

前言

QIAN YAN

《高中总复习优化设计》系列丛书经过几年来的不断实践和持续打造,以其对教考信息迅捷而敏锐的吸纳,以其科学实用的复习备考模式,以其致力于继承与创新的精品意识,在全国教辅书中独树一帜,已经成为与广大读者建立了深厚心理默契和情感依恋的品牌图书。

2002—2003 学年《高中总复习优化设计》(江苏省专用)系列丛书在整体策划和编写过程中,既秉承已有的新颖、优化、科学、实用等基本特色和“宏观优化,微观设计”的指导理念,又力求发展与创新。在认真学习江苏省高考改革最新精神和深入研究 2003 年“3+1+1”高考命题特点的基础上,立足江苏省备考复习的实际与需求,从素质备考的角度全程规划复习方案与内容,注重学生创新能力、实践能力、应用能力的全面培养与提升。

本书作为《高中总复习优化设计·物理》(考前提升版)的教师用书,是为了帮助教师充分把握该书的设计思想和意图,促进该书的有效使用而专门编写的。在秉承原有特色的基础上,在完成综合过关版对教材内容的梳理与夯实后,以知识专题为主线,以专项练习、模拟练习为基本方式,以提升学生应试能力为目的,适用于 2003 年高考复习第二、第三阶段。

本书在今年的修订中,有如下鲜明特色:

第一,全面体现 2003 年《考试说明》的最新要求,深刻展示高考命题最新趋向,并依据 2002 年 4 月颁布的物理科新大纲,对“气体”部分作了大幅度调整,只安排了“气体状态参量变化的定性判断”一个小专题;对“透镜”部分则作了完全删除。

第二,以最迅捷的速度及时收录了 2003 年春季高考试题。

第三,本次修订设计了一些小专题,使第二轮复习基本能做到一节课进行一个小专题,专题内容针对性强,复习效率高,同时师生还可针对第一轮复习中存在的薄弱环节来选择性地使用专题,使复习安排更具有灵活性和针对性。另外,还根据物理知识系统划分了若干板块,各个板块中均配置了 A、B 两套练习题,以帮助学生对板块知识建立起整体认知。

第四,本次修订加强了用“能量观点”分析处理问题的要求,加强了对实验能力的训练力度。

本书共包括两部分内容:

第一部分:专题复习与板块练习,专题栏目设置及功能如下:

【设置目的】通过该栏目向师生介绍设置该专题的意图,即为什么要设置该专题,学习该专题的意义,通过学习该专题主要解决什么问题,理解什么,掌握什么,使学生明确学习该专题的目的要求。



【重点分析】阐释、分析该专题中的重点、难点、疑点内容,使学生对涉及的概念、规律及方法有更深入的认识和理解。

【方法指导】用典型例题带出基本方法。通过启发性讲解,对学生进行思路、方法的导引。例题选用讲求“代表性、针对性、启发性”的原则。

【强化训练】精心编选强化训练题,帮助学生检测专题复习效果。

第二部分:高考模拟训练,设计6套模拟训练题,供学生实战演练,提升考前能力。

同时,本书对《高中总复习优化设计》的试题进行了详细解析及思路点拨,并附有大量备课资料和必要的教学建议,内容更加丰富全面,使教师的教学指导与备课更加得心应手。

本书编者身处中学物理教学第一线,希望能给广大高三师生后期复习提供有效、有益的参考。受编者水平和编写时间所限,书中难免存在疏忽与不妥之处,敬请广大读者批评赐教。

编 者

2003 年 1 月

第一部分 专题复习与板块练习	(001)
专题一 有关摩擦力的分析与计算	(001)
专题二 矢量的合成与分解	(005)
专题三 物体的平衡问题	(008)
专题四 运动物体的追赶、相遇问题	(012)
专题五 平抛运动的处理方法	(014)
专题六 超重、失重现象讨论	(017)
专题七 竖直平面内的圆周运动	(020)
专题八 天体运动与人造地球卫星	(023)
板块练习 运动和力(A 卷)	(026)
运动和力(B 卷)	(028)
专题九 动量定理及其应用	(032)
专题十 动能定理及其应用	(035)
专题十一 动量守恒定律及其应用	(038)
专题十二 碰撞问题的讨论	(041)
专题十三 功率·汽车运动分析	(044)
专题十四 用能量观点处理物理问题	(046)
专题十五 图象法处理物理问题	(048)
专题十六 图解法处理物理问题	(051)
板块练习 动量和能量(A 卷)	(053)
动量和能量(B 卷)	(056)
专题十七 有关弹簧问题的分析与计算	(060)
专题十八 波的图象问题分析	(064)
专题十九 波的特有现象及声波	(068)
板块练习 力学综合(A 卷)	(072)
力学综合(B 卷)	(075)
专题二十 分子力和分子势能	(078)
专题二十一 热学中的估算问题	(081)
专题二十二 热力学规律的应用	(084)
专题二十三 气体状态参量变化的定性判断	(087)
板块练习 热学综合(A 卷)	(091)
热学综合(B 卷)	(093)
专题二十四 电场的力的性质及应用	(096)
专题二十五 电场的能的性质及应用	(099)
专题二十六 电容器问题的讨论	(102)
专题二十七 带电粒子在电场中的运动	(105)
专题二十八 静电感应与静电平衡	(109)
专题二十九 直流电路的动态分析	(112)
专题三十 含电容电路分析	(115)
专题三十一 电路故障分析	(117)
专题三十二 电源的输出功率与效率	(120)
专题三十三 欧姆表的使用	(123)

目
录

板块练习 电场、恒定电流(A 卷)	(126)
电场、恒定电流(B 卷)	(128)
专题三十四 带电粒子在磁场及复合场中的运动	(131)
专题三十五 楞次定律及其应用	(135)
专题三十六 法拉第电磁感应定律及其应用	(138)
专题三十七 有关电磁感应现象的动态分析	(142)
专题三十八 电磁感应现象中的能量转化分析	(145)
专题三十九 交变电流的有效值	(148)
专题四十 变压器问题的讨论	(150)
专题四十一 电磁振荡问题的讨论	(153)
板块练习 磁场、电磁感应、交变电流(A 卷)	(155)
磁场、电磁感应、交变电流(B 卷)	(157)
板块练习 电学综合(A 卷)	(160)
电学综合(B 卷)	(163)
专题四十二 折射和全反射	(166)
专题四十三 光的波动性和粒子性	(168)
专题四十四 玻尔理论与能级跃迁	(170)
专题四十五 核反应与核能	(172)
板块练习 光学、原子物理(A 卷)	(174)
光学、原子物理(B 卷)	(175)
专题四十六 中学物理实验中的常用方法	(178)
专题四十七 谈对实验条件的控制	(180)
专题四十八 典型学生实验精析	(182)
专题四十九 谈实验设计——实验原理和方法的迁移应用	(187)
板块练习 实验	(192)
第二部分 高考模拟训练	(197)
模拟训练(一)	(197)
模拟训练(二)	(202)
模拟训练(三)	(207)
模拟训练(四)	(211)
模拟训练(五)	(215)
模拟训练(六)	(220)

第一部分 专题复习与板块练习

专题一 有关摩擦力的分析与计算

设置目的

摩擦力,特别是静摩擦力的方向判定及大小计算,历来是学生学习中的难点,同时也是高考的热点.为帮助学生更好地理解、掌握该部分内容,特设此专题予以专门讨论.

重点分析

相互接触、挤压的物体存在相对运动或相对运动趋势时,在它们的接触面间就会产生阻碍其相对运动的摩擦力.其中:

1. 物体存在相对运动时产生的摩擦力叫滑动摩擦力.滑动摩擦力的大小与物体间的压力成正比,表达式为 $F = \mu F_N$;其方向总是与物体相对运动的方向相反,但不一定与物体对地的运动方向相反,因此,滑动摩擦力可能是阻力,也可能是动力,可能对物体做负功,也可能对物体做正功.

2. 物体间保持相对静止但存在相对运动趋势时产生的摩擦力叫静摩擦力.静摩擦力的大小除最大值外无确定的表达式,其大小可为零与最大值间的任意值,具体大小由物体的受力情况和运动状态决定.静摩擦力的方向总是与物体相对运动的趋势相反,与物体对地的运动方向间无确定的关系,可能与物体对地的运动方向相同、相反、垂直或成任意角度,因此静摩擦力可以对物体做负功、正功或不做功,但在任何情况下,静摩擦力对相互作用的系统做功的代数和总为零,故静摩擦力做功不会改变系统的机械能,不会将机械能转化为内能.

方法指导

[例1] 水平地面上停着一辆小车 B,小车上放着一个物体 A,如图 1—1 所示,试分析小车和物体共同向右加速运动、匀速运动和减速运动几种情况下 B 对 A 是否有静摩擦力作

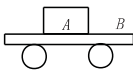


图 1—1

用?如有静摩擦力作用,方向如何?

解析:在小车向右加速运动过程中,若假设 A、B 间接触面光滑,由于惯性,A 将相对地面保持静止,即相对 B 向左运动.这说明在接触面粗糙的情况下,A 相对 B 有向左的运动趋势,因此要受到向右的静摩擦力作用.

在 A、B 以相同的速度 v 向右匀速运动的过程中,若假设 A、B 间接触面光滑,由于惯性,A 仍将保持速度 v 向右做匀速直线运动而和 B 保持相对静止,即在接触面粗糙的情况下,A 相对 B 亦无相对运动的趋势,所以 B 对 A 无摩擦力作用.

在小车向右减速运动过程中,若 A、B 间接触面光滑,A 由于惯性将保持向右的匀速直线运动,而 B 的速度不断减小,A 将相对 B 向右运动,即在接触面粗糙的情况下,A 对 B 有向右的运动趋势,所以 B 对 A 有向左的静摩擦力.说明:因为产生静摩擦力时,相接触的物体并未发生相对运动,它们之间相对运动的趋势方向如何,有时单凭想象是难于作出准确判定的.但若假设接触面光滑后,它们能否发生相对运动,相对运动的方向又是如何,便很容易地显现出来,因此,假设法是分析静摩擦力是否存在及静摩擦力方向一个基本的、重要的方法.

[例2] 如图 1—2, C 是水平地面, A、B 是两个长方形物块, F 是作用在 B 上沿水平方向的力,物体 A 和 B 以相同的速度做

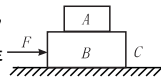


图 1—2

匀速直线运动.由此可知 A、B 间的动摩擦因数 μ_1 和 B、C 间的动摩擦因数 μ_2 可能是 …………… ()

A. $\mu_1 = 0$ $\mu_2 = 0$

B. $\mu_1 = 0$ $\mu_2 \neq 0$

C. $\mu_1 \neq 0$ $\mu_2 = 0$

D. $\mu_1 \neq 0$ $\mu_2 \neq 0$

解析:选 A、B 整体为研究对象,知地面对 B 的摩擦力一定水平向左,故 $\mu_2 \neq 0$,对 A 受力分

备
课
札
记



析知,水平方向不受力, μ_1 可能为 0,也可能不为 0,故 B、D 正确。

说明:本题主要考查对摩擦力存在条件的理解,产生摩擦力的条件是接触面粗糙,接触面间有压力,物体间有相对运动或相对运动趋势。这三点缺一不可。

[例3] 如图 1—3 所示,一质量为 m 的货物放在倾角为 α 的传送带上随带一起向上或向下做加速运动。设加速度大小为 a ,试求两种情况下货物所受的摩擦力 F 。

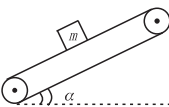


图 1—3

解析:向上加速运动时,由牛顿第二定律,得:

$$F - mg \sin \alpha = ma$$

所以 $F = mg \sin \alpha + ma$, 方向沿斜面向上。

向下加速运动时,由牛顿第二定律,得:

$$mg \sin \alpha - F = ma \text{ (设 } F \text{ 沿斜面向上)}$$

所以 $F = mg \sin \alpha - ma$

当 $a < g \sin \alpha$ 时, $F > 0$, 与所设方向相同——即沿斜面向上。

当 $a = g \sin \alpha$ 时, $F = 0$, 即货物与传送带间无摩擦力作用。

当 $a > g \sin \alpha$ 时, $F < 0$, 与所设方向相反——即沿斜面向下。

说明:当物体加速运动而摩擦力方向不明确时,可先假设摩擦力向某一方向,然后应用牛顿第二定律导出表达式,再结合具体情况进行讨论。

[例4] 如图 1—4 所示,半径为 $r = 0.2 \text{ m}$ 的圆柱体绕水平轴 OO' 以角速度 $\omega = 9 \text{ rad/s}$ 的角速度匀

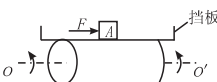


图 1—4

速转动。将一质量 $m = 1 \text{ kg}$ 的物体 A 放在圆柱体上方,并用光滑挡板挡住使它不能随圆柱体一起转动。现用平行于水平轴的力 $F = 2 \text{ N}$ 推物体,可使物体以 $v_0 = 2.4 \text{ m/s}$ 的速度向右匀速滑动。试求物体与圆柱体间的动摩擦因数 μ 。

解析:从上往下看物体在水平面内受 F 、挡板弹力 F_N 和摩擦力 F_μ 作用,其方向应如图 1—5 所示。由物体平衡条件知:

$$F_\mu = F / \cos \alpha,$$

$$\text{而 } \cos \alpha = \frac{v_0}{v_{\text{相对}}} = \frac{v_0}{\sqrt{v_0^2 + (r\omega)^2}},$$

$$\text{所以 } F_\mu = F \cdot \frac{\sqrt{v_0^2 + (r\omega)^2}}{v_0} = 2 \times \frac{\sqrt{2.4^2 + (0.2 \times 9)^2}}{2.4} \text{ N} = 2.5 \text{ N}.$$

由于物体与圆柱体间压力大小即等于物体重力,所以:

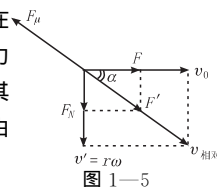


图 1—5

$$\mu = \frac{2.5}{10} = 0.25$$

说明:根据滑动摩擦力的方向与物体相对运动的方向相反,确定 F_μ 的方向是解决此类问题的关键。请同学们通过对该题的解析,仔细领会滑动摩擦力的方向与物体运动方向间的关系。

强 化 训 练

► 1. 如图 1—6 所示,位于斜面上的物块 m 在沿斜面向上的力 F 作用下,处于静止状态,则斜面作用于物块的静摩擦力的 ()

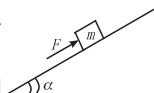


图 1—6

- A. 方向可能沿斜面向上
- B. 方向可能沿斜面向下
- C. 大小可能为零
- D. 大小可能等于 F

解析:因 F 的大小和物块重力沿斜面向下的分力大小关系不确定,故可能情况有多种。当 $F > mg \sin \alpha$ 时,物块沿斜面有上滑趋势,斜面对滑块的摩擦力方向沿斜面向下,反之则沿斜面向上;当 $F = mg \sin \alpha$ 时,滑块相对斜面无滑动趋势,斜面与滑块间无摩擦力作用;其中当 $F < mg \sin \alpha$ 时,应有 $F + F_\mu = mg \sin \alpha$, 完全有可能出现 $F = F_\mu = \frac{1}{2} mg \sin \alpha$ 的情况。

答案:ABCD

► 2. 关于静摩擦力,下列说法正确的是 ()

- A. 两个相对静止的物体之间一定有静摩擦力作用
- B. 受静摩擦力作用的物体一定静止
- C. 静摩擦力一定是阻力
- D. 在压力一定的条件下,静摩擦力的大小是可以变化的,但有一个限度

解析:静摩擦力产生于两相对静止但存在相对运动趋势的两物体接触面间,两物体不一定是静止的,故知 B 错。两静止物体间无相对运动趋势时,不会产生静摩擦力,故知 A 错。因静摩擦的方向总和物体相对运动的趋势相反,而不一定和物体实际运动的方向相反,因而静摩擦力可能是动力,也可能是阻力,故知 C 错。静摩擦力的大小可在 0 和最大值之间变化,故 D 对。

答案:D

► 3. 如图 1—7 所示,A、B 两物体叠放在水平桌面上, $G_A = 20 \text{ N}$, $G_B = 40 \text{ N}$,A、B 间动摩擦因数为 0.2,B 与桌面间动摩擦

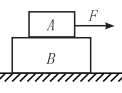


图 1—7

因数为 0.1. 当水平力 $F = 5 \text{ N}$ 作用于物体 A 时

① A 受四个力作用 ② B 受四个力作用 ③ 桌面对 B 的摩擦力为 5 N , 方向水平向左 ④ 桌面对 B 的摩擦力为 4 N , 方向水平向左
其说法正确的有 ()

- A. ①③ B. ①②④
C. ①④ D. ①②③

解析: 因 F 小于地面对 B 的最大静摩擦力, 但大于 B 对 A 的最大静摩擦力, 因此 B 将静止不动, A 将加速向右运动. 对 A、B 进行受力分析知, A 受重力、B 对 A 的弹力和摩擦力及外力 F 共四个力作用; B 受重力、地面对 B 的弹力和摩擦力、A 对 B 的弹力和摩擦力共五个力作用; 因 A 对 B 的摩擦力大小为 $F_{\mu 1} = 0.2 \times 20 = 4 \text{ N}$, B 静止, 所以地面对 B 的摩擦力大小 $F_{\mu 2} = F_{\mu 1} = 4 \text{ N}$, 方向向左.

答案: C

- 4. 如图 1—8 所示, 倾角为 α 的三角形滑块上放置一个质量为 m 的物体, 它们一起以加速度 a 在水面上向右做匀加速直线运动. 对于 m 所受的摩擦力, 下列叙述正确的有 ()

① 方向可能沿斜面向上 ② 方向可能沿斜面向下 ③ 可能不存在摩擦力 ④ 一定存在摩擦力

- A. ①② B. ①②③
C. ①②④ D. ①③

解析: m 、 M 恰好无相对滑动趋势时, m 只受重力 mg 和斜面弹力 F 作用如右图所示. 其合力 $F_{\text{合}} = mg \tan \alpha$.

其加速度 $a_0 = \frac{F_{\text{合}}}{m} = g \tan \alpha$. 当系统加速度 $a > a_0$ 时, m 相对斜面有沿斜面上滑趋势而受到沿斜面向下的摩擦力; 当 $a < a_0$ 时, m 相对斜面有下滑趋势而受到沿斜面向上的摩擦力; 当 $a = a_0$ 时, 则不受摩擦力.

答案: B

- 5. 如图 1—9 所示, 质量为 m 的人站在质量为 M ($M \neq m$) 的小车上用恒力 F 拉绳. 若人和车始终保持相对静止, 且绳的质量及绳与滑轮, 滑轮与轴、车与地面的摩擦力不计, 则车对人的摩擦力大小和方向可能是 ()

- A. 0
B. $\frac{(m-M)F}{m+M}$, 向右

- C. $\frac{(m-M)F}{m+M}$, 向左
D. $\frac{(M-m)F}{M+m}$, 向右

解析: 人、车系统的加速度 $a = \frac{2F}{M+m}$. 设车对人的摩擦力向右, 则对人由牛顿第二定律, 得: $F - F_{\mu} = ma$, 所以 $F_{\mu} = F - ma = \frac{M-m}{M+m}F$. 若 $M > m$, 则 $F_{\mu} > 0$, 说明 F_{μ} 方向与所设方向相同, 即向右; 若 $M < m$, 则 $F_{\mu} < 0$, 说明 F_{μ} 方向与所设方向相反, 即向左, 其大小为 $\frac{m-M}{M+m}F$.

答案: CD

- 6. 如图 1—10 所示, 在一粗糙水平面上有两个质量分别为 m_1 和 m_2

图 1—10

的木块 1 和 2. 中间用一原长为 l 、劲度系数为 k' 的轻弹簧连结起来, 木块与地面间的动摩擦因数为 μ . 现用一水平力向右拉木块 2, 当两木块一起匀速运动时两木块之间的距离是 ()

(2001 年全国理综)

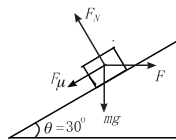
- A. $l + \frac{\mu}{k} m_1 g$ B. $l + \frac{\mu}{k} (m_1 + m_2) g$
C. $l - \frac{\mu}{k} m_1 g$ D. $l + \frac{\mu}{k} (\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}) g$

解析: 选木块 1 为研究对象, 其所受弹力等于摩擦力, 即 $kx = \mu m_1 g$, 所以 $x = \frac{\mu}{k} m_1 g$. 两木块间距为: $l + x = l + \frac{\mu}{k} m_1 g$.

答案: A

- 7. 在倾角为 30° 、动摩擦因数为 $\frac{\sqrt{6}}{3}$ 的斜面上, 质量为 1 kg 的物体在平行于斜面底边的水平力作用下沿斜面做匀速直线运动. 试求水平力的大小及其与物体运动方向的夹角.

解析: 若物体沿斜面向上运动, 则其受力应如下图所示.



由平衡条件, 得:

$$F \cos 30^\circ - mg \sin 30^\circ - F_{\mu} = 0$$

$$F_N - mg \cos 30^\circ - F \sin 30^\circ = 0$$

$$F_{\mu} = \mu F_N$$

$$\text{解得: } F = \frac{mg(\sin 30^\circ + \mu \cos 30^\circ)}{\cos 30^\circ - \mu \sin 30^\circ}$$

备
课
札
记



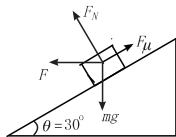
备
课
札
记

$$= \frac{10 \times (\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{6}}{3} \times \frac{\sqrt{3}}{2})}{\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\sqrt{6}}{3} \times \frac{1}{2}} \text{ N}$$

$$= 26.4 \text{ N}$$

方向与运动方向成 30° 角.

若物体沿斜面向下运动,则其受力情况应如下图所示.



由平衡条件,得:

$$F \cos 30^\circ + mg \sin 30^\circ - F_\mu = 0$$

$$F \sin 30^\circ + F_N - mg \cos 30^\circ = 0$$

$$F_\mu = \mu F_N$$

$$\text{解得: } F = \frac{mg(\mu \cos 30^\circ - \sin 30^\circ)}{\cos 30^\circ + \mu \sin 30^\circ}$$

$$= \frac{10 \times (\frac{\sqrt{6}}{3} \times \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2})}{\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{\sqrt{6}}{3} \times \frac{1}{2}} \text{ N}$$

$$= 1.62 \text{ N}$$

方向与运动方向成 30° 角.

答案:26.4 N 或 1.62 N, 与运动方向成 30° 角.

* 8. 如图 1—11 所示,质量分布均匀的圆柱体 A 静止在水平地面上,板 B 一端搭在 A 上,另一端用轻绳悬挂,板与竖直方向夹角为 θ ($0 < \theta < 90^\circ$). 试判断地面及板对 A 的摩擦力的方向.

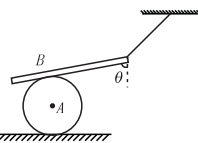


图 1—11

解析:选 A、B 组成的系统为研究对象,其所受重力和地面弹力都在竖直方向,而绳子的拉力有水平向右的分力,故系统相对地有向右运动的趋势而受到地面向左的摩擦力作用.再以圆柱为研究对象,其所受重力、地面弹力、B 板的压力均通过其轴线,对轴线不产生力矩作用,而地面摩擦力对轴线产生顺时针方向力矩作用,有使圆柱体绕轴线顺时针转动趋势而受到木板 B 沿木板向左下方的摩擦力作用.

答案:地面对 A 的摩擦力水平向左,板对 A 的摩擦力平行于木板向左下方.

教 学 建 议

由于摩擦力的分析,特别是静摩擦力的分析,历来是公认的学生学习的难点,在第一轮的复习中已做过较认真的分析和总结,也已经做了一定数量的练习题,为避免练习的重复,该专题选出的一些题目,难度稍大些,如例 4 中物体的相对运动问题,练习第 8 题中的力矩平衡问题等,在实用中可根据学生的实际情况灵活运用.

随感录

专题二 矢量的合成与分解

设置目的

力、速度、位移、加速度、动量、电场强度、磁感应强度等物理量都属于矢量,它们都遵守相同的运算法则——平行四边形定则或三角形定则。掌握并熟练地运用矢量运算法则处理实际的物理问题,是高中物理的重要内容,特设该专题,以强化学生对矢量运算法则的认识并提高运用矢量运算法则的熟练程度。

重点分析

1. 求两个矢量之和,应将该两矢量从同一点作出,并以其为邻边作平行四边形,则该两矢量所夹的对角线的长度即表示合矢量的大小,对角线所指的方向即为合矢量的方向。此即矢量合成的平行四边形定则。如两力 F_1 、 F_2 的合成如图 2—1 所示。

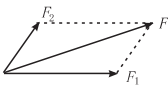


图 2—1

由于平行且相等的两个矢量可视为同一矢量,故两个矢量的合成可转化为如图 2—2 所示:将两矢量首尾相接顺次作出,则从第一个矢量的始端向第二个矢量的末端作出的矢量即为两矢量的合矢量。此即矢量合成的三角形定则。

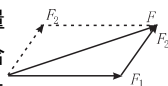


图 2—2

由矢量合成的三角形定则不难看出:当两矢量同向时,合矢量最大(大小等于两矢量大小之和);当两矢量反向时,合矢量最小(大小等于两矢量大小之差的绝对值)。

2. 由图 2—2 知, $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$, 所以 $\vec{F}_2 = \vec{F} - \vec{F}_1$ 。可见,要求两矢量之差,应将两矢量从同一点作出,然后从减矢量末端向被减矢量末端作矢量即可。

应当指出,将一矢量分解时,若不加条件限制,可分解为无穷多组大小、方向各不相同的分矢量,但在实际分解某一矢量时,一定要按该矢量所产生的实际效果进行分解。

方法指导

[例1] 从空间某点 O 以同样大小的速率 v_0 在同一竖直面内向各个不同的方向,同时抛出几个物体。试证明:在任意时刻,这几个物体总是散布在某一圆周上。

解析:若物体不受重力作用,则同时抛出的各物体将沿抛出方向做匀速直线运动,在任意时刻,物体分布在以 O 为圆心、以 $v_0 t$ 为半径的圆周上。而实际上由于重力的存在,每一个物体都沿

竖直方向下落了一段位移 $\frac{1}{2}gt^2$ 。于是任一时刻相对抛出点的位移可由抛出方向做匀速直线运动的位移和竖直方向做自由落体的位移合成求得,如图 2—3 所示。可见,它们仍在一个圆周上,只是这时所在圆周相当于将原来的圆周下移 $\frac{1}{2}gt^2$ 而得,而此圆的半径仍是 $v_0 t$ 。

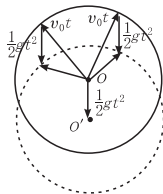


图 2—3

[例2] 在倾角为 θ 的斜坡上沿与水平方向成仰角 α 的方向向坡顶抛出一石块,石块在斜坡上的落点与抛出点相距 L 。求石块抛出时的初速度。

解析:石块的位移 L 可看作沿抛出方向匀速直线运动的位移 $v_0 t$ 和竖直方向自由落体运动的位移 $\frac{1}{2}gt^2$ 的合位移如图 2—4 所示。由正弦定理,得:

$$\frac{v_0 t}{\sin(90^\circ + \theta)} = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{\sin(\alpha - \theta)} = \frac{L}{\sin(90^\circ - \alpha)}$$

解得: $v_0 = \cos\theta \sqrt{gL/2\cos\alpha\sin(\alpha - \theta)}$ 。

说明:以上两例均可采用解析几何的知识求解。但其物理意义不明显,且求解过程繁琐。而采用矢量合成的三角形定则,既能加深理解运动的本质,又能简化计算过程。

* [例3] 如图 2—5(a) 所示,小环 P 、 Q 分别套在两根平行的竖直固定主杆上。在 B

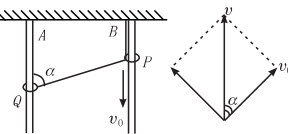


图 2—5

点连接一根细绳,绳穿过小环 P 与 Q 相连。当小环 P 以速度 v_0 匀速向下运动到图示位置时,小环 Q 的速度是多少?

解析:由题意知,小环 P 下落多大高度,两环间绳子就缩短多大长度。若以小环 P 为参照物,则小环 Q 一方面以小环 P 下降的速度 v_0 沿绳子方向靠近小环 P ,同时又绕小环 P 沿顺时针方向做圆周运动,而小环 Q 对 P 的实际运动是沿杆 A 竖直向上的,故其各速度关系应如图 2—5(b) 所示,所以 $v = v_0 / \cos\alpha$ 。由于小环 P 以 v_0 匀速下降,所以小环 Q 对地的

备
课
札
记



$$\text{速度 } v_Q = \frac{v_0}{\cos\alpha} - v_0.$$

说明:将某矢量进行分解或合成时,一定要按照实际效果进行,并要分清谁是合矢量,谁是分矢量.如该题中小环Q实际运动的速度为合速度,其所产生的两个效果方向的速度为分速度.

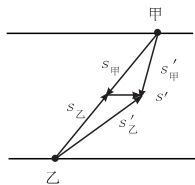
强化训练

- 1. 如图2—6所示,甲、乙两运动员同时从水流湍急的河流两岸下水游泳,甲在乙的下游方且流速大于乙.欲使两人尽快在河中相遇,则应选择的游泳方向是……………()

图2—6

- A. 都沿虚线偏下游方向游
B. 都沿虚线方向朝对方游
C. 甲沿虚线方向、乙沿虚线偏上游方向游
D. 乙沿虚线方向、甲沿虚线偏上游方向游

解析:若水速为零,则因甲、乙相遇时相对位移是恒定的,只有甲、乙都沿虚线相向游动,其相对速度最大,相遇时间最短.在水速不为零的情况下,两者在相向做匀速直线运动的基础上,都附加了同样的沿水流方向的运动,因此不影响它们相对位移和相对速度的大小,相遇时间和水速为零的情况完全相同仍为最短.另外,从位移合成的角度,更容易得到解答如下:设水速为零时,甲、乙沿虚线相向游动时位移分别为 $s_{\text{甲}}$ 和 $s_{\text{乙}}$ 如图所示.



当水速不为零时,它们将在 $s_{\text{甲}}$ 、 $s_{\text{乙}}$ 的基础上都沿水流方向附加一个相同的位移 s' ,由矢量合成的三角形定则知,甲、乙两人的实际位移应分别是图中的 $s_{\text{甲}}'$ 、 $s_{\text{乙}}'$.由图看出,此时它们仍到达了河中的同一点——即相遇,其相遇时间与水速为零时一样为最短.

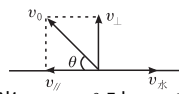
答案:B

- 2. 船沿着不同方向横渡一条河流,河的两岸平行,船相对于水的速度大小不变,则下列判断正确的是……………()

- A. 当船朝垂直于河岸航行时,渡河用的时间最短
B. 当船的航线最短时,渡河用的时间最短
C. 渡河用的时间与水流速度大小无关
D. 当船头朝向上游与河岸成一定角度航行时,实际航线最短

解析:船实际渡河的运动可分解为平行于河岸的运动和垂直于河岸的运动,渡河时间决定于

船在垂直于河岸方向的运动速度,该速度与水流速度无关,决定于船速大小和船头指向.如图所示.



显然,只有当 $\theta = 90^\circ$ 时, $v_{\perp}$ 有最大值 $v_{\perp\text{max}} = v_0$,此种情况渡河时间最短.

当船的实际航向垂直于河岸(即船的合速度方向垂直于河岸时),渡河位移最短.由图可知,

当 $v_n = v_0 \cos\theta = v_{\text{水}}$,即 $\theta = \cos^{-1} \frac{v_{\text{水}}}{v_0}$ 时,实际

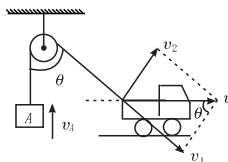
航程最短.

答案:ACD

- 3. 如图2—7所示,一辆匀速行驶的汽车将一重物提起,在此过程中,重物A的运动情况是……………()

图2—7

- A. 加速上升,且加速度不断增大
B. 加速上升,且加速度不断减小
C. 减速上升,且加速度不断减小
D. 匀速上升



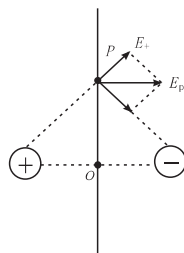
解析:根据汽车运动产生的实际效果——一方面将绳拉过定滑轮,一方面绕定滑轮转动,将汽车速度分解如图所示.由上图可知, $v_A = v_1 \sin\theta$.随着汽车的运动, θ 增大, $v_A = v_1 \sin\theta$ 增大,故A应加速上升.

由 $v-t$ 图线的意义知,其斜率为加速度,在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 范围内,随 θ 角的增大,曲线 $\sin\theta$ 的斜率逐渐减小,所以A上升的加速度逐渐减小.

答案:B

- 4. 带有等量异种电荷的两点电荷连线中垂线上的电场强度的大小和方向,下列说法正确的是……………()

- A. 大小为零
B. 方向沿中垂线,离点电荷越远,场强越小
C. 方向垂直于中垂线指向负点电荷一方,离点电荷越远处场强越小
D. 方向垂直中垂线指向负点电荷一方,从点电荷连线中点向外,场强先增大后减小



解析:由电场的叠加原理知,两等量异号电荷连线中垂线上某一点的场强应等于两电荷各自在该点场强的矢量和.如上图所示.

由点电荷周围电场的分布规律和矢量合成的平行四边形定则知,各点合场强垂直于中垂线且指向负电荷一方.且离连线越远处,各电荷产生的分场强越小,其间夹角越大,合场强越小.

答案:C

- 5. 质量为 m 的小球,以速度 v 绕一固定圆心做匀速圆周运动,则在其运动半径转过 90° 的过程中,其动量的变化大小为 ()

A. 零
B. mv
C. $2mv$
D. $\sqrt{2}mv$

解析:因动量为矢量,其加减运算遵守平行四边形定则或三角形定则.在小球运动半径转过 90° 的过程中,小球的动量方向也转过 90° ,在此过程中动量的变化应如图所示.即其动量变化的大小为 $\sqrt{2}mv$.

答案:D

- 6. 图 2—8 为地磁场磁感线的示意图.飞机在我国上空匀速巡航,机翼保持水平,飞行高度不变.由于地磁场的作用,金属机翼上有电势差.设飞行员左方机翼末端处的电势为 U_1 ,右方机翼末端处的电势为 U_2 ()

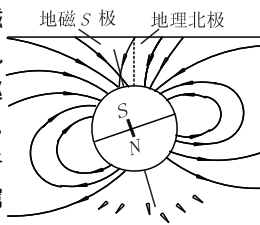


图 2—8

- A. 若飞机从西往东飞, U_1 比 U_2 高
B. 若飞机从东往西飞, U_2 比 U_1 高
C. 若飞机从南往北飞, U_1 比 U_2 高
D. 若飞机从北往南飞, U_2 比 U_1 高

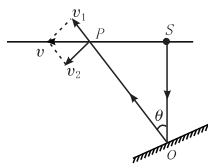
解析:由地磁场的分布规律和磁感线的意义知,在我国所处的北半球,地面上空地磁场的方向是倾斜指向北下方的,将其沿水平方向和竖直方向向正交分解后可知,飞机水平飞行时,无论向何方向飞行,机翼切割的都是竖直向下的磁感线,由右手定则判定后知,总是飞行员左方机翼末端处电势高,即 U_1 比 U_2 高.

答案:AC

- 7. 如图 2—9 所示,临界角 C 为 45° 的液面上有一点光源 S 发出一束光垂直入射到水平放置于液体中且距液面为 d 的平面镜 M 上.当平面镜 M 绕垂直过中心 O 的轴以角速度 ω 做逆时针匀速转动时,观察者发现水面上有一光斑掠过,则观察者观察到的光斑在水面上掠过的最大速度为多少?

图 2—9

解析:当平面镜 M 以角速度 ω 逆时针转动时,反射光线将以角速度 2ω 同向转动.反射光线射到水面形成的光斑(应是人看到折射光线出射处)以 s 向左沿水面移动.将其移动速度 v 分解如下图.



由图可知, θ 越大, OP 越大, v 越大.但当 $\theta > 45^\circ$ 时,反射光线 OP 将在水面发生全反射,观察者将看不到光斑,因此,当 θ 角非常接近 45° 时观察者看到的光斑移动速度最大,其值为

$$v_m = \frac{v_2}{\cos\theta} = \frac{OP \cdot 2\omega}{\cos\theta} = \frac{2d\omega}{\cos^2\theta} = \frac{2d\omega}{(\frac{\sqrt{2}}{2})^2} =$$

$4d\omega$.

答案: $4d\omega$

教 学 建 议

因矢量运算和标量运算遵守不同的运算法则,因此在物理教学和物理复习中,一定要弄清楚高中物理中所学物理量的性质,即哪些物理量属于矢量,哪些物理量属于标量.

在各种矢量的分解、合成计算中,以力和速度的分解、合成较为多见,也是历年高考常考知识点之一,因此应把力和速度合成、分解的平行四边形定则和三角形定则作为本专题的重点.

对矢量差的计算,容易和标量差相混淆,是学生掌握的难点,应通过一定数量习题的练习,以强化学生对这一问题的认识和理解.

另外像“岸人拉船”类问题中速度的分解,也是学生学习中不易理解和掌握的知识点,复习中也应予以足够的重视.

备
课
札
记



专题三 物体的平衡问题

设置目的

物体的平衡状态,是人们日常生活、生产实践和科学实验中常见的一种状态,是高考命题中理论和实际结合的一个紧密结合点,因此高考考查频率较高.特别新教材又增加了有轴物体的平衡问题,更增加了该部分知识的容量,有必要设专题予以讨论.

重点分析

1. 共点力作用下物体的平衡

(1) 共点力:有公共的作用点或作用线能交于同一点的力称为共点力.

(2) 物体的平衡状态:物体处于静止或匀速直线运动的状态为平衡状态,其运动学特征是加速度为零.

(3) 平衡条件:物体所受合外力为零,可表示为:

$$F_{\text{合}} = 0 \text{ 或 } \begin{cases} F_x = 0 \\ F_y = 0 \end{cases}$$

2. 有固定轴物体的平衡

(1) 平衡状态:静止或绕轴匀速转动的状态.应当注意:做匀速转动的整个物体处于平衡状态,但物体上某一部分(质点)都在绕轴做匀速圆周运动,存在向心加速度,不是平衡状态.

(2) 平衡条件:合力矩为零,可表示为: $M_{\text{合}} = 0$.

力矩为力与力臂的乘积.力矩为矢量,但高中阶段不予讨论,只按其产生的效果以顺时针力矩和逆时针力矩予以区别.应特别注意力臂指的是轴到力的作用线的距离而不是轴到作用点的距离.

方法指导

[例1] 有三根长度皆为 $l =$

1.00 m 的不可伸长的绝缘轻线,其中两根的一端固定在天花板上的 O 点,另一端分别拴有质量皆为 $m = 1.00 \times 10^{-2}$ kg 的带电小球 A 和 B,它们的

电量分别为 $-q$ 和 $+q$, $q = 1.00 \times 10^{-7}$ C. A、B 之间用第三根线连接起来.空间中存在大小为 $E = 1.00 \times 10^6$ N/C 的匀强电场,场强方向沿水平向右,平衡时 A、B 球的位置如图 3—1 所示.现将 O、B 之间的线烧断,由于有空气阻力, A、B 球最后会达到新的平衡位置.求最后两球的机械能与电势能的总和与烧断前相比改变了

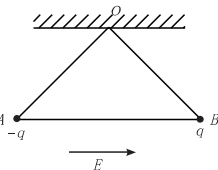


图 3—1

多少.(不计两带电小球间相互作用的静电力)

(2002 年全国高考题)

解析:解决本题的关键是正确找出最终 A、B 球所处的位置,一旦最终 A、B 球的位置确定,便可根据重力做功与重力势能变化的关系及电场力做功与电势能变化的关系将问题解决.

因最终 A、B 球都处于平衡状态,故其最终位置可由共点力平衡条件求得.

图 3—2 中虚线表示 A、B 球原来的平衡位置,实线表示烧断后重新达到平衡的位置,其中 α 、 β 分别表示细线 OA、AB 与竖直方向的夹角.

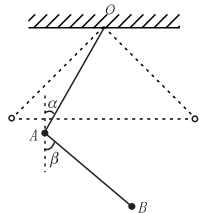


图 3—2

A 球受力如图 3—3 所示:重力 mg , 竖直向下;电场力 qE ,水平向左;细线 OA 对 A 的拉力 T_1 ,方向如图;细线 AB 对 A 的拉力 T_2 ,方向如图.由平衡条件:

$$T_1 \sin \alpha + T_2 \sin \beta = qE$$

$$T_1 \cos \alpha = mg + T_2 \cos \beta$$

B 球受力如图 3—4 所示:重力 mg , 竖直向下;电场力 qE ,水平向右;细线 AB 对 B 的拉力 T_2 ,方向如图.由平衡条件

$$T_2 \sin \beta = qE$$

$$T_2 \cos \beta = mg$$

联立以上各式并代入数据,得

$$\alpha = 0$$

$$\beta = 45^\circ$$

由此可知,A、B 球重新达到平衡的位置如图 3—5 所示.

与原来位置相比,A 球的重力势能减少了

$$E_A = mgl(1 - \sin 60^\circ)$$

B 球的重力势能减少了

$$E_B = mgl(1 - \sin 60^\circ + \cos 45^\circ)$$

A 球的电势能增加了

$$W_A = qEl \cos 60^\circ$$

B 球的电势能减少了

图 3—3

图 3—4

图 3—5

$$W_B = qEl(\sin 45^\circ - \sin 30^\circ)$$

两种势能总和减少了

$$W = W_B - W_A + E_A + E_B$$

代入数据解得

$$W = 6.8 \times 10^{-2} \text{ J}$$

注:若先选 A、B 球组成的系统分析,因其水平方向所受电场力合力为零,竖直方向 OA 绳拉力应与系统重力平衡,故知 OA 绳应处竖直方向, A 球最终位置更易确定,其余步骤不变。

[例2] 用长为 l 的绝缘轻绳将质量为 m_1 、电量为 q_1 的小球悬挂于 O 点,同时在悬点正下方 l 处将质量为 m_2 、电量为 q_2 的小球固定。由于静电斥力作用两球相距 x , 呈图 3—6 所示状态。现欲使 x 加倍, 应如何改变两小球的质量? 若小球所带电量缓慢减少, 则绳中拉力的变化情况如何?

解析: 小球 m_1 受力情况如图 3—7 所示。因小球 m_1 受三力作用平衡, 故由平衡条件知, F_e 、 F_T 的合力应与 $m_1 g$ 等大、反向、共线如图 3—7 所示。由力的合成知识和几何关系易知, 力的矢量三角形与几何三角形(图中阴影部分)相似, 故有:

$$\frac{m_1 g}{l} = \frac{F_T}{l} = \frac{k \frac{q_1 q_2}{x^2}}{x} = \frac{k q_1 q_2}{x^3}$$

$$\text{所以: } F_T = m_1 g$$

$$x = \sqrt[3]{k q_1 q_2 / m_1 g}$$

可见, 欲使 x 加倍, 可使 m_1

球的质量减小为原来的 $\frac{1}{8}$,

或者使两球带电量的乘积增大为原来的 8 倍。而绳子张力 F_T 则与小球所带电量无关而保持不变。

说明: 对受一恒定外力和两方向都变化的另两外力作用而平衡的问题, 由一变力变化讨论另一变力变化情况时, 单纯应用平衡条件列出解析方程, 往往不易讨论清楚, 最好能结合相应的数学知识(如本题所用相似三角形的知识、正弦定理等)进行讨论。

[例3] 图 3—8 中 AC 为竖直墙面, AB 为均匀横梁, 其重为 G , 处于水平位置。BC 为支撑横梁的轻杆, 它与竖直方向成 α 角。A、B、C 三处均用铰链连接。轻杆所承受的力为 ()

(2002 年高考理综)

A. $G \cos \alpha$

B. $\frac{G}{2} \cdot \cos \alpha$

C. $\frac{G}{\cos \alpha}$

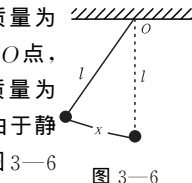


图 3—6

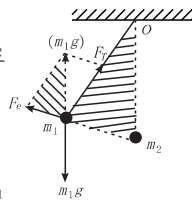


图 3—7

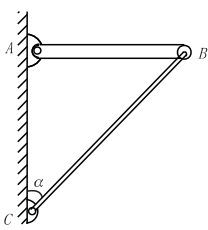


图 3—8

$$D. \frac{G}{2} \cdot \frac{1}{\cos \alpha}$$

解析: 以横梁为研究对象, 对过 A 的轴产生力矩作用的力有重力 G , 轻杆 CB 的弹力 F_N (方向沿轻杆 CB 方向), 设横梁长为 l , 则由力矩平衡条件, 得:

$$F_N l \cos \alpha = \frac{1}{2} G l$$

$$\text{所以 } F_N = G / 2 \cos \alpha.$$

由牛顿第三定律知, 杆承受的压力 $F_N' = F_N =$

$$\frac{G}{2} \cdot \frac{1}{\cos \alpha}, \text{ 即答案 D 正确.}$$

说明: 可自由转动的轻杆两端受力平衡时, 力的方向只能沿杆的方向。

强化训练

► 1. 如图 3—9 所示, 在细绳的下端挂一物体, 用力 F 拉物体, 使细绳偏离竖直方向 α 角, 且保持 α 角不变, 当拉力 F 与水平方向夹角 β 为多大时, 拉力 F 的值最小 ()

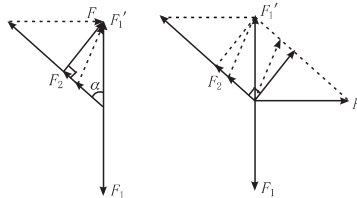
A. $\beta = 0$

B. $\beta = \frac{\pi}{2}$

C. $\beta = \alpha$

D. $\beta = 2\alpha$

解析: 选节点 O 研究其受向下的力 F_1 (大小恒等于悬挂物的重力)、倾斜绳的拉力 F_2 和 F 作用。由平衡条件知, F_1 和 F 的合力大小等于竖直悬绳的拉力 F_1 , 但方向相反, 由力合成的平行四边形定则或三角形定则可知, 当 F 和 F_2 垂直, 即 $\beta = \alpha$ 时, F 有最小值如图所示。



(a)

(b)

答案: C

► 2. 如图 3—10 所示, 用细长线 ac' 和较短的细线 bc 将一重物悬挂在天花板上, 张力较大的线为 ()

A. 长细线 ac

B. 短细线 bc

C. 一样大

D. 无法确定

解析: 选节点 c 进行受力分析, 仿题 1 作出线 ac、bc 拉力的合成图即可得解。

答案: B

图 3—10

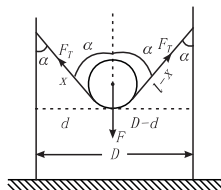
备课札记

- 3. 如图 3—11 所示, 将一根不能伸长的柔软轻绳的两端, 分别系在两根立于水平地面上的竖直杆不等高的两点 a 、 b 上, 用一个动滑轮 O 悬挂一个重物后放在绳子上(滑轮与绳间摩擦不计), 达到平衡时, 两段绳子间的夹角 $\angle aoc$ 为 θ_1 ; 若现将绳子 b 端慢慢向下移动一段距离、待整个系统再次达到平衡时, 两段绳子间的夹角 $\angle aob$ 为 θ_2 , 则 ()

图 3—11

- A. $\theta_1 > \theta_2$
B. $\theta_1 = \theta_2$
C. $\theta_2 < \theta_1$
D. 由于 b 点下降高度未知, θ_2 和 θ_1 关系不能确定

解析: 选滑轮为研究对象, 其受竖直向下的拉力 F (大小等于悬挂物的重力) 和两边悬绳的拉力. 由于两侧悬绳拉力大小相等, 由平衡条件知其和竖直方向的夹角相等 (因其水平分力大小相等). 设两侧悬绳和竖直方向夹角为 α , 绳长为 l , 两竖直杆间距为 D , 滑轮左侧绳长为 x , 滑轮距左侧柱 d , 如图所示.



则 $\sin \alpha = \frac{d}{x} = \frac{D-d}{l-x} = \frac{D}{l}$, 即两侧悬绳与竖直方向夹角大小仅由绳长和两杆间距决定, 而与悬点高度差无关, 故 $\theta = 2\alpha$ 保持不变.

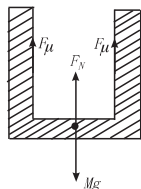
答案: B

- 4. 如图 3—12 所示, 质量为 M 的木块中间有一个竖直的槽, 槽内夹有一个质量为 m 的木块, 用一竖直向上的力 F 拉 m , 使 m 在槽内匀速上升, m 和槽接触的两个面受到的摩擦力均为 F_μ , 在 m 上升时, M 始终静止在地面上, 在此过程中, M 对地面压力的大小为 ()

图 3—12

- A. $Mg - F$ B. $(M+m)g$
C. $Mg - 2F_\mu$ D. $(M+m)g - F_\mu$

解析: 选槽为研究对象, 其受力情况如图所示, 由平衡条件, 得: $F_N = Mg - 2F_\mu$. 由牛顿第三定律知, 槽对地面的压力 $F_N' = F_N = Mg - 2F_\mu$.



答案: C

- 5. 如图 3—13 所示杆秤, B 为提纽, 不挂待测物时, 秤砣在 0 点时杆秤平衡.

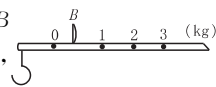


图 3—13

现匆忙中用了较重的秤砣, 致使 1.5 kg 的物体称量时只指示 1 kg. 如果用这个秤砣称物体, 当秤上示数是 2 kg 时, 被测物体的实际质量是 ()

A. 小于 3 kg B. 大于 3 kg
C. 等于 3 kg D. 不能确定

解析: 设标准秤砣的质量为 m_0 , 提纽到 0 点 (定盘星——即称量刻度的起始点) 的距离为 x_0 , 每 1 kg 刻度间距为 a , 被换秤砣的质量为 m , 杆秤自身 (不含秤砣) 重力对提纽的力矩为 M_0 , 秤钩到提纽间距为 b , 则由平衡条件, 得:

$$\begin{aligned} \text{不称重物时: } M_0 &= m_0 g x_0 \\ \text{称 1.5 kg 重物时: } 1.5 g b &= M_0 + m g (a - x_0) \\ &= m_0 g x_0 + m g a - m g x_0 \\ &= m g a - (m - m_0) g x_0 \\ \text{称未知重物时: } M_x g b &= M_0 + m g (2a - x_0) \\ &= m_0 g x_0 + 2 m g a - m g x_0 \\ &= 2 m g a - (m - m_0) g x_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{所以 } \frac{M_x}{1.5} &= \frac{2 m g a - (m - m_0) g x_0}{m g a - (m - m_0) g x_0} > \\ \frac{2 m g a - 2 (m - m_0) g x_0}{m g a - (m - m_0) g x_0} &= 2 \end{aligned}$$

所以 $M_x > 3 \text{ kg}$

答案: B

- 6. 下图 3—14 是正在治疗的骨折病人腿部示意图. 假定腿和石膏的总质量为 15 kg, 其重心 A 距支点 O 的距离为 35 cm, 悬挂处 B 距支点 O 的距离为 80.5 cm, 则悬挂物的质量为 kg (保留两位小数).

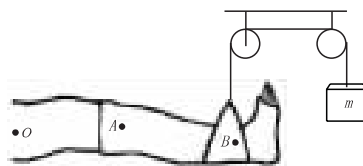


图 3—14

(2003 年上海春季高考试题)

答案: $15 \times 35 = 80.5 \times m$
 $m = 6.5 \text{ kg}$

- 7. 一支蜡烛原长 $l_0 = 20 \text{ cm}$, 蜡的密度 $\rho_0 = 9 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$. 在蜡烛的下端粘附一个小铁块后, 恰能使整支蜡烛保持直立姿态浮在水中, 而水面上露出 $l' = 1 \text{ cm}$ 长的一小段, 现将蜡烛点燃, 试问蜡烛烧掉多长时, 烛焰被水淹没?

解析: 原系统处平衡状态, 故有 $F_{\text{浮}} = G_{\text{系统}}$. 随着蜡烛的燃烧, 系统重力减小, 再次平衡时浮力减小, 由平衡条件, 得: $\Delta F_{\text{浮}} = \Delta G_{\text{系统}}$. 设烛焰被水淹没时剩余蜡烛长 x , 蜡烛横截面积为 S , 则:



$$\rho_{\text{水}} g S (l_0 - l' - x) = \rho_0 g S (l_0 - x)$$

$$\begin{aligned} \text{所以: } x &= \frac{\rho_{\text{水}} (l_0 - l') - \rho_0 l_0}{\rho_{\text{水}} - \rho_0} \\ &= \frac{1000 \times (0.2 - 0.01) - 900 \times 0.2}{1000 - 900} \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 0.1 \text{ m}$$

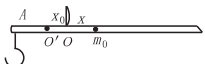
$$\text{所以烧去蜡烛长 } \Delta l = l_0 - x = 0.1 \text{ m}$$

$$= 10 \text{ cm.}$$

答案: 10 cm

- 8. 有一准确的杆秤, 今只给你一把刻度尺, 要求用其测出这杆秤的秤砣的质量. 试说明所测量的量, 并导出表示秤砣质量的公式.

解析: 设刻度起点(定盘星)距秤纽 x_0 , 秤砣质量 m_0 , 与秤砣质量相等的刻度值距秤纽 x , 如图所示, 则由平衡条件知, 杆秤自身重力(不含秤砣)对秤纽的力矩 $M_0 = m_0 - g x_0$.



当秤钩挂质量等于秤砣质量物体时, 秤砣应放在刻度值等于秤砣质量处, 杆秤平衡, 所以有:

$$\begin{aligned} m_0 g L &= M_0 + m_0 g x \\ &= m_0 g x_0 + m_0 g x = m_0 - g(x_0 + x) \end{aligned}$$

所以: $x_0 + x = L$, 即等于秤砣质量刻度值处与

刻度起点(定盘星)间距恰等于秤钩与秤纽间距.

答案: 用刻度尺测出秤钩到提纽的距离 L , 然后从刻度的起点(即定盘星处)向秤稍量取 L 长度, 此处刻度值即等于秤砣质量.



教 学 建 议

共点力的平衡条件, 一般同学并不生疏, 学生讨论该部分问题的难点是如何灵活地选取研究对象, 建议在复习中在该方面多做些适当的练习和引导. 本专题例 2 介绍的“利用力的矢量三角形和几何三角形相似解决平衡问题”虽不常规, 但却有用, 特别对于力的矢量三角形中无直角或其他特殊角的情况, 其优越性则更为突出. 作为一种方法介绍给学生有一定的必要, 但也可以根据学生自己的实际情况决定取舍. 力矩平衡问题虽是新教材增加内容, 但要求不高, 本专题强化训练中给出的杆秤问题是生活中常见的实际问题, 对训练学生利用所学物理知识处理实际问题的能力有一定的帮助作用, 只是问题稍有难度, 特别是最后一题, 方法很多, 可作为课下练习题, 让学生去思考和讨论.

备
课
札
记



随感录

专题四 运动物体的追赶、相遇问题

备
课
札
记

设置目的

运动物体的追赶、相遇问题是人们日常生活中常见的,如各种交通事故、导弹击中活动目标等.此类问题的处理,要涉及运动学的基本规律,也是高考命题的热点之一,故设专题予以讨论.

重点分析

因运动物体追及、相遇时必到达空间同一点(运动物体都视为质点),所以它们的位移必存在确定的关系,故处理此类问题的首选方程就是它们的位移关系方程.另外,速度相等时,恰是物体能追及、不能追及或间距最大、最小的临界情况,因此讨论此类问题时,应抓住速度相等这一特殊而又关键的条件.

方法指导

[例1] 为了安全,在公路上行驶的汽车之间应保持必要的距离.已知某高速公路的最高限速为 $v = 120 \text{ km/h}$,假设前方车辆突然停止,后车司机从发现这一情况,经操纵刹车,到汽车开始减速所经历的时间(反应时间) $t = 0.50 \text{ s}$,刹车时汽车受到的阻力大小 f 为汽车重力的 0.40 倍.该高速公路上汽车的间距 s 至少应为多少?取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$.

解析:为避免撞车,公路上汽车的最小间距应为从操纵刹车到车停止汽车的位移大小,即: $s = vt + \frac{v^2}{2a}$,其中 $a = \frac{f}{m} = 4 \text{ m/s}^2$,代入其他数据,可得: $s = 1.6 \times 10^2 \text{ m}$.

[例2] 一列货车以 28.8 km/h 的速度在平直铁路上运行,由于调度失误,在后面 600 m 处有一列快车以 72 km/h 的速度向它靠近.快车司机发觉后立即合上制动器,但快车要滑行 2000 m 才停止.试判断两车是否会相碰.

解析:两车速度相等恰追及前车,这是恰不相碰的临界情况,因此只要比较两车等速时的位移关系,即可明确是否相碰.

因快车减速运动的加速度大小为:

$$a = \frac{v_{快}^2}{2s} = \frac{20^2}{2 \times 2000} \text{ m/s}^2 = 0.1 \text{ m/s}^2.$$

故快车刹车至两车等速历时:

$$t = \frac{v_{快} - v_{货}}{a} = \frac{20 - 8}{0.1} \text{ s} = 120 \text{ s}.$$

该时间内两车位移分别是:

$$s_{快} = v_{快}t - \frac{1}{2}at^2 = 20 \times 120 \text{ m} - \frac{1}{2} \times 0.1 \times 120^2 \text{ m} = 1680 \text{ m}$$

$$s_{货} = v_{货}t = 8 \times 120 \text{ m} = 960 \text{ m}$$

因为 $s_{快} > s_{货} + s_0 = 1560 \text{ m}$,故两车会发生相撞.

说明:该题还有多种讨论方法,如讨论两车相遇时速度关系或利用相对运动知识求解,请同学们练习.

[例3] A球自距地面高 h 处开始自由下落,同时 B球以初速度 v_0 正对 A球竖直上抛,空气阻力不计.问:

(1) 要使两球在 B球上升过程中相遇,则 v_0 应满足什么条件?

(2) 要使两球在 B球下降过程中相遇,则 v_0 应满足什么条件?

解析:两球相遇时位移之和等于 h ,即:

$$\frac{1}{2}gt^2 + (v_0t - \frac{1}{2}gt^2) = h$$

$$\text{所以: } t = \frac{h}{v_0}.$$

而 B球上升的时间: $t_1 = \frac{v_0}{g}$, B球在空中运动的总时间:

$$t_2 = \frac{2v_0}{g}.$$

(1) 欲使两球在 B球上升过程中相遇,则有 $t < t_1$,

$$\text{即 } \frac{h}{v_0} < \frac{v_0}{g}, \text{ 所以 } v_0 > \sqrt{gh}.$$

(2) 欲使两球在 B球下降过程中相遇,则有:

$$t_1 < t < t_2$$

$$\text{即: } \frac{v_0}{g} < \frac{h}{v_0} < \frac{2v_0}{g},$$

$$\text{所以: } \frac{\sqrt{2gh}}{2} < v_0 < \sqrt{gh}.$$

强化训练

- 1. 两辆完全相同的汽车,沿水平直路一前一后匀速行驶,速度均为 v_0 .若前车突然以恒定的加速度刹车,在它刚停住时,后车以前车刹车的加速度开始刹车.已知前车在刹车过程中所行驶的距离为 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. $1s$ B. $2s$ C. $3s$ D. $4s$

解析:两车同时刹车,则两车将滑行相同的距离 s 而停止,由于前车刹车停止后后车接着刹



车,所以后车比前车多运动的位移(即题中所求最小间距)即为前车刹车时间内后车以原速运动的位移.由刹车过程的平均速度等于原速的 $\frac{1}{2}$,故前车刹车过程中,后车以原速运动的位移的 $2s$.

答案:B

- 2. 汽车A在红绿灯前停住,绿灯亮起时起动,以 0.4 m/s^2 的加速度做匀加速运动,经过30 s后以该时刻的速度做匀速直线运动.设在绿灯亮的时候,汽车B以 8 m/s 的速度从A车旁边驶过,且一直以相同的速度做匀速直线运动,运动方向与A车相同,则从绿灯亮时开始……

…………… ()

- A. A车在加速过程中与B车相遇
B. A、B相遇时速度相同
C. 相遇时A车做匀速运动
D. 两车不可能再次相遇

解析:若A车在加速过程中与B车相遇,设运动时间为 t ,则: $\frac{1}{2}at^2 = v_B t$,解得: $t = \frac{2v_B}{a} = \frac{2 \times 8}{0.4} \text{ s} = 40 \text{ s} > 30 \text{ s}$,可见,A车加速30 s内并未追上B车.因加速30 s后, $v_A = 12 \text{ m/s} > v_B = 8 \text{ m/s}$,故匀速运动过程中可追上B车.

答案:C

- 3. A、B两车沿同一直线向同一方向运动,A车的速度 $v_A = 4 \text{ m/s}$,B车速度 $v_B = 10 \text{ m/s}$.当B车运动至A车前方7 m处时,B车以 $a = 2 \text{ m/s}^2$ 的加速度开始做匀减速运动,从该时刻开始计时,则A车追上B车需要的时间是_____s,在A车追上B车之前,二者之间的最大距离是_____m.

解析:设在B车减速过程中A车追上B车,其间隔时间为 t ,则: $v_A t = v_B t - \frac{1}{2}at^2 + 7$,代入数据解得: $t = 7 \text{ s}$ (取有意义值).而B车减速至零,历时 $t_0 = \frac{v_B}{a} = 5 \text{ s} < t$,故上解错误.正确的解答

应为: $v_A t = \frac{v_B^2}{2a} + 7$,所以 $t = \frac{\frac{v_B^2}{2a} + 7}{v_A} \text{ s}$.

两车等速时间距最大,B车减速至A、B等速历时: $t_1 = \frac{v_B - v_A}{a} = \frac{10 - 4}{2} \text{ s} = 3 \text{ s}$,所以A、B两车最大间距为

$$\Delta s_m = v_B t_1 - \frac{1}{2}at_1^2 + 7 - v_A t_1 \\ = 10 \times 3 - \frac{1}{2} \times 2 \times 3^2 + 7 - 4 \times 3$$

$$= 16 \text{ m}$$

答案:8;16

- 4. 同一直线上的A、B两质点,相距 s ,它们向同一方向沿直线运动(相遇时互不影响各自的运动),A做速度为 v 的匀速直线运动,B从此刻起做加速度为 a 、初速度为零的匀加速直线运动.若A在B前,两者可相遇_____次,若B在A前,两者最多可相遇_____次.

解析:若A车在前匀速运动,B车在后匀加速追赶A车,两车等速时相距最远(间距大于 s),故B车追上A车时必有 $v_B > v_A$,以后B车在前,两车间距逐渐增大,不可能再相遇.

若B车在前匀加速运动,A车在后匀速运动,若追及时两车恰等速,因以后 $v_B > v_A$,不可再次相遇,即只能相遇1次;但若A车追上B车时 $v_A > v_B$,相遇后A车超前,但由于B车速度不断增大,仍能再次追上A车,即能相遇2次.

答案:1;2

- 5. 从同一地点以 30 m/s 的速度先后竖直上抛两个物体,抛出时间相差2 s,不计空气阻力,两物体将在何处、何时相遇?

解析:设第一物体上抛 $t \text{ s}$ 后相遇,则: $30t - \frac{1}{2} \times 10t^2 = 30 \times (t - 2) - \frac{1}{2} \times 10 \times (t - 2)^2$ 解得: $t = 4 \text{ s}$,相遇高度 $h = 30t - \frac{1}{2} \times 10t^2 = 40 \text{ m}$.

答案:距地40 m,第一物体抛出后4 s相遇

- 6. 从相距30 km的甲、乙两站每隔15 min同时以 30 km/h 的速率向对方开出一辆汽车.若首班车为早晨5时发车,则6时从甲站开出的汽车在途中会遇到多少辆从乙站开出的汽车?

解析:每车在两站间运动时间 $t = \frac{s}{v} = 1 \text{ h}$,当6时某车从甲站开出时,乙站的首发车已进甲站,此时路上已有3辆车在路途中,且乙站恰有一车待发.当该车行至乙站时历时1 h,乙站将又发出4辆车,故最多可有7辆车相遇.

答案:7辆

教学建议

运动物体的追赶、相遇问题,一般解法较多:解析法、图象法、极值法等.应适当地做些一题多解的练习,以开启学生思路,培养学生发散思维的能力.但平时训练仍应以物理意义突出的解析法为主.

备
课
札
记

