

王坤 主 编
黄凯 周聪颖 付月丹 付涛 副主编

大学物理 习题集

清华大学出版社

王坤 主 编
黄凯 周聪颖 付月丹 付涛 副主编

大学物理 习题集



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书共 14 章：质点运动学、质点动力学、刚体的转动、静电场、静电场中的导体和电介质、稳恒磁场、电磁感应与电磁场、振动、波动、光学、气体动理论、热力学基础、狭义相对论、量子力学基础。

本书是根据《大学物理》教材中涉及的知识点，以判断、选择、填空、计算、思考共 5 种题型出现的习题集。

本书涉及的知识面比较广，可作为高等院校理工科各专业学生的教学参考用书。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

大学物理习题集/王坤主编. —北京：清华大学出版社，2018(2019.1重印)

ISBN 978-7-302-49535-2

I. ①大… II. ①王… III. ①物理学—高等学校—习题集 IV. ①O4-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 029414 号

责任编辑：佟丽霞

封面设计：常雪影

责任校对：刘玉霞

责任印制：李红英

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编：100084

社总机：010-62770175

邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈：010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：清华大学印刷厂

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×260mm

印 张：11.25

字 数：270 千字

版 次：2018 年 2 月第 1 版

印 次：2019 年 1 月第 2 次印刷

定 价：29.00 元

产品编号：078674-01

前 言

本书是为普通高等院校理工科各专业学生编写的配套参考用书,共 14 章:质点运动学、质点动力学、刚体的转动、静电场、静电场中的导体和电介质、稳恒磁场、电磁感应与电磁场、振动、波动、光学、气体动理论、热力学基础、狭义相对论、量子力学基础。

本书知识覆盖面比较广,题量适中,难易结合,题型多样化,包括判断、选择、填空、计算、思考共 5 种题型。

本书在成都理工大学工程技术学院教务处及系领导的指导和大力支持下,由大学物理团队组织编写,共同完成。参与编写工作的有黄凯、付涛(第 1 章),袁磊(第 2 章),颜瑜成(第 3 章),桂兵仪(第 4 章),邵欣(第 5 章),王相星、王曼星(第 6 章),曹中胜(第 7 章),韦涛、周聪颖(第 8 章),邓杨桦(第 9 章),董欢(第 10 章),付月丹(第 11 章),冉均均、赵永生(第 12 章),黄梅(第 13 章),李常杰(第 14 章)。参与整理工作的有:周聪颖(第 1 章),黄凯(第 2 章),付月丹(第 3 章),付涛(第 4 章),王坤(第 5~14 章)。全书由王坤审定并统稿。

在本书编写过程中参考了诸多相关教材,受益匪浅,在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中难免有遗漏或者错误之处,恳请读者批评指正,以期不断完善。

编 者

2017 年 11 月

目 录

第 1 章 质点运动学	1
第 2 章 质点动力学	11
第 3 章 刚体的转动	22
第 4 章 静电场	33
第 5 章 静电场中的导体和电介质	44
第 6 章 稳恒磁场	56
第 7 章 电磁感应与电磁场	68
第 8 章 振动	80
第 9 章 波动	92
第 10 章 光学	103
第 11 章 气体动理论	116
第 12 章 热力学基础	128
第 13 章 狭义相对论	140
第 14 章 量子力学基础	152
参考答案	164

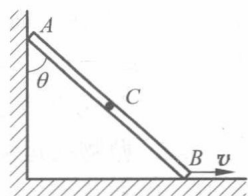
第 1 章 质点运动学

一、判断题

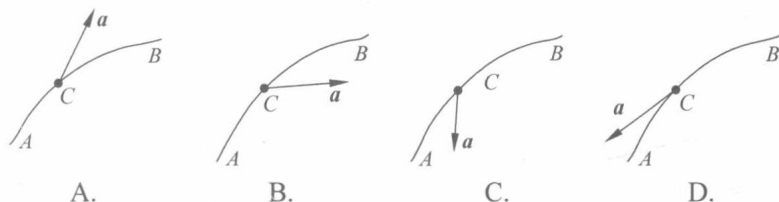
1. 质点所受合外力为零时,其速度也一定为零。 ()
2. 一个质点在作圆周运动时,切向加速度可能不变,法向加速度一定改变。 ()
3. 质点作圆周运动,加速度一定与速度垂直。 ()
4. 一飞轮以匀角速度转动,它边缘上一点无切向加速度,有法向加速度。 ()
5. 质点是忽略其大小和形状,具有空间位置和整个物体质量的点。 ()
6. 一物体可以具有沿 x 轴正方向的加速度和沿 x 轴负方向的速度。 ()
7. 质点作曲线运动时,必有加速度,切向加速度可以为零。 ()
8. 一物体具有恒定的速度,但仍有变化的速率。 ()
9. 质点作圆周运动时,速度方向一定指向切向,加速度方向一定指向圆心。 ()
10. 在作自由落体运动的升降机内,某人竖直上抛一弹性球,此人会观察到球匀速地上升,与顶板碰撞后匀速下落。 ()

二、选择题

1. 一质点沿 x 轴运动的规律是 $x = t^2 - 4t + 5$ (SI)。则前 3s 内它的 ()。
 - A. 位移和路程都是 3m
 - B. 位移和路程都是一 3m
 - C. 位移是一 3m,路程是 3m
 - D. 位移是一 3m,路程是 5m
2. 一细直杆 AB,竖直靠在墙壁上,B 端沿水平方向以速度 v 滑离墙壁,则当细杆运动到图示位置时,细杆中点 C 的速度 ()。
 - A. 大小为 $v/2$,方向与 B 端运动方向相同
 - B. 大小为 $v/2$,方向与 A 端运动方向相同
 - C. 大小为 $v/2$,方向沿杆身方向
 - D. 大小为 $v/(2\cos\theta)$,方向与水平方向成 θ 角
3. 质点沿轨道 AB 作曲线运动,速率逐渐减小,图中哪一种情况正确地表示了质点在 C 处的加速度? ()



题 2 图



题 3 图

4. 一质点的运动方程是 $\mathbf{r} = R\cos\omega t\mathbf{i} + R\sin\omega t\mathbf{j}$, R, ω 为正常数。从 $t = \pi/\omega$ 到 $t = 2\pi/\omega$ 时间内, 该质点的位移是()。

- A. $-2R\mathbf{i}$ B. $2R\mathbf{i}$ C. $-2\mathbf{j}$ D. 0

5. 一质点的运动方程是 $\mathbf{r} = R\cos\omega t\mathbf{i} + R\sin\omega t\mathbf{j}$, R, ω 为正常数。从 $t = \pi/\omega$ 到 $t = 2\pi/\omega$ 时间内, 该质点经过的路程是()。

- A. $2R$ B. πR C. 0 D. $\pi R\omega$

6. 下列说法正确的是()。

- A. 质点作圆周运动时的加速度指向圆心
B. 匀速圆周运动的加速度为常量
C. 只有法向加速度的运动一定是圆周运动
D. 只有切向加速度的运动一定是直线运动

7. 根据瞬时速度的定义及其坐标表示, 它的大小可表示为()。

- (1) $\frac{dr}{dt}$ (2) $\left|\frac{d\mathbf{r}}{dt}\right|$
(3) $\frac{ds}{dt}$ (4) $\left|\frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j} + \frac{dz}{dt}\mathbf{k}\right|$
(5) $\left[\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2\right]^{1/2}$

- A. 只有(1)、(4)正确 B. 只有(2)、(3)、(4)、(5)正确
C. 只有(2)、(3)正确 D. 全部正确

8. 一质点沿 x 轴作直线运动, 运动方程为 $x(t) = 5 + 3t^2 - t^3$ (SI), 则其运动情况是()。

- A. $0 < t < 1\text{s}$ 内, 质点沿 x 轴负向作加速运动
B. $1\text{s} < t < 2\text{s}$ 内, 质点沿 x 轴正向作减速运动
C. $t > 2\text{s}$ 时, 质点沿 x 轴正向作减速运动
D. 质点一直沿 x 轴正向作加速运动

9. 一质点在平面上运动, 已知质点位置矢量的表示式为 $\mathbf{r}(t) = (3t^2 + 2)\mathbf{i} + 6t^2\mathbf{j}$, 则该质点作()。

- A. 匀速直线运动 B. 变速直线运动
C. 抛物线运动 D. 一般曲线运动

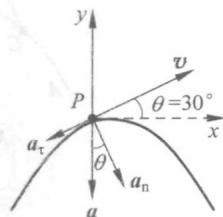
10. 以初速率 v_0 将一物体斜向上抛, 抛射角为 θ , 忽略空气阻力, 则物体飞行轨道最高点处的曲率半径是()。

- A. $v_0 \sin\theta/g$ B. v_0^2/g
C. $v_0^2 \cos^2\theta/g$ D. $v_0^2 \sin^2\theta/2g$

三、填空题

1. 一物体作如图所示的斜抛运动, 测得在轨道 P 点处速度大小为 v , 其方向与水平方向成 30° 角。则物体在 P 点的切向加速度 $a_\tau =$ _____, 轨道的曲率半径 $\rho =$ _____。

2. 一质点在 xy 平面内运动, 其运动学方程为 $\mathbf{r} = 2t\mathbf{i} + (2 - t^2)\mathbf{j}$, 其中 $\mathbf{r}, t$ 分别以米和秒为单位, 则从 $t = 1\text{s}$ 到 $t = 3\text{s}$ 质点的位移为



题 1 图

_____； $t=2\text{s}$ 时质点的加速度为_____；质点的轨迹方程是_____。

3. 一质点沿半径为 0.01m 的圆周运动，其运动方程为 $\theta=6t-2t^2$ (SI)。求：法向加速度与切向加速度大小恰好相等时的角位置 $\theta_1=$ _____。

4. 一质点作半径为 0.1m 的圆周运动，其用角坐标表示的运动学方程为 $\theta=2+4t^3$ ， θ 的单位为 rad ， t 的单位为 s 。问：当 $t=2\text{s}$ 时，质点的切向加速度为_____，法向加速度为_____； θ 等于_____ rad 时，质点的加速度和半径的夹角为 45° 。

5. 一质点沿 x 轴作直线运动，它的运动学方程是 $x(t)=5+3t^2-t^3$ (SI)，则质点在 $t=0$ 时刻的速度 $v_0=$ _____，加速度为零时，该质点的速度 $v=$ _____。

6. 一质点运动的加速度为 $\mathbf{a}=2t\mathbf{i}+3t^2\mathbf{j}$ ，初始速度与初始位移均为零，则该质点的运动方程为_____， 2s 时该质点的速度为_____。

7. 一质点从静止出发沿半径为 3m 的圆周运动，切向加速度大小为 3m/s^2 ，则经过_____ s 后它的总加速度恰好与半径成 45° 角。在此时间内质点经过的路程为_____ m ，角位移为_____ rad ，在 1s 末总加速度大小为_____ m/s^2 。

8. 一质点在空间三坐标上的运动方程分别为 $x=A\cos\omega t$ ， $y=A\sin\omega t$ ， $z=h\omega t/2\pi$ ，式中 A 、 h 、 ω 均为大于零的常数，则质点在 x 和 y 轴上的分运动是_____，在 z 轴上的分运动是_____，在 xy 平面内的运动轨迹为_____，在 x 、 y 、 z 空间内的运动轨迹为_____。

9. 一质点初始时从原点开始以速度 v_0 沿 x 轴正向运动，设运动过程中质点受到的加速度为 $a=-kx^2$ ，质点运动的最大距离为_____。

10. 一质点沿 x 轴运动，其速度与时间的关系为 $v=t^2+4$ ，式中 v 的单位为 m/s ， t 的单位为 s 。当 $t=3\text{s}$ 时，质点位于 $x=9\text{m}$ 处，则质点的位置与时间的关系为_____。

四、计算题

1. 一质点沿 y 轴作直线运动，其运动方程为 $y=5+24t-2t^3$ (SI)。求在计时开始的头 3s 内质点的位移、平均速度、平均加速度和所通过的路程。

2. 一质点沿半径为 R 的圆周按 $s = v_0 t - \frac{1}{2} b t^2$ 的规律运动, 其中 v_0 和 b 都是常数。求:

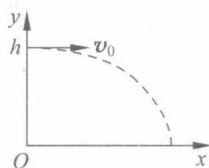
(1) 质点在 t 时刻的加速度; (2) t 为何值时, 加速度在数值上等于 b ; (3) 当加速度大小为 b 时质点已沿圆周运行了几圈?

3. 一质量为 m 的小球在高度 h 处以初速度 v_0 水平抛出, 求:

(1) 小球的运动方程;

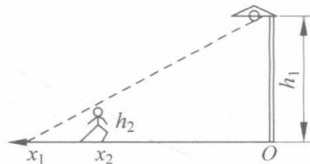
(2) 小球在落地之前的轨迹方程;

(3) 落地前瞬时小球的 $\frac{d\mathbf{r}}{dt}$, $\frac{d\mathbf{v}}{dt}$, $\frac{dv}{dt}$ 。



题 3 图

4. 路灯距地面的高度为 h_1 , 一身高为 h_2 的人在路灯下以匀速 v_1 沿直线行走。试证明人影的顶端作匀速运动, 并求其速度 v_2 。



题 4 图

5. 质点沿 x 轴正向运动, 加速度 $a = -kv$, k 为常数。设从原点出发时速度为 v_0 , 求运动方程 $x = x(t)$ 。

6. 质点在 xOy 平面内的运动方程为 $x = 3t$, $y = 2t^2 + 3$ 。求: (1) $t = 2\text{s}$ 时质点的位矢、速度和加速度; (2) 从 $t = 1\text{s}$ 到 $t = 2\text{s}$ 这段时间内, 质点位移的大小和方向; (3) $0 \sim 1\text{s}$ 和 $1 \sim 2\text{s}$ 两时间段, 质点的平均速度; (4) 写出轨道方程。

7. 一质点在 xOy 平面内运动, 初始时刻位于 $x = 1\text{m}$, $y = 2\text{m}$ 处, 它的速度为 $v_x = 10t$, $v_y = t^2$ 。试求 2s 时质点的位置矢量和加速度矢量。

8. 一质点具有恒定加速度 $\mathbf{a} = 6\mathbf{i} + 4\mathbf{j}$, 在 $t = 0$ 时, 其速度为零, 位置矢量 $\mathbf{r}_0 = 10\mathbf{i}$, 求:
(1) 任意时刻质点的速度和位置矢量; (2) 质点的轨道方程。

9. 一质点沿 x 轴运动, 其加速度 a 与位置坐标 x 的关系为 $a = 3 + 6x^2$, 若质点在原点处的速度为零, 试求其在任意位置处的速度。

10. 一小球由静止下落, 由于阻力作用, 其加速度 a 与速度 v 的关系为 $a = A - Bv$, 其中 A 和 B 为常数, 求 t 时刻小球的速度。

五、思考题

1. 若质点限于在平面上运动,试指出符合下列条件的各应是什么运动?

(1) $\frac{dr}{dt}=0, \frac{d\mathbf{r}}{dt}\neq 0$; (2) $\frac{dv}{dt}=0, \frac{d\mathbf{v}}{dt}\neq 0$; (3) $\frac{da}{dt}=0, \frac{d\mathbf{a}}{dt}=0$

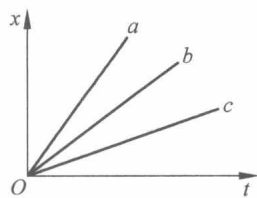
2. 一质点作斜抛运动,

(1) 用 t_1 代表落地时间,说明下面三个积分的意义: $\int_0^{t_1} v_x dt, \int_0^{t_1} v_y dt, \int_0^{t_1} v dt$;

(2) 用 A 和 B 代表抛出点和落地点位置,说明下面三个积分的意义: $\int_A^B d\mathbf{r}, \int_A^B |d\mathbf{r}|,$

$\int_A^B dr$ 。

3. 质点的 $x-t$ 关系如图,图中 a, b, c 三条线表示三个速度不同的运动.问它们属于什么类型的运动?哪一个速度大?哪一个速度小?



题3图

4. 结合 $v-t$ 图,说明平均加速度和瞬时加速度的几何意义。

5. 运动物体的加速度随时间减小,而速度随时间增大,是可能的吗?

6. 质点以 $v(t)$ 沿 x 轴运动, $\frac{dv}{dt}$ 是非零常数。当 $t=0$ 时, $v=0$; 当 $t>0$, $v \frac{dv}{dt}$ 将大于 0, 等于 0 还是小于 0?



7. 已知质点的运动方程为 $\mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j}$, 有人说其速度和加速度分别为

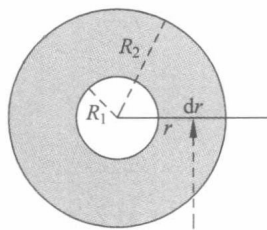
$$v = \frac{dr}{dt}, \quad a = \frac{d^2r}{dt^2}$$

其中 $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ 。你说对吗?

8. 一人站在地面上用枪瞄准悬挂在树上的木偶。当扣动扳机子弹从枪口射出时, 木偶正好由静止自由下落。试说明为什么子弹总可以射中木偶?

9. 地面上垂直竖立一高为 20.0m 的旗杆, 已知正午时分太阳在旗杆的正上方, 求在下午 $2:00$ 时, 杆顶在地面上影子速度的大小。在何时刻杆影将伸展至 20.0m ?

10. 一张 CD 光盘音轨区域的内半径 $R_1 = 2.2\text{cm}$, 外半径 $R_2 = 5.6\text{cm}$, 径向音轨密度 $N = 650$ 条/ mm 。在 CD 唱机内, 光盘每转一圈, 激光头沿径向向外移动一条音轨, 激光束相对于光盘是以 $v = 1.3\text{m/s}$ 的恒定线速率运动的。(1) 这张光盘的全部放音时间是多少? (2) 激光束到达离盘心 $r = 5.0\text{cm}$ 处时, 光盘转动的角速度和角加速度各是多少?



题 10 图

第2章 质点动力学

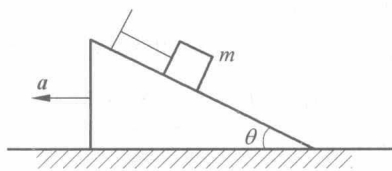
一、判断题

1. 质点作圆周运动时,指向圆心的力是向心力,不指向圆心的力不是向心力。()
2. 质点作圆周运动时,所受的合外力一定指向圆心。()
3. 质点系机械能的改变与保守内力无关。()
4. 保守力做正功时,系统内相应的势能增加。()
5. 质点运动经一闭合路径,保守力对质点做的功为零。()
6. 作用力和反作用力大小相等、方向相反,所以两者所做功的代数和必为零。()
7. 根据牛顿定律,质点所受合外力为零时,其加速度和速度都为零。()
8. 质点系的内力可以改变系统的总动能。()
9. 物体的速度大,合外力做的功多,物体所具有的功也多。()
10. 质点系所受合外力为零时,则质点系内各质点的动量之和保持不变。()

二、选择题

1. 如图所示,质量为 m 的物体用平行于斜面的细线连接置于光滑的斜面上,若斜面向左方作加速运动,当物体刚脱离斜面时,它的加速度的大小为()。

- A. $g \sin \theta$ B. $g \cos \theta$ C. $g \tan \theta$ D. $g \cot \theta$



题1图

2. 用水平力 F_N 把一个物体压着靠在粗糙的竖直墙面上保持静止,当 F_N 逐渐增大时,物体所受的静摩擦力 F_f 的大小()。

- A. 不为零,但保持不变
B. 随 F_N 成正比地增大
C. 开始随 F_N 增大,达到某一最大值后,就保持不变
D. 无法确定

3. 一段路面水平的公路,转弯处轨道半径为 R ,汽车轮胎与路面间的摩擦因数为 μ ,要使汽车不至于发生侧向打滑,汽车在该处的行驶速率()。

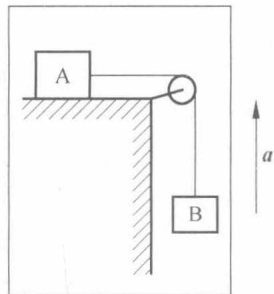
- A. 不得小于 $\sqrt{\mu g R}$ B. 必须等于 $\sqrt{\mu g R}$
C. 不得大于 $\sqrt{\mu g R}$ D. 还应由汽车的质量 m 决定

4. 一物体沿固定圆弧形光滑轨道由静止下滑,在下滑过程中()。

- A. 它的加速度方向永远指向圆心,其速率保持不变
- B. 它受到的轨道的作用力的大小不断增加
- C. 它受到的合外力大小变化,方向永远指向圆心
- D. 它受到的合外力大小不变,其速率不断增加

5. 图示系统置于以 $a = 1/4g$ 的加速度上升的升降机内,A、B两物体质量相同均为 m ,A 所在的桌面是水平的,绳子和定滑轮质量均不计,若忽略滑轮轴上和桌面上的摩擦,并不计空气阻力,则绳中张力为()。

- A. $5/8mg$
- B. $1/2mg$
- C. mg
- D. $2mg$



题 5 图

6. 对质点系有以下几种说法:

- (1) 质点系总动量的改变与内力无关
- (2) 质点系总动能的改变与内力无关
- (3) 质点系机械能的改变与保守内力无关

下列对上述说法判断正确的是()。

- A. 只有(1)是正确的
- B. (1)、(2)是正确的
- C. (1)、(3)是正确的
- D. (2)、(3)是正确的

7. 有两个倾角不同、高度相同、质量一样的斜面放在光滑的水平面上,斜面是光滑的,有两个一样的物块分别从这两个斜面的顶点由静止开始滑下,则()。

- A. 物块到达斜面底端时的动量相等
- B. 物块到达斜面底端时动能相等
- C. 物块和斜面(以及地球)组成的系统,机械能不守恒
- D. 物块和斜面组成的系统水平方向上动量守恒

8. 对功的概念有以下几种说法:

- (1) 保守力做正功时,系统内相应的势能增加
- (2) 质点运动经一闭合路径,保守力对质点做的功为零
- (3) 作用力和反作用力大小相等、方向相反,所以两者所做功的代数和必为零

下列上述说法中判断正确的是()。

- A. (1)、(2)是正确的
- B. (2)、(3)是正确的
- C. 只有(2)是正确的
- D. 只有(3)是正确的

9. 如图所示,质量分别为 m_1 和 m_2 的物体 A 和 B,置于光滑桌面上,A 和 B 之间连有一轻弹簧。另有质量为 m_1 和 m_2 的物体 C 和 D 分别置于物体 A 与 B 之上,且物体 A 和 C、B 和 D 之间的摩擦因数均不为零。首先用外力沿水平方向相向推压 A 和 B,使弹簧被压缩,然后撤掉外力,则在 A 和 B 弹开的过程中,对 A、B、C、D 以及弹簧组成的系统,有()。

- A. 动量守恒,机械能守恒
- B. 动量不守恒,机械能守恒
- C. 动量不守恒,机械能不守恒
- D. 动量守恒,机械能不一定守恒