

# 考前30天

——高考物理应试对策

- 考 试 要 求
- 重 点 说 明
- 典 型 例 题
- 强 化 训 练
- 解 答 提 示

《物理教师》编辑部 编  
王溢然 编著

华东理工大学出版社

# 考前 30 天

## —— 高考物理应试对策

《物理教师》编辑部 编

王 溢 然 编著

华东理工大学出版社

(沪)新登字 208 号

考 前 30 天

—— 高考物理应试对策

《物理教师》编辑部 编

王溢然 编著

华东理工大学出版社出版发行

上海市梅陇路 130 号 邮政编码 200237

新华书店上海发行所发行经销

常熟印刷二厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 8.75 字数 281 千字

1997 年 3 月第 1 版 1997 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—18000 册

---

ISBN 7-5628-0754-X/G · 142 定价 8.00 元

## 编者的话

经过了系统的复习和各种综合测试,高三学生已对高考有了相当充分的准备。如何再抓好临考前的最后一段时间,使自己的知识和能力更上一个台阶,能在高考中发挥更出色的水平,作者在长期教学实践中指导学生复习迎考的体会是重在温习——

首先,要紧扣考试要求。每年由国家教委考试中心编写的考试说明,是当年高考命题的准绳,也是对高考学生选拔的依据,考生应该毫无顾虑地信赖考试说明。在临考前的时间内,应该集中精力、有计划地对考试要求的各个知识点,作一次踏踏实实的全面回顾。

其次,要抓住各知识要点。对知识的检查回顾决不是平铺直叙地背一些概念,记一些公式。重要的是会挖掘其内在的“关节点”——譬如某个定义或公式,它在高中物理整体知识中处于什么地位;与其他知识有何纵向或横向的联系;它的成立前提或适用条件是什么;它所包含的每个量代表什么含义;使用中应该注意哪些问题;哪些地方容易引起错误或产生混淆;……。高三学生,由于认识水平和理解能力比低年级时有了明显的提高,以及复习中已通过许多问题的熏陶和积累,应该对这些知识要求有着更具体、鲜明和亲切的感受。

第三,了解一下过去的试题。高考题不仅凝聚着命题组许多学者的智慧,也在一定程度上集中反映了全国各地教师对中学物理研究的水平。每年的高考都有许多对教学极富有启发、指导意义,引人入胜、别具匠心的优秀试题。了解过去的试题,可以更好地领会到如何在考纲的范畴内,强化基础知识,提高对知识的灵活应用和变迁的能力。

本书的结构正是基于这样的认识下安排的。全书按考试说明的知识点组合成若干大节(限于篇幅,对高中物理实验未列节编写),每节分五部分:(一)考试要求。(二)围绕该节知识点,根据作者的教学体会和对考纲及高考命题意图的理解作了重点说明,并归纳了某些方法。这是本书的核心,也是考前最后一段时间内需重点温习认识的地方。为了对这些重点说明更具体化,除了在说明中引例展开外,第(三)部分又配举了典型例题。第(四)部分强化训练题中,基本上已汇集了近几年(主要是1991~1996年)来涉及该知识点的有关高考试题——虽然这些试题,作者相信大部分已被读者在各种分散的测试中做过。但通过本书的集中分类,希望能更有助于对知识的温故而知新,更具体地了解考试命题意图。本书每节的第(五)部分为解答提示,对训练题都给出答案并作了简明的分析。有些地方还加注了提请注意的方面,其目的也是为了有利于临考前的温习。

高考是国内影响最大的一种选拔性考试。考试的成功主要在于平时教学中老师的指导,尤其是学生自己的努力,以及考前精神状态的调整,临场的发挥。而且,一次高考的成败也不能绝对地反映一个学生的实际水平和能力,更不能决定一个学生今后的成就。参予高考,只是广大学生接受选拔,显露自己才华的一次拼搏机会。考前的强化及画龙点睛般的点拨,决不是猜题、押宝。作者的观点是:透彻理解才能正确分析,熟练应用才会灵活迁移。

如果本书能有助于广大学生深化对知识的理解、提高应用和变迁的能力,在严格的高考检阅中留一个深深的烙印的话,作者将感到无比的欣慰。

王溢然

1997年1月

于苏州庆秀斋

# 目 录

编者的话

一、质点的运动 .....	(1)
§1 两种基本的运动 .....	(1)
§2 运动的合成与分解 .....	(4)
§3 匀速圆周运动的基本概念 .....	(6)
二、力 物体的平衡 .....	(8)
§1 力和力矩 .....	(8)
§2 常见的三种力 .....	(10)
§3 物体的平衡条件 .....	(13)
三、牛顿定律 .....	(17)
§1 牛顿三定律 .....	(17)
§2 牛顿定律的应用(一) .....	(19)
§3 牛顿定律的应用(二) .....	(23)
四、机械能 .....	(26)
§1 功和功率 .....	(26)
§2 动能定理 机械能守恒定律 .....	(28)
五、动量 动量守恒 .....	(33)
§1 动量定理 .....	(33)
§2 动量守恒定律 .....	(35)
§3 动量与功能关系的综合应用 .....	(40)
六、振动和波 .....	(47)
§1 振动 .....	(47)
§2 波 .....	(51)
七、分子运动论 气体 .....	(56)
§1 分子运动论 热和功 .....	(56)
§2 气体 .....	(59)
八、电场 .....	(67)
§1 库仑定律 电场的基本性质 .....	(67)
§2 电场中的导体和运动电荷 电容器 .....	(70)
九、稳恒电流 .....	(77)
§1 稳恒电路的基本规律 .....	(77)
§2 电表与电学测量 .....	(81)
十、磁场 电磁感应 .....	(86)
§1 磁场 .....	(86)
§2 电磁感应 .....	(92)
十一、交流电 电磁振荡和电磁波 .....	(100)
§1 交流电 .....	(100)

§ 2 电磁振荡和电磁波 .....	(105)
十二、光的传播规律及光的本性 .....	(109)
§ 1 光的反射和折射 .....	(109)
§ 2 透镜成像 .....	(115)
§ 3 光的本性 .....	(121)
十三、原子和原子核 .....	(126)
§ 1 原子结构 .....	(126)
§ 2 原子核 .....	(128)
附录 中学物理中的物理学家 .....	(132)
后记 .....	(134)

# 一、质点的运动

## § 1 两种基本的运动

### (一) 考试要求

1. (B) 质点, 位移, 路程。
2. (B) 匀速直线运动。速度, 速率。位移公式  $s=vt$ 。s-t 图, v-t 图。
3. (B) 变速直线运动的平均速度, 即时速度。
4. (C) 匀变速直线运动。加速度。

公式  $v_t = v_0 + at, s = v_0t + \frac{1}{2}at^2, v_t^2 - v_0^2 = 2as, v-t$  图(不要求用  $v-t$  图讨论问题)。

### (二) 重点说明

1. 当物体本身尺寸与距离相比甚小或物体作平动时, 即可抽象为质点。与物体的质量多少、绝对尺寸大小无关。

2. 位移用始位置指向末位置的有向线段表示, 路程是沿轨迹计量的长度。仅在单向直线运动中, 位移大小等于路程。

3. 匀速直线运动的基本特征是  $v = \text{恒量}$ 。在  $s-t$  图象中  $v = \text{tg}\alpha$ 。图 1-1 中与  $s$  轴的交点表示计时起点 ( $t=0$ ) 时离原点的位移, 与  $t$  轴的交点表示开始运动时在计时起点前或后的时间。

4. 变速直线运动中的平均速度  $\bar{v} = \frac{s(\text{总位移})}{t(\text{总时间})}$ , 计算时必须指明具体的时间间隔或位移区段。

在匀变速直线运动中,  $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$ , 式中  $v_1, v_2$  均需按规定正方向带正负号代入。并且, 某段时间内的平均速度恰等于其中点时刻的即时速度, 即  $\bar{v} = v_{t/2}$ 。

5. 匀变速直线运动的基本特征是  $a = \text{恒量}$ 。 $a$  由  $\Delta v$  引起, 必与  $\Delta v$  同向, 但与  $v$  无关。 $a = \frac{v_2 - v_1}{t}$ , 式中  $v_1, v_2$  均需按规定正方向带正负号代入。在  $v-t$  图中的斜率  $\text{tg}\alpha = a$ , 且保持不变。

在匀变速直线运动中,  $v_{t/2} > v_{t/2}$  (图 1-2)。

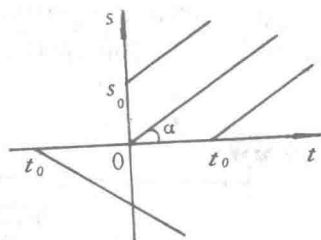


图 1-1

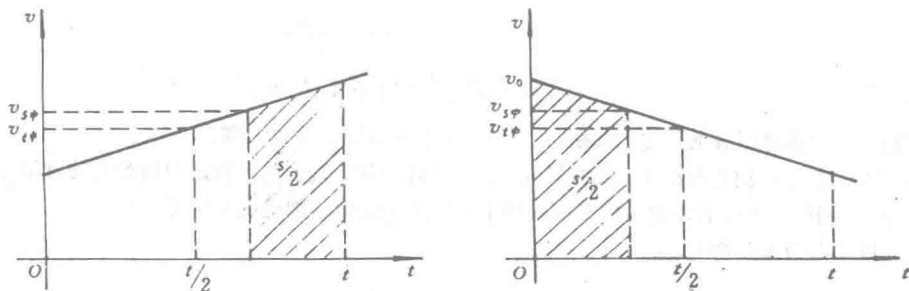


图 1-2

### 6. 解题的常用技巧

- (1) 比例法 如利用  $s \propto t^2$  得  $s_1 : s_2 : s_3 = 1 : 4 : 9, s_1 : s_1 + s_2 : s_1 + s_2 + s_3 = 1 : 3 : 5$  等。  
 (2) 图象法 如利用  $v-t$  图上一块面积表示相应时间内位移(图 1-3)。

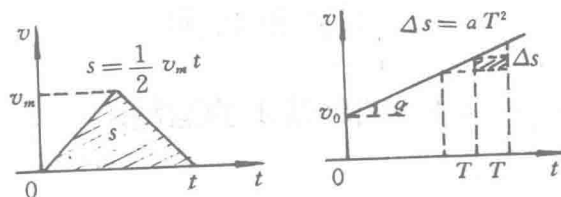


图 1-3

- (3) 逆向转换 如把向前的匀减速看成向后的匀加速,把竖直上抛运动转换成自由落体运动等。  
 (4) 巧选参照物 如从自由下落物体上观察竖直上抛物体,从前车观察从后面同向追赶的后车等。

### (三) 典型例题

例 1 一个做匀加速直线运动的物体连续通过两段长  $s$  的路程所用时间分别为  $t_1, t_2$ , 则该物体的加速度为\_\_\_\_\_。

[答]  $a = \frac{2s(t_1 - t_2)}{t_1 t_2 (t_1 + t_2)}$ 。

[分析] 利用  $\bar{v} = v_{\text{中}}$ , 而前后两个  $v_{\text{中}}$  的时间间隔为  $\frac{1}{2}(t_1 + t_2)$ 。

例 2 甲、乙两车沿高速公路相距  $s_0 = 50$  米以速度  $v = 28$  米/秒同向行驶,某时刻起,后面的乙车欲加速超车,设能增加的车速最多为  $\Delta v = 5$  米/秒。超车后乙位于甲前面  $s_0 = 50$  米处,试问从乙开始加速到完成超车(位于甲前方  $s_0$  处)乙车行驶的路程是多少?

[解] 如图,设乙车经时间  $t_1$  加至最大速度  $v + \Delta v$ , 位移为  $s_1$ , 以后就以最大速度匀速超车, 经时间  $t_2$  后, 位移为  $s_2$ , 并位于甲车前面  $s_0$  处。则

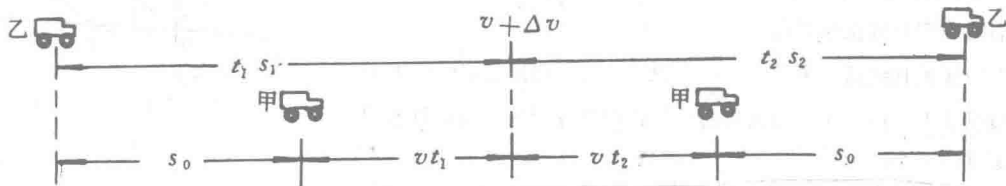


图 1-4

$$s_1 = vt_1 + \frac{1}{2} \frac{\Delta v}{t_1} t_1^2 = vt_1 + s_0,$$

$$s_2 = (v + \Delta v)t_2 = vt_2 + s_0.$$

联立得超车过程中乙车行驶的路程

$$\begin{aligned} s &= v(t_1 + t_2) + 2s_0 = s_0 \left( \frac{3v + 2\Delta v}{\Delta v} \right) \\ &= 50 \times \left( \frac{3 \times 28 + 2 \times 5}{5} \right) \text{米} = 940 \text{米}. \end{aligned}$$

[说明] 画出示意图有助于建立关系,并需注意甲车超车时的运动方式。

例 3 以速度  $v_1$  行驶的客车司机突然发现前方  $l$  处有一列与其在同一轨道同向行驶的货车, 货车速度为  $v_2 (v_2 < v_1)$ 。司机为不使客车撞上货车立即刹车作匀减速运动的加速度至少多大?

[解] 以货车为参照物时, 由

$$0 - (v_1 - v_2)^2 = -2al,$$

即得

$$a = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2l}.$$



[说明] 追及或超车(例2)只需满足位移条件,本例不相撞需同时满足位移条件和速度条件(相遇时相对速度为零)。

改用  $v-t$  图求解时,可由图 1-5 得

$$l = \frac{1}{2}(v_1 - v_2)t_1, t_1 = \frac{v_1 - v_2}{a}, \text{联立即可。}$$

#### (四) 强化训练

1. 作匀加速直线运动物体连续通过相等的两段路程  $AB$  和  $BC$ (图 1-6)中的平均速度分别为  $v_1 = 3$  米/秒、 $v_2 = 6$  米/秒,则通过  $B$  点的即时速度为 ( )

- A. 4 米/秒    B. 4.5 米/秒  
C. 5 米/秒    D. 5.5 米/秒

2. (96 全国)一物体作匀变速直线运动,某时刻速度大小为  $v_1 = 4$  米/秒,1 秒钟后速度大小变为  $v_2 = 10$  米/秒,在这 1 秒钟内该物体的 ( )

- A. 位移的大小可能小于 4 米                      B. 位移的大小可能大于 10 米  
C. 加速度的大小可能小于 4 米/秒<sup>2</sup>              D. 加速度的大小可能大于 10 米/秒<sup>2</sup>

3. (86 全国)甲车沿笔直公路以速度  $v_0$  作匀速直线运动,当它经过某处时,该处的乙车开始以初速为零的匀加速运动去追赶甲车,根据上述条件 ( )

- A. 可求出乙车追上甲车时的速度  
B. 可求出乙车追上甲车时乙车所走的路程  
C. 可求出乙车从开始起动到追上甲车所用的时间  
D. 不能求出上述三者中任何一个

4. (92 全国)两辆完全相同的汽车,沿水平直路一前一后匀速行驶,速度为  $v_0$ ,若前车(a)突然以恒定的加速度开始刹车,在它刚停住时,后车(b)以前车刹车时的加速度开始刹车。已知前车刹车过程中所行的距离为  $s$ ,若要保证两辆车在上述情况中不相撞,则两车在匀速行驶时保持的距离至少应为 ( )

- A.  $s$     B.  $2s$     C.  $3s$     D.  $4s$

5. 一质点由静止起以加速度  $a$  沿直线运动,经时间  $t_1$  后,加速度大小不变,方向相反,则它从开始运动起回到原来位置共需时间等于\_\_\_\_\_。

#### (五) 解答提示

1. C. 由  $v_1 = \frac{1}{2}(v_A + v_B) = 3$  米/秒,  $v_2 = \frac{1}{2}(v_B + v_C) = 6$  米/秒,  $v_B^2 - v_A^2 = v_C^2 - v_B^2$  联立得。注意:  $B$  点既不是  $AC$  段的时间中点,也不是  $v_1, v_2$  的中间时刻。

2. A、D. 以  $v_1$  为正方向,则  $v_2 = \pm 10$  米/秒,由  $s = \frac{1}{2}(v_1 + v_2)t, a = \frac{v_2 - v_1}{t}$  即得。注意:无论是  $\bar{v}$  或  $a$ , 式中的  $v_1, v_2$  均需考虑方向(正、负)。

3. A. 追及仅需满足位移条件,由  $s = \frac{1}{2}vt = v_0t$  得  $v = 2v_0$ 。

4. B. 画出前、后两车的  $v-t$  图(图 1-7),因两车完全相同,刹车的加速度相同,所以匀速行驶时车距至少  $2s$ 。

5.  $(2 + \sqrt{2})t_1$ 。设经  $t_1$  后位移  $s = \frac{1}{2}at_1^2$ , 速度  $v = at_1$ , 从该处起回到原点加速度反向(作匀减速),可类比于上抛,并看成统一的一个运动,由

$$-s = vt_2 - \frac{1}{2}at_2^2 \quad \text{即} \quad -\frac{1}{2}at_1^2 = at_1t_2 - \frac{1}{2}at_2^2,$$

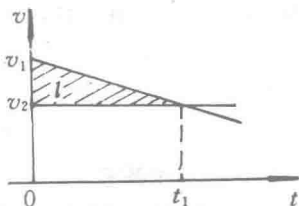


图 1-5

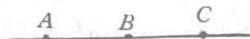


图 1-6

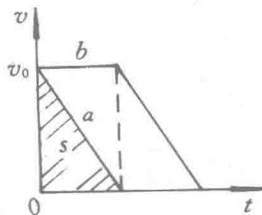


图 1-7

得  $t_2 = (1 + \sqrt{2})t_1$ , 所以  $t = t_1 + t_2 = (2 + \sqrt{2})t_1$ 。

## § 2 运动的合成与分解

### (一) 考试要求

1. (B) 运动的合成与分解。
2. (B) 平抛运动。

### (二) 重点说明

1. 运动的合成与分解具体体现在位移、速度、加速度上(图 1-8)。合运动与分运动是同时开始,同时结束的。

2. 在典型的渡河问题中,合速度( $v_{合}$ )的方向,就是船的实际运动方向,即航线方向;船头指向,则是分运动  $v_{船}$  的方向,即航向。渡河时间由河宽和垂直河岸的速度决定。

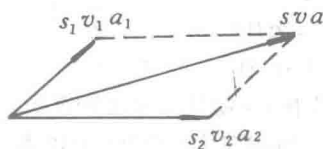


图 1-8

当要求渡船沿确定的航线运动时,垂直航线两侧的分运动必须彼此抵消。

必须注意,仅当  $v_{船} > v_{水}$  时,渡河的最短航程才等于河宽。

3. 平抛运动中时刻存在加速度  $g$ ,任何两时刻(或两位置)的速度变化量  $\Delta v = g\Delta t$ ,方向恒为竖直向下。如图 1-9 所示。

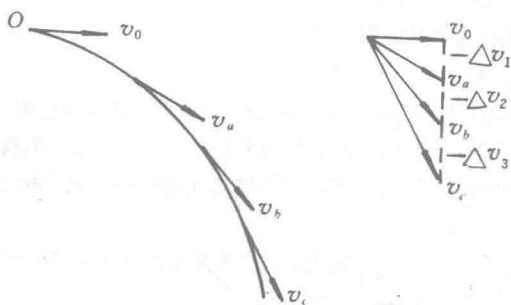


图 1-9

### (三) 典型例题

例 1 在一条流速恒定的河中,有一艘对水恒为  $v=5$  米/秒运动的小船,先后垂直河岸和沿岸往返同样距离  $2l=200$  米所化时间分别为  $t_1=100$  秒、 $t_2=125$  秒,则水速  $u$  多大?

[解] 垂直河岸和沿岸往返一次需时分别为

$$t_1 = 2 \frac{l}{\sqrt{v^2 - u^2}} = \frac{2l}{v \sqrt{1 - \frac{u^2}{v^2}}},$$

$$t_2 = \frac{l}{v+u} + \frac{l}{v-u} = \frac{2l}{v(1 - \frac{u^2}{v^2})}.$$

由  $\frac{t_1}{t_2} = \sqrt{1 - \frac{u^2}{v^2}},$

得  $u = v \sqrt{1 - (\frac{t_1}{t_2})^2} = 5 \sqrt{1 - (\frac{100}{125})^2}$  米/秒  $= 3$  米/秒。

[说明] 本题利用运动合成巧妙地测定水速,在物理学史上曾以上述原理作为著名的“以太漂移”实

验的设计思想。

例2 图1-10是研究平抛运动实验中记录的轨迹,初速 $v_0$ 均沿 $Ox$ 方向。其中(a)图中 $O$ 点为抛出点,(b)中只画出后来一段。只用一根直尺,如何确定图(a)中 $P$ 点的速度方向和图(b)中的初速度 $v_0$ ?要求简述方法,说明理由或列出算式。

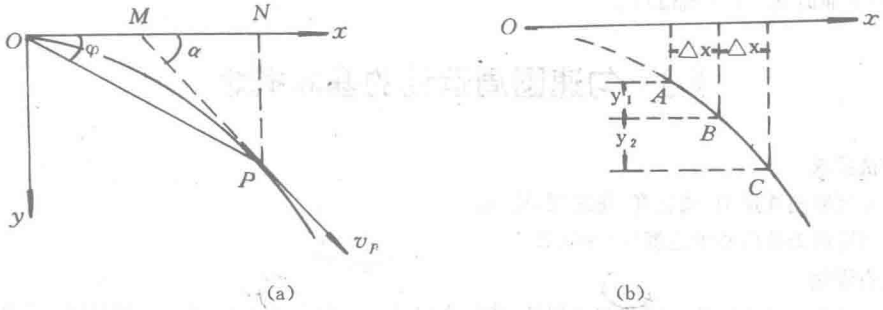


图 1-10

[解] 对图(a),过 $P$ 作 $Ox$ 垂线 $PN$ ,取 $ON$ 的中点为 $M$ ,则沿 $MP$ 方向即 $v_P$ 方向。证明如下:设 $P$ 点坐标为 $x, y$ ,则

$$tg\varphi = \frac{y}{x} = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0t} = \frac{gt}{2v_0},$$

$$tg\alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$$

$$tg\varphi = \frac{1}{2}tg\alpha$$

即

$$\frac{y}{x} = \frac{1}{2} \frac{y}{MN} \quad \therefore MN = \frac{1}{2}x.$$

由

对(b)图,可取轨迹上水平间距相等的任意三点 $A, B, C$ ,设水平间距为 $\Delta x$ ,竖直间距分别为 $y_1, y_2$ 。则

$$\Delta y = y_2 - y_1 = gT^2 \quad \text{得} \quad T = \sqrt{\frac{y_2 - y_1}{g}} = \sqrt{\frac{\Delta y}{g}},$$

$$v_0 = \frac{\Delta x}{T} = \Delta x \sqrt{\frac{g}{\Delta y}}.$$

#### (四) 强化训练

1. (89 全国)一架飞机水平地匀速飞行,从飞机上每隔 1 秒释放一个铁球,先后共释放 4 个。不计空气阻力,则 4 个球在空中任何时刻 ( )

- A. 总是排成抛物线,它们落地点是等间距的
- B. 总是排成抛物线,它们落地点是不等间距的
- C. 总在飞机正下方排成竖直的直线,它们落地点是等间距的
- D. 总在飞机正下方排成竖直的直线,它们落地点是不等间距的

2. 在空中某点以相同速率同时分别竖直向上、竖直向下、水平向左、水平向右抛出四个小球,不计阻力,在小球落地前任一瞬间,以四小球所在位置为顶点的图形是 ( )

- A. 任意四边形
- B. 长方形
- C. 菱形
- D. 正方形

3. (91 上海)如图所示,以 9.8 米/秒的水平初速 $v_0$ 抛出的物体,飞行一段时间后,垂直撞在倾角 $\theta = 30^\circ$ 的斜面上,则物体完成这段飞行的时间是(取 $g = 9.8$  米/秒<sup>2</sup>) ( )

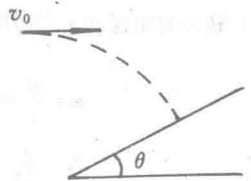


图 1-11

- A.  $\frac{\sqrt{3}}{3}$ 秒    B.  $\frac{2\sqrt{3}}{3}$ 秒    C.  $\sqrt{3}$ 秒    D. 2秒

(五) 解答提示

1. C. 先后释放的球在水平方向保持同样的运动。
2. D. 以同时自由下落的球作参照物,四小球向上、下、左、右分别作匀速直线运动。
3. C. 撞斜面时  $v_y = gt = v_0 \tan 60^\circ$ 。

### § 3 匀速圆周运动的基本概念

(一) 考试要求

1. (B) 匀速率圆周运动,线速度、角速度、周期。
2. (B) 圆周运动的向心加速度( $a=v^2/R$ )。

(二) 重点说明

1. 同一转动物上各点的角速度和转动周期(或频率)相同,皮带传动中不打滑时,皮带移动速度与所接触的轮边缘的线速度大小相等(摩擦转动或齿轮传动可类推)。

2. 任何曲线运动一定是变速运动,一定有加速度。一般曲线运动的加速度方向并不与轨道切线垂直,但始终与  $\Delta v$  同向。

匀速(率)圆周运动中的加速度是由线速度方向变化引起的,始终沿半径指向圆心,因此匀速圆周运动中的向心加速度时刻在变化,是一种变加速运动。

(三) 典型例题

例1 (92全国)图中所示为一皮带传动装置,右轮半径为  $r$ ,  $a$  是它边缘上一点。左侧是一轮轴,大轮半径为  $4r$ ,小轮半径为  $2r$ 。  $b$  点在小轮上,到小轮中心距离为  $r$ ,  $c$  点和  $d$  点分别位于小轮和大轮边缘上,若传动中皮带不打滑,则 ( )

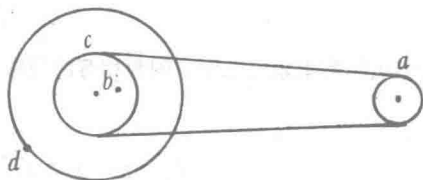


图 1-12

- A.  $a, b$  的线速度大小相等
- B.  $a, b$  的角速度大小相等
- C.  $a, c$  的线速度大小相等
- D.  $a, d$  的向心加速度大小相等

[答] C、D。

[分析]  $a, b$  两点不在同一轮上,  $\omega$  不同, A、B 错。  $a, c$  两点线速度均等于皮带移动速度, 且  $\omega_a r = \omega_c r_c$  :  $r_a = 2 : 1$ ,  $d$  与  $c$  在同一轮上,  $\omega$  相同, 故  $a_a : a_d = \omega_a^2 r_a : \omega_c^2 r_d = 1 : 1$ 。

例2 电风扇有三个叶片,互成  $120^\circ$ 角(图 1-13)。当它在每秒闪光 30 次的闪光灯下转动时,观察者感觉叶片不动,则风扇的转速可能是多大?若感觉到有 6 片叶片,则风扇的转速可能是多大?已知风扇转速不超过 1400 转/分。

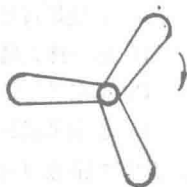


图 1-13

[解] 闪光周期  $T=1/30$  秒。如在一次闪光的周期内,叶片转过的角度  $\theta$  恰为  $\frac{2\pi}{n}k(k=1,2,3,\dots)$ ,则由于人的视觉残留现象,会感觉到有  $n$  个叶片,此时叶片转动的角速度  $\omega$  和对应的转速  $N$  分别为

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{\frac{2\pi}{n}k}{T} = \frac{2\pi k}{nT},$$

$$N = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{k}{nT} \text{ (转/秒)} = \frac{60k}{nT} \text{ (转/分)}.$$

因此,观察到叶片不动时,即  $n=3$ ,故

$$N = \frac{60k}{3 \times 1/30} \text{ 转/分} = 600k \text{ 转/分},$$

即可能转速  $N_1 = 600$  转/分,  $N_2 = 1200$  转/分。

观察到有 6 片叶片时, 则

$$N' = \frac{60k}{6 \times 1/30} \text{ 转/分} = 300k \text{ 转/分},$$

即可能转速  $N'_1 = 300$  转/分,  $N'_2 = 600$  转/分,  $N'_3 = 900$  转/分,  $N'_4 = 1200$  转/分。

[说明] 由于圆运动的周期性, 应注意找出解答结果的通式。根据本题的原理, 利用频闪光源(如日光灯, 当电源频率  $f = 50$  赫时其闪光周期  $T = 0.01$  秒)可获得一种测定转速的方法。

#### (四) 强化训练

1. 如图 1-14 所示为一水平放置的纸圆筒的截面图。圆筒半径为  $R$ , 以角速度  $\omega$  顺时针转动。一颗以水平速度飞行的子弹射向纸筒, 在筒上留下两个弹孔  $a, b$ , 测得  $\angle aob = \varphi$ , 则子弹速度的最大值为 \_\_\_\_\_。

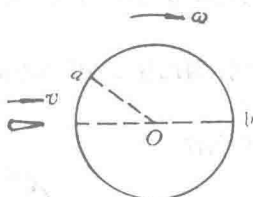


图 1-14

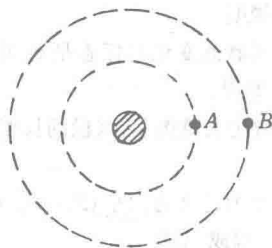


图 1-15

2. 如图 1-15 所示,  $A, B$  两行星绕同一恒星作圆周运动, 旋转方向相同。转动周期分别为  $T_1, T_2$ 。在某一时刻两行星第一次相遇, 则再经时间  $t_1 =$  \_\_\_\_\_, 两行星第二次相遇; 再经时间  $t_2 =$  \_\_\_\_\_, 两行星相距最近。

#### (五) 解答提示

1.  $2\omega R/\pi - \varphi$ 。子弹穿越筒需时  $t = \frac{2R}{v}$ , 在该时间内筒的转角  $\theta = \omega t = (\pi - \varphi) + 2n\pi, n = 0$  时  $v$  极大。

2.  $\frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1}, \frac{1}{2} (\frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1})$ 。再次相遇, 在  $t_1$  时间内两星转过角度之差为  $2\pi$ ; 相距最近, 在  $t_2$  时间内两星转过角度之差为  $\pi$ 。

## 二、力 物体的平衡

### § 1 力和力矩

#### (一) 考试要求

1. (B) 力是物体间的相互作用,是物体发生形变和物体运动状态变化的原因。力是矢量。力的合成与分解。

2. (B) 力矩。

#### (二) 重点说明

1. 物体运动状态变化的标志是  $v$  (或  $mv$ ) 的变化,所以力(或力的冲量)的作用是产生加速度(或改变物体的动量)的原因。

2. 在同一幅力矢量图中,线段的长度都按同一比例表示力的大小,因此各力的关系转化为几何问题中的边、角关系。

3. 两个共点力的合力大小  $|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$ 。力的分解中需注意可能引起的多解或无解。

4. 力矩单位是牛·米,不可写成焦。力矩计算中不仅要正确找出力臂,还要注意不同力的作用位置。如浮力作用在该物体排开的这部分液体的重心上;安培力作用在位于磁场中这部分导线的中点(图 2-1)。

某个力对转轴的力矩等于它的分力对同一转轴的力矩之和,即

$$F = F_1 + F_2 + \dots \rightarrow M = M_1 + M_2 + \dots$$

#### (三) 典型例题

例 1 同一平面上的三个共点力  $F_1 = 20$  牛、 $F_2 = 30$  牛、 $F_3 = 40$  牛,它们之间夹角均为  $120^\circ$ ,求它们的合力。

[解] 令  $F_2 = 20$  牛 +  $10$  牛,  $F_3 = 20$  牛 +  $20$  牛,原题变为  $F'_2 = 10$  牛、 $F'_3 = 20$  牛,互成  $120^\circ$  角的两个力的合成(图 2-2),故合力

$$F = \sqrt{F'_2{}^2 + F'_3{}^2 + 2F'_2F'_3\cos 120^\circ} = 10\sqrt{3} \text{ 牛}.$$

方向角  $\varphi = 90^\circ$ ,即  $F$  垂直于  $F_2$ 。

[说明] 先分解、后合成是求合力最普遍的思路,往往能简化计算。

例 2 (88 上海)一具有固定转动的矩形线框  $abcd$ ,处在直线电流磁场中,转轴与直导线平行,相距  $4\gamma_0$ ,线框的  $ab$  和  $cd$  边与转轴平行,长是  $5\gamma_0$ , $bc$  和  $da$  边与转轴垂直,长是  $6\gamma_0$ ,转轴通过这两条边的中点(图 2-3)。直导线中的电流方向向上。当线框转到垂直于由直导线与转轴构成的平面时, $ab$  边和  $cd$  边所在处的磁感应强度大小都是已知值  $B_0$ ,框内电流强度是  $I$ ,方向为  $abcd$ ,求线框处在这个位置时, $ab$ 、 $cd$  两边所受磁场力对转轴的力矩。

[解] 作出俯视图(图 2-4)。由左手定则知  $ab$ 、 $cd$  两边所受安培力  $F_{ab}$  沿  $ob$  向内, $F_{cd}$  沿  $oc$  向外。其大小  $F_{ab} = F_{cd} = I \cdot \overline{ab} \cdot B_0 = 5I\gamma_0 B_0$ 。对转轴的力臂  $L_1 = L_2 = \overline{OO'} \sin \theta = 4\gamma_0 \times \frac{3\gamma_0}{5\gamma_0} = \frac{12}{5}\gamma_0$ ,所以  $ab$ 、 $cd$  两边所受磁场力对转轴的力矩分别为

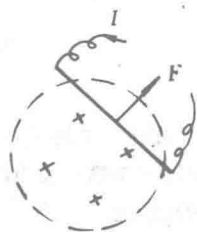


图 2-1

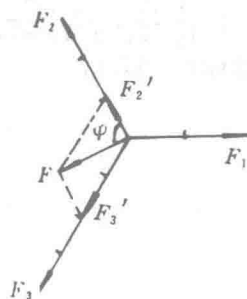


图 2-2

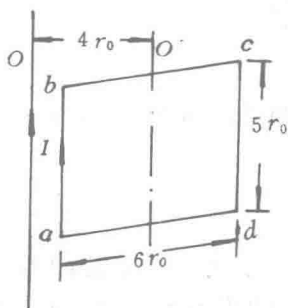


图 2-3

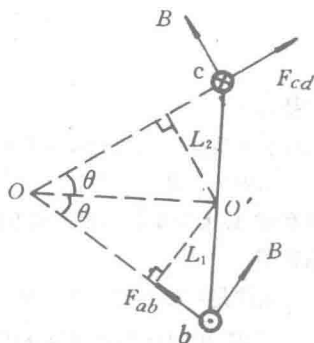


图 2-4

$$M_1 = F_{ab}L_1 = 5I\gamma_0 B_0 \times \frac{12}{5}\gamma_0 = 12I\gamma_0^2 B_0, (\text{顺时针向})$$

$$M_2 = F_{cd}L_2 = 12I\gamma_0^2 B_0. (\text{顺时针向})$$

[说明] 将题给的立体图形平面化, 往往较容易确定力的方向, 建立相关量之间的联系。

#### (四) 强化训练

1. 两个大人和一个小孩沿河两岸拉船, 两大人的拉力  $F_1=400$  牛、 $F_2=320$  牛, 方向如图 2-5, 要使船在河中沿  $OE$  方向行驶, 求小孩对船所加的最小力。

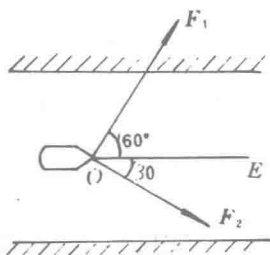


图 2-5

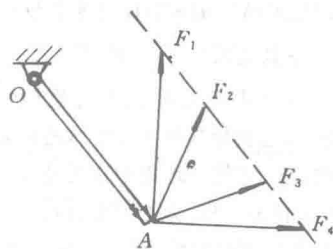


图 2-6

2. 图 2-6 中杆  $AO$  可绕  $O$  轴转动, 在  $A$  端作用着四个大小、方向不同的力  $F_1, F_2, F_3, F_4$ , 按同一比例作出的力矢量末端位于平行  $OA$  杆的同一直线上, 试比较这四个力对  $O$  轴力矩的大小\_\_\_\_\_。

3. (96 全国)如图 2-7 所示, 一细导体杆弯成四个拐角均为直角的平面折线, 其  $ab, cd$  段长度均为  $l_1$ ,  $bc$  段长度为  $l_2$ , 弯杆位于竖直平面内,  $oa, do'$  段由轴支撑沿水平放置, 整个弯杆处于匀强磁场中, 磁场方向竖直向上, 磁感应强度为  $B$ . 今在导体杆中沿  $abcd$  通以大小为  $I$  的电流, 此时导体杆受到的安培力对  $OO'$  轴的力矩大小等于\_\_\_\_\_。

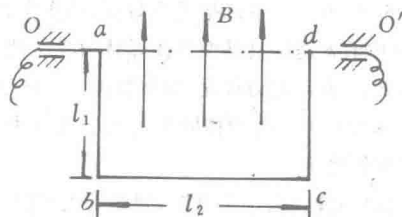


图 2-7

#### (五) 解答提示

1. 约 186 牛, 垂直河岸在  $F_2$  一侧。要求合力沿  $OE$  方向, 垂直  $OE$  方向两侧的力互相平衡。
2. 均相等。因每一个力垂直  $OA$  方向的分力大小相等。
3.  $IBl_1l_2$ 。导体杆中仅  $bc$  段受磁场力  $F_B=Il_2B$ , 其方向垂直纸面向上, 对  $OO'$  轴力臂为  $l_1$ 。

## § 2 常见的三种力

### (一) 考试要求

1. (B) 万有引力定律。重力是物体在地球表面附近受到的地球对它的引力。重心。
2. (B) 形变和弹力。胡克定律。
3. (B) 静摩擦, 最大静摩擦力。滑动摩擦, 滑动摩擦定律。

### (二) 重点说明

1. 万有引力定律是自然界的一条普遍规律。两物体间的万有引力仅与它们的质量及间距有关, 与物体的化学成分、物理状况、中间是否有其他介质等无关, 但公式  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  仅适用于质点或均匀球体。

2. 物体所受地球引力( $F$ )沿半径指向球心, 重力( $mg$ )竖直向下, 两者间夹角  $\theta$  随所在处纬度  $\varphi$  和  $g$  值而变化。由图 2-8 知

$$\frac{m\omega^2 R \cos\varphi}{\sin\theta} = \frac{mg}{\cos\varphi}$$

$$\sin\theta = \frac{\omega^2 R}{g} \cos^2\varphi, \text{ 或 } \theta = \sin^{-1}\left(\frac{\omega^2 R}{g} \cos^2\varphi\right)$$

3. 当忽略地球的自转时, 物体的重力加速度可由

$$G \frac{Mm}{r^2} = mg \quad \text{得} \quad g = \frac{GM}{r^2}.$$

式中  $M, r$  分别为地球质量和物体离地心距离。在地面附近,  $r \approx R$ , 于是  $g = \frac{GM}{R^2}$ 。在其他天体上, 同理可得。

必须注意, 在具体问题中, 当不需考虑  $g$  值的变化时, 物体所受的重力恒定, 与它所受其他力及物体的运动状况无关。

4. 物体的重力可整个地集中作用在重心上, 仿佛其他各部分没有重力一样。重心可以在物体外部。只要重力作用线仍垂直落在支承面内, 物体对支承面的压力不变。如图 2-9 中, 用力  $F$  推动木棒, 重力作用线未超出桌面时, 对桌面的压力大小恒等于  $mg$ 。

5. 弹力的产生以接触为前提, 形变为必要条件。  $f = kx$  中的  $k$  是反映某根具体弹簧力学特性的量, 不同于密度、比热、电阻率等物质特性的量。对一根确定的轻弹簧,  $k$  值与运动状况(如在加速中)、所处位置(如从地球搬到月球)等无关。

弹力的大小与物体同时所受的其他力及物体的运动状况有关, 一般情况下都应结合平衡条件或牛顿运动定律确定。

注意: 弹力大小已知时, 弹簧可处于拉、压两种状态。

6. 几种典型物体产生弹力的特点比较:

比较项目	绳	杆	弹簧
形变情况	只能伸长	认为长度不变	既可伸长也可缩短
施力与受力情况	只能受拉力和施出拉力	既能受拉或受压, 也能施出拉力或压力	同杆
力的方向	始终沿绳	不一定沿杆	沿弹簧纵向
力的变化	可发生突变(无记忆)	可发生突变(无记忆)	只能发生渐变(有记忆)

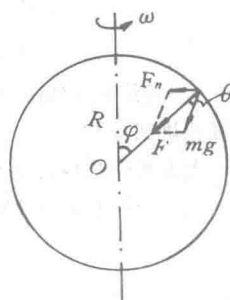


图 2-8

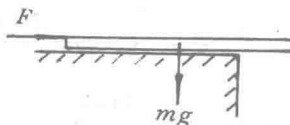


图 2-9



7. 两物体一旦发生相对滑动,滑动摩擦力的大小恒为  $f = \mu N$ ,与相对滑动的速度大小无关。当接触面间的滑动摩擦系数  $\mu$  处处相同时,滑动摩擦力的大小也与相对滑动的方向无关。如图中质量  $m$  的小木块沿不同方向滑行时的摩擦力相同,均为  $f = \mu mg \cos \alpha$ 。

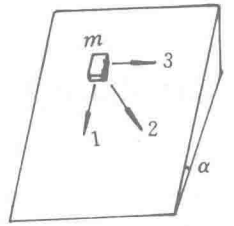


图 2-10

8. 静摩擦发生在相接触的两物体有相对滑动趋势时,且与引起相对滑动趋势的(有效)外力等值反向,其值可在  $0 \sim f_m$ (最大静摩擦)间变化。一般情况下,静摩擦力的大小也与物体同时所受的其他力及运动状况有关,往往应结合平衡条件或牛顿运动定律确定。

### (三) 典型例题

例 1 一质量为  $m$  的木块放在倾角为  $\alpha$  的传送带上随带一起向上或向下作加速运动,加速度为  $a$ ,试求两情况下物体所受的摩擦力  $f$ 。

[解] 加速向上时,  $f = mgsin\alpha + ma$ ,沿斜面向上。

加速向下时,有三种情况:

当  $a < gsin\alpha$  时,  $f = mgsin\alpha - ma$ ,沿斜面向上;

当  $a = gsin\alpha$  时,  $f = 0$ ;

当  $a > gsin\alpha$  时,  $f = ma - mgsin\alpha$ ,沿斜面向下。

[说明] 当物体向下加速时,可先假设  $f$  沿斜面向上,由  $mgsin\alpha - f = ma$  得出  $f$  后再讨论在  $a$  的不同大小下  $f$  的取值和方向。必须牢记,静摩擦力的大小、方向与运动状态有关。

例 2 如图 2-12 所示,质量为  $m$  的物块与甲、乙两个弹簧相连,乙弹簧下端与地相连,其倔强系数分别为  $k_1, k_2$ 。现用手拉甲的上端 A,使它缓缓上移。当乙弹簧中的弹力为原来的  $2/3$  时,甲上端 A 移动的距离为多少?

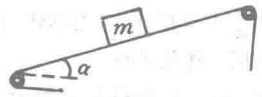


图 2-11

[解] 乙原处于被压缩状态,其压缩量  $x_0 = \frac{mg}{k_2}$ 。当拉甲缓缓上移使乙中弹力减为原来  $2/3$  时,若

(1) 乙仍处于被压缩状态,则此时甲的弹力和伸长量分别为

$$T_1 = mg - T_2 = \frac{1}{3}mg,$$

$$x_1 = \frac{T_1}{k_1} = \frac{mg}{3k_1}.$$

乙弹簧上端的位移为  $x_2 = \frac{1}{3} \frac{mg}{k_2} = \frac{mg}{3k_2}$ ,所以 A 端上移的距离

$$s_A = x_1 + x_2 = \frac{mg}{3} \left( \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right).$$

(2) 乙处于被拉伸状态,则此时甲的弹力和伸长量分别为

$$T_1 = mg + T_2 = mg + \frac{2}{3}mg = \frac{5}{3}mg,$$

$$x_1 = \frac{T_1}{k_1} = \frac{5mg}{3k_1}.$$

乙弹簧上端的位移为  $x_2' = x_0 + \frac{2mg}{3k_2} = \frac{5mg}{3k_2}$ 。所以 A 端上移的距离

$$s_A' = x_1 + x_2' = \frac{5mg}{3} \left( \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right).$$

[说明] 必须考虑弹簧形变的两种可能情况,同时应注意位移的计算。

例 3 已知火星上大气压是地球的  $1/200$ 。火星直径约为地球直径的一半,地球平均密度  $\rho_{地} = 5.5 \times 10^3$  千克/米<sup>3</sup>,火星平均密度  $\rho_{火} = 4 \times 10^3$  千克/米<sup>3</sup>。试求火星上大气质量与地球大气质量之比。

[解] 设火星和地球上的大气质量、重力加速度分别为  $m_{火}, g_{火}, m_{地}, g_{地}$ ,火星和地球上的大气压分别

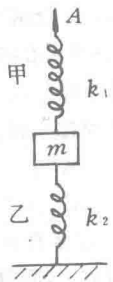


图 2-12