

大学物理学复习检查题

胡志刚 编

大学物理学复习检查题

胡志刚 编

北京科学技术出版社

内 容 简 介

本书是根据大学非物理专业对物理学的要求而编写的。全书内容包括力学、机械振动和机械波、分子物理学和热力学基础、电磁学、波动光学及近代物理学共六篇二十二章。各章内容包括基本要求、基本概念和规律的扼要小结、思考题和自我检查题。书后附有答案。

本书选用了一些有代表性的典型习题，并没有选用太多的难题，以便学生掌握基本内容。

本书适用于大学非物理专业学生学习及教师备课参考。

大学物理学复习检查题

胡志刚 编

北京科学技术出版社出版

(北京西直门外南路19号)

新华书店首都发行所发行 各地新华书店经售

河北省固安县印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 5印张 109千字

1989年2月第一版 1989年2月第一次印刷

印数1—1620 册

ISBN7-5304-0296-x/Z.148 定价: 1.90元

前 言

大学物理学是一门基础理论课，包含的内容十分广泛，各部分的处理方法也各不相同，课堂教学学时紧，进度快，刚刚入学不久的大学一年级学生很不适应，学习方法也不够得当，因此，对本门课程的学习感到困难较大。为了帮助学生抓住重点，掌握好本课程的基本概念和理论，并在自学能力上有所提高，北京化工学院物理教研室为学生编写了《普通物理复习提纲和自我检查题》。本书就是以此材料为基础修改而成的。

本书中的检查题多采用本校各届考题和主要教学参考书中的一些典型题目，这些题目在校内经过使用，对发现的问题进行了修改，但难免还会有错误和不妥之处。各章的基本要求虽然是根据国家教委颁发的《大学物理课程教学基本要求》文件来考虑的，但由于我们的水平有限，也可能有不够恰当之处，希望使用的同志提出宝贵意见。本书在编写过程中得到教研室同志的大力帮助，全文经过王警华老师的审阅，在此表示衷心的感谢。

编 者

1987年6月

目 录

第一篇 力 学

第一章	质点运动学	(1)
第二章	牛顿运动定律	(10)
第三章	动量原理 动量守恒	(19)
第四章	功和能	(24)
第五章	刚体的定轴转动	(32)

第二篇 机械振动和机械波

第六章	振动学基础	(38)
第七章	波动学基础	(45)

第三篇 分子物理学和热力学

第八章	气体分子运动论	(52)
第九章	热力学基础	(58)

第四篇 电 磁 学

第十章	真空中的静电场	(68)
第十一章	静电场中的导体和电介质	(76)
第十二章	直流电	(83)
第十三章	真空中的磁场	(86)
第十四章	磁介质	(94)

第十五章	电磁感应	(98)
第十六章	电磁场理论基本概念 电磁波	(106)

第五篇 波动光学

第十七章	光的干涉	(111)
第十八章	光的衍射	(117)
第十九章	光的偏振	(121)

第六篇 近代物理学基础

第二十章	狭义相对论基础	(125)
第二十一章	波和粒子	(129)
第二十二章	原子的量子理论	(132)
参考答案	◆◆	(136)

第一篇 力 学

第一章 质点运动学

一、基本要求

1. 理解位置矢量、位移、速度和加速度的概念，掌握其主要性质（矢量性、瞬时性、相对性和迭加性）。

2. 掌握运用质点在平面内的运动方程求位移、速度和加速度的方法。

3. 会用矢量分解的方法处理平面曲线运动（抛体运动和圆周运动）问题；掌握法向加速度及切向加速度的概念及计算。

二、基本概念和规律

1. 一个运动的质点，某时刻在空间的位置可用位置矢量表示，在平面直角坐标系中，位置矢量为：

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j}$$

2. 位移是描写质点位置变化大小及方向的物理量。设质点在 t_1 、 t_2 时刻的位置矢量分别为 $\mathbf{r}_1$ 和 $\mathbf{r}_2$ ，则 $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$ 称为在 $\Delta t = t_2 - t_1$ 这个时间内质点的位移。

3. 速度是描写质点运动快慢和运动方向的物理量。

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t}$$

称为 Δt 时间内质点的平均速度。一般情况下它与 Δt 的大小

有关，也与是哪一段的时间有关。在 $\Delta t \rightarrow 0$ 时， $\overline{v}$ 的极限值称为该时刻的瞬时速度，质点在作平面运动时

$$\begin{aligned} \mathbf{v} &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt} \mathbf{i} + \frac{dy}{dt} \mathbf{j} \\ &= v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} \end{aligned}$$

它的大小为

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

瞬时速度的方向，可用它与 x 轴正向之夹角表示，如图 1-1，

$$\theta = \tan^{-1} \frac{v_y}{v_x}.$$

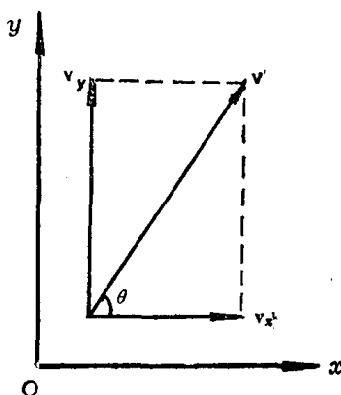


图 1-1

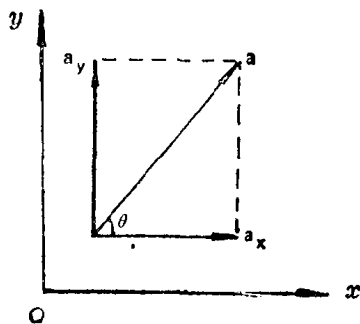


图 1-2

4. 加速度是描写质点运动速度变化快慢和方向变化的物理量

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt} \mathbf{i} + \frac{dv_y}{dt} \mathbf{j} = a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j}$$

加速度的大小和方向（见图 1-2）分别为

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}, \quad \theta = \tan^{-1} \frac{a_y}{a_x}$$

若用自然坐标系表示,如图1-3,则有

$$\mathbf{a} = \frac{v^2}{\rho} \mathbf{n}^\circ + \frac{dv}{dt} \mathbf{t}^\circ = a_n \mathbf{n}^\circ + a_t \mathbf{t}^\circ$$

其大小和方向分别为

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}, \quad \theta = \tan^{-1} \frac{a_n}{a_t}$$

在一般曲线运动中,速度的大小和方向时刻都在变化,反映速度大小变化快慢的是切向加速度,它不反映速度方向的变化,它的方向总是沿质点运动轨迹的切线方向(或与速度方向相同,或与速度方向相反)、反映速度方向变化的量

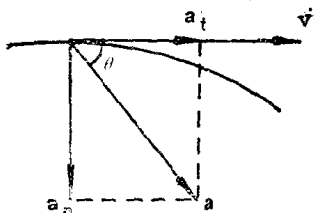


图 1-3

是法向加速度 a_n ,它不改变速度的大小,它的方向始终指向瞬时曲率中心。

应该指出的是:

(1) 位置矢量、位移、速度、加速度都是矢量,不仅有大小,而且有方向,但后者常常被忽视。在直线运动中所说速度、加速度的正负,实质上是指它们在一维坐标方向上的分量。

(2) $\mathbf{r}$ 、 $\mathbf{v}$ 是描述质点运动状态的基本物理量,具有瞬时性,它对应于时刻 t ,而 $\Delta \mathbf{r}$ 、 $\Delta \mathbf{v}$ 是描述运动状态变化过程的物理量,它对应于所选定的时间间隔 Δt 。在 $\Delta t \rightarrow 0$ 时的极限值,也具有瞬时性。

(3) $\mathbf{r}$ 、 $\Delta \mathbf{r}$ 、 $\mathbf{v}$ 、 $\Delta \mathbf{v}$ 、 $\mathbf{a}$ 都具有相对性,描述同一质点的运动,在不同的运动参照系中其方向、大小可能不同。

5. 匀变速直线运动的规律为

$$v = v_0 + at$$

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

6. 非匀变速直线运动加速度和速度、速度和运动方程（只要求一维）的关系为

$$v_x(t) = v_{x_0} + \int_{t_0}^t a_x(t) dt$$

$$x(t) = x_0 + \int_{t_0}^t v_x(t) dt$$

7. 运动的迭加原理

由于位移、速度、加速度都可以分解为两个或三个互相垂直（正交）的分量，因此，任何一种运动都可以看成是由两个或三个正交方向上各自独立进行的运动的迭加，这一结论称为运动的迭加原理。应用这个原理可以把一个曲线运动分解为两个或三个互相垂直的直线运动，使问题简化。如平抛和斜抛物体的运动就是利用这一原理来处理的。

8. 质点对于不同参照系的速度变换法则是

$$v_{A对B} = v_{A对C} + v_{C对B}$$

9. 应注意的几个问题

（1）位移和路程的区别 位移是矢量，是运动质点的末、初状态位置矢量之差，表示物体位置的改变，而路程是标量，它是运动质点沿轨迹走过的长度，一般并不等于物体在该段时间内位移的大小。如物体沿半径为 R 的圆运动一周时，其路程是 $2\pi R$ ，而位移却是零，只有质点沿某一固定方向作直线运动时位移的大小才与路程相同。

（2）速度和速率的区别 速度是矢量，平均速度

$\bar{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t}$, 瞬时速度 $v = \frac{dr}{dt}$, 速率是标量, 平均速率

$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, 瞬时速率 $v = \frac{ds}{dt}$, 其中 Δs 是 Δt 时间内通过的路程。一般平均速率并不等于平均速度的大小。如在直线运动中, 质点由 A 点开始运动, 经 B 点到达 C 点后又返回到 B 点, 如图 1-4, 所用时间 Δt , 在这一运动过程中的平均速度为 $\bar{v} = \frac{\overline{AB}}{\Delta t}$, 平均速度的大小为 $|\bar{v}| = \frac{\overline{AB}}{\Delta t}$ 。而平均速率为 $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\overline{AB} + 2\overline{BC}}{\Delta t}$ 。显然, 平均速率不等于平均速度的大小。在曲线运动中, 质点由 A 点运动到 B 点, 如图 1-5, 所用时间为 Δt , 平均速度的大小为 $|\bar{v}| = \left| \frac{\Delta r}{\Delta t} \right|$ 。

平均速率 $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, $\Delta s \neq |\Delta r|$, 所以, 二者也不相等。只有在 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $|\Delta r|$ 无限接近 Δs , 平均速率才等于平均速度的大小。

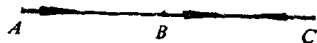


图 1-4

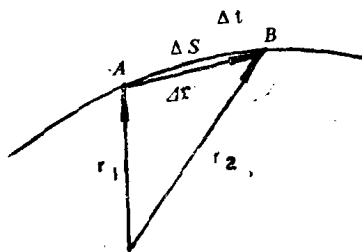


图 1-5

三、思考题

1. 一运动质点的位置坐标、位置矢量、位移和路程, 这

几个量有什么区别？在什么情况下它们的数值可以相等？在

自由落体运动公式 $s = \frac{1}{2}gt^2$ 中， s 表示上述哪些量？在

竖直上抛运动公式 $s = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$ 中， s 表示上述哪些量？

2. 在同一参照系中，位置矢量与坐标原点的选择有关，位移矢量 Δr 是否也与坐标原点的选择有关？位移矢量是否与参照系的选择有关？

3. 下列问题是否可能

(1) 一个物体具有恒定的速率，但仍有变化的速度；

(2) 一个物体具有恒定的速度，但仍有变化的速率；

(3) 一个物体具有加速度，但没有变化的速率；

(4) 匀加速运动可以是直线运动，也可以是曲线运动。

4. 子弹从枪口射出后，由于空气阻力的作用，飞行速度逐渐变慢。如果子弹从枪口射出时的速度大小为 800m/s ，这个速度是平均速度还是瞬时速度？有人说：“这是指子弹离开枪口后，第一秒钟内所通过的路程为 800m 。”这种说法对不对？为什么？

5. 在平稳的、匀速直线运动着的火车车厢中，从某个座位上有人铅直地向上抛出一石块，试分析下面现象：

(1) 石块能否仍然落到抛出点？

(2) 在车上的静止观察者，看到石块运动的轨迹是怎样的？

(3) 在路基上静止的观察者, 看到石块运动的轨迹是怎样的?

6. 在曲线运动中, $|\Delta v|$ 与 Δv 是否相同? 试作图说明。

四、自我检查题

1. 填空题

(1) 如图 1-6 所示, 质点沿半径为 R 的圆周以匀速率 v 作逆时针转动, 在 $t=0$ 时刻质点位于 A 点, 在任意时刻质点的位置矢量 $r=$ _____; 由 $t=0$ 到任意时刻 t 的位移矢量 $\Delta r=$ _____; 它在 x 轴的速度分量 $v_x=$ _____; 它在 x 轴上的加速度分量 $a_x=$ _____。

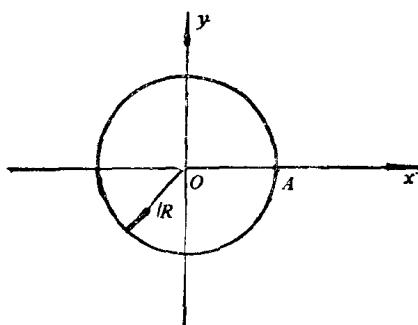


图 3-6

(2) 一质点沿 x 轴运动, 加速度随位置的变化关系为 $a_x = 3 + 2x$ (m/s^2), 已知 $x=0$ 处速度 $v_0 = 5 \text{ m/s}$, 那么, 在 $x=4 \text{ m}$ 处, 速度 $v=$ _____。

(3) 一质点在半径为 R 的圆周上沿顺时针方向运动, 若质点运动的路程与时间的关系为 $s = \pi t^2 + \pi t$, 则在任一时刻质点的速率 $v=$ _____; 切向加速度 $a_t=$ _____; 法向加速度 $a_n=$ _____; 总

加速度的大小 $a = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(4) 一质点作如图 1-7 所示的抛体运动, 初速度 v_0 与水平方向的夹角为 θ , 忽略空气阻力, 试回答该质点在运动中,

1) 速度的大小对时间的变化率 (即 dv/dt) 是否变化? $\underline{\hspace{2cm}}$;

2) 矢量 $\frac{dv}{dt}$ 是否变化? $\underline{\hspace{2cm}}$;

3) 质点的法向加速度是否变化? $\underline{\hspace{2cm}}$;

4) 轨道曲率半径在 $\underline{\hspace{2cm}}$ 最大, 其值为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

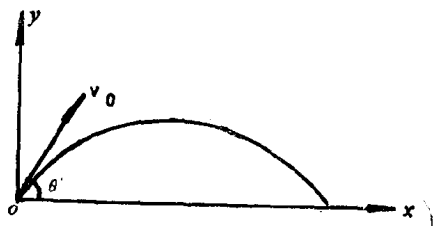


图 1-7

(5) 某一质点的运动规律为 $\frac{dv}{dt} = -kv^2t$, 式中 k 为常数. 当 $t=0$ 时速度为 v_0 , 则速度 v 与时间的函数关系为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

2. 选择题

(1) 一物体从某一高度以 v_0 的初速度水平抛出. 已知它落地时的速度为 v_t , 那么, 它运动的时间是:

1) $\frac{v_t - v_0}{g}$; 2) $\frac{v_t - v_0}{2g}$; 3) $\frac{\sqrt{v_t^2 - v_0^2}}{g}$;

4) $\frac{v_t^2 - v_0^2}{2g}$ 。

答案是().

(2) 某质点沿半径为 R 的圆周按规律 $s = bt - \frac{c}{2}t^2$ 运动, 其中 b 、 c 是常数, 从计时开始到切向加速度和法向加速度的大小相等所经历的时间为

$$1) \frac{b}{c} + \sqrt{\frac{R}{c}}; \quad 2) \frac{b}{c} - \sqrt{\frac{R}{c}};$$

$$3) \frac{b}{c} - cR^2; \quad 4) \frac{b}{c} + cR^2.$$

答案是().

3. 计算题

(1) 一质点在 xoy 平面上运动, 运动方程为 $x = 3t + 5$, $y = \frac{1}{2}t^2 + 3t - 4$, 式中 x 、 y 以米计, t 以秒计. a) 计算并描画出质点运动的轨道; b) 求 $t = 1$ s 和 $t = 2$ s 时质点的位置矢量, 并计算出第一秒末到第二秒末的位移; c) 计算 $t = 4$ s 时质点的速度的大小及方向; d) 计算 $t = 4$ s 时质点的加速度的大小及方向.

(2) 一质点沿 x 轴运动, 位置和时间的关系为 $x = \frac{v_{x0}}{k}(1 - e^{-kt})$, 式中 v_{x0} 和 k 为常量. a) 试求质点运动的总距离; b) 试求质点的速度随时间的变化关系; c) 试求质点的加速度及加速度的大小和速度的关系; d) 试大致画出 $x-t$, v_x-t 和 a_x-t 曲线.

(3) 一升降机以加速度 a 沿竖直方向直线上升. 在上升过程中, 有一颗螺钉从升降机天花板上松落, 升降机天花板与底板间的距离为 l . 试求螺钉从天花板落到底板上所需的时间.

(4) 在离水面高为 h 的岸边, 有人用绳拉船靠岸, 船在离岸水平距离 x 处, 绳长为 l , 如图 1-8 所示, 当人以恒定的速率 v_0 收绳时, 试求船运动的速度和加速度。

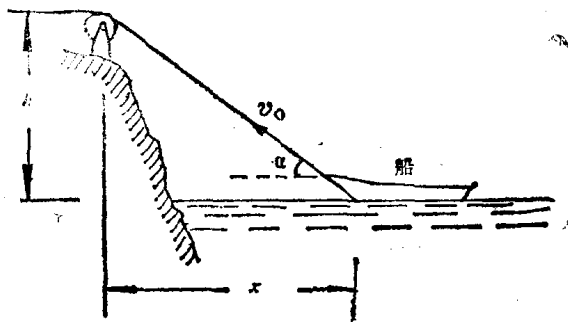


图 1-8

(5) 一质点从静止出发沿半径 $R = 3 \text{ m}$ 的圆周运动, 切向加速度 $a_t = 3 \text{ m/s}^2$ 。试求 a) 经过多长时间它的总加速度 a 刚好与半径成 45° 角; b) 在上述时间内质点的位移和经过的路程各为多少?

(6) 有一升降机以 v_1 的速率匀速竖直下降, 升降机中一人以相对于地为 v_2 的速率水平抛出一小石子。求小石子对升降机中的人的速度。

第二章 牛顿运动定律

一、基本要求

1. 正确理解牛顿运动定律的内容。
2. 正确理解力和质量的概念、掌握力学中常见的几种力——重力、万有引力、弹性力及摩擦力。
3. 熟练掌握分析物体受力, 正确运用隔离体法解力学问题。

题。

4. 明确什么是惯性系, 了解非惯性系及直线加速系统的惯性力。

二、基本概念和规律

1. 常见的三种力

(1) 万有引力 $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$, 式中 m_1 、 m_2 是物体的质量, r 为物体间的距离, $G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$, 称为万有引力恒量。

物体所受的重力是地球对物体的万有引力。物体在地球表面附近的重力加速度 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 。

(2) 弹性力 压缩或拉伸弹簧产生形变时, 弹簧产生的反抗形变的力。两个物体相互接触彼此发生形变时产生的力也是弹性力。如桌面上放一物体, 物体给桌面一个正压力, 同时桌面给物体一个支持力, 这一对力都是弹性力。它们大小相等, 方向相反, 分别作用在两个物体上。值得明确的是支持力和正压力与运动状态有关, 如升降机中的物体对地板的正压力与升降机的加速度有关; 质量为 m 的物体放在相对地面静止的斜面上(斜面仰角为 α), 正压力是 $mg \cos \alpha$; 如果斜面相对地面作加速运动, 正压力的数值还要改变。张力也是一种弹性力。绳上的张力就是各相邻部分间的相互拉力。一般情况下绳中各处的张力不一定相等, 在绳子的质量可以忽略时, 绳中的张力处处相等。

(3) 摩擦力 滑动摩擦力的大小为 $f_r = \mu N$ 。静摩擦力的值可在零与 $f_m = \mu_0 N$ 之间取任意值。 μ_0 称为静摩擦系数, 它略大于滑动摩擦系数, 在解普通物理习题时, 若未特