



高等院校物理类规划教材

工科物理学教程学习指导

主 编	李剑波				
副主编	胡朝晖	徐柳苏	何卫中	古家虹	
	钟红伟	王 栋	谭 敏	王 玮	



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



高等院校物理类规划教材

工科物理学教程学习指导

主 编	李剑波				
副主编	胡朝晖	徐柳苏	何卫中	古家虹	
	钟红伟	王 栋	谭 敏	王 玮	



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

工科物理学教程学习指导/李剑波主编. —武汉: 武汉大学出版社, 2011. 1

高等院校物理类规划教材

ISBN 978-7-307-08375-2

I. 工… II. 李… III. 物理学—高等学校—教学参考资料 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 243829 号

责任编辑:任仕元 责任校对:刘 欣 版式设计:马 佳

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷:湖北民政印刷厂

开本:720×1000 1/16 印张:13 字数:245 千字 插页:1

版次:2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-08375-2/O·439 定价:20.00 元

版权所有, 不得翻印; 凡购我社的图书, 如有质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

为了适应当前普通工科院校教学改革的要求，帮助读者更好地学习物理知识，在总结多年的教学实践的基础上，我们编写了这本辅助教材。本书每一章由“基本要求”、“内容提要”、“解题指导与例题”、“自测题”、“自测题参考答案”五部分组成。

• 基本要求

指出本章所需要了解、理解、掌握的内容，以及本章的重点和难点，以便指导读者判断本章的主次。

• 内容提要

简要列出了本章的基本内容，给出了本章的主要概念和基本定律，并给出了本章的物理逻辑关系。

• 解题指导与例题

涉及本章的主要概念和基本定律以及重点和难点，举出几个有代表意义的例题。

• 自测题

大学物理就是物理概念加高等数学。要了解以及理解物理现象和物理规律，单靠几个例题显然是不够的，因此我们在学习指导中给出了一定数量的自测题，并给出参考答案，以帮助读者准确理解和牢牢记住物理概念。

本书由古家虹编写质点运动学、牛顿运动定律，徐柳苏编写动量守恒定律和能量守恒定律、刚体的定轴转动，胡朝晖编写静电场、稳恒磁场，李剑波编写电磁感应和电磁场、机械振动、机械波，钟红伟编写气体分子运动论、热力学基础，王栋编写光的干涉，谭敏编写光的衍射，王玮编写光的偏振，何卫中编写狭义相对论简介、量子物理初步。最后由李剑波负责全书的定稿工作。

武汉大学出版社有关人员在本书的编写出版过程中付出了大量的劳动，在此表示深深的感谢。

由于编者水平有限，加上时间比较仓促，难免有疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2010年9月10日

(《工科物理学教程》(上、下册)配有电子课件，需要者可同武汉大学出版社联系，联系电话 027-68752371。)

目 录

第 1 章 质点运动学	1
一、基本要求	1
二、内容提要	1
三、解题指导与例题	2
四、自测题	5
五、自测题参考答案	10
第 2 章 牛顿运动定律	13
一、基本要求	13
二、内容提要	13
三、解题指导与例题	13
四、自测题	16
五、自测题参考答案	19
第 3 章 动量守恒定律和能量守恒定律	22
一、基本要求	22
二、内容提要	22
三、解题指导与例题	23
四、自测题	24
五、自测题参考答案	33
第 4 章 刚体的定轴转动	39
一、基本要求	39
二、内容提要	39
三、解题指导与例题	40
四、自测题	42
五、自测题参考答案	47

第 5 章 静电场	50
一、基本要求	50
二、内容提要	50
三、解题指导与例题	54
四、自测题	59
五、自测题参考答案	64
第 6 章 稳恒磁场	71
一、基本要求	71
二、内容提要	71
三、解题指导与例题	73
四、自测题	76
五、自测题参考答案	83
第 7 章 电磁感应 电磁场	88
一、基本要求	88
二、内容提要	88
三、解题指导与例题	90
四、自测题	92
五、自测题参考答案	97
第 8 章 气体分子运动论	100
一、基本要求	100
二、内容提要	100
三、解题指导与例题	101
四、自测题	102
五、自测题参考答案	106
第 9 章 热力学基础	109
一、基本要求	109
二、内容提要	109
三、解题指导与例题	109
四、自测题	112

五、自测题参考答案·····	122
第 10 章 机械振动 ·····	126
一、基本要求·····	126
二、内容提要·····	126
三、解题指导与例题·····	128
四、自测题·····	131
五、自测题参考答案·····	136
第 11 章 机械波 ·····	138
一、基本要求·····	138
二、内容提要·····	138
三、解题指导与例题·····	140
四、自测题·····	144
五、自测题参考答案·····	149
第 12 章 光的干涉 ·····	153
一、基本要求·····	153
二、内容提要·····	153
三、解题指导与例题·····	155
四、自测题·····	157
五、自测题参考答案·····	161
第 13 章 光的衍射 ·····	163
一、基本要求·····	163
二、内容提要·····	163
三、解题指导与例题·····	164
四、自测题·····	165
五、自测题参考答案·····	167
第 14 章 光的偏振 ·····	169
一、基本要求·····	169
二、内容提要·····	169
三、解题指导与例题·····	170

四、自测题·····	172
五、自测题参考答案·····	174
 第 15 章 狭义相对论 ·····	177
一、基本要求·····	177
二、内容提要·····	177
三、解题指导与例题·····	179
四、自测题·····	183
五、自测题参考答案·····	186
 第 16 章 量子物理初步 ·····	189
一、基本要求·····	189
二、内容提要·····	189
三、解题指导与例题·····	194
四、自测题·····	196
五、自测题参考答案·····	198

第 1 章 质点运动学

一、基 本 要 求

- (1)掌握位移矢量、位置矢量、速度、加速度的概念和用微积分进行计算。
- (2)掌握圆周运动，掌握角位移、角位置、角速度、角加速度的概念。
- (3)理解平动、相对运动。

二、内 容 提 要

本章讨论质点机械运动的位置随时间变化的规律。

1. 参考系

为了描述质点的运动，必须要选定一个物体作参考。被选作参考的物体称为参考系。参考系的定量化即在此参考系上建立固定的坐标系。

2. 描述质点运动的基本物理量

(1)线量

位置矢量： $\mathbf{r}=\mathbf{r}(t)$

位移： $\Delta\mathbf{r}=\mathbf{r}_2-\mathbf{r}_1$

速度： $\mathbf{v}=\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$

加速度： $\mathbf{a}=\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$

一般地， $|\Delta\mathbf{r}| \neq |\Delta r|$ ， $|\Delta\mathbf{v}| \neq |\Delta v|$

(2)角量

角坐标： θ

角位移： $\Delta\theta=\theta_2-\theta_1$

角速度： $\omega=\frac{d\theta}{dt}$

$$\text{角加速度: } \alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

(3) 线量与角量的关系

$$\Delta s = R\Delta\theta$$

$$v = \frac{ds}{dt} = R \frac{d\theta}{dt} = R\omega$$

$$a_t = \frac{dv}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = R\alpha, \text{ 沿切线方向}$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2, \text{ 指向圆心}$$

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_t + \mathbf{a}_n = \frac{dv}{dt}\mathbf{e}_t + \frac{v^2}{\rho}\mathbf{e}_n$$

3. 相对运动

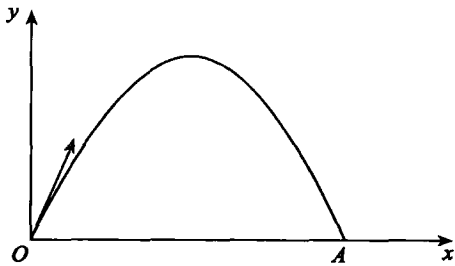
4. 运动学的两类问题

(1) 已知 $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$ 求 $\mathbf{v}$ 、 $\mathbf{a}$ 等——求导；

(2) 已知 $\mathbf{a}$ 和初始条件，求 $\mathbf{v}$ 、 $\mathbf{r}$ ——积分。

三、解题指导与例题

例 1 质点在竖直的 Oxy 平面内做斜抛运动， $t=0$ 时，质点在 O 点， $t=t_1$ 时，质点运动到 A 点，如例 1 图所示，则



例 1 图

$\int_0^{t_1} v_x dt$ 表示：从 $t=0$ 到 t_1 时间内质点位移沿 x 轴的投影；

$\int_0^{t_1} v_y dt$ 表示：从 $t=0$ 到 t_1 时间内质点位移沿 y 轴的投影；

$\int_0^{t_1} v dt$ 表示: 从 $t=0$ 到 t_1 时间内质点经历的路程;

$\int_0^A dr$ 表示: 从 O 点运动到 A 点的过程中质点的位移;

$\int_0^A |dr|$ 表示: 从 O 点运动到 A 点的过程中质点的路程;

$\int_0^A dr$ 表示: 从 O 到 A 的距离。

例 2 已知质点的运动方程为 $r=2t\mathbf{i}+(6-2t^2)\mathbf{j}$, 求: (1) 质点的轨迹方程; (2) 第 2 秒内的位移及平均速度; (3) 第 2 秒末的速度和加速度。

解: (1) 质点的坐标为

$$x=2t, \quad y=6-2t^2$$

消去时间 t , 得质点的轨迹方程

$$y=6-\frac{1}{2}x^2 (x \geq 0)$$

轨迹为一抛物线。

(2) 初始时刻 $t_1=1$, 末时刻 $t_2=2$, 则在这段时间内, 质点的位移

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 = \mathbf{r}(t_2) - \mathbf{r}(t_1) = (x_2 - x_1)\mathbf{i} + (y_2 - y_1)\mathbf{j} = 2\mathbf{i} - 6\mathbf{j} (\text{m})$$

质点的平均速度

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = 2\mathbf{i} - 6\mathbf{j} (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

(3) 第 2 秒末的速度

$$\mathbf{v} = \left. \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right|_{t=2} = (2\mathbf{i} - 4t\mathbf{j}) \big|_{t=2} = 2\mathbf{i} - 8\mathbf{j} (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

第 2 秒末的加速度

$$\mathbf{a} = \left. \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} \right|_{t=2} = -4\mathbf{j} \big|_{t=2} = -4\mathbf{j} (\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$$

显然, 质点在平面内做恒定加速度的曲线运动。

例 3 一沿直线行驶的小船, 在关闭发动机后, 其加速度方向与速度方向相反, 大小与速度大小的平方成正比, 比例系数为 k , 求小船关闭发动机后又行驶 x 距离时的速率 v 。(设小船关闭发动机时的速率为 v_0)

解: 以关闭发动机时小船位置为原点, 行驶方向为 x 轴正方向, 建立坐标系。根据题意有

$$a = -kv^2$$

直线运动有

$$a = \frac{dv}{dt}$$

所以

$$a = \frac{dv}{dt} = -kv^2$$

要求的是 v 与 x 的关系, 所以要对上式进行变换

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = v \frac{dv}{dx} = -kv^2$$

得

$$\frac{dv}{v} = -k dx$$

两边积分, 代入已知条件, $x=0$ 时, $v=v_0$, 即

$$\int_{v_0}^v \frac{dv}{v} = \int_0^x -k dx$$

得

$$v = v_0 e^{-kx}$$

例 4 一辆带篷的卡车, 雨天在平直公路上行驶, 司机发现: 车速过小时, 雨滴从车后斜向落入车内; 车速过大时, 雨滴从车前斜向落入车内。已知雨滴相对于地面的速度大小为 v , 方向与水平夹角为 α , 试问:

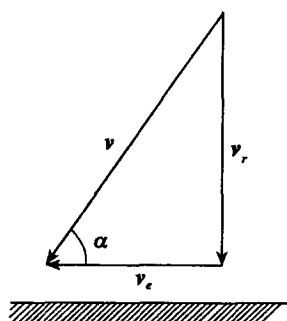
(1) 车速为多大时, 雨滴恰好不能落入车内?

(2) 此时雨滴相对车厢的速度为多大?

解: 设雨滴相对于地面的速度为 v , 雨滴相对于车厢的速度为 v_r , 车厢相对于地面的速度为 v_e 。三者关系为

$$v = v_r + v_e$$

当 v_r 垂直于车厢时, 雨滴恰好不能落入车内, 此时 v , v_r , v_e 有如图所示的关系。



例 4 图

由图可得:

$$(1) v_e = v \cos \alpha$$

$$(2) v_r = v \sin \alpha$$

四、自 测 题

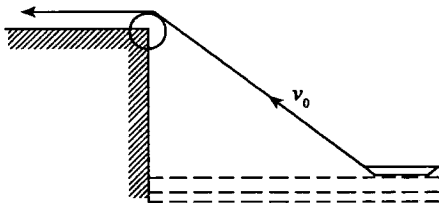
(一)选择题

1. 一质点做直线运动, 某时刻的瞬时速度 $v = 2\text{m/s}$, 瞬时加速度 $a = -2\text{m/s}^2$, 则 1 秒钟后质点的速度:

- (A) 等于零; (B) 等于 -2m/s ;
(C) 等于 2m/s ; (D) 不能确定。 []

2. 如图所示, 湖中有一小船, 有人用绳绕过岸上一定高度处的定滑轮拉湖中的船向岸边运动, 设该人以匀速率 v_0 收绳, 绳不伸长、湖水静止, 则小船的运动是:

- (A) 匀加速运动; (B) 匀减速运动;
(C) 变加速运动; (D) 变减速运动;
(E) 匀速直线运动。 []



选择题 2 图

3. 对于沿曲线运动的物体, 以下几种说法中哪一种是正确的:

- (A) 切向加速度必不为零;
(B) 法向加速度必不为零(拐点处除外);
(C) 由于速度沿切线方向, 法向分速度必为零, 因此法向加速度必为零;
(D) 若物体做匀速率运动, 其总加速度必为零;
(E) 若物体的加速度 a 为恒矢量, 它一定做匀变速率运动。 []

4. 以下五种运动形式中, a 保持不变的运动是:

- (A) 单摆的运动; (B) 匀速率圆周运动;
(C) 行星的椭圆轨道运动; (D) 抛体运动;
(E) 圆锥摆运动。 []

5. 一质点在平面上做一般曲线运动, 其瞬时速度为 v , 瞬时速率为 v , 某

一段时间内的平均速度为 $\bar{v}$ ，平均速率为 $\bar{v}$ ，它们之间的关系必定有：

- (A) $|\mathbf{v}| = v$, $|\bar{\mathbf{v}}| = \bar{v}$; (B) $|\mathbf{v}| \neq v$, $|\bar{\mathbf{v}}| = \bar{v}$;
(C) $|\mathbf{v}| \neq v$, $|\bar{\mathbf{v}}| \neq \bar{v}$; (D) $|\mathbf{v}| = v$, $|\bar{\mathbf{v}}| \neq \bar{v}$. []

6. 某物体的运动规律为 $dv/dt = -kv^2t$ ，式中的 k 为大于零的常数，当 $t = 0$ 时，初速为 v_0 ，则速度 v 与时间 t 的函数关系是：

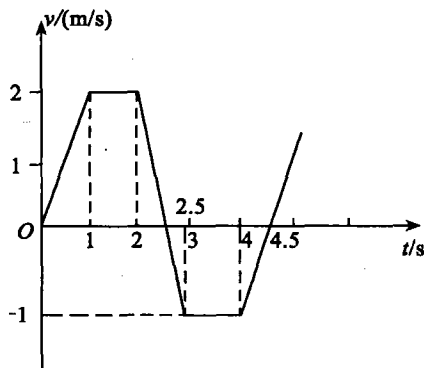
- (A) $v = \frac{1}{2}kt^2 + v_0$; (B) $v = -\frac{1}{2}kt^2 + v_0$;
(C) $\frac{1}{v} = \frac{kt^2}{2} + \frac{1}{v_0}$; (D) $\frac{1}{v} = -\frac{kt^2}{2} + \frac{1}{v_0}$. []

7. 某质点的运动方程为 $x = 3t - 5t^3 + 6$ (SI)，则该质点做：

- (A) 匀加速直线运动，加速度沿 x 轴正方向；
(B) 匀加速直线运动，加速度沿 x 轴负方向；
(C) 变加速直线运动，加速度沿 x 轴正方向；
(D) 变加速直线运动，加速度沿 x 轴负方向。 []

8. 一质点沿 x 轴做直线运动，其 $v-t$ 曲线如选择题 8 图所示，

如 $t=0$ 时，质点位于坐标原点，则 $t=4.5\text{s}$ 时，质点在 x 轴上的位置为：



选择题 8 图

- (A) 0; (B) 5m;
(C) 2m; (D) -2m;
(E) -5m. []

9. 一质点在平面上运动，已知质点位置矢量的表示式为 $\mathbf{r} = at^2\mathbf{i} + bt^2\mathbf{j}$ (其中 a, b 为常量)，则该质点做：

- (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. 质点做曲线运动, r 表示位置矢量, S 表示路程, a_t 表示切向加速度, 下列表达式中:

- (1) $dv/dt = a$, (2) $dr/dt = v$,
 (3) $dS/dt = v$, (4) $|dv/dt| = a_t$,
 (A) 只有(1)、(4)是对的; (B) 只有(2)、(4)是对的;
 (C) 只有(2)是对的; (D) 只有(3)是对的。 []

11. 质点做半径为 R 的变速圆周运动时的加速度大小为 (v 表示任一时刻质点的速率):

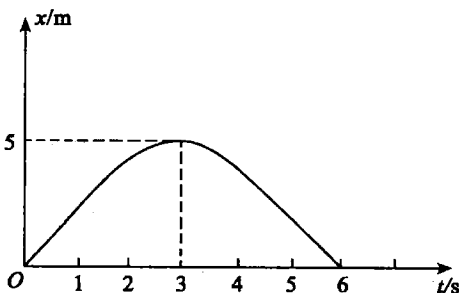
- (A) $\frac{dv}{dt}$; (B) $\frac{v^2}{R}$;
 (C) $\frac{dv}{dt} + \frac{v^2}{R}$; (D) $\left[\left(\frac{dv}{dt} \right)^2 + \left(\frac{v^4}{R^2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$.
 []

12. 一运动质点在某瞬时位于矢径 $r(x, y)$ 的端点处, 其速度大小为:

- (A) $\frac{dr}{dt}$; (B) $\frac{dr}{dt}$;
 (C) $\frac{d|r|}{dt}$; (D) $\sqrt{\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2}$.
 []

(二) 填空题

1. 一质点做直线运动, 其坐标 x 与时间 t 的函数曲线如填空题 1 图所示, 则该质点在第 _____ 秒瞬时速度为零; 在第 _____ 秒至第 _____ 秒间速度与加速度同方向。



填空题 1 图

2. 一质点从静止出发沿半径 $R=1\text{m}$ 的圆周运动, 其角加速度随时间 t 的变化规律是 $\beta=12t^2-6t(\text{SI})$, 则质点的角速度 $\omega=$ _____; 切向加速度 $a_t=$ _____。

3. 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 $a_t=3\text{m/s}^2$, 当总加速度与半径成 45° 角时, 所经过的时间 $t=$ _____, 在上述时间内质点经过的路程 $S=$ _____。

4. 在表达式 $v=\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t}$ 中, 位置矢量是 _____; 位移矢量是: _____。

5. 质点 P 在一直线上运动, 其坐标 x 与时间 t 有如下关系:

$$x=A\sin\omega t \quad (\text{SI}) \quad (A \text{ 为常数})$$

(1) 任意时刻 t 时质点的加速度 $a=$ _____;

(2) 质点速度为零的时刻为 $t=$ _____。

6. 一辆做匀加速直线运动的汽车, 在 6s 内通过相隔 60m 远的两点, 已知汽车经过第二点时的速率为 15m/s , 则(1)汽车通过第一点时的速率 $v_1=$ _____;

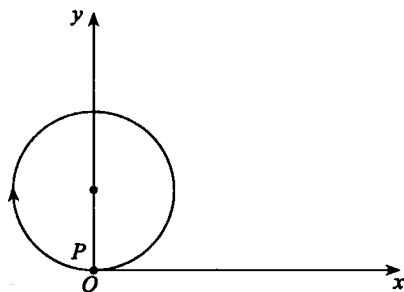
(2) 汽车的加速度 $a=$ _____。

7. 一质点沿 x 方向运动, 其加速度随时间变化关系为 $a=3+2t(\text{SI})$, 如果初始时质点的速度 v_0 为 $5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 则当 t 为 3s 时, 质点的速度 $v=$ _____。

8. 一质点以 $\pi\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的匀速率做半径为 5m 的圆周运动, 则该质点在 5s 内:

(1) 位移的大小是 _____;

(2) 经过的路程是 _____。



填空题 10 图

9. 一质点做半径为 0.1m 的圆周运动, 其运动方程为: $\theta=\frac{\pi}{4}+\frac{1}{2}t^2(\text{SI})$, 则其切向加速度为 $a_t=$ _____。

10. 一质点 P 从 O 点出发以匀速率 1cm/s 做顺时针转向的圆周运动, 圆的半径为 1m , 如填空题 10 图所示。当它走过 $2/3$ 圆周时, 走过的路程是 _____, 这段时间内的平均速度大小为 _____, 方向是 _____。

11. 一质点沿半径为 R 的圆周运动,