前 言

QIAN YAN

随着 2002 年我国高等学校招生全面实行‘3+X’考试,新一轮高考改革的第一步目标已经实现。我国基础教育和高考改革持续深入的崭新局面,为我们编写 02—03 年新版《高中总复习优化设计》系列丛书提供了广阔的背景。在积极组织市场调查研究,认真学习高考改革精神和深入研究高考‘3+X’命题特点的基础上,我们进一步加大了对本系列丛书的结构调整力度,更加突出优化、设计、新颖等基本特色和精品意识,力求新版图书在保持传统特色的同时,与时俱进,为广大考生提供更新更好的‘优化设计’。

新颖:反映‘3+X’考试的最新信息,从新颖、别致的角度,选择基础性、综合性、多元性的例题和试题,体现创新思维和实践能力的要求。

优化:放眼整体,全程优化,创造性地设计各分册的内容框架。既考虑讲解的启发作用,又突出练习的主体功能;既考虑本学科的系统完整,又兼顾跨学科的综合沟通。

科学:在对近年高考备考实践进行深入分析研究的基础上,全面吸收了率先实行综合考试地区的备考成功经验,以知识整合、技能演练、能力提升等为内在线索进行栏目、板块的设置、编排,体现了最新复习导向。

实用:本书的传统特色之一是‘以讲带练’。本次修订从练习的方式、内容、时间控制等多角度进行综合设计、优化取舍,更适合教师整体操作和学生个体使用。

物理学科是理科综合和文理综合考试科目。综合能力测试的根本特点是基础性,注重联系实际。因此,物理学科的基本概念、原理、方法仍是复习重点,甚至由于试题多以现实问题作背景,还一定程度上淡化了核心、主干和重点内容,曾被列为所谓非重点的内容也会因与现实问题有关联而应予充分重视。在综合考试中复习的广度比深度显得更重要。学科能力是综合能力的基础;同时学科能力也要向综合能力提升。这就要求我们在复习中强调将学科知识、技能与社会现实联系起来,更加注重对创新思维、实验能力与应用能力的训练,对学科思想的综合应用。

本书以‘试验修订本教材’为蓝本,以物理高考‘更加注重对能力和素质的考查;命题遵循中学教学大纲但不拘泥于大纲;试题中增加应用性和能力性题目’的指导思想为依据,立足教材,编织知识网络;突出基础,蕴含物理学科思想;培养创新意识,强调应用能力。全书体现了物理高考能力立意方向,反映了时代特色,适用于 2003 年高考第一阶段备考复习。

本书设置了[概念规律方法][典型例题解析][单元同步练习]栏目,以循序渐进地培养学生学科内的综合应用能力。在各章节复习中注意了对跨学科知识的渗透交叉,在[章末综合讲练]部分,则着重培养学生运用多学科

需要全本请访问 www.ertongbook.com

知识、方法分析问题、解决问题的能力。本书习题配置注意了层次性,“单元同步练习”分成“巩固性题组”和“提高性题组”,为个性化复习提供了必要和充分的内容。

为了帮助教师充分把握本书的设计思想和意图,促进对本书的有效使用,本书配有《教师用书》,《教师用书》对本书中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,将会使教师的教学指导与备课更加得心应手。

在本书即将付梓之际,我们收到了教育部最新修订的《全日制普通高级中学课程计划(试验修订版)》和物理教学大纲。新的课程计划与物理教学大纲认真贯彻了《基础教育课程改革纲要(试行)》精神,体现了新课程理念,强调培养“收集、处理信息能力和获取新知识能力”,强调“要使获得基础知识与基本技能的过程成为学会学习和形成正确价值观的过程”。在“分子热运动能量守恒”部分增加了“绝对零度不可达到”的内容,删除了“气体的实验定律”等内容,降低了“库仑定律”内容的难度。为了适应这一变化和要求,我们特聘请有关专家,删除了本书中原编入但与最新大纲明显不相符合的内容,还有一些带有知识联系性、综合性的内容则予以保留,并加注了星号“*”,请读者使用时给予注意。

本书编者身处中学物理教学第一线,投身实践,潜心研究,精心设计,集全国各地先进经验于本书,希望能给广大师生高三总复习提供有效、有益的参考。受编者水平和编写时间所限,书中难免有疏忽与不妥,敬请广大读者批评赐教。

编 者

2002 年 6 月

LU MU 目录

第一章　力、物体的平衡 …… (001)
第Ⅰ单元　力学中的三种常见力·物体受力分析 …… (001)
第Ⅱ单元　力的合成与分解·共点力作用下的物体的平衡 …… (004)
※第Ⅲ单元　力矩·有固定转动轴物体的平衡 …… (006)
章末综合讲练 …… (008)
第二章　直线运动 …… (010)
第Ⅰ单元　描述运动的基本概念 …… (010)
第Ⅱ单元　匀速直线运动·匀变速直线运动 …… (012)
章末综合讲练 …… (015)
第三章　牛顿运动定律 …… (017)
第Ⅰ单元　牛顿运动定律 …… (017)
第Ⅱ单元　动力学的两类基本问题·※失重和超重 …… (019)
章末综合讲练 …… (022)
第四章　曲线运动　万有引力定律 …… (024)
第Ⅰ单元　运动的合成和分解·平抛运动 …… (024)
第Ⅱ单元　圆周运动 …… (027)
第Ⅲ单元　万有引力定律·人造地球卫星 …… (029)
章末综合讲练 …… (032)
第五章　动量 …… (034)
第Ⅰ单元　冲量和动量·动量定理 …… (034)
第Ⅱ单元　动量守恒定律 …… (036)
章末综合讲练 …… (038)
第六章　机械能 …… (040)
第Ⅰ单元　功·功率 …… (040)
第Ⅱ单元　动能定理·机械能守恒定律 …… (042)
第Ⅲ单元　动量和能量 …… (045)
章末综合讲练 …… (047)
第七章　机械振动和机械波 …… (049)
第Ⅰ单元　机械振动 …… (049)
第Ⅱ单元　机械波 …… (052)
章末综合讲练 …… (054)
第八章　分子热运动　能量守恒 …… (056)
章末综合讲练 …… (059)
第九章　气体 …… (061)
第Ⅰ单元　气体的状态参量·※气体实验定律 …… (061)
第Ⅱ单元　※理想气体状态方程·分子动理论 …… (064)
章末综合讲练 …… (067)
第十章　电场 …… (069)

LU MU 目录

第Ⅰ单元　库仑定律·电场强度……(069)
第Ⅱ单元　电势能·电势差·※电场中的导体……(072)
第Ⅲ单元　电容·带电粒子在电场中的运动……(074)
章末综合讲练……(077)
第十一章　恒定电流……(079)
第Ⅰ单元　部分电路·电功和电功率……(079)
第Ⅱ单元　闭合电路欧姆定律……(082)
第Ⅲ单元　电表·电阻的测量……(084)
章末综合讲练……(087)
第十二章　磁场……(089)
第Ⅰ单元　磁感应强度·安培力……(089)
第Ⅱ单元　磁场对运动电荷的作用……(092)
章末综合讲练……(095)
第十三章　电磁感应……(097)
第Ⅰ单元　电磁感应现象·楞次定律……(097)
第Ⅱ单元　法拉第电磁感应定律·自感……(099)
第Ⅲ单元　电磁感应定律的应用……(102)
章末综合讲练……(104)
第十四章　交变电流　电磁振荡和电磁波……(107)
第Ⅰ单元　交变电流……(107)
第Ⅱ单元　电磁振荡·电磁波……(110)
章末综合讲练……(112)
第十五章　光的反射和折射……(114)
第Ⅰ单元　光的直线传播·※光的反射……(114)
第Ⅱ单元　光的折射·全反射……(116)
章末综合讲练……(118)
第十六章　光的本性……(120)
章末综合讲练……(122)
第十七章　原子和原子核……(124)
第Ⅰ单元　原子的结构·能级……(124)
第Ⅱ单元　原子核反应·核能……(126)
章末综合讲练……(128)
第十八章　物理实验……(130)
参考答案……(151)

第一章　力、物体的平衡

知识点与高考要求

知　　识　　点	要求程度
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. 力是矢量. 力的合成与分解.	B
2. 重力是物体在地球表面附近所受到的地球对它的引力. 重心.	B
3. 形变和弹力. 胡克定律.	B
4. 静摩擦，最大静摩擦力.	A
5. 滑动摩擦. 滑动摩擦定律.	B
6. 力矩.	B
7. 共点力作用下的物体的平衡	B
8. 力矩的平衡	B

说明：(1) 关于力的合成与分解，在计算方面只要求会应用直角三角形知识求解.

(2) 不要求知道静摩擦因数.

(3) 知识点 8 是新教材增加的内容.

内容概要与考查特点

本章内容是力学的基础知识. 力是贯穿于整个物理学的重要概念，对物体进行受力分析是解决力学问题的基础和关键. 力在合成与分解时所遵守的平行四边形定则，也是所有的矢量都遵守的普遍法则. 平衡条件($F_{合}=0$ 和 $M_{合}=0$)更是广泛应用于力、热、电等各部分内部的题目求解当中.

近几年的高考针对本章内容单独命题的情况较少，主要是与其他内容(牛顿定律、动量、功和能、气体的压强、电磁学等)结合起来进行考查. 力矩、静摩擦力、力的合成与分解都是高考热点内容.

本章知识内容可分成三个单元组织复习：(Ⅰ) 力学中的三种常见力；物体受力分析. (Ⅱ) 力的合成与分解；共点力作用下的物体的平衡. (Ⅲ) 力矩；有固定转动轴物体的平衡.

第Ⅰ单元　力学中的三种常见力·物体受力分析

概念规律方法

※ 一、力的概念

1. (1) 力是物体对物体的作用，力不能脱离物体而独立存在. (2) 力的作用效果：使物体发生形变或使物体运动状态发生变化. (3) 力是矢量. 大小、方向、作用点是力的三要素. (4) 力的单位：牛顿(N).

2. 力的分类：(1) 按力的性质分，可分为重力、弹力、摩擦力、分子力、电磁力、核力等. (2) 按力的效果分，可分为压力、支持力、动力、阻力、向心力、回复力等.

二、力学中的三种常见力

1. 重力：由于地球对物体的吸引而使物体受到的力. 大小 $G=mg$；方向竖直向下；作用点即为物体的重心.

2. 弹力：直接接触的物体间由于发生弹性形变而产生的力.

弹力方向的确定：(1) 压力、支持力的方向总是垂直于接触面，指向被压或被支持的物体. (2) 绳的拉力方向总是沿着绳指向绳收缩的方向.

弹力大小的确定：(1) 弹簧在弹性限度内遵从胡克定律 $F=kx$. (2) 一般情况下应根据物体的运动状态，利用牛顿定律或平衡条件来计算.

3. 摩擦力：相互接触的物体间发生相对运动或有相对运动趋势时，在接触面处产生的阻碍物体间相对运动的力.

(1) 静摩擦力：静摩擦力的大小可在 0 与最大值 F_m 之间变化. 一般应根据物体的运动状态由平衡条件或牛顿定律来计算，方向与物体间相对运动趋势的方向相反.

(2) 滑动摩擦力：大小 $F_f=\mu N$，方向与物体间相对运动的方向相反.

三、物体受力分析

对物体进行受力分析是解决力学问题的基础，是研究力学问题的重要方法. 受力分析的程序是：

1. 根据题意选取研究的对象. 选取研究对象的原则是要使对问题的研究尽量简便. 研究对象可以是单个物体或物体的某一部分，也可以是由几个物体组成的系统.

2. 把研究对象从周围的物体中隔离出来. 为防止漏掉某个力，要养成按一般步骤分析的好习惯. 一般应先分析重力；然后环绕物体一周，找出跟研究对象接触的物体，并逐个分析这些物体对研究对象的弹力和摩擦力；最后再分析其他场力(电场力、磁场力等).

3. 每分析一个力，都要想一想它的施力物体是谁，这样可以避免分析出某些不存在的力. 如竖直上抛的物体并不受向上的推力，而刹车后靠惯性滑行的汽车也不受向前的“冲力”.

4. 画完受力图后要进行定性检验，看一看根据你画的受力图，物体能否处于题目中所给的运动状态. 如图 1—1 所示.

典型例题解析

[例1] 下列说法中，正确的是

A. 竖直向上抛出的物体，物体竖直上升，是因为受了一个竖直向上的升力作用

B. 放在斜面上的物体会沿斜面下滑，是因为受了一个下滑力作用

C. 放在水中的木块浮于水面，是因为受了浮力作用

D. 施力物体同时也是受力物体

需要全本请访问 www.ertongbook.com

解析：力是物体间的相互作用，分析物体的受力时一定要分析清楚谁是施力物体，谁是受力物体．找不到施力物体的力是不存在的．竖直向上抛出的物体，在运动过程中只受重力作用，“升力”是不存在的，因为找不到它的施力物体．物体沿斜面下滑的原因是因为其合外力的方向沿斜面向下，并不是存在“下滑力”缘故．试想如果存在“下滑力”，那么它的施力物体又是谁呢？地球施加物体的只有一个重力．浮力的施力物体是水，正是由于浮力的存在，且当它大小等于重力时，物体才能浮于水中．力是物体间的相互作用，因此施力物体一定是受力物体．综合上述分析，正确的选项为 CD.

说明：在分析物体的受力情况时，要从力的定义入手，要明确各力的特点，不能凭主观感觉简单地认定物体应该受某种力．

[例2] 如图 1—1 所示．小车上固定着一根弯成 α 角的曲杆，杆的另一端固定一个质量为 m 的球．试分析下列情况下杆对球的弹力的大小和方向：① 小车静止；② 小车以加速度 a 水平向右运动．

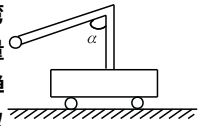


图 1—1

解析：(1) 接触面间的弹力方向是一直垂直于接触面，但固定在杆上的物体所受的弹力其大小和方向都是可变的，其方向可能沿杆也可能不沿杆，故则需利用平衡条件或牛顿第二定律来计算．小车静止时，根据物体平衡条件知，杆对球产生的弹力方向竖直向上，且大小等于球的重力 mg.

(2) 选小球为研究对象．小车以加速度 a 向右运动时，小球所受重力和杆的弹力的合力一定水平向右，此时，弹力 F 的方向一定指向右上方，只有这样，才能保证小球在竖直方向上保持平衡，水平方向上具有向右的加速度．假设小球所受弹力方向与竖直方向的夹角为 θ（如图 1—2），根据牛顿第二定律有 $F\sin\theta = ma$，$F\cos\theta = mg$.

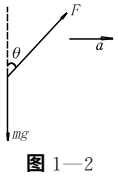


图 1—2

解得 $F = m\sqrt{g^2 + a^2}$，$\mathrm{tg}\theta = \dfrac{a}{g}$.

思考：(1) 小车如何运动时，弹力的方向才沿杆的方向？

(2) 试比较一下绳、杆、弹簧的弹力方向，它们各有何特点？

[例3] 把一重为 G 的物体，用一个水平的推力 $F = kt$（k 为恒量，t 为时间）压在竖直的足够高的平整的墙上（图 1—3），从 $t = 0$ 开始物体所受的摩擦力 F_f 随 t 的变化关系是下图中的哪一个？

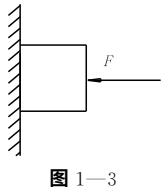
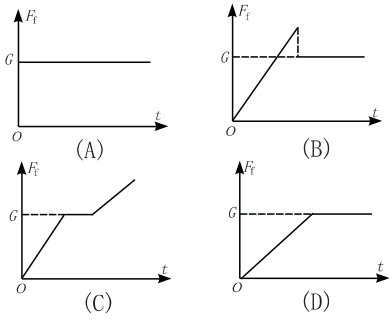


图 1—3



解析：选物体为研究对象，按重力、弹力、摩擦力等顺序画出物体的受力情况示意图如图 1—4 所示，在确认无误后分析摩擦力随时间的变化情况：物体在竖直方向上只受重力 G 和摩擦力 F_f 的作用．由于 F 从零开始均匀增大，所以物体整个过程的大体运动情况应该是：先加速下滑，再减速下滑、最后静止不动．在解题过程中，要掌握“先粗后细”的原则．开始一段时间 $F_f < G$，物体加速下滑．当 $F_f = G$ 时，物体速度达到最大值．之后 $F_f > G$，物体向下做减速运动，直至速度减为零．

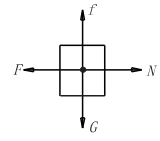


图 1—4

在整个运动过程中，摩擦力为动摩擦力，其大小为 $F_f = \mu N = \mu F = \mu kt$，即 F_f 与 t 成正比，是一段过原点的直线．

当物体速度减为零之后，动摩擦变为静摩擦，其大小由平衡条件可知 $F_f = G$．所以物体静止后的图线为平行于 t 轴的线段．故本题正确答案为 B.

思考：(1) 试具体描述一下物体的运动情况，并粗画出其速度图像．

(2) 在运动过程中，物体的速度何时最大？加速度何时最大？

[例4] 均匀长棒一端搁在地面上，另一端用细线系在天花板上，如图 1—5 所示，若细线竖直，试分析棒的受力情况．

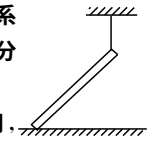


图 1—5

解析：取棒为研究对象，它只受三个力的作用，其中重力 G 竖直向下，支持力 F_N 垂直于地面竖直向上，绳子拉力 F_T 沿绳垂直向上．如图 1—6 所示．

虽然地面不光滑，棒并不受静摩擦力的作用．因为重力 G、支持力 F_N 和拉力 F_T 均沿竖直方向，所以棒在水平方向上没有运动趋势，也就不受静摩擦力了．

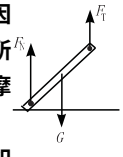


图 1—6

思考：(1) 若悬线不竖直，棒的受力情况可能如何？

(2) 若水平面光滑，悬线可能不竖直吗？

小结：对此类题目的分析，多数同学从想当然出发，只要没告诉地面是否光滑，不考虑题目所告诉的物理状态，就认为有摩擦．希望同学们在画受力图时要养成这样的好习惯；不管题目难易，都要遵循前面讲的受力分析的程序．

单元同步练习

巩固性题组

▶1. 关于力的概念，下列哪些说法是正确的

(A) 力是使物体产生形变和改变运动状态的原因

(B) 一个力必定联系着两个物体，其中每个物体既是受力物体又是施力物体

(C) 只要两个力的大小相同，它们产生的效果一定相同

(D) 两个物体相互作用，其相互作用力可以是不同性质的力

▶2. 关于物体的重心，下列说法中正确的是

(A) 重心就是物体上最重的一点

(B) 形状规则的物体的重心，一定在它的几何中心

(C) 重心是物体所受重力的作用点，故重心一定在物体上

(D) 用细软线将物体悬挂起来，重心一定在悬线所在直线上

▶3. 卡车上装着一只始终与它相对静止的集装箱，不计空气阻力，下列说法正确的是

(A) 当卡车开始运动时，卡车对集装箱的静摩擦力使集装箱随卡车一起运动

(B) 当卡车匀速运动时，卡车对集装箱的静摩擦力使集装箱随卡车一起运动

(C) 当卡车匀速运动时，卡车对集装箱的静摩擦力等于零

(D) 当卡车制动时，卡车对集装箱的静摩擦力等于零

▶4. 运动员用双手握住竖直的竹竿匀速攀上和匀速下滑时，他所受到的摩擦力分别为 $F_{上}$ 和 $F_{下}$，那么它们的关系是

(A)$F_{上}$ 向上，$F_{下}$ 向下，$F_{上}=F_{下}$

(B)$F_{上}$ 向下，$F_{下}$ 向上，$F_{上}>F_{下}$

(C)$F_{上}$ 向上，$F_{下}$ 向上，$F_{上}=F_{下}$

(D)$F_{上}$ 向上，$F_{下}$ 向下，$F_{上}>F_{下}$

▶5. 如图 1—7，A、B 两物块叠放在一起，被一水平向右的外力 F 作用于 A 而一起向右做匀速运动，有关 A、B 受力情况的下列说法正确的有

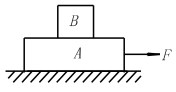


图 1—7

(A)B 不受摩擦力作用

(B)A 受四个力作用

(C)A 竖直方向受三个力作用

(D)A 水平方向受三个力作用

▶6. 质量为 m 的物体，放在质量为 M 的斜面体上，斜面体放在水平粗糙的地面上，m 和 M 均处于静止状态，如图 1—8 所示. 当在物体 m 上施加一个水平力 F，且 F 由零逐渐加大到 F_m 的过程中，m 和 M 仍保持静止状态. 在此过程中，下列判断哪些是正确的？

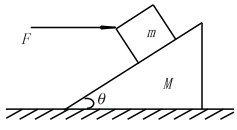


图 1—8

(A) 斜面体对 m 的支持力逐渐增大

(B) 物体 m 受到的摩擦力逐渐增大

(C) 地面受到的压力逐渐增大

(D) 地面对斜面体的摩擦力由 0 逐渐增大到 F_m

▶7. 如图 1—9 所示，水平地面上的木箱，在水平向右的恒力 $F_1=100\text{N}$ 和水平向左的恒力 $F_2=20\text{N}$ 作用下静止不动，这时木箱受到地面的静摩擦力方向_____，大小为_____ N. 若撤去 F_1，这时木箱在水平方向上受到的合力为_____.

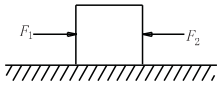


图 1—9

▶8. 如图 1—10，A、B 叠放在一起，用一根细绳通过一定滑轮相连，现给 B 施一水平向右的拉力使 B 沿 A 向右运动，试分析 A、B 两物体的受力，画出受力图.

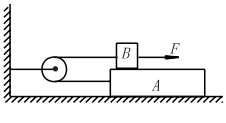


图 1—10

▶9. 如图 1—11 所示，在两块固定木板间，夹着质量为 3 kg 的木块 A，所加压力为 50 N，木块和木板间的动摩擦因数为 0.4. 问：木块 A 受哪几个力的作用？大小如何？若要使木块 A 匀速向上运动，则 A 物体应受到多大的竖直向上的拉力？

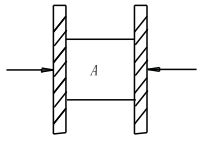


图 1—11

▶10. 一轻弹簧原长 L_0，一端固定，在另一端施力 F 时，可将弹簧拉长至 L_1. 今从弹簧自由端剪去 $\frac{1}{3}$，要仍将弹簧拉长至 L_1，弹簧自由端施加的外力为多大？

提高性题组

▶11. 用一水平力 F 将两铁块 A 和 B 紧压在竖直墙上而静止，如图 1—12 所示，对此，下列说法中正确的是

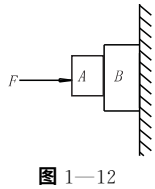


图 1—12

(A) 铁块 B 肯定受 A 给它的竖直向上的摩擦力

(B) 铁块 B 肯定受墙给它的竖直向上的摩擦力

(C) 铁块 A 肯定受 B 给它的竖直向上的摩擦力

(D)A 与 B 之间的摩擦力方向是无法判断的

▶12. 如图 1—13 所示，一根弹簧其自由端 B 在末悬挂重物时指针正对刻度 5，在弹性限度内，当挂上 80 N 重物时指针正对刻度 45，若要指针正对刻度 20 应挂重物是

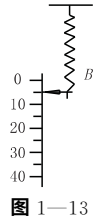


图 1—13

(A)40N

(B)30N

(C)20N

(D) 不知弹簧的劲度系数 k 的值，无法计算

▶13. 图 1—14 为皮带传动装置示意图，A 为主动轮，B 为从动轮，如不计皮带自重且皮带不打滑，在 A、B 都沿顺时针方向转动的过程中，带上 a、b、c 三处张力是_____处最大，_____处次之，_____处最小.

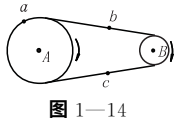


图 1—14

第 Ⅱ 单元　力的合成与分解·共点力作用下的物体的平衡

概念规律方法

一、力的合成与分解

1. 合力与分力的关系是等效替代关系.

2. 力的合成与分解都遵循平行四边形定则. 计算时首先要根据题目要求按照力的平行四边形定则作出力的合成或分解的图示,再根据数学知识解三角形求解合力与分力. 主要要求解直角三角形问题,对于较简单的斜三角形问题,也应能利用正弦定理、余弦定理或相似三角形的知识求解,但不作为重点.

3. 二力(F_1、F_2)合成的合力(F)的取值范围为:$|F_1-F_2|\leqslant F\leqslant(F_1+F_2)$.

4. 把一个已知力分解为两个互成角度的分力,如果没有条件限制,可以分解为无数对分力. 要得到确定的答案,必须给出一些附加条件. 如已知两个分力的方向,已知一个分力的大小及方向等. 在实际问题中,要根据力产生的实际作用效果或处理问题的方便来决定如何分解.

5. 力的正交分解:在很多问题中,常把一个力分解为互相垂直的两个分力. 特别在物体受多个力作用时,把物体受到的各力都分解到互相垂直的两个方向上去,然后分别求每个方向上的力的代数和. 这样就可把复杂的矢量运算转化为互相垂直方向上的简单的代数运算.

二、共点力作用下的物体的平衡

1. 平衡状态:物体处于静止或做匀速直线运动状态,即 $a=0$,叫做平衡状态.

2. 平衡条件:共点力的平衡条件为 $F_{合}=0$,或写成分量形式为 $F_{x合}=0$,$F_{y合}=0$.

3. 二力平衡时,二力等值反向共线;三力(非平行)平衡时,三力共面共点.

典型例题解析

[例1] 如图 1—15(a) 所示,轻绳 AC 与水平面夹角 $\alpha=30°$,BC 与水平面夹角 $\beta=60°$,若 AC、BC 能承受的最大拉力不能超过 100N,那么重物 G 不能超过多少?(设悬挂重物 G 的绳 CD 强度足够大)?

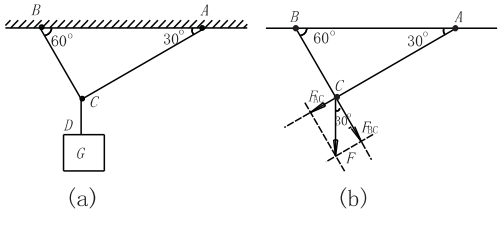


图 1—15

解析:此类问题的研究对象只能选结点 C,因为 C 点受 AC、BC 的拉力与重物 G 联系起来. 由于 C 点只受三个力且合力为零,所以最简单的求解方法就是力的合成或分解.

由于重物静止时对 C 点的拉力 $F=G$,拉力产生两个效果:对 BC 的拉力 F_{BC} 和对 AC 的拉力 F_{AC},其力的矢量关系如图 1—16(b) 所示. 从图中关系可以看出 $F_{BC}>F_{AC}$,即当重力 G 增加时,F_{BC} 先达到 100N. 因此重力 G 的极限值就等于 $F_{BC}=100$N 时所对应的 F 的数值,由几何关系得:

$$F=\frac{F_{BC}}{\cos30°}=\frac{200\sqrt{3}}{3}(\text{N})$$

所以重物的重力 G 不能超过 $\frac{200\sqrt{3}}{3}$N.

思考:1. 本题用的分解方法求解,请你再用力的合成或平衡条件求解,并比较一下有何不同?

2. 若 AC、BC 能承受的最大拉力分别为 100N 和 200N,本题又该如何分析?

[例2] 如图 1—16 所示,把球夹在竖直墙 AC 和木板 BC 之间,不计摩擦,球对墙的压力为 F_{N1},球对板的压力为 F_{N2}. 在将板 BC 逐渐放至水平的过程中,下列说法中,正确的是

(A) F_{N1} 和 F_{N2} 都增大

(B) F_{N1} 和 F_{N2} 都减小

(C) F_{N1} 增大,F_{N2} 减小

(D) F_{N1} 减小,F_{N2} 增大

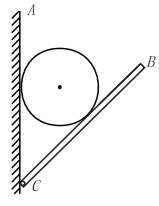


图 1—16

解析:虽然题目中的 F_{N1} 和 F_{N2} 涉及的是墙和木板的受力情况,但研究对象还只能取球. 由于球处于一个动态平衡过程,F_{N1} 和 F_{N2} 都是变力,画受力图可以先画开始时刻的,然后再根据各力的关系定性或定量地讨论某力的变化规律.

球所受的重力 G 产生的效果有两个:对墙的压力 F_{N1} 和对板的压力 F_{N2}. 根据 G 产生的效果将其分解. 如图 1—17 所示,则 $F_1=F_{N1}$,$F_2=F_{N2}$. 从图中不难看出,当板 BC 逐渐被放平的过程中,F_{N1} 的方向保持不变而大小逐渐减小,F_{N2} 与 G 的夹角逐渐变小,其大小也逐渐减小. 因此本题的正确答案为 B.

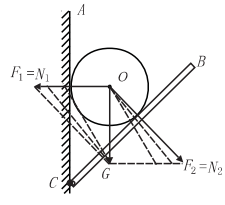


图 1—17

说明:利用图解法分析动态平衡问题,具有直观、简便等优点,但使用中有两点需要注意:

1. 本方法所适用的基本上都是"三力平衡"问题,且物体所受的三力中,有一个恒力(如 G),还有一个是方向不变仅大小变的力(如 F_{N1}),另一个则是大小和方向都变的力(如 F_{N2}). 否则,用图解法分析不一定简便.

2. 作图时要规范,也可仅讨论其中的一个三角形,要特别注意方向变化的那个力,要切实搞清其方向变化的范围.

[例3] 倾角为 θ 的斜面与水平面保持静止,斜面上有一重为 G 的物体 A,物 A 与斜面间的动摩擦因数为 μ,且 $\mu<\tan\theta$. 现给 A 施以一水平力 F,如图 1—18 所示,设最大静摩擦力与滑动摩擦力相等,求水平推力 F 多大时,物 A 能在斜面上静止?

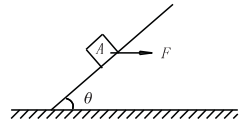


图 1—18

解析:物体静止在斜面上的条件是合外力为零. 由于静摩擦力可以变,所以所求的推力应是一个范围,推力的最大值对应的状态应该是 A 恰不沿斜面向上滑动. 推力最小所对应的状态虽然没较明确的给出,但 $\mu<\tan\theta$ 这个条件又隐含着什么呢?物体匀速下滑时有 $G\sin\theta=\mu G\cos\theta$,即 $\mu=\tan\theta$,所

以$\mu<\tan\theta$时物体处于加速下滑状态. 所以F的最小值应对应于物体恰不下滑的状态. 求解过程如下:

由于$\mu<\tan\theta$,所以不施力时,A将沿斜面加速下滑. 若推力较小,A有沿斜面下滑的趋势,则静摩擦力沿斜面向上,受力分析如图 1—19 所示. 则:

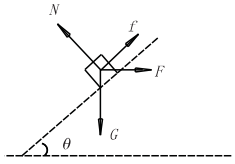


图 1—19

沿斜面方向:$F\cos\theta+F_f-G\sin\theta=0$ ①

垂直于斜面方向:$F_N-F\sin\theta-G\cos\theta=0$ ②

又:$F_f<\mu N$ ③

由 ①②③ 式解得:$F\geqslant\dfrac{\sin\theta-\mu\cos\theta}{\cos\theta+\mu\sin\theta}\cdot G$

若推力 F 较大,A 有沿斜面上滑的趋势,静摩擦力沿斜面向下. 在沿斜面方向上应有:

$F\cos\theta-F_f-G\sin\theta=0$ ④

由 ②③④ 式可解得:$F\leqslant\dfrac{\sin\theta+\mu\cos\theta}{\cos\theta-\mu\sin\theta}\cdot G$

所以物体能在斜面上静止的条件是:

$$\frac{\sin\theta-\mu\cos\theta}{\cos\theta+\mu\sin\theta}\cdot G\leqslant F\leqslant\frac{\sin\theta+\mu\cos\theta}{\cos\theta-\mu\sin\theta}\cdot G$$

说明:(1) 在利用平衡条件 $F_x=0$ 和 $F_y=0$ 列方程时,对一些较简单的模型(如位于平面或斜面上的物体),虽进行的是正交分解,也可以不画出坐标系,而直接在某个方向上列方程即可.

(2) 在确定 f 的方向时,可以设想 F 太小或太大会引起什么样的效果. 这样可以更简便地确定 A 恰不下滑或恰不上滑的条件. 方程式 ③ 可写成 $F_f=\mu N$,先分别解出 F 的两个临界值,然后再最后确定其范围. 这也是求物理量取值范围的常用方法.

(3) 请讨论:μ 满足什么条件,无论 F 多大都不能推物体 A 向上滑.

单元同步练习

巩固性题组

▶1. 作用于同一质点上的三个力,大小分别是20 N、15 N 和 10 N,它们的方向可以变化,则该质点所受这三个力的合力

(A) 最大值是 45 N　　(B) 可能是 20 N

(C) 最小值是 5 N　　(D) 可能是零

▶2. 在 x 轴和 y 轴上固定两根轻杆,在坐标原点两杆相接,如图 1—20 所示,在坐标原点(相接点)上加一外力 F,要使两杆都受力,而一杆上为张力,另一杆上为压力,则 F 的指向

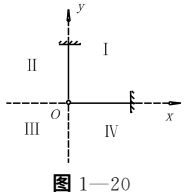


图 1—20

(A) Ⅰ 象限　　(B) Ⅱ 象限

(C) Ⅲ 象限　　(D) Ⅳ 象限

▶3. 重为 100 N 的物体在水平地面上向右运动,同时受到一个向左的 5 N 的水平力 F 作用,若物体和水平地面间的动摩擦因数为 0.1,则水平面对物体的摩擦力的大小和方向是

(A)10 N,水平向左　　(B)5 N,水平向右

(C)15 N,水平向左　　(D)5 N,水平向左

▶4. 建筑工人要将建筑材料运送到高处,常在楼顶装置一个定滑轮(图中未画出),用绳 AB 通过滑轮将建筑材料提到某一高处,为了防止建筑材料与墙壁相碰,站在地面上的工人还另外用绳 CD 拉住材料,使它与竖直墙面保持一定的距离 L,如图 1—21 所示,若不计两根绳的重力,在建筑材料提起的过程中,绳 AB 和 CD 的拉力 F_1 和 F_2 的大小变化情况是

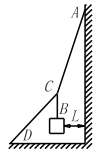


图 1—21

(A)F_1 增大,F_2 增大　　(B)F_1 增大,F_2 不变

(C)F_1 增大,F_2 减小　　(D)F_1 减小,F_2 减小

▶5. 如图 1—22 所示,一个重为 G 的木箱放在水平地面上,木箱与水平面间的动摩擦因数为 μ,用一个与水平方向成 θ 角的推力 F 推动木箱沿地面做匀速直线运动,则推力的水平分力等于

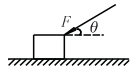


图 1—22

(A)$F\cos\theta$　　(B)$\mu G/(\cos\theta-\mu\sin\theta)$

(C)$\mu G/(1-\mu\tan\theta)$　　(D)$F\sin\theta$

▶6. 某运动员在单杠上做引体向上的动作,使身体匀速上升. 第一次两手距离与肩同宽,第二次两手间的距离是肩宽的 2 倍,比较运动员两次对单杠向下的作用力的大小;其结果为_____.

▶7. 一组力作用于一个物体,其合力为零. 现把其中的一个大小为 20 牛的力的作用方向改变 90° 而大小不变,那么这个物体所受力的合力大小是_____.

▶8. 在雨后乡间的大道上,有一汽车的后轮陷在湿滑的路面上而抛锚,尽管司机加大油门后轮仍无法起动,于是司机找出一根长绳,一端系在路旁的树上,另一端系在车上,并使绳绷紧,然后在绳的中央,沿垂直于绳的方向用力拉绳,就可以把车拉出,试分析其原因.

▶9. 用细绳 AC 和 BC 吊起一重物,两绳与竖直方向的夹角如图 1—23 所示,AC 能承受的最大拉力为 150 N,BC 能承受的最大拉力为 100 N. 为使绳子不断裂,所吊重物的质量不得超过多少?

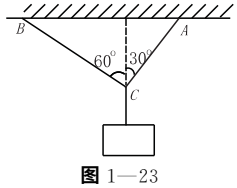


图 1—23

需要全本请访问 www.ertongbook.com

▶10. 在研究两个共点力合成的实验中得到如图 1—24 所示的合力 F 与两个分力的夹角 θ 的关系图.

求:(1) 两个分力大小各是多少?

(2) 此合力的变化范围是多少?

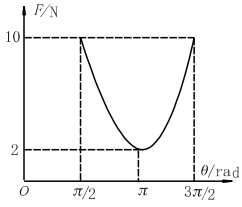


图 1—24

提高性题组

▶11. 压榨机如图 1—25 所示,B 为固定铰链,A 为活动铰链. 在 A 处作用一水平力 F,C 块就以比 F 大得多的力压 D. 已知 $L = 0.5$ 米,$h = 0.1$ 米,$F = 200$ 牛,C 与左壁接触面光滑,求 D 受到的压力.

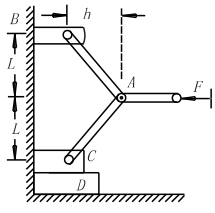


图 1—25

▶12. 如图 1—26,两根固定的光滑硬杆 OA、OB 成 θ 角,在杆上各套一轻环 P、Q,P、Q 用线相连,现用一恒力 F 沿 OB 方向拉环 Q,则当两环稳定时,轻线上的张力多大?

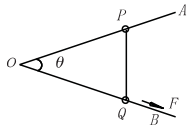


图 1—26

▶13. 1999 年,中国首次北极科学考察队乘坐我国自行研制的“雪龙”号科学考察船对北极地区海域进行了全方位的卓有成效的科学考察. 这次考察获得了圆满的成功,并取得一大批极为珍贵的资料. “雪龙”号科学考察船不仅采用特殊的材料,而且船体的结构也应满足一定的条件,以对付北极地区的冰块与冰层,它是靠本身的重力压碎周围的冰块,同时又应将碎冰块挤向船底. 如果碎冰块仍挤在冰层与船体之间,船体由于受巨大的侧压力而可能解体. 为此,如图 1—27 所示,船体与铅垂面之间必须有一倾斜角 θ. 设船体与冰块间的动摩擦因数为 μ,试问使压碎的冰块能被挤向船底,θ 角应满足什么条件?

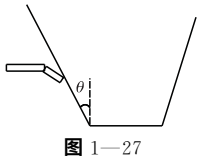


图 1—27

※ 第 Ⅲ 单元　力矩 · 有固定转动轴物体的平衡

概念规律方法

一、力矩

1. **力臂**:从转动轴到力的作用线的垂直距离.

2. **力矩**:力 F 与力臂 L 的乘积,叫做力对转轴的力矩,即 $M = FL$. **单位**:牛 · 米(不是焦),**符号** N · m.

力矩反映了力对物体的转动作用,是使物体转动状态变化的原因. 根据转动作用的方向,常分为逆时针力矩和顺时针力矩.

二、力矩的平衡

有固定转动轴的物体的平衡条件是力矩的代数和等于零,其数字表达形式为 $M_1 + M_2 + M_3 + \cdots\cdots = 0$ 或者 $M_{合} = 0$

典型例题解析

[例1] 如图 1—28 所示,直杆 OA 可绕 O 点转动,图中虚线与杆平行,杆端 A 承受两个力 F_1、F_2 的作用,力的作用线跟 OA 杆在同一竖直面内,它们对转轴 O 的力矩分别是 M_1、M_2,则力矩间的大小关系是

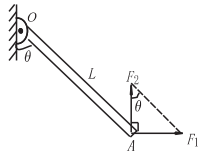


图 1—28

(A) $M_1 > M_2$　　(B) $M_1 = M_2$

(C) $M_1 < M_2$　　(D) 无法判断

解析:设杆长为 L,由于 F_1 的力臂为 $L\cos\theta$,F_2 的力臂为 $L\sin\theta$,根据力距的定义可得 $M_1 = F_1 L\cos\theta$,$M_2 = F_2 L\sin\theta$,根据图 1—28 可知,F_1 和 F_2 的大小关系为:$F_1 = F_2\,\mathrm{tg}\theta$,所以 $F_1\cos\theta = F_2\sin\theta$,因此 $M_1 = M_2$,故正确的选项为 B.

思考:(1) 若 A 端仅是一个力 F 的作用使杆静止,其方向如何才能使 F 的值最小?

(2) 若 A 端仅在 F_2 的作用下使 $\theta(\theta < 90°)$ 缓慢地变大,则 F_2 的大小是否变?它的力矩如何变?

[例2] 如图 1—29 所示,半径为 R,重为 G 的球固接有长为 $2R$ 的柄,柄的另一端用光滑铰链固定于 A 点,球与水平面间有一重为 G 的木块,木块与球之间的动摩擦因数为 μ,木板与水平面之间摩擦可以忽略,求:将木板向右抽出所需水平拉力至少多大?

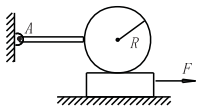


图 1—29

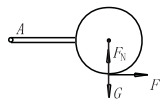


图 1—30

解析：要将木板抽出，其拉力 F 至少应等于它受的摩擦力，要求摩擦力只能取球和柄为研究对象，先受力分析，然后利用平衡条件列方程．

球和柄的受力情况如图 1—30 所示，以 A 点为轴，根据力矩的平衡有：

$$F_N \times 3R + F_f \times R = G \times 3R \quad ①$$

又摩擦力：$F_f = \mu F_N$ ②

由 ①② 得 $F_f = \dfrac{3\mu G}{3+\mu}$

所以将木板向右抽出所需的水平拉力至少为 $F = \dfrac{3\mu G}{3+\mu}$.

思考：(1) 若将木板向左抽出，所需水平拉力 F 至少多大？(2) F_f 的大小与木板的加速度大小是否有关？F_N 的大小与木板是否运动以及运动方向有没有关系？

[例3] 有一水果店，用秤是吊盘式杆秤，量程为10 kg，现有一个较大的西瓜，超过此秤的量程，店员 A 找到另一秤砣，与原秤砣完全相同，把它与原秤砣结在一起作为秤砣进行称量，平衡时，双砣位于 6.5 kg 刻度处，他将此读数乘以 2 得到 13 kg 作为此西瓜的质量，店员 B 对这种称量结果表示怀疑，为了检验，他取另一西瓜，用单砣正常称是 8 kg，用双砣称量读数是 3 kg，乘以 2 得到 6 kg，这证明店员 A 的办法是不可靠的，试问：店员 A 卖给顾客的那个西瓜的实际质量是多大？

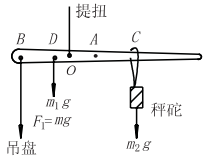


图 1—31

解析：杆秤的结构如图 1—31 所示，其中 O 为提扭，是平衡时的转轴．D 为杆秤的重心（不包括秤砣）．A 点为 0 刻度点，秤砣放在此位置时，若吊盘中不放重物．此时秤处于平衡状态．杆秤的刻度和天平一样都是均匀的．

以 O 为轴根据平衡条件，当秤砣位于 O 刻度时有：

$$m_2 g \times AO = m_1 g \times OD \quad ①$$

当用 $2m_2 g$ 做秤砣时，若吊盘中不放重物则由下式成立．

$$m_1 g \cdot OD = 2m_2 g \cdot \frac{1}{2}AO \quad ②$$

此情况称的 O 刻度在 $\dfrac{1}{2}AO$ 处

质量为 8 kg 的西瓜用单砣称时，设砣位于 C 处

$$8g \times BO = m_2 g \cdot OC - m_1 g \cdot DO \quad ③$$

用双砣称时，双砣位于 C' 处

得 $\quad 8g \times BO = 2m_2 g \cdot OC' - m_1 g \cdot DO \quad ④$

由 ①②③④ 解得，用双砣时，A 点为 2kg 刻度处，但吊杆此处为 O 刻度点

由题可得 $m = 15$ kg

说明：从以上三个例题可以看出，在分析求解有关力矩的题目时，正确作出力的图示特别重要．在利用 $F_{合} = 0$ 求解问题时，物体受的力均可画在重心上．而在计算力矩时其作用点千万不可随便移动．

单元同步练习

巩固性题组

▶1. 下列有关力臂、力矩的概念的说法中，正确的是

(A) 力臂是力的作用点到转动轴的距离

(B) 力臂是力到转动轴的距离

(C) 越大的力，它的力矩也越大

(D) 力与力臂的乘积越大，它的力矩越大

▶2. 如图 1—32 所示，直杆 OA 可绕 O 点转动，图中虚线与杆平行，杆端 A 点受四个力 F_1、F_2、F_3 和 F_4 作用，力的作用线跟 OA 杆在同一竖直平面内，它们对转轴 O 的力矩分别是 M_1、M_2、M_3 和 M_4，则力矩大小关系是

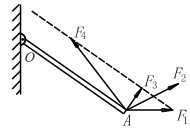


图 1—32

(A)$M_1 > M_2$　　(B)$M_2 > M_1$

(C)$M_1 = M_3 = M_4$　　(D)$M_2 > M_3 > M_4$

▶3. 如图 1—33 所示，质量为 m 的均匀硬棒，可绕转轴 O 在竖直平面内转动，今在棒的另一端施力 F，若要保持角 θ 不变，在 α 角逐渐增大的过程中（棒始终保持平衡），拉力 F 及 F 对转轴 O 的力矩 M 的大小变化情况是

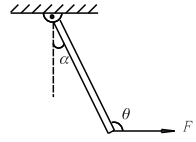


图 1—33

(A)F、M 都增大　　(B)F、M 都减小

(C)F 增大，M 减小　　(D)F 减小，M 增大

▶4. 如图 1—34 所示，均匀轻质硬杆 A、B 两端各挂物体 C 和 D，O 为固定转动轴，杆处于水平平衡状态，若用一个方向不变的变力 F 缓慢地将 D 物体拉偏一定角度，则

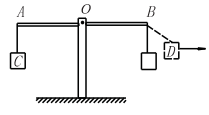


图 1—34

(A) 杆的 A 端向下倾斜

(B) 杆的 B 端向下倾斜

(C) 杆仍处于水平平衡状态

(D) 无法判定杆是否平衡

▶5. 一段木料 AB，支承在 C 点能保持平衡状态，如图 1—35 所示．若从支点 C 将其锯为两段，CA 段重 G_A，CB 段重 G_B，有

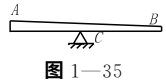


图 1—35

(A)$G_A > G_B$　　(B)$G_A < G_B$

(C)$G_A = G_B$　　(D) 无法确定

▶6. 如图 1—36 所示，一个绕有电线的轮轴，轴半径 $r_1 = 20$ cm、轮的半径 $r_2 = 50$ cm，A 点着地，今用力 $F = 300$ N 沿如图方向拉电线，则力 F 对 A 轴的力矩大小为_____.

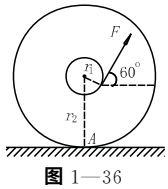


图 1—36

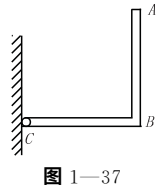


图 1—37

▶7. 如图 1—37 所示，ABC 为质量均匀的等边直角尺，重为 $2G$，C 端用铰链与墙相连，不计摩擦，当 BC 部分处于水平静止状态时加在 A 端的最小作用力是_____，方向是_____.

▶8. 如图 1—38，均匀直板 AB 的长为 12 m、重 200 N，在距 A 端 3 m 处有固定转轴 O，板的另一端 B 被绳子吊住，使板呈水平，绳与板夹角为 30°，已知绳子承受的拉力为 200 N，今有一重为 600 N 的人在板上行走，为使板不翻倒，又不使绳被拉断，人在板上行走的范围是多大？

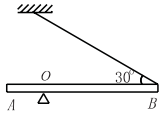


图 1—38

▶9. 图 1—39 为一铁路过道处的拦木示意图，其中，O 为转动轴，C 为重心．已知拦木重 2100 N，$AB = 7.8$ m，$BO = 6.3$ m，$CO = 0.3$ m．欲将拦木放平，若在 A 端施力，则最少需多大的力？若在 B 端施力，则最少需多大的力？

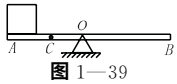


图 1—39

提高性题组

▶10. 如图 1—40 所示，方桌在水平力 F 的作用下匀速运动，已知桌重 $G = 100$ N，前、后腿与地面的动摩擦因数均为 $\mu = 0.2$，桌的宽与高相等，求拉力 F、地面对前、后腿的支持力和摩擦力．

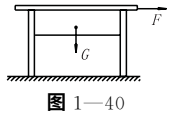


图 1—40

▶11. 一根长度为 L 的杆 AB 重为 G，B 端压在粗糙的地面上，A 端用一根足够牢的轻绳斜拉在地上，绳与杆的夹角为 θ，如图 1—41 所示，在离 B 端 aL 处有一个水平作用力 F，问：

(1) 杆 B 端与地面之间的动摩擦因数至少为多大，才能维持杆静止；

(2) 如果 B 端与地面之间的动摩擦因数为 μ_0，那么在 AB 上有一点 D，在 AD 之间不论施加上多大的水平力 F 都不会破坏 AB 的平衡，求 D 点位置．

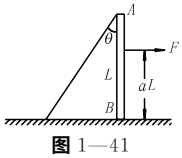


图 1—41

章末综合讲练

章末综合测试

一、选择题

▶1. 如图 1—42 所示，竖直放置的轻弹簧一端固定在地面上，另一端与斜面体 P 连接，P 与斜放其上的固定挡板 MN 接触且处于静止状态，则斜面体 P 此刻所受到的外力个数有可能为

(A)2 个　(B)3 个　(C)4 个　(D)5 个

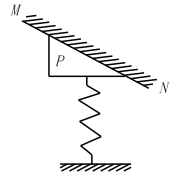


图 1—42

▶2. 有两个大小恒定的力，作用在一点上，当两力同向时，合力为 A，反向时合力为 B，当两力相互垂直时，其合力大小为

(A) $\sqrt{A^2+B^2}$　(B) $\sqrt{(A^2+B^2)/2}$

(C) $\sqrt{A+B}$　(D) $\sqrt{(A+B)/2}$

▶3. 如图 1—43 在粗糙水平面上放一三角形木块 a，物块 b 在 a 的斜面上匀速下滑，则

(A) a 保持静止，而且没有相对于水平面运动的趋势

(B) a 保持静止，但有相对于水平面向右运动的趋势

(C) a 保持静止，但有相对于水平面向左运动的趋势

(D) 因未给出所需数据，无法对 a 是否运动或有无运动趋势作出判断

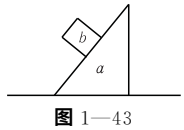


图 1—43

▶4. 如图 1—44 是单臂斜拉桥的示意图．均匀桥板 ao 重量为 G，三根平行钢索与桥板均成 30° 角，而系点间距离 $ab = bc = cd = do$．若每根钢索受力相同，则每根钢索受力大小为

(A)G　(B) $\frac{\sqrt{3}}{6}G$

(C) $\frac{1}{3}G$　(D) $\frac{2}{3}G$

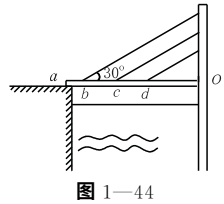


图 1—44

▶5. 如图 1—45，重物 G 用 OA 和 OB 两段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 上的张力将

(A) 由大变小　(B) 由小变大

(C) 先减小后增大　(D) 先增大后减小

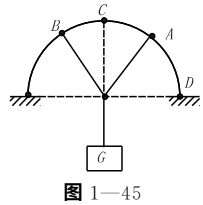


图 1—45

二、填空题

▶6. 三轮车工人在运输比较重的货物时，往往站着蹬，脚对踏板的力(竖直向下) F 是 500 N，脚踏板的受力点为 A，距转动轴 O 的距离 AO 是 0.2 m，AO 与水平方向成 37°，如图 1—46 所示．则三轮车工人踏踏板的力 F 的力矩是_____ N·m.

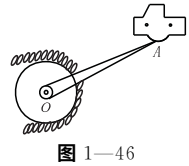


图 1—46

($\sin37^\circ = 0.6, \cos37^\circ = 0.8$).

▶7. 用一根橡皮筋将一物块竖直悬挂，此时橡皮筋伸长了 x_1，然后用同一根橡皮筋沿水平方向拉同一物体在水平桌面上做匀速直线运动，此时橡皮筋伸长了 x_2，那么此物块与桌面间的动摩擦因数 $\mu =$ _____.

▶8. 如图 1—47 所示装置，两根细绳拉住一球，保持两细绳间的夹角不变，若把整个装置顺时针缓慢转过 90°，则在转动过程中，CA 绳的拉力 F_1 大小的变化情况是_____，CB 绳的拉力 F_2 的大小变化情况是_____.

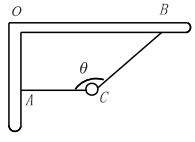


图 1—47

三、计算题

▶9. 如图 1—48 所示，物重 30 N，用 OC 绳悬挂在 O 点，OC 绳能承受最大拉力为 $20\sqrt{3}$N，再用一绳系 OC 绳的 A 点，BA 绳能承受的最大拉力为 30 N，现用水平力拉 BA，可以把 OA 绳拉到与竖直方向成多大角度？

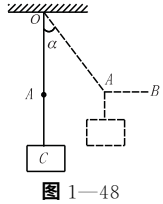


图 1—48

▶10. 如图 1—49 所示，AO 是质量为 m 的均匀细杆，可绕 O 轴在竖直平面内自由转动．细杆上的 P 点与放在水平桌面上的圆柱体接触，圆柱体靠在竖直的挡板上而保持平衡．已知杆的倾角为 θ，AP 长度是杆长的 1/4，各处的摩擦都不计，则挡板对圆柱体的作用力多大？

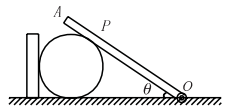


图 1—49

▶11. 如图 1—50 所示，在倾角 $\theta = 30^\circ$ 的粗糙斜面上放一物体，重力为 G，现在用与斜面底边平行的力 $F = G/2$ 推物体，物体恰能斜向下匀速直线运动，则物体与斜面之间的动摩擦因数是多少？

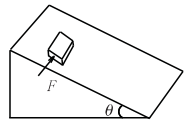


图 1—50



第二章　直线运动

知识点与高考要求

知　识　点	要求程度
1. 机械运动，参考系，质点	A
2. 位移和路程.	B
3. 匀速直线运动，速度、速率、位移公式 $s=vt$. $s-t$ 图、$v-t$ 图.	B
4. 变速直线运动、平均速度、瞬时速度(简称速度).	B
5. 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.	B

内容概要与考查特点

本章研究物体的运动规律，即物体的位移、速度等随时间变化的规律. 位移、速度和加速度是本章的重要概念，匀变速运动的速度公式和位移公式是本章的基本公式. 自由落体运动是典型的匀变速直线运动.

本章内容是历年高考的必考内容. 考查的重点是匀变速直线运动的规律. 对本章知识的单独考查主要是以选择、填空题的形式命题，较多的是将本章知识与牛顿运动定律、电场中带电粒子的运动等知识结合起来进行考查. 运动图象是学生进入高中后首次接触到的图象，是学习其他图象的基础. 因此，不论是从今后的学习与发展，还是从高考的角度看，都应对运动图象予以足够的重视.

本章内容可分成两个单元组织复习：(Ⅰ) 描述运动的基本概念. (Ⅱ) 匀速直线运动；匀变速直线运动.

第Ⅰ单元　描述运动的基本概念

概念规律方法

1. 机械运动：一个物体相对于另一个物体的位置的改变叫做机械运动，简称运动. 它包括平动、转动和振动等运动形式.

2. 参考系：为了研究物体的运动而假定为不动的物体，叫做参考系.

对同一个物体的运动，所选择的参考系不同，对它的运动的描述就会不同. 通常以地球为参考系来研究物体的运动.

3. 质点：研究一个物体的运动时，如果物体的形状和大小属于无关因素或次要因素，为使问题简化，就用一个有质量的点来代替物体. 用来代替物体的有质量的点叫做质点. 像这种突出主要因素，排除无关因素，忽略次要因素的研究问题的思想方法，即为理想化方法，质点即是一种理想化模型.

4. 时刻和时间：时刻指的是某一瞬时. 在时间轴上用一个点来表示. 对应的是位置、速度、动量、动能等状态量. 时间是两时刻间的间隔. 在时间轴上用一段长度来表示. 对应的是位移、路程、冲量、功等过程量.

5. 位移和路程：位移描述物体位置的变化，是从物体运动的初位置指向末位置的矢量. 路程是物体运动轨迹的长度，是标量.

6. 速度：是描述物体运动的方向和快慢的物理量.

(1) 平均速度：在变速运动中，物体在某段时间内的位移与发生这段位移所用时间的比值叫做这段时间内的平均速度，即 $\overline{v}=\frac{s}{t}$，单位：m/s，其方向与位移的方向相同. 它是对变速运动的粗略描述.

(2) 瞬时速度：运动物体在某一时刻(或某一位置)的速度，方向沿轨迹上质点所在点的切线方向指向前进的一侧. 瞬时速度是对变速运动的精确描述. 瞬时速度的大小叫速率，是标量.

7. 加速度：是描述速度变化的快慢和方向的物理量，是速度的变化和所用时间的比值：$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$，单位：$m/s^2$. 加速度是矢量，它的方向与速度变化($\Delta v$)的方向相同.

典型例题解析

[例1] 下列说法正确的是

(A) 加速度增大，速度一定增大

(B) 速度变化量 Δv 越大，加速度就越大

(C) 物体有加速度，速度就增加

(D) 物体速度很大，加速度可能为零

解析：加速度描述的是速度变化的快慢，加速度大小是 Δv 与所需时间 Δt 的比值，并不只由 Δv 来决定，故 B 错. 加速度增大说明速度变化加快，速度可能增大加快，也可能减小加快，或只是方向变化加快，故 A、C 错. 加速度大说明速度变化快，加速度为零说明速度不变，但此时速度可以很大，也可以很小，故 D 正确.

思考：请用典型的实例(如平抛运动等)说明下列运动是否存在？

(1) 加速度恒定，速度的大小和方向都时刻在变.

(2) 速度越来越大，加速度越来越小.

(3) 速度时刻在变，加速度大小却不变.

(4) 速度最大时加速度为零，加速度为零时速度最大.

[例2] 如图 2—1 所示，Ⅰ、Ⅱ 两条直线分别描述 P、Q 两个物体的位移 — 时间图象，下列说法中，正确的是

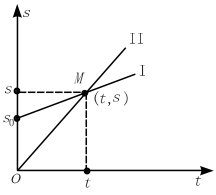


图 2—1

(A) 两物体均做匀速直线运动

(B) M 点表示两物体在时间 t 内有相同的位移

(C) t 时间内 P 的位移较小

(D) $0 \sim t$，P 比 Q 的速度大，t 以后 P 比 Q 的速度小

解析：由于 Ⅰ、Ⅱ 均是直线，所以 P、Q 两物体均做匀速直线运动，选项 A 正确．M 点的坐标(t,s) 表示的是 t 时刻物体的位置，讨论位移要对应两个时刻、两个位置．在 t 时间内物体 P 的初位置为 S_0，末位置为 s，它的位移为 $s_P = s - s_0$．物体 Q 的位移 $s_Q = s$．所以选项 B 不正确，而选项 C 正确．位移图象的斜率就等于速度的大小，所以二者的速度均不变，且物体 Q 的速度较大，故选项 D 错．

正确的答案为 AC.

说明：图象可以直观地描述物理规律，利用图象分析问题时要特别关注它的斜率、截距、面积、正负号等所包含的物理意义．不同的图象，以上量值的含义也不相同．遇到图象题，首先要认准是什么图象，然后再分析求解．

[例3] 天文观测表明，几乎所有远处的恒星（或星系）都在以各自的速度背离我们而运动，离我们越远的星体，背离我们运动的速度（称为退行速度）越大；也就是说，宇宙在膨胀，不同星体的退行速度 v 和它们离我们的距离 r 成正比，即

$$v = Hr$$

式中 H 为一常量，称为哈勃常数，已由天文观察测定．为解释上述现象，有人提出一种理论，认为宇宙是从一个大爆炸的火球开始形成的，假设大爆炸后各星体即以不同的速度向外匀速运动，并设想我们就位于其中心，则速度越大的星体现在离我们越远，这一结果与上述天文观测一致．

由上述理论和天文观测结果，可估算宇宙年龄 T，其计算式为 $T =$ _____．根据近期观测，哈勃常数 $H = 3 \times 10^{-2}$ m/(s·光年)，其中光年是光在一年中行进的距离，由此估算宇宙的年龄约为_____年．

解析：由题意可知，可以认为宇宙中的所有星系均从同一点同时向外做匀速直线运动．由于各自的速度不同，所以星系间的距离都在增大．以地球为参照物，所有星系以不同的速度均在匀速远离．则由 $s = vt$ 可得 $r = vT$

所以，宇宙年龄：$T = \dfrac{r}{v} = \dfrac{r}{Hr} = \dfrac{1}{H}$

若哈勃常数 $H = 3 \times 10^{-2}$ m/(s·光年)

则 $T = \dfrac{1}{H} = \dfrac{1}{3.0 \times 10^{-2}} \times 3.0 \times 10^8$ 年 $= 10^{10}$ 年

说明：本题是理论联系实际的题目，把宇宙现象转化为物理模型是解决本题的关键．该类题目的共同特点是：背景资料较长，信息较多．在审题过程中要能抓住主要矛盾，要学会透过现象看本质，要善于将实际问题抽象为物理问题．

单元同步练习

巩固性题组

▶1. 下列关于平均速度和即时速度的说法中正确的是

(A) 做变速运动的物体在相同时间间隔里的平均速度是相同的

(B) 即时速度就是运动的物体在一段较短的时间内的平均速度

(C) 平均速度就是初末时刻即时速度的平均值

(D) 某物体在某段时间里的即时速度都为零，则该物体在这段时间内静止

▶2. 做匀加速直线运动的物体，加速度是 2 m/s²，它意味着

(A) 物体在任一秒末的速度是该秒初的两倍

(B) 物体在任一秒末的速度比该秒初的速度大 2 m/s

(C) 物体在第一秒末的速度为 2 m/s

(D) 物体在任一秒初速度比前一秒的末速度大 2 m/s

▶3. 在平直公路上，甲乘汽车以 10 m/s 的速度运动，乙骑自行车以 5 m/s 的速度运动．则甲、乙

(A) 同向运动时，甲观察到乙以 5 m/s 的速度远离

(B) 同向运动时，乙观察到甲以 5 m/s 的速度靠近

(C) 反向运动时，甲观察到乙以 15 m/s 的速度远离

(D) 相向运动时，乙观察到甲以 15 m/s 的速度靠近

▶4. 如图 2—2 所示，物体沿两个半径为 R 的半圆弧由 A 运动到 C，则它的位移和路程分别是

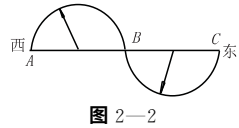


图 2—2

(A) 0，0

(B) $4R$ 向左，$2\pi R$ 向东

(C) $4\pi R$ 向东，$4R$

(D) $4R$ 向东，$2\pi R$

▶5. 一个质点做方向不变的直线运动，加速度的方向始终与速度方向相同，但加速度大小逐渐减小直至为零，则在此过程中

(A) 速度逐渐减小，当加速度减小到零时，速度达到最小值

(B) 速度逐渐增大，当加速度减小到零时，速度达到最大值

(C) 位移逐渐增大，当加速度减小到零时，位移将不再增大

(D) 位移逐渐减小，当加速度减小到零时，位移达到最小值

▶6. 几个做匀变速直线运动的物体，在 t 秒内位移最大的是

(A) 加速度最大的物体

(B) 初速度最大的物体

(C) 末速度最大的物体

(D) 平均速度最大的物体

▶7. 如图 2—3 所示为甲、乙两物体的 s—t 图象，则

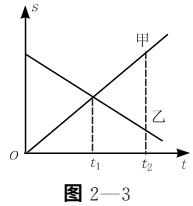


图 2—3

(A) 甲、乙两物体都做匀速直线运动

(B) 若甲、乙两物体在同一直线上运动，则一定会相遇

(C) t_1 时刻甲、乙相遇

(D) t_2 时刻甲、乙相遇

▶8. 短跑运动员在 100 m 竞赛中，测得 7 s 末的速度是 9 m/s，10 s 末到达终点时的速度是 10.2 m/s，则运动员在全程内的平均速度为

(A) 9 m/s　　(B) 9.6 m/s

(C) 10 m/s　　(D) 10.2 m/s

▶9. 足球以 8 m/s 的速度飞来，运动员在 0.2 s 的时间内将足球以 12 m/s 的速度反向踢出．足球在这段时间内的平均加

速度大小为_____ m/s^2，方向与_____ m/s 的速度方向相反.

▶10. 一质点在 x 轴上运动，各个时刻位置坐标如下表.

t(s) 末	0	1	2	3	4	5
x(m)	0	5	4	−1	−7	1

则物体开始运动后，前_____秒内位移最大；第_____秒内的位移最大，第_____秒内的路程最大.

▶11. 地震波既有纵波也有横波，纵波和横波在地表附近被认为是匀速传播的，传播速度分别是 9.1 km/s 和 3.7 km/s，在一次地震观测站记录的纵波和横波到达该地的时间差是 8 s，则地震的震源距这观测站有多远？

▶12. 榴弹炮击发后，炮弹在膛内的位移是 1.8 m，经 0.004 s 飞离炮口，炮弹在膛内的平均速度为多大？炮弹离开炮口时的瞬时速度多大？可认为炮弹做匀加速运动）

提高性题组

▶13. 如果甲、乙两列火车相距为 d，并分别以 v_1 和 v_2 的速度相向行驶，在两火车间有一信鸽以 v_3 的速率飞翔其间，当这只鸽子以 v_3 的速率遇到火车甲时，立即调头飞向火车乙，遇到火车乙时又立即调头飞向火车甲，如此往返飞行，当火车间距 d 减为零时，这只信鸽共飞行了多少路程？

第 Ⅱ 单元　匀速直线运动·匀变速直线运动

概念规律方法

一、匀速直线运动

1. 定义：在相等的时间里位移相等的直线运动叫做匀速直线运动.

2. 特点：$a=0$，$v=$ 恒量.

3. 位移公式：$s=vt$

二、匀变速直线运动

1. 定义：在相等的时间内速度变化相等的直线运动叫做匀变速直线运动.

2. 特点：$a=$ 恒量.

3. 公式：

(1) $v_t=v_0+at$　　(2) $s=v_0t+\frac{1}{2}at^2$

(3) $v_t^2-v_0^2=2as$　　(4) $s=\frac{v_0+v_t}{2}t$

说明：(1) 以上公式只适用于匀变速直线运动.

(2) 四个公式中只有两个是独立的，即由任意两式可推出另外两式. 四个公式中有五个物理量，而两个独立方程只能解出两个未知量，所以解题时需要三个已知条件，才能有解. (3) 式中 v_0、v_t、a、s 均为矢量，应用时要规定正方向，凡与正方向相同者取正值，相反者取负值；所求矢量为正值者，表示与正方向相同，为负值者表示与正方向相反. 通常将 v_0 的方向规定为正方向，以 v_0 的位置做初始位置. (4) 以上各式给出了匀变速直线运动的普遍规律. 一切匀变速直线运动的差异就在于它们各自的 v_0、a 不完全相同，例如：$a=0$ 时，匀速直线运动；以 v_0 的方向为正方向；$a>0$ 时，匀加速直线运动；$a<0$ 时，匀减速直线运动；$a=g$、$v_0=0$ 时，自由落体运动.

4. 推论：

(1) 匀变速直线运动的物体，在任两个连续相等的时间里的位移之差是个恒量，即

$\Delta s=s_{i+1}-s_i=aT^2=$ 恒量

(2) 匀变速直线运动的物体，在某段时间内的平均速度，等于该段时间的中间时刻的瞬时速度，即 $v_{t/2}=\bar{v}=\frac{v_0+v_t}{2}$

以上两个推论在“测定匀变速直线运动的加速度”等学生实验中经常用到，要熟练掌握.

(3) 初速度为零的匀加速直线运动（设 T 为等分时间间隔）：

① $1T$ 末、$2T$ 末、$3T$ 末 …… 瞬时速度的比为：

$v_1:v_2:v_3:\cdots\cdots:v_n=1:2:3:\cdots\cdots:n$

② $1T$ 内、$2T$ 内、$3T$ 内 …… 位移的比为：

$s_1:s_2:s_3:\cdots\cdots:s_n=1^2:2^2:3^2:\cdots\cdots:n^2$

③ 第一个 T 内、第二个 T 内、第三个 T 内 …… 位移的比为：

$s_{\mathrm{I}}:s_{\mathrm{II}}:s_{\mathrm{III}}:\cdots\cdots:s_N=1:3:5:\cdots\cdots:(2n-1)$

④ 从静止开始通过连续相等的位移所用时间的比

$t_1:t_2:t_3:\cdots\cdots:t_n=1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):\cdots\cdots:(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$

三、运动图象

表示函数关系可以用公式，也可以用图象. 图象也是描述物理规律的重要方法，不仅在力学中，在电磁学中、热学中也是经常用到的. 图象的优点是能够形象、直观地反映出函数关系.

位移和速度都是时间的函数，因此描述物体运动的规律常用位移 — 时间图象（s—t 图）和速度 — 时间图象（v—t 图）.

对于图象要注意理解它的物理意义，即对图象的纵、横轴表示的是什么物理量，图线的斜率、截距代表什么意义都要搞清楚. 形状完全相同的图线，在不同的图象（坐标轴的物理量不同）

中意义会完全不同.下表是对形状一样的 s—t 图和 v—t 图(图 2—4)意义上的比较.

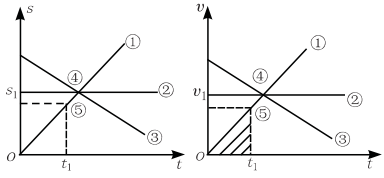


图 2—4

s—t 图	v—t 图
① 表示物体做匀速直线运动(斜率表示速度 v) ② 表示物体静止 ③ 表示物体向反方向做匀速直线运动 ④ 交点的纵坐标表示三个运动质点相遇时的位移 ⑤t_1 时刻物体位移为 s_1	① 表示物体做匀加速直线运动(斜率表示加速度 a) ② 表示物体做匀速直线运动 ③ 表示物体做匀减速直线运动 ④ 交点的纵坐标表示三个运动质点的共同速度 ⑤t_1 时刻物体速度为 v_1(图中阴影部分面积表示 ① 质点在 $0\sim t_1$ 时间内的位移)

典型例题解析

[例1]以速度为 10 m/s 匀速运动的汽车在第 2 s 末关闭发动机,以后为匀减速运动,第 3 s 内平均速度是 9 m/s,则汽车加速度是_____ m/s^2,汽车在 10 s 内的位移是_____ m.

解析:第 3 s 初的速度 $v_0=10$ m/s,第 3.5 s 时的瞬时速度 $v_t=9$ m/s(推论(2))

所以汽车的加速度:$a=\dfrac{v_t-v_0}{t}=\dfrac{9-10}{0.5}=-2\ (m/s^2)$

"—"表示 a 的方向与运动方向相反.

汽车关闭发动机后速度减到零所经时间:

$t_2=\dfrac{0-v_0}{a}=\dfrac{0-10}{-2}=5\ s<8\ s$

则关闭发动机后汽车 8 s 内的位移为:

$s_2=\dfrac{0-v_0^2}{2a}=\dfrac{0-10^2}{2\times(-2)}=25\ (m)$

前 2 s 汽车匀速运动:$s_1=v_0t_1$

$=10\times2=20\ (m)$

汽车 10 s 内总位移:$s=s_1+s_2$

$=20+25=45\ (m)$

说明:(1)求解类似于本题第二个空的问题时,一定要判断清楚所给时间内物体的运动情况,否则乱套公式,得到的多是错误的结论.

(2)本题求 s_2 时也可用公式 $s=\dfrac{1}{2}at^2$ 计算.也就是说:"末速度为零的匀减速运动"可倒过来看作"初速度为零的匀加速运动".

[例2]一物体放在光滑水平面上,初速度为零.先对物体施加一向东的恒力 F,历时 1 s;随即把此力改为向西,大小不变,历时 1 s;接着又把此力改为向东,大小不变,历时 1 s;如此反复,只改方向,共历时 1 分钟.在此 1 分钟内:

(A)物体时而向东运动,时而向西运动,在 1 分钟末静止于初始位置之东;

(B)物体时而向东运动,时而向西运动,在 1 分钟末静止于初始位置;

(C)物体时而向东运动,时而向西运动,在 1 分钟末继续向东运动;

(D)物体一直向东运动,从不向西运动,在 1 分钟末静止于初始位置之东;

解析:物体初速度为零,在恒力的作用下将做匀变速直线运动.第 1 s 内向东匀加速,末速度为 v,第 2 s 内力的方向改为向西,由于初速度向东,所以物体向西做匀减速运动,第 2 s 末时速度减为零.之后物体将重复前 2 s 内的运动,因此在 1 分钟内的整个过程中,物体的运动方向始终向东,1 分钟末时的速度为零.所以选项 D 正确.

本题利用"图象法"求解亦很简单.根据题意,物体的速度图象如图 2—5 所示.

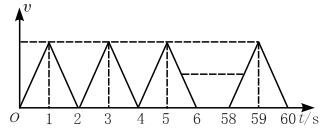


图 2—5

由图象很容易得出:物体始终沿正方向(东)运动,位移 $s>0$,1 分钟末时速度为零.答案为 D.

思考:如果在奇数秒时物体的速度 $v_m=10$ m/s,则物体在 1 分钟内的位移多大?

[例3]跳伞运动员做低空跳伞表演,当飞机离地面 224 m 水平飞行时,运动员离开飞机在竖直方向做自由落体运动.运动一段时间后,立即打开降落伞,展伞后运动员以 12.5 m/s^2 的平均加速度匀减速下降.为了运动员的安全,要求运动员落地速度最大不得超过 5 m/s.$g=10\ m/s^2$.求:

(1)运动员展伞时,离地面的高度至少为多少?着地时相当于从多高处自由落下?

(2)运动员在空中的最短时间为多少?

解析:运动员跳伞表演的过程可分为两个阶段,即降落伞打开前和打开后.由于降落伞的作用,在满足最小高度且安全着地的条件下,可认为 5 m/s 的着地速度方向是竖直向下的,因此求解过程中只考虑其竖直方向的运动情况即可.在竖直方向上的运动情况如图 2—6 所示.

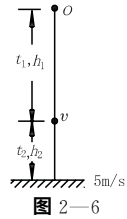


图 2—6

(1)由公式 $v_t^2-v_0^2=2as$ 可得

第一阶段:$v^2=2gh_1$ ①

第二阶段:$v^2-5^2=2ah_2$ ②

又:$h_1+h_2=224$ ③

解①②③式可得展伞时离地面的高度至少为 $h_2=99$ m.

设以 5 m/s 速度着地相当于从高 h' 处自由下落.则

$h'=\dfrac{v'^2}{2g}=\dfrac{5^2}{2\times10}=1.25\ (m)$

(2)由公式 $s=v_0t+\dfrac{1}{2}at^2$ 可得:

第一阶段:$h_1=\dfrac{1}{2}gt_1^2$ ④

需要全本请访问 www.ertongbook.com