

高三物理

教学研究

- 考
 - 课
 - 模
 - 参
- 点
 - 堂
 - 拟
 - 考
- 例
 - 练
 - 试
 - 答
- 析
 - 习
 - 卷
 - 案

《物理教师》编辑部 编

华东理工大学出版社

高三物理教学研究

《物理教师》编辑部 编

华东理工大学出版社

(沪)新登字 208 号

高三物理教学研究

《物理教师》编辑部 编

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 电话 64104306

新华书店上海发行所发行经销

上海东方印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 14 字数 350 千字

1997 年 6 月第 1 版 1998 年 3 月第 2 次印刷

印数 15501 - 18500 册

ISBN 7 - 5628 - 0783 - 3/G·142 定价 11.50 元

前 言

为了适应当前高三物理教学的特点,我们编写了这本《高三物理教学研究》,本书依据《全日制中学物理教学大纲》(修订本)和1997年《普通高等学校招生全国统一考试物理科说明》(以下简称《考试说明》)的精神进行编写,全书分“考点例析”和“课堂练习”两大部分。

“考点例析”部分以1997年《考试说明》知识内容所列103项内容(本书中称之为“考点”)为纲,按照课本相应的章节内容,通过典型例题的分析,说明该知识点的应用,总结解题规律,以达到融会贯通和举一反三的目的。《考试说明》对各考点均有要求等级,分A、B两级(要求如下:A、知道所列知识的内容及含义,能在有关问题中识别和直接使用它们。B、理解所列知识的确切含义及其与其他知识的联系,能够进行叙述和解释,并能在对实际问题进行分析、综合、推理和判断等过程中运用它们。)本书在各考点之后也标明了相应的要求等级。

“课堂练习”部分共编写了76份试卷,其中74份是分章节单元卷,基本上依照考点所列顺序,由易到难,逐章编写。考虑到选择题的测试功能,本书试将单项选择与多项选择混编,以期学生引起重视。每份卷可供45分钟课堂检测,也可供学生作为课外练习之用。最后两份为模拟试卷(与高考卷的题量相当)可用于检查学生经过第一轮复习之后掌握知识的情况。

本书由张永生主编并统稿,“考点例析”部分由徐汉屏编写,“课堂练习”部分由王亚佳、王战先、卞牛、吕明德、刘淑琪、刘慧民、李环生、李品忠、杜雪园、陈国良、陈昌贵、张永生、周久璋、贾克钧、高德兴、徐汉屏、浦忠德、曹雷、黎宗传等编写。金其淑、张永生、吴法华、姜立中参加审稿;安静华、钱维琳、虞苏珉为本书绘制了插图。

编 者

1997年5月

目 录

考点、题例部分

第一章 力 物体的平衡	(1)
第二章 物体的运动	(4)
第三章 牛顿运动定律	(6)
第四章 物体在重力作用下的运动	(9)
第五章 匀速圆周运动 万有引力定律	(10)
第六章 动量和动量守恒	(12)
第七章 机械能	(15)
第八章 振动和波	(19)
第九章 分子动理论、热和功	(22)
第十章 气体的性质	(24)
第十一章 电场	(27)
第十二章 稳恒电流	(32)
第十三章 磁场	(36)
第十四章 电磁感应	(39)
第十五章 交变电流	(43)
第十六章 电磁振荡和电磁波	(45)
第十七章 光的反射和折射	(46)
第十八章 光的波动性和微粒性	(50)
第十九章 原子和原子核	(52)
第二十章 单位制	(55)
第二十一章 实验	(55)
附录:关于一些物理量名称的修改说明	(62)

练习部分

力 物体的平衡(1-4)	(63)
物体的运动(5-8)	(70)
牛顿运动定律(9-12)	(79)
物体在重力作用下的运动(13-14)	(87)
匀速圆周运动 万有引力定律(15-17)	(91)
动量和动量守恒(18-22)	(97)
机械能(23-27)	(107)
机械振动和机械波(28-30)	(117)
力学综合(31-32)	(123)
热学(33-36)	(127)
热学综合(37)	(135)
电场(38-42)	(137)
稳恒电流(43-47)	(147)
磁场(48-51)	(157)
电磁感应(52-56)	(165)
交变电流(57-58)	(175)
电磁振荡、电磁波(59-60)	(179)
电学综合(61-62)	(183)
几何光学(63-66)	(187)
物理光学(67-68)	(195)
原子和原子核(69-70)	(199)
物理光学与原子物理综合(71)	(203)
实验(72-74)	(205)
模拟试卷(A、B卷)	(211)

考点、题例部分

第一章 力 物体的平衡

1. 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。(考点 10 部分内容, B 级要求)

2. 重力是物体在地球表面附近受到的地球对它的引力。重心。(考点 12 部分内容, B 级要求)

3. 形变和弹力。胡克定律。(考点 14, B 级要求)

例 1 将劲度系数为 k 的均匀的弹簧截去一部分,使留下部分的自由长度为整个长度的 $\frac{n}{m}$,则留下部分的劲度系数

- (A) 仍为 k 。
- (B) 变为 $\frac{n}{m}k$ 。
- (C) 变为 $\frac{m}{n}k$ 。
- (D) 无法确定,因为不知原弹簧自由长度。

解:应选(C)。

说明:将整个弹簧一端固定,在另一端作用一拉力 F ,则其中的 $\frac{n}{m}$ 部分亦应受到其余部分弹簧对它的拉力 F 。若整个弹簧的伸长量为 x ,由于弹簧是均匀的,则其中的 $\frac{n}{m}$ 部分相应伸长量

$x' = \frac{n}{m}x$ 。根据胡克定律, $F = kx, F = k'x'$, 所以

$$k' = \frac{x}{x'}k = \frac{m}{n}k$$

另外,将劲度系数分别为 k_1, k_2, \dots, k_n 的弹簧串联或并联使用,此弹簧组总的劲度系数为 $k_{\text{串}}$ 或

$$k_{\text{串}}, \text{ 则 } \frac{1}{k_{\text{串}}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n},$$

$$k_{\text{并}} = k_1 + k_2 + \dots + k_n。$$

例 2 如图 1-1 所示,物块质量为 M ,与甲、乙两弹簧相连接,乙弹簧下端与地面连接,甲、乙两弹簧质量不计,其劲度系数分别为 k_1 和 k_2 。起初甲处于自由长度。现用手将弹簧的 A 端缓慢上提,使乙弹簧产生的弹力



图 1-1

大小变为原来的 $\frac{2}{3}$, 则 A 端上移的距离可能是

- (A) $\frac{k_1+k_2}{3k_1k_2}Mg$ 。
- (B) $\frac{2(k_1+k_2)}{3k_1k_2}Mg$ 。
- (C) $\frac{4(k_1+k_2)}{3k_1k_2}Mg$ 。
- (D) $\frac{5(k_1+k_2)}{3k_1k_2}Mg$ 。

解:应选(A)(D)。

说明:本题应考虑上提后乙弹簧处于压缩和拉伸两种情况。若乙弹簧仍处于压缩情况,则由题意可得其压缩量变为原来的 $\frac{2}{3}$,而原先的压缩量为 $\frac{Mg}{k_1}$,从而 M 上升了 $\frac{Mg}{3k_1}$ 。甲弹簧应处于拉伸状态,其弹力应是 $\frac{Mg}{3}$,故其伸长 $\frac{Mg}{3k_2}$,从而 A 点上移 $\frac{Mg}{3k_1} + \frac{Mg}{3k_2} = \frac{k_1+k_2}{3k_1k_2}Mg$ 。由类似的分析可得乙弹簧处于拉伸情况下 A 点将上移 $\frac{5(k_1+k_2)}{3k_1k_2}Mg$ 。

4. 静摩擦,最大静摩擦力。(考点 15, A 级要求)

5. 滑动摩擦,滑动摩擦定律。(考点 16, B 级要求)

根据“考试说明”,“不要求知道静摩擦因数。”

例 3 (1988 年全国高考题)在粗糙水平面上有一个三角形木块 abc ,在它的两个粗糙斜面上

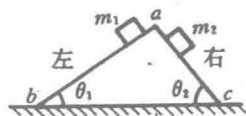


图 1-2

分别放两个质量 m_1 和 m_2 的木块, $m_1 > m_2$, 如图 1-2 所示。已知三角形木块和两物体都是静止的,则粗糙水平面对三角形木块

- (A) 有摩擦力的作用,摩擦力的方向水平向右。
- (B) 有摩擦力的作用,摩擦力的方向水平向左。
- (C) 有摩擦力的作用,但摩擦力的方向不能确定,因为 $m_1, m_2, \theta_1, \theta_2$ 的数值并未给出。
- (D) 以上结论都不对。

解:应选(D)。

说明:木块 m_1 受重力和三角形木块的作用力

(弹力与摩擦力的合力)而静止,则此作用力应与重力平衡,方向竖直向上。由牛顿第三定律,木块 m_1 对三角形木块的作用力方向竖直向下。同样,木块 m_2 对三角形木块的作用力方向亦竖直向下。因此三角形木块相对于水平面无运动趋势,不受摩擦力作用。

本题若采用“整体分析法”则更简单。把静止的木块 m_1 、 m_2 和三角形木块看成一个整体。这一整体在水平方向上无其它外力作用,因而不存在摩擦力。本题是用平衡条件分析摩擦力的典型例子。

例 4 (1988

年上海高考题)两重叠在一起的滑块,置于固定的倾角为 θ 的斜面上,

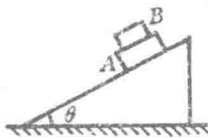


图 1-3

如图 1-3 所示。滑块 A、B 的质量分别为 M 、 m , A 与斜面间动摩擦因数为 μ_1 , B 与 A 的动摩擦因数为 μ_2 。已知两滑块都从斜面由静止以相同的加速度滑下,则滑块 B 受到的摩擦力

- (A) 等于零。
- (B) 方向沿斜面向上。
- (C) 大小等于 $\mu_1 mg \cos \theta$ 。
- (D) 大小等于 $\mu_2 mg \cos \theta$ 。

解: 应选(B)(C)。

说明: 设滑块 B 受到沿斜面向上的摩擦力 f , 对 B 有 $mg \sin \theta - f = ma$, 对 A 有 $Mg \sin \theta + f - \mu_1 (M+m) g \cos \theta = Ma$ 。两式消去 a 可得 $f = \mu_1 mg \cos \theta$ 。

上解的假设对问题的讨论具有一般性。因为, 若求得 f 为零, 则说明 B 不受摩擦力; 若求得 f 为正, 则说明 B 所受摩擦力确实沿斜面向上; 若求得 f 为负, 则说明 B 所受摩擦力应该沿斜面向下。本题是用牛顿运动定律分析摩擦力的典型例子。

例 5 把一重为 G 的物体, 用一个与时间成正比的水平推力 F 压在足够高的平整墙壁上。从 $t=0$ 开始物体所受的摩擦力随时间变化的图象是图

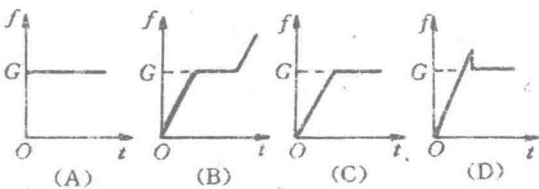


图 1-4

1-4 中的哪一个?

解: 应选(D)。

说明: 开始阶段, 物体受滑动摩擦力, 有 $f = \mu N = \mu F = \mu kt, f \propto t$, 图象是一段过原点的直线。物体经加速下滑和减速下滑两个阶段后静止, $f = G$, 但在减速下滑阶段有 $f > G$, 故正确图象是(D)。本题若不仔细分析物体的运动有一减速过程, 易错选(C)。

6. 物体受力分析。受力图。(考点 20 部分内容, B 级要求)

7. 力是矢量, 力的合成和分解。(考点 10 部分内容, B 级要求)

根据“考试说明”, “关于力的合成和分解在计算方面, 只要求会应用直角三角形知识求解”。

例 6 如图 1-5, 物体 M 用 OA 和 OB 两根等长的绳子悬挂在半圆弧的架子上, B 点固定不动, A 端由顶点 C 沿圆弧向 D 移动, 在此过程中, 绳子 OA 的张力将

- (A) 由大变小。
- (B) 由小变大。
- (C) 先减小后增大。
- (D) 先增大后减小。

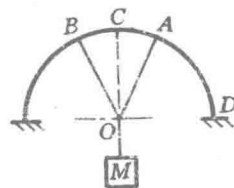


图 1-5

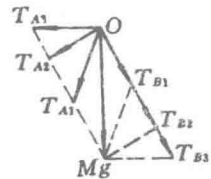


图 1-6

解: 应选(C)。

说明: 可将重物对 O 点的拉力(等于重力 Mg)沿 AO 、 BO 两方向分解, 并将多种情况合并画在一张力的分解图上, 如图 1-6。可见, OA 的张力先减小后增大。

此类习题还可以用计算的方法求解, 但用上述图解法比较简单直观。

例 7 如图 1-7

所示, 绳的一端 A 固定在墙上, 另一端 B 通过固定在直杆上的定滑轮吊一重物。直杆可绕靠墙的 O 点转动, 杆、滑轮、绳的质量及摩擦均不计。设斜拉绳中的张力为 T , 杆受压力

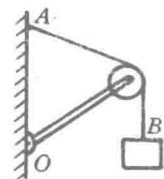


图 1-7

为 F , 若把绳的 A 端沿墙稍向下移一微小距离, 并使整个装置再次平衡, 则有

- (A) T, F 均增大。 (B) T 减小, F 增大。
(C) T 不变, F 增大。 (D) T, F 均不变。

解: 应选(C)。

说明: 由于绳子是跨过定滑轮悬挂重物的, 整个装置平衡时, 绳子张力 T 等于 G 而不变, 杆受压力 F 应等于绳子拉力的合力, 方向沿杆向。现绳的 A 端沿墙下移, 两拉力夹角减小而合力增大, 即 F 增大。此题应与绳子直接与杆端连结的情况相区别。

8. 共点力作用下的物体的平衡。(考点 22, B 级要求)

例 8 (1996 年上海高考题) 如图 1-8 所示, 长为 5m 的细绳的两端分别系于竖立在地面上相距为 4m 的两杆的顶端 A, B 。绳上挂一个光滑的轻质挂钩, 其下连着一个重为 12N 的物体。平衡时, 绳中的张力 $T =$ _____。

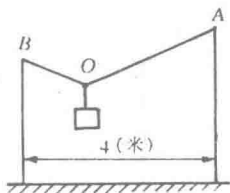


图 1-8

解: 应填 10N。

分析: 如图 1-9, 带有挂钩的物体受重力和绳子拉力作用。设物体平衡时挂在 O 点, 过 O 的水平线与两杆的

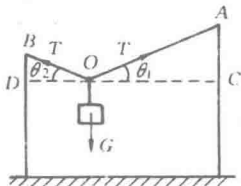


图 1-9

交点分别为 C, D 。由于挂钩光滑, OA, OB 两段绳中的张力大小相等。由共点力作用下物体的平衡条件, 有 $T \cos \theta_1 = T \cos \theta_2, T \sin \theta_1 + T \sin \theta_2 = G$ 。从而, $\theta_1 = \theta_2, T = \frac{G}{2 \sin \theta_1}$ 。由图中几何关系可知, $\cos \theta_1 = \frac{OC}{OA} = \frac{OD}{OB} = \frac{OC+OD}{OA+OB} = \frac{4}{5}$, 所以 $\sin \theta_1 = \frac{3}{5}, T = 10(\text{N})$ 。本题采用了正交分解法求解。

例 9. 如图 1-10, 长为 l 的线的上端 A 固定, 下端拴一重力为 G 的小球 B , 小球靠在半径为 r 的光滑球面上。设线的固定点 A 和球心 O 的连线 AO 在竖直方向上, 跟球相交于 C 点, AC 的长度为 d 。试求线对小球的拉力和球面对小球的支持力。

解: 以小球 B 为研究对象, 它受重力 G , 线的拉力 T 和光滑斜面的支持力 N 的作用而平衡, 则 T

与 N 的合力 F 应与 G 大小相等, 方向相反, 如图 1-11 所示。由 $\triangle BNF \sim \triangle OBA$ 可得

$$\frac{N}{r} = \frac{G}{d+r} = \frac{T}{l}, \text{ 从而 } T = \frac{l}{d+r}G, N = \frac{r}{d+r}G.$$

说明: 本题采用了相似三角形法求解。

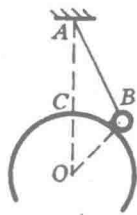


图 1-10

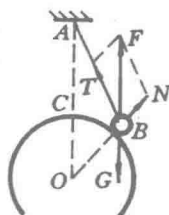


图 1-11

例 10 如图 1-12 所示, 两块相同的竖直木板之间有质量均为 m 的四块相同的砖, 用两个大小均为 F 的水平力压木板, 使砖静止不动。设所有接触面的动摩擦因数均为 μ , 则第二块砖对第三块砖的摩擦力大小为

- (A) 0。 (B) mg 。
(C) μF 。 (D) $2mg$ 。

解: 应选(A)。

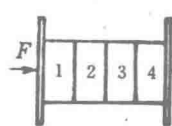


图 1-12

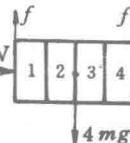


图 1-13

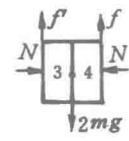


图 1-14

说明: 先取四块砖为研究对象, 分析受力如图 1-13 所示。由平衡条件得 $2f = 4mg$, 所以 $f = 2mg$ 。再取边上的两块砖(如 3、4 两块)为研究对象, 设第二块砖对第三块砖的摩擦力为 f' , 分析受力如图 1-14 所示。由平衡条件得 $f' + f = 2mg$, 从而 $f' = 0$ 。本题的求解需交叉使用整体法和隔离法, 巧取研究对象。

例 11 (1990 年全国高考题) 用轻质细线把两个质量未知的小球悬挂起来, 如图 1-15 所示。今对小球 a 持续施加一个向左偏下 30° 的恒力, 并对小球 b 持续施加一个向右偏上 30° 的同样大的恒力, 最后达到平衡。

表示平衡状态的图(见图 1-16)可能是

解: 应选(A)。

说明: 对两个小球进行整体受力分析。外加两



图 1-15

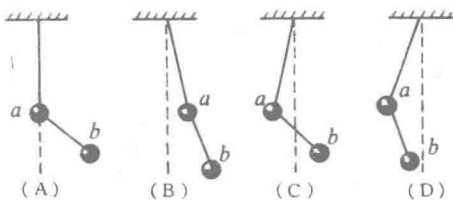


图 1-16

力已大小相等方向相反,两力合力为零。两球还受重力,平衡时所受外力的合力为零,上段绳子必须取竖直方向,以提供向上的拉力与重力平衡。因此,(B)、(C)、(D)三图均可排除。本题也可用隔离法对 a 、 b 小球进行受力分析而得到同样结果,但不及上述整体法分析简单。

例 12 在倾角 $\theta=30^\circ$ 的斜面上放置一个重 200N 的物体,物体与斜面间的动摩擦因数 $\mu = \frac{\sqrt{3}}{3}$ 。要使物体沿斜面匀速向上移动,所加的力至少要多大? 方向如何?

解:设所加的力与斜面成 α 角斜向上,物体受力和坐标轴如图 1-17 所示。由平衡条件可得 $F\cos\alpha = G\sin 30^\circ + f$, $F\sin\alpha + N =$

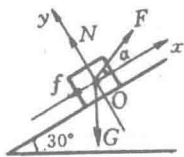


图 1-17

$G\cos 30^\circ$, 又 $f = \mu N$, 从而 $F = \frac{200\sqrt{3}}{\sqrt{3}\cos\alpha + \sin\alpha} = \frac{100\sqrt{3}}{\frac{\sqrt{3}}{2}\cos\alpha + \frac{1}{2}\sin\alpha} = \frac{100\sqrt{3}}{\sin(60^\circ + \alpha)}$ 。所以。当 $\alpha = 30^\circ$ 时, $F_{\text{最小}} = 100\sqrt{3} \approx 173(\text{N})$ 。

说明:本题是运用三角函数公式求解物体平衡的极值问题的典型例子。

9. 力矩。(考点 11, B 级要求)

例 13 如图 1-18 所示,直杆 AB 可绕墙上的铰链转动,图中虚线与杆平行,杆的 B 端受四个力 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 的作用,力的

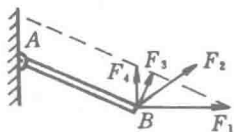


图 1-18

作用线跟杆在同一竖直面内,它们对转轴的力矩分别是 M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 , 则各力矩的大小关系是。

- (A) $M_1 = M_2 > M_3 = M_4$ 。
 (B) $M_2 > M_1 = M_3 = M_4$ 。
 (C) $M_1 > M_2 > M_3 > M_4$ 。
 (D) $M_2 > M_1 > M_4 > M_3$ 。

解:应选(B)。

说明:本题可将力沿杆向和垂直于杆向两个方向分解,则该力的力矩应等于其垂直于杆向的各分力的力矩,从而只要比较各力在垂直于杆向上的分力的大小,便可判断力矩的大小。

第二章 物体的运动

1. 机械运动,质点。(考点 1, A 级要求)
2. 位移和路程。(考点 2, B 级要求)
3. 匀速直线运动。速度。速率。位移公式

$s=vt$ 。 $s-t$ 图。 $v-t$ 图。(考点 3, B 级要求)

根据“考试说明”,“不要求会用 $v-t$ 图去讨论问题”。

例 1 百货大楼一、二楼间有一部正以恒定速度向上运动的自动扶梯,某人以相对梯的速度 v 沿梯从一楼向上跑,数得梯子有 N_1 级;到二楼后他又反过来以相对梯的速度 v 沿梯向下跑至一楼,数得梯子有 N_2 级。那末,该自动扶梯的梯子实际为 _____ 级。

解:应填 $\frac{2N_1N_2}{N_1+N_2}$ 。

说明:设扶梯的速度为 v' ,从一楼至二楼的梯子共 N 级,扶梯相邻两级沿扶梯运行方向间的距离为 s_0 ,该人上跑数得 N_1 级的时间内,扶梯上移了 $(N-N_1)$ 级;该人下跑数得 N_2 级的时间内,扶梯上移了 (N_2-N) 级。从而 $\frac{N_1s_0}{v} = \frac{(N-N_1)s_0}{v'}$, $\frac{N_2s_0}{v} = \frac{(N_2-N)s_0}{v'}$, 可得 $N = \frac{2N_1N_2}{N_1+N_2}$ 。

例 2 如图 2-1 所示,一质点从 A 点出发沿 AC 方向以 v_1 速度匀速运动,与此同时另一质点以 v_2 速度从 B 点出发作匀速运动。已知 A、C 相距 L , BC 与 AC 垂

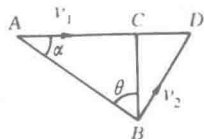


图 2-1

直,且 BC 长为 d 。若两质点能相遇, v_2 最小为多大? 其方向如何?

解: 设两质点经时间 t 后在 D 点相遇, v_1, v_2 分别与 AB 成 α, θ 角, 则在三角形 ABD 中由正弦定理可得 $\frac{AD}{\sin\theta} = \frac{BD}{\sin\alpha}$, 即 $\frac{v_1 t}{\sin\theta} = \frac{v_2 t}{\sin\alpha}$, $v_2 = \frac{v_1 \sin\alpha}{\sin\theta}$ 。可见, 当 $\theta = 90^\circ$, 即 v_2 与 AB 垂直时, v_2 有最小值

$$v_{2m} = v_1 \sin\alpha = \frac{d}{L} v_1。$$

说明: 注意正弦定理等数学规律在物理解题中的应用。

4. 变速直线运动、平均速度、瞬时速度(简称速度)。(考点 4, B 级要求)

例 3 (1989 年上海高考题) 一物体作同向直线运动, 前一半时间以 9.0m/s 的速度作匀速运动, 后一半时间以 6.0m/s 速度作匀速运动, 则物体的平均速度是 m/s 。另一物体也作同向直线运动, 前一半路程以 3.0m/s 速度作匀速运动, 后一半路程以 7.0m/s 速度作匀速运动, 则物体的平均速度是 m/s 。

解: 应依次填 $7.5, 4.2$ 。

说明: 设物体运动的总时间为 t 、总位移为 s , 则

$$\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{v_1 \frac{t}{2} + v_2 \frac{t}{2}}{t} = \frac{v_1 + v_2}{2} = 7.5 (\text{m/s}),$$

$$\bar{v}' = \frac{s}{\frac{s/2}{v_1'} + \frac{s/2}{v_2'}} = \frac{2v_1'v_2'}{v_1' + v_2'} = 4.2 (\text{m/s}).$$

一般情况, 求平均速度不能简单地将各个速度值取平均值。如此题的后半题, 取两速度的平均值, 便会得出 5.0m/s 的错误结论。

例 4 试比较图 2-2 中甲、乙、丙三条位移图线所表示的各质点在 $0-t_1$ 时间内平均速度和平均速率的大小。

解: 设离坐标原点 O 的位移为 s_A, s_B 的点分别为 A 和 B , 则图线甲表示质点由 O 点沿规定的正方向运动到 B 点, 再反方向运动回到 A 点; 而

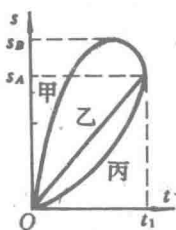


图 2-2

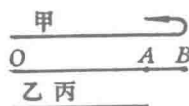


图 2-3

图线乙和丙则均表示质点由 O 点直接沿规定的正方向运动到 A 点(所不同的只是乙为匀速运动, 丙为变速运动), 如图 2-3 所示。可见, 在 $0-t_1$ 时间内, 甲、乙、丙三者的位移相等, 乙、丙的路程相等, 甲的路程较大, 从而, 平均速度 $\bar{v}_{甲} = \bar{v}_{乙} = \bar{v}_{丙}$, 平均速度 $\bar{v}'_{甲} > \bar{v}'_{乙} = \bar{v}'_{丙}$ 。

说明: 决不能将位移图线当作质点的运动轨迹。

5. 匀变速直线运动。加速度。公式 $v = v_0 + at$, $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$, $v^2 - v_0^2 = 2as$ 。v-t 图。(考点 4, B 级要求)

例 5 (1996 年全国高考题) 一物体作匀变速直线运动, 某时刻速度的大小为 4m/s , 1s 后速度的大小变为 10m/s 。在这 1s 后速度的大小变为 10m/s 。在这 1s 内该物体的

- (A) 位移的大小可能小于 4m 。
- (B) 位移的大小可能大于 10m 。
- (C) 加速度的大小可能小于 4m/s^2 。
- (D) 加速度的大小可能大于 10m/s^2 。

解: 应选 (A) (D)。

说明: 将物体初速度方向定为正方向, 则 $v_0 = 4\text{m/s}$, $t = 1\text{s}$ 后物体的速度 v_t 可能为 $\pm 10\text{m/s}$ 。由 $v_t = v_0 + at$ 和 $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$, 若 $v_t = 10\text{m/s}$, 则 $a = 6\text{m/s}^2$, $s = 7\text{m}$; 若 $v_t = -10\text{m/s}$, 则 $a = -14\text{m/s}^2$, $s = -3\text{m}$, 负号仅表示加速度或位移与初速度方向相反, 大小则分别为 $14\text{m/s}^2, 3\text{m}$ 。

例 6 完全相同的三木块并排地固定在水平面上, 一颗子弹以速度 v 水平射入。若子弹在木块中做匀减速运动, 穿透第三块木块后速度为零, 则子弹依次射入每块时的速度比和穿过每块木块所用时间比分别是:

- (A) $v_1 : v_2 : v_3 = 3 : 2 : 1$ 。
- (B) $v_1 : v_2 : v_3 = \sqrt{3} : \sqrt{2} : \sqrt{1}$ 。
- (C) $t_1 : t_2 : t_3 = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$ 。
- (D) $t_1 : t_2 : t_3 = (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : (\sqrt{2} - 1) : 1$ 。

解: 应选 (B) (D)。

说明: 倒过来分析, 则可把问题等效于子弹向左作初速为零的匀加速运动。由 $v_t^2 = 2as$ 得 $v_t \propto \sqrt{s}$, 所以 $v_3 : v_2 : v_1 = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$, 即 $v_1 :$

$v_2 : v_3 = \sqrt{3} : \sqrt{2} : 1$ 。由 $v_i = at$ 得 $t \propto v_i$, 所以 $t_3 : (t_3 + t_2) : (t_3 + t_2 + t_1) = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$, 所以 $t_1 : t_2 : t_3 = (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : (\sqrt{2} - 1) : 1$ 。

这种“倒过来分析”的等效思维方法,可以化难为易、化繁就简。

例 7 一质点由 A 点出发沿直线 AB 运动,行程的第一部分是加速度为 a 的匀加速运动,接着是加速度为 a' 的匀减速运动,抵达 B 点时恰好静止。如果 AB 的长度是 s ,试求质点走完 AB 所用的时间 t 。

解:设质点在前后两段的运动时间分别为 t_1 和 t_2 ,运动中的最大速度为 v ,全程平均速度为 \bar{v} ,

则有 $v = at_1, v = a't_2, \frac{v}{2} = \bar{v} = \frac{s}{t}$, 得

$$t = \sqrt{\frac{2s(a+a')}{aa'}}$$

说明:物体的多阶段运动,要注意找出各阶段间的联系,如前一阶段的末速度即为后一阶段的初速度等。另外,平均速度的运用往往能简化解题过程。

例 8 某人骑自行车以 4m/s 的速度匀速前进,某时刻在他前面 7m 处以 10m/s 的速度同向行驶的汽车开始关闭发动机,而以 2m/s^2 的加速度减速前进。此人需要多长时间才能追上汽车?

解:由 $v_0 = at$, 可得汽车经过 $t = \frac{v_0}{a} = 5\text{s}$ 即可停下。汽车停下处距离该人的初始位置 $s = s_0 + (v_0 t - \frac{1}{2}at^2) = 32\text{m}$ 。该人在 t 时间内可前进的距离 $s' = vt = 20\text{m}$, 这说明在汽车停下后人才能追上汽车。所以,此人追上汽车所需的时间 $t' = \frac{s}{v} = 8\text{s}$ 。

说明:解多个物体运动问题的关键是需找出它们之间的联系,一般可从位移、时间或速度等方面去找。对运动过程应作具体分析,不能盲目乱套公式。

例 9 (1995 年上海高考题)物体沿一直线运动,在 t 时间内通过的路程为 s 。它在中间位置 $\frac{1}{2}s$ 处的速度为 v_1 ,在中间时刻 $\frac{1}{2}t$ 时的速度为 v_2 ,则 v_1 和 v_2 的关系为

- (A) 当物体作匀加速直线运动时, $v_1 > v_2$ 。
- (B) 当物体作匀减速直线运动时, $v_1 > v_2$ 。
- (C) 当物体作匀速直线运动时, $v_1 = v_2$ 。
- (D) 当物体作匀减速直线运动时, $v_1 < v_2$ 。

解:应选(A)(C)(D)。

说明:若物体作匀加速运动,则其到达路程 s 的中间位置时已过了中间时间,故 $v_1 > v_2$;若物体作匀减速运动,则其到达路程 s 的中间位置时尚未到中间时刻,故 $v_1 < v_2$;若物体作匀速运动,则其到达路程 s 的中间位置时刚好达中间时刻,故 $v_1 = v_2$ 。考虑到 $v-t$ 图象中的相应面积可表示路程,亦可作出如图 2-4 所示的三幅图象加以判定。

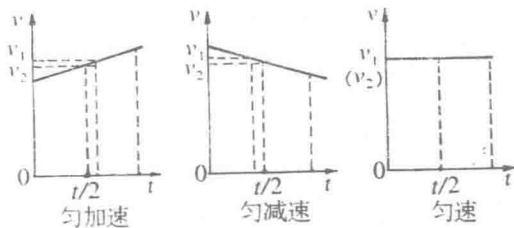


图 2-4

第三章 牛顿运动定律

1. 牛顿第一定律。惯性。(考点 17, B 级要求)

例 1 (1984 年全国高考题)火车在长直水平轨道上匀速行驶,门窗紧闭的车厢内有一人向上跳起,发现仍落回到车上原处,这是因为:

- (A) 人跳起后,厢内空气给他以向前的力,带着他随同火车一起向前运动。
- (B) 人跳起的瞬间,车厢的地板给他一个向前的力,推动他随同火车一起向前运动。
- (C) 人跳起后,车在继续向前运动,所以人落下后必定偏后一些,只是由于时间很短,偏后距离太小,不明显而已。
- (D) 人跳起后直到落地,在水平方向上人和车始终具有相同的速度。

解:应选(D)。

说明:火车作匀速直线运动,车及车内物体所受合力均为零。人竖直跳起时及跳起后,没有水平方向力的作用,根据牛顿第一定律,人在水平方向与火车一样保持匀速直线运动状态。

2. 牛顿第二定律。质量。(考点 18 部分内容, B 级要求)

例 2 如图 3-1 所示,弹簧左端固定,右端自由伸长到 O 点并系住物体 m 。现将弹簧压缩到 A 点,然后释放,物体一直可以运动到 B 点。如果物体受

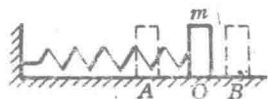


图 3-1

到的阻力恒定,则

- (A) 物体从 A 到 O 先加速后减速。
- (B) 物体从 A 到 O 加速运动,从 O 到 B 减速运动。
- (C) 物体在 A 到 O 间某点时所受合力为零。
- (D) 物体运动到 O 点时所受合力为零。

解:应选(A)(C)。

说明:物体从 A 到 O 的运动过程中,初始阶段弹力大于阻力,合力方向向右,在 A 点弹力最大,合力最大。随后物体向右移动,弹力逐渐减小,合力减少。根据牛顿第二定律,物体的加速度向右且逐渐减小,加速度与速度同向,所以初始阶段物体作加速度逐渐减小的加速运动。当物体运动至 AO 间的某点(设为 O' 点)时,弹力减小到与阻力相等。合力为零,加速度为零,速度达到最大。此后,随着物体继续向右移动,弹力进一步减小,至 O 点弹力为零,接着弹力向左且逐渐增大。所以,物体到达 O 点以后合力的方向向左且逐渐增大,根据牛顿第二定律,加速度向左且逐渐增大,加速度与速度反向,物体作加速度逐渐增大的减速运动。

根据牛顿第二定律,物体加速度的变化可由合外力的变化确定,而物体作加速还是减速运动,则需根据加速度与速度(即合外力与速度)同向还是反向确定。

3. 牛顿第三定律。(考点 19, B 级要求)

例 3 在测力计两端各栓一绳,两人都用 100N 的力各拉一绳,这时测力计的读数和所受合力分别是:

- (A) 100N, 200N。 (B) 100N, 0。
- (C) 200N, 200N。 (D) 200N, 0。

解:应选(B)。

说明:测力计弹力与绳子拉力(等于人的拉力)是一对作用力与反作用力,两者大小相等。故测力计弹力大小即读数为 100N。两边绳子对测力计的拉力是一对平衡力,故合力为 0。

4. 牛顿定律的应用。(考点 18 部分内容, B 级要求)

根据“考试说明”,“处理物体在粗糙面上的问题,只限于静止或已知运动方向的情况”;“用牛顿

定律处理连接体的问题时,只限于各个物体的加速度的大小和方向都相同的情况”。

例 4 (1993 年上海高考题)如图 3-2 所示,木块 A 与 B 用一轻弹簧相连,竖直放在木板 C 上,三者静置于地面,它们的质量之比是 1:2:3。设所有接触面都光滑,当沿水平方向迅速抽出木板 C 的瞬间, A 和 B 的加速度分别是 $a_A = \underline{\hspace{2cm}}$, $a_B = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

解:应依次填 0, 1.5g。

说明:设 A 的质量为 m, 则 B、C 的质量分别为 2m、3m。原先, A 受重力 mg 和弹簧弹力 F 的作用, B 受重力 2mg、弹簧弹力 F 和 C 的支持力 N 的作用。由于整体静止,有 $F = mg$, $N = 2mg + F$ 。当沿水平方向迅速抽出木板 C 的瞬间, A、B 的重力和弹簧的弹力未变,而 C 的支持力消失,故 $a_A = 0$, $a_B = \frac{2mg + F}{2m} = 1.5g$ 。本题应注意弹簧的弹力变化是需要时间的。若将 A、B 用细杆相连,当沿水平方向迅速抽出 C 的瞬间, A、B 的加速度将均为 g, 因为细杆是刚性模型,其弹力变化是瞬时的。

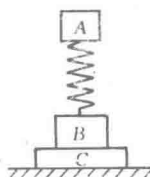


图 3-2

例 5 如图 3-3 所示,小车上有一竖直杆,总质量为 M。杆上套有一块质量为 m 的木块,杆与木块间摩擦因数为 μ , 小车静止时木块可沿杆自由滑下。问:必须对小车间以多大的水平力让车在光滑水平面上运动时,木块才能匀速下滑?

解:先取木块为研究对象,将它隔离出来,作出受力图,并建立坐标系,如图 3-4。

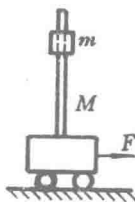


图 3-3

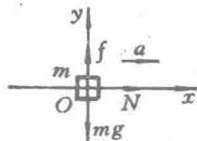


图 3-4

由 $\Sigma F_x = ma$, $\Sigma F_y = 0$, 即 $N = ma$, $f = mg$, 又 $f = \mu N$, 可得 $a = \frac{N}{m} = \frac{f}{\mu m} = \frac{mg}{\mu m} = \frac{g}{\mu}$ 。

再对木块和小车整体运用牛顿第二定律,可得

$$F = (m+M)a = \frac{(m+M)g}{\mu}$$

说明:本题的坐标系是按常规建立的,即以加速度的方向作为 x 轴的正向,而以垂直于加速度的方向作为 y 轴的正向。求解时列出方程 $\Sigma F_x = ma$ 、 $\Sigma F_y = 0$,再辅以其它方程式组成方程组。

例 6 如图 3-5 所示,在光滑的斜面上叠放着 A、B 两个物体。已知物体 A 的质量为 4kg,斜面与水平面间夹角为 30° 。当 A、B 两物体沿斜面下滑时,A、B 间保持相对静止,且 A、B 接触面保持水平。试求物体 A 对 B 的压力和摩擦力的大小、方向。(g 取 10m/s^2)

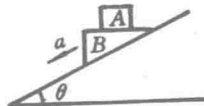


图 3-5

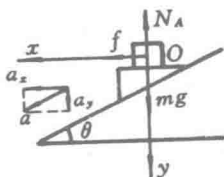


图 3-6

解:如图 3-6 所示,建立坐标系,画出 A 的受力图,并将加速度 a 沿坐标轴分解。

对 A 应用牛顿第二定律,有 $\Sigma F_x = ma_x$ 、 $\Sigma F_y = ma_y$,即 $f_A = macos\theta$ 、 $mg - N_A = masin\theta$ 。对 A、B 整体应用牛顿第二定律,有

$$(m+M)gsin\theta = (m+M)a,$$

得 $a = gsin\theta$ 。从而, $f_A = mgsin\theta cos\theta = 17.3\text{N}$,

$$N_A = mg - mgsin^2\theta = 30\text{N}.$$

根据牛顿第三定律,A 对 B 的压力和摩擦力分别与 f_A 、 N_A 的大小相等,方向相反。

说明:本题没有按常规以加速度方向为依据建立坐标系,而是让各力落在坐标轴上,采取了将加速度分解的方法,利用牛顿第二定律的两个分量式 $\Sigma F_x = ma_x$ 、 $\Sigma F_y = ma_y$ 求解。读者不妨与按常规建立坐标系求解作一比较。另外,例 5、例 6 两题求解中关于隔离法和整体法的交替使用,也值得借鉴。

例 7 (1996 年全国高考题)一物块从倾角为 θ 、长为 s 的斜面的顶端由静止开始下滑,物块与斜面的动摩擦因数为 μ ,求物块滑到斜面底端所需的时

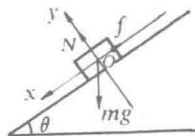


图 3-7

间。

解:设物块质量为 m ,加速度为 a ,物块受力情况和坐标系的建立如图 3-7 所示。 $mgsin\theta - f = ma$ 、 $N - mgcos\theta = 0$ 、 $f = \mu N$,解得 $a = g(\sin\theta - \mu cos\theta)$ 。由 $s = \frac{1}{2}at^2$ 得

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2s}{g(\sin\theta - \mu cos\theta)}}.$$

说明:本题属于已知物体的受力情况确定运动情况这一类问题,加速度起桥梁作用。

例 8 (1994 年全国高考题)质量 $M = 10\text{kg}$ 的木楔 ABC 静置于粗糙水平地面上,动摩擦因数 $\mu = 0.02$ 。在木楔的倾角为 30° 的斜面上,

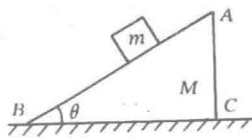


图 3-8

上,有一质量 $m = 1.0\text{kg}$ 的物块由静止开始沿斜面下滑。当滑行路程 $s = 1.4\text{m}$ 时,其速度 $v = 1.4\text{m/s}$ 。在这过程中木楔没有动,如图 3-8 所示。求地面对木楔的摩擦力的大小和方向。(重力加速度取 $g = 10\text{m/s}^2$)

解:由匀加速运动的公式 $v^2 = v_0^2 + 2as$,得物块沿斜面下滑的加速度为 $a = \frac{v^2}{2s} = 0.7(\text{m/s}^2)$ 。对物块和木楔组成的系统进行整体分析,作出受力图,建立坐标轴,水平轴为 x 轴,竖直轴为 y 轴,并将加速度 a 沿坐标轴分解,由 $\Sigma F_x = \Sigma ma_x$ 可得 $f = ma_x = macos\theta \approx 0.61(\text{N})$ 此力的方向与图中所设的一致(由 C 指向 B 的方向)。

说明:本题属于已知物体的运动情况推断受力情况这一类问题,加速度同样起着桥梁作用。另外,本题应用了物体系牛顿第二定律公式 $\Sigma F = \Sigma ma$ 的分量式。对物体系中各物体分别应用牛顿第二定律,将各式相加,物体系中物体之间的相互作用力相抵消,即可得到此式,式中 ΣF 为物体系所受的合外力, Σma 是物体系各物体的质量与加速度乘积的矢量和。本题也可运用隔离法求解,但解题过程没有上述整体法简单,读者不妨一试。

例 9 质量为 1kg 的物体静止在水平地面上,物体与地面的摩擦因数为 0.2 ,作用在物体上的水平拉力 F 与时间的关系如图 3-9 所示,试画出物体的速度-时间图象。(g 取 10m/s^2)

第四章 物体在重力作用下的运动

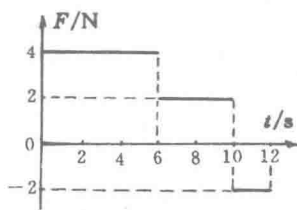


图 3-9

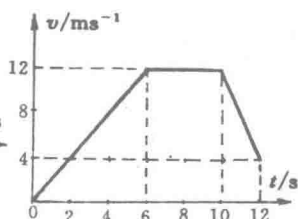


图 3-10

解: $f = \mu N = \mu mg = 2(\text{N})$ 。在 0 至 6s 内, 物体做初速为零的匀加速直线运动, 加速度 $a_1 = \frac{F_1 - f}{m} = 2\text{m/s}^2$, 6s 末的速度 $v_1 = a_1 t_1 = 12(\text{m/s})$ 。在 6 至 10s 内, 由于 $F_2 = f$, 物体做匀速直线运动, $v_2 = v_1 = 12(\text{m/s})$ 。在 10 至 12s 内, 物体做匀减速直线运动, $a_3 = \frac{F_3 + f}{m} = 4(\text{m/s}^2)$, 12s 末的速度 $v_3 = v_2 - a_3 t_3 = 4(\text{m/s})$ 。物体的速度-时间图, 如图 3-10 所示。

说明: 本题是图象与牛顿运动定律的综合题, 需根据图象的物理意义, 结合物体的运动过程分析。

5. 超重和失重。(考点 19, B 级要求)

例 10 (1992 年

上海高考题) 图 3-11 中 A 为电磁铁, C 为胶木秤盘, A 和 C (包括支架) 的总质量为 M, B 为铁片, 质量为 m, 整个装置用轻绳悬挂于 O 点。当电磁铁通电, 铁片被吸引上升的过程中, 轻绳上拉力 F 的大小为

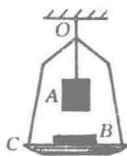


图 3-11

(A) $F = Mg$ 。

(B) $Mg < F < (M+m)g$ 。

(C) $F = (M+m)g$ 。

(D) $F > (M+m)g$ 。

解: 应选(D)。

说明: 当电磁铁通电, 铁片被吸引上升的过程中, 铁片具有向上的加速度, 导致整个装置的重心具有向上的加速度, 处于超重状态, 从而 $F > (M+m)g$ 。需要指出, 物体处于超重或失重状态时, 其所受重力不变, 只是物体对支持物的压力 (或对悬挂物的拉力) 发生了变化, 即“视重”增大或减小了。

1. 自由落体运动。(考点 5 的应用, B 级要求)
 2. 竖直上抛运动。(考点 5 的应用, B 级要求)
- 例 1 从地面竖直上抛的物体两次经过一个较低点 A 的时间间隔是 T_A , 两次经过一个较高点 B 的时间间隔为 T_B , 不计空气阻力, 则 A、B 之间的距离为:

(A) $\frac{1}{2}g(T_A^2 - T_B^2)$ 。 (B) $\frac{1}{4}g(T_A^2 - T_B^2)$ 。

(C) $\frac{1}{8}g(T_A^2 - T_B^2)$ 。 (D) 无法确定。

解: 应选(C)。

说明: 根据竖直上抛运动的特点 $t_{\uparrow} = t_{\downarrow}$ 可得, 物体从最高点下落至 A 点和 B 点的时间分别为 $t_A = \frac{T_A}{2}$, $t_B = \frac{T_B}{2}$, 从而下落距离 $h_A = \frac{1}{2}gt_A^2$ $= \frac{1}{8}gT_A^2$, $h_B = \frac{1}{2}gt_B^2 = \frac{1}{8}gT_B^2$, 所以 A、B 之间的距离为 $\Delta h = h_A - h_B = \frac{1}{8}g(T_A^2 - T_B^2)$ 。

例 2 物体 A 在物体 B 的正上方离 B 高 H 处, 当 B 从地面以初速度 v_0 竖直上抛时, A 自由下落, 则 B 上抛初速度 v_0 应满足什么条件才能在它上升过程中与 A 相遇? v_0 应满足什么条件才能在下降过程中与 A 相遇?

解: 设经过时间 t, A、B 相遇, 则有 $(v_0 t - \frac{1}{2}gt^2) + \frac{1}{2}gt^2 = H$, $t = \frac{H}{v_0}$ 。B 上升到最高点所需时间 $t_1 = \frac{v_0}{g}$, 落回到地面所需时间 $t_2 = 2t_1 = \frac{2v_0}{g}$ 。在 B 上升过程中两物相遇, 须 $t < t_1$, 即 $v_0 > \sqrt{gH}$; 在 B 下降过程中两物相遇, 须 $t_1 < t < t_2$, 即 $\sqrt{\frac{gH}{2}} < v_0 < \sqrt{gH}$ 。

说明: 临界条件的确定是求解本题的突破口。

3. 运动的合成和分解。(考点 6, B 级要求)

例 3 小船过河, 船对水的速率保持不变。若船头垂直于河岸向前划行, 则经 10min 可到达下游 120m 处的对岸; 若船头指向与上游河岸成 θ 角向前划行, 则经 12.5min 可到达正对岸。试求河宽有多少米?

解: 设船对水的速率和水速分别为 v_1 、 v_2 , 河宽

为 d , 则 $v_1 t_1 = d, v_1 \sin \theta \cdot t_2 = d, v_1 \cos \theta = v_2$, 又 $v_2 t_1 = s$, 可解得 $d = 200(\text{m})$ 。

例 4. 如图 4-1 所示, 汽车用绳索通过定滑轮牵引小船, 使小船匀速靠岸, 若水对小船的阻力不变, 则以下说法正确的是

- (A) 绳子的拉力不断增大。
 (B) 船受的浮力不断减小。
 (C) 汽车须保持匀速前进。
 (D) 汽车应作减速运动。

解: 应选(A)(D)。

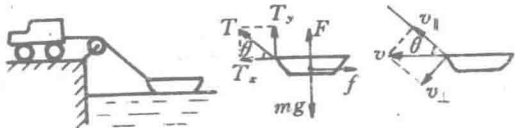


图 4-1 图 4-2 图 4-3

说明: 小船受力如图 4-2 所示。小船匀速靠岸时处于平衡状态, 有 $T \cos \theta = f, T \sin \theta + F = mg$, 现 θ 增大, 故 T 增大、 F 减小。将小船的速度 v 沿绳向和垂直于绳向两个方向分解, 如图 4-3, 则 $v_{\parallel} = v \cos \theta$ 。现 θ 增大, 故 v_{\parallel} 减小。本题中速度和力按不同方向分解的差异, 望引起读者注意。

解决运动的合成和分解这类问题的关键是正确判断哪是合速度, 哪是分速度。通常以物体的实际运动为合运动, 而以其运动产生的实际效果来进行运动的分解。另外, 合运动与分运动具有“同时性”, 物体的运动时间可从合运动求, 也可从分运动求。

4. 平抛运动。(考点 8, B 级要求)

例 5 (1991 年全国高考题) 如图 4-4 所示, 以 9.8m/s 的水平初速度 v_0 抛出的物体, 飞行一段时间后, 垂直地撞在倾角 θ 为 30° 的斜面上。可知物体完成这段飞行的时间是:

- (A) $\frac{\sqrt{3}}{3} \text{s}$ (B) $\frac{2\sqrt{3}}{3} \text{s}$
 (C) $\sqrt{3} \text{s}$ (D) 2s 。

解: 应选(C)。

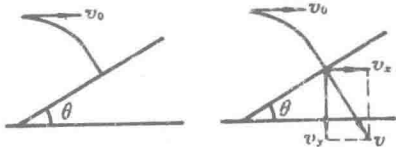


图 4-4 图 4-5

说明: 如图 4-5 所示, 将 v 沿水平和竖直两个方向分解, $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{v_0}{gt}$, 则 $t = \sqrt{3} \text{s}$ 。

例 6 (1993 年上海高考题) 如图 4-6 所示, 高为 h 的车厢在平直轨道上匀减速向右行驶, 加速度大小为 a , 车厢顶部 A 点处有油滴滴

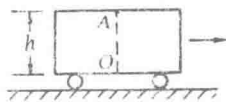


图 4-6

落到车厢地板上, 车厢地板上的 O 点位于 A 点的正下方, 则油滴落地点必在 O 点的_____ (填“左”或“右”)方, 离 O 点距离为_____。

解: 应依次填右, $\frac{a}{g} h$ 。

说明: 油滴自 A 点滴落时具有与车厢相同的初速度 v_0 , 油滴作平抛运动, 车厢作匀减速运动。设油滴下落时间为 t , 油滴和车厢在时间 t 内的水平位移分别为 s_1, s_2 , 则有 $h = \frac{1}{2} g t^2, s_1 = v_0 t, s_2 = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2$ 。所以, 油滴落地点离 O 点距离 $\Delta s = s_1 - s_2 = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} a \cdot \frac{2h}{g} = \frac{a}{g} h$, 在 O 点的右方。本题也可从相对运动的角度求解。

第五章 匀速圆周运动 万有引力定律

1. 曲线运动中质点的速度沿轨道的切线方向, 且必具有加速度。(考点 7, B 级要求)

2. 匀速率圆周运动。线速度和角速度。周期。圆周运动的向心加速度 $a = \frac{v^2}{R}$ 。(考点 9, B 级要求)

根据“考试说明”, “不要求会推导向心力加速度的公式 $a = \frac{v^2}{R}$ ”。

例 1 (1992 年全国高考题) 图 5-1 所示为一皮带传动装置, 右轮的半径为 r, a 是它边缘上的一点, 左侧是一轮轴, 大轮的半径为 $4r$, 小轮的半径为 $2r, b$ 点在小轮上, 到小轮中心的距离为 r, c 点和 d 点分别位于小轮和大轮的边缘上。若在传动过程中, 皮带不打滑, 则

- (A) a 点与 b 点的线速度大小相等。
 (B) a 点与 b 点的角速度大小相等。

- (C) a 点与 c 点的线速度大小相等。
 (D) a 点与 d 点的向心加速度大小相等。

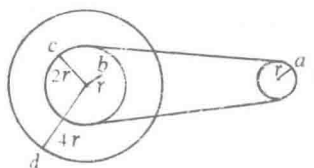


图 5-1

解: 应选(C) (D)。

说明: 因为 a 、 c 两点靠不打滑的皮带传动, 所以线速度 v 相等; 而 b 、 c 、 d 三点同轴转动, 所以它们的角速度 ω 相等。由 $v = \omega R$, v 相等时有 $\omega \propto \frac{1}{R}$, 故 $\omega_c : \omega_b = 1 : 2$, 从而 $\omega_a : \omega_b : \omega_c : \omega_d = 1 : 2 : 2 : 2$; ω 相等时有 $v \propto R$, 故 $v_b : v_c : v_d = 1 : 2 : 4$, 从而 $v_a : v_b : v_c : v_d = 2 : 1 : 2 : 4$ 。由 $a = \frac{v^2}{R}$ 或 $a = \omega^2 R$ 可得 $a_a : a_b : a_c : a_d = 4 : 1 : 2 : 4$ 。处理这类问题的关键是要认准相等的物理量而选用适当的公式。

3. 圆周运动中的向心力。(考点 18 部分内容, B 级要求)

根据“考试说明”, “有关向心力的计算, 只限于向心力是由一条直线上的力合成的情况”。

例 2 如图

5-2 所示, 光滑水平面上钉两个钉子 A 和 B , 相距为 20cm。用长度



图 5-2

为 1m 的细绳, 一端系一只质量为 0.4kg 的小球, 另一端固定在钉子上。开始时小球与钉子 A 、 B 均在一直线上, 然后使小球以 2m/s 的速率, 开始在水平面上作匀速圆周运动。若绳子能承受的最大张力是 4N, 那么从开始到绳断所经历的时间是:

- (A) 0.9π s。 (B) 1.2π s。
 (C) 1.4π s。 (D) 2.4π s。

解: 应选(C)。

说明: 由 $F_x = m \frac{v^2}{R_x}$ 得 $R_x = \frac{mv^2}{F_x} = 0.4$ (m), 即小球作圆周运动的最小半径为 0.4m。由图可知, 小球每转半圈运动半径缩短 0.2m, 小球从图示位置转过一圈半运动半径将达 0.4m, 接着尚可继续转半圈而绳子不断。从开始到绳断小球应转满两圈,

$$t = \frac{\pi R_1 + \pi R_2 + \pi R_3 + \pi R_4}{v} = 1.4\pi(\text{s})。$$

向心力公式实质上是牛顿第二定律在圆周运动中的具体表达式。

4. 万有引力定律。(考点 12 部分内容, B 级要求)

例 3 如图 5-3 所示, 在半径为 R 的铅球中挖出一个球形空穴, 空穴与球相切, 并通过铅球的球心。在未挖去空穴前铅球质量为 M 。求铅球用多大的力吸引与铅球球心距离为 d 、质量为 m 的小球。

解: 设挖去空穴前铅球与小球的引力为 F_1 , 挖出的球形实体(质量为 $\frac{M}{8}$)与小球的引力为 F_2 , 铅球剩余部分与小球的引力为 F , 则有 $F_1 = F + F_2$ 。

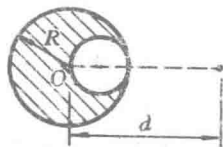


图 5-3

$$\text{由 } F_1 = G \frac{Mm}{d^2}, F_2 = G \frac{Mm}{8(d - \frac{R}{2})^2}, \text{ 得}$$

$$F = F_1 - F_2 = \frac{GMm(7d^2 - 8dR + 2R^2)}{8d^2(d - \frac{R}{2})^2}。$$

说明: 本题若先求出挖出空穴后铅球剩余部分的重心, 以此重心到小球的距离作为万有引力定律公式中的 r , 便会导致错误结论。

5. 宇宙速度。人造地球卫星。万有引力定律的应用。(考点 13, B 级要求)

例 4 (1990 年全国高考题) 假如一作圆周运动的人造地球卫星的轨道半径增大到原来的 2 倍, 仍作圆周运动, 则

(A) 根据公式 $v = \omega r$, 可知卫星运动的线速度将增大到原来的 2 倍。

(B) 根据公式 $F = m \frac{v^2}{r}$, 可知卫星所需的向心力将减小到原来的 $\frac{1}{2}$ 。

(C) 根据公式 $F = G \frac{Mm}{r^2}$, 可知地球提供的向心力将减小到原来的 $\frac{1}{4}$ 。

(D) 根据上述(B)和(C)中给出的公式, 可知卫星运动的线速度将减小到原来的 $\frac{\sqrt{2}}{2}$ 。

解: 应选(C) (D)。

说明: 根据 $F = G \frac{Mm}{r^2}$ 可得 $F \propto \frac{1}{r^2}$ 。现 r 增大到

原来的2倍,所以 F 减小到原来的 $\frac{1}{4}$, (C)正确。根据 $F = m \frac{v^2}{r}$ 和 $F = G \frac{Mm}{r^2}$,可得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, $v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$ 。现 r 增大到原来的2倍,所以 v 减小到原来的 $\frac{\sqrt{2}}{2}$, (D)正确。(A)、(C)不正确,因为式中的 ω 和 v 并非定值。

分清问题中的变量和不变量,灵活运用有关公式进行讨论,是正确解决这类问题的关键。有人问:卫星的轨道半径增大,线速度反而越小,那不是说卫星的半径越大越容易发射吗?这里,应将卫星的“环绕速度”和“发射速度”区分开来。事实上,卫星的轨道半径越大,其势能越大,发射过程中必须对它作更多的功,即提高发射速度。有人对卫星在运行过程中受到阻力而在半径较小的轨道上继续做圆周运动时,其线速度反而增大想不通。其实,在卫星减小其轨道半径的过程中,卫星势能减小,一部分消耗在克服阻力做功之中,其余则转化成了卫星的动能。

例5 (1991年“三南”高考题)某行星一颗小卫星在半径为 r 的圆轨道上绕该行星运行,运动的周期是 T ,已知万有引力恒量 G ,这个行星的质量 $M = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

解:应填 $\frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$ 。

说明:设卫星质量为 m ,其绕行星作匀速圆周运动,万有引力提供向心力,即 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$,所以 $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$ 。天体质量的计算,是万有引力定律在天文学上的一项应用。

第六章 动量和动量守恒

1. 动量、冲量、动量定理及其应用。(考点23, B级要求)

根据“考试说明”,动量定理的应用只限于一维的情况。

例1 质量为2kg的物体放在光滑的水平面上,与水平方向成 30° 角的力 $F = 3\text{N}$ 作用于物体10s,则

(A) 力 F 对物体的冲量为 $30\text{N} \cdot \text{s}$ 。

(B) 力 F 对物体的冲量为 $15\sqrt{3}\text{N} \cdot \text{s}$ 。

(C) 物体动量的增量为 $30\text{kg} \cdot \text{m/s}$ 。

(D) 物体动量的增量为 $15\sqrt{3}\text{kg} \cdot \text{m/s}$ 。

解:应选(A)(D)。

说明:由冲量的定义式可得 $I = Ft = 30\text{N} \cdot \text{s}$ 。由动量定理可得 $\Delta p = F_{\text{合}} t = F \cos 30^\circ \cdot t = 15\sqrt{3}\text{kg} \cdot \text{m/s}$ 。

受功的定义式 $W = F s \cos \alpha$ 的影响,在计算力 F 的冲量 I 时,会错误地认为 $I = F \cos 30^\circ \cdot t$;而在运用动量定理求物体动量的增量时,又会把力 F 的冲量当作合力的冲量,必须引起注意。

例2 (1996年全国高考题)质量为1.0kg的小球从高20m处自由下落到软垫上,反弹后上升的最大高度为5.0m。小球与软垫接触的时间为1.0s,在接触时间内小球受到合力的冲量大小为(空气阻力不计, g 取 10m/s^2)

(A) $10\text{N} \cdot \text{s}$ 。 (B) $20\text{N} \cdot \text{s}$ 。

(C) $30\text{N} \cdot \text{s}$ 。 (D) $40\text{N} \cdot \text{s}$ 。

解:应选(C)。

分析:根据匀变速运动的规律,可得小球落到软垫时和离开软垫时的速度大小分别为 $v = \sqrt{2gh} = 20(\text{m/s})$, $v' = \sqrt{2gh'} = 10(\text{m/s})$ 。在小球与软垫接触过程中应用动量定理,若规定向上为正,考虑到小球落到软垫时的速度向下,则有

$$I = mv' -$$

$$m(-v) = m(v' + v) = 30\text{N} \cdot \text{s}。$$

解本题切不可忘记冲量和动量的矢量性,而忽略动量定理表达式中有关物理量的正负号。

例3 甲、乙

两物体分别在恒力 F_1 、 F_2 的作用下沿同一直线运动,甲在 t_1 时间内、乙在 t_2 时间内,动量 p 随时

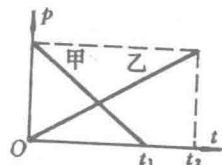


图 6-1

间 t 变化的关系图线如图6-1所示。设甲物体在 t_1 时间内所受的冲量为 I_1 ,乙物体在 t_2 时间内所受的冲量为 I_2 ,则 F 、 I 的大小关系是:

(A) $F_1 > F_2, I_1 = I_2$ 。 (B) $F_1 < F_2, I_1 < I_2$ 。

(C) $F_1 > F_2, I_1 > I_2$ 。 (D) $F_1 = F_2, I_1 = I_2$ 。

解:应选(A)。

说明:根据动量定理 $Ft = p' - p$ 得 $F = \frac{p' - p}{t}$,

$|F| = \left| \frac{p' - p}{t} \right|$,可见在 $p-t$ 图上 F 的大小可用图