3.10) 火车静止时, 车窗上雨痕向前倾斜 θ_0 角, 火车以某一速度匀速前进时, 火车车窗上雨痕向后倾斜 θ_1 角, 火车加快以另一速度匀速前进时, 车窗上雨痕向后倾斜 θ_2 角, 求火车加快前后的速度之比。

✓ (1.3.11) 河宽为 d , 设靠近岸边的水流速度为零, 河流中间的水流速度为最大, 以 v_0 表示。若从岸边到河流中间, 水速是与离岸距离成正比地增加, 某船以不变的船速 u 垂直于水流方向离岸划去。如取水流方向为 x 轴, 划船方向为 y 轴, 以船的出发点为原点。求船从岸边划到河中间时经历的轨迹。

✓ (1.3.12) 在上题中, 如船划至距出发的岸边 $d/4$ 处立即掉头, 以速度 $u/2$ 垂直水流方向划回原岸, 试求返回原岸时的位置。

1.4 复习思考题

(1.4.1) 路程和位移有什么区别? 位置矢量和位移有什么区别?

(1.4.2) 质点的位置矢量方向不变, 质点是否一定作直线运动? 质点作直线运动, 其位置矢量是否一定保持方向不变?

(1.4.3) 物体在某一时刻开始运动，在 Δt 时间后，经任一路径回到出发点，此时速度的大小和开始时相同，但方向不同，试问在 Δt 时间内平均速度是否为零？平均加速度是否为零？

(1.4.4) 在曲线运动中， $|\Delta r|$ 与 Δr 是否相同？ $|\Delta v|$ 与 Δv 是否相同？

(1.4.5) 回答下列各问题：

(1) 运动物体可否具有零速度而仍在加速中？

(2) 运动物体可否具有恒定的速率而速度仍在改变？

(3) 运动物体可否具有恒定的速度而速率仍在改变？

(4) 运动物体可否具有向北的速度，同时具有向南的加速度？

(5) 运动物体可否具有恒定的加速度矢量，但速度大小，方向不断变化？

(1.4.6) 在速度变化时，法向加速度和切向加速度的作用是什么？

(1.4.7) 一质点作斜抛运动，切向加速度和法向加速度在何处最大？

(1.4.8) 质点在作匀加速圆周运动的过程中：

(1) 切向加速度的大小，方向是否改变？

(2) 法向加速度的大小，方向是否改变？

(1.4.9) 一质点以匀速率在 $x-y$ 平面中运动，其轨迹如图所示。试问该质点在哪个位置加速度最大？为什么？

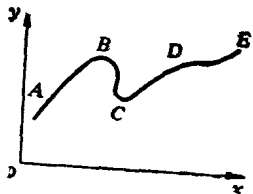


图 1.4.9

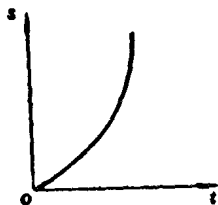
(1.4.10) $\left| \frac{dv}{dt} \right| = 0$ ，质点作什

么运动？

$\frac{dv}{dt} = 0$ ，质点作什么运动？这两种运动有区别吗？区别

在哪里？

(1.4.11) 已知质点运动的路程随时间变化的曲线为抛物线，如图所示，则该质点作什么运动？



题 1.4.11 图

(1.4.12) 在下雨时，有人坐在车内观察车外雨点的运动。试说明在下列情况中，他所观察到的结果。设雨点相对地面是匀速直线落下的。

- (1) 车是静止的；
- (2) 车以匀速率沿水平轨道直

线运动；

- (3) 车以匀加速度沿水平轨道运动；
- (4) 车以匀速率在水平面上作圆周运动。