



特教军团集体亮相 非凡实力尽显名校风流

REN DA FU ZHONG GAO KAO ZAI XIAN

人大附中高考在线

理科综合

人大附中 编

复习方略——胸有全局不慌不乱

考点精讲——攻克险关难点突破

专项训练——查遗补缺强化能力

实战模拟——考前练兵实战必胜

中国大百科全书出版社

人大附中高考在线系列丛书

人大附中高考在线

理科综合

人大附中 编

中国大百科全书出版社

·北京·

总编辑：徐惟诚 杜 长：田胜立

图书在版编目 (CIP) 数据

人大附中高考在线·理科综合/刘彭芝主编. —北京：中国大百科全书出版社，2003.12
(人大附中在线系列丛书)

ISBN 7-5000-6974-X

I. 人... II. 刘... III. 理科(教育)—课程—高中—升学参考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 116213 号

策 划 人：简菊玲

责任编辑：刘 艳 施革善

责任印制：徐继康

版式设计：童行侃

封面设计：王 专

人大附中高考在线·理科综合

中国大百科全书出版社出版发行

(北京阜成门北大街 17 号 邮政编码：100037 电话 010-68318302)

<http://www.ecph.com.cn>

北京圣波电子技术公司排版

北京四季青印刷厂印刷 新华书店经销

开本：889 毫米×1194 毫米 1/16 印张：26.75 字数：789 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷

印数：1-10000

ISBN 7-5000-6974-X/G·650

定价：32.00 元

本书如有印装质量问题，可与出版社联系调换。

《人大附中高考在线》系列丛书编委会名单

主 编：刘彭芝

副 主 编：王珉珠 何宗弟

编 委：（排名不分先后）

许 飞 李炳生 梁丽平 赖丽燕
肖乐和 王 琦 管建新 李晓风
王海玲 段启兰 张莉莉 庞成海
张丽亚

本册主编：王 琦 管建新 肖乐和

编写人员：

物 理：王 琦 王 华 王小欣 田 鹏
刘龙军 张永平 李 扬 李长庚
李晓东 黄群飞 隆晓宁 高江涛
翁豪英

化 学：邓跃茂 乐进军 罗 滨 唐海波
管建新 谢泽运

生 物：王 勇 王 萍 华向东 肖乐和
管 旭 樊 颖

总 序

《人大附中高考在线》、《人大附中中考在线》系列丛书和广大读者见面了。它将成为正在复习备考的莘莘学子的得力助手和亲密朋友，将伴送这些学子迈入自己向往的高一级学校就读深造。

中国人民大学附属中学是京城一所著名的示范校，是一所令人瞩目的高考、中考成绩优异校，是北大、清华、人大等全国名牌重点大学的重要生源校。以高考为例，全面实施素质教育以来，人大附中高考成绩在北京市一直名列前茅，还出过高考状元、单科满分生。2003年考入北大、清华的学生就有107名。调查显示，历年考入大学或高中的人大附中高、初中生普遍表现良好，受到校方和周围同学的好评。

为什么人大附中的升学考试成绩一路攀升，居高不下？原因当然是多方面的，但其中有两点不能不提。

一是有一支师德高尚、教育思想先进、富有创新精神、业务精湛的高水平、高质量、充满生机与活力的教师队伍。他们把高考、中考当作素质教育优劣的特殊检验，把为高一级学校输送优质人才当作自己义不容辞的神圣职责。他们十分重视对高考、中考特点规律的探讨。每年都要召开两三次高考或中考研讨会，深入研究教育改革、升学考试改革的新形势、新进展，研究《考试说明》的新精神、新要求，研究考试命题的新变化、新走势及解题的新思路、新技巧，能力培养的新措施、新方法。他们还不断具体了解学生学习和复习的实际状况、存在问题，进而制定各阶段的复习计划等相应的备考对策。他们在指导和组织复习的实践中积累了丰富、宝贵的经验，显示出不寻常的智慧和才干，取得了非凡的成绩。

二是有一套由上述教师编写的科学实用的复习资料。这些资料都是严格依据《教学大纲》、《考试说明》及新教材新课标的要求编写的。它导向正确，内容精准，试题典型，既富理论的指导性，又具实践的操作性能，能大面积、大幅度地提高学生的考试成绩。这套资料渗透着人大附中的复习之道和应试之术，对其他学校的学生同样具有指导、借鉴作用和参考、使用价值。

在线系列丛书就是在这套资料的基础上，按照校领导“重创新”、“出精品”的要求和标准面向全国的中学生重新编写的。它比之原资料理念更新、定位更准、内容更实、质量更高，效果自然也会更好。

升学考试既是一种教育现象，又是一种文化现象；既是特定条件下的短期行为，又与学生的长期发展紧密相关。在这种背景下，编写复习指导丛书，就需要有大视野、大手笔，既要考虑学生考试成绩的提高，又要关心学生文化素养的提高和文化底蕴的积淀；既要短期见效，又要为学生继续学习和终身发展奠定坚实的基础；既要帮助学生牢固掌握知识、强化能力，又要关注他们情感和心理健康和意志品质的磨炼。这套在线系列丛书的编写者正是这样做的。

· I ·

复习备考是一门学问，一门艺术，需要讲求谋略和方法。基于此，本套丛书各分册均设置了“复习方略”栏目，为学生提供最实用的攻关谋略和最有效的复习对策和方法。学生可据此制定阶段性的、具有个性特点的复习计划，克服复习中的盲目性和随意性，从而收到事半功倍的效果。

应试取胜，提高能力是关键。在线丛书把能力培养和训练做為重点，从易到难，从简到繁，从低层次到高层次，从单学科综合到跨学科综合，形成一套科学完整的体系。按这个体系训练，就能挖掘潜能，提升能力，确保考试成绩跃上新高度。

试题是知识和能力的载体，做题是选拔考试的主要方式，好的复习指导书必须有经过试用和论证的好题，还要进行有效的解题指导。本套丛书的编写者精心编制试题、模拟试题卷，提示解题思路和方法，给学生搭建了彰显智慧和提高解题能力的平台。本套丛书题多而不滥，题型多样，覆盖面广，既给学生留有选择余地，又能使学生以一当十，触类旁通；指导解题到位，能使学生通过做题实践和训练增长才智，增强自信，从必然王国进到自由王国。

复习应试说到底还是学生自己的事，学生是主人，复习和平时的教学一样，应以学生为主体。本套丛书重视教师的主导作用，把有关教师的点拨指导的内容写够写足，但更尊重学生的主体地位，为学生自主复习、探究、创造留有广阔空间。提倡学生对本丛书内容各取所需，独立思考。允许学生提出不同意见，做出不同答案。相信学生在使用此丛书时能充分发挥主动性、积极性和创造性，深入钻研，和老师、同学热情合作、探究，进而获得真知，求得真解。

最后，我想强调：本套丛书不是草台班子的劣质产品，不是友情助兴式的应景之作，不是浅薄泛能者的抄袭拼凑的作品，而是人大附中优秀的骨干教师沥心沥血、倾心打造的精品图书，是学生理想的复习指导书。

刘彭芝

2003年10月8日

前言

自1977年恢复高考以来,一年一度,年年度度,多少学子埋首苦读、全力拼搏,以求取得人生路上的关键突破,为自己铺就成才之路,以便更好地报效祖国,服务人民。

随着时代的进步和发展,高考也在不断地发展之中,“3+X”的出现,进一步就突出了对考生能力和素质的考查。“综合”是“3+X”的一个突出特点,它包括知识的综合和能力的综合。知识综合是以学科内综合为主,适当兼顾学科间知识的综合;能力综合是在一道试题中,从对某一方面能力的考查转向对几个方面能力(或能力的交叉和重叠)的考查,显然,考查的重点是考生运用相关知识分析和解决问题的能力。

积几十年的考之成功经验,为了帮助广大考生朋友实现其成才和报效祖国的良好愿望。由人大附中组织本校高三理、化、生优秀教师集体编写的、充分体现人大附中教学特色和高考经验的《人大附中考在线·理科综合》和大家见面了。

该书具有以下特点:

1. 紧扣考试大纲,密切追随高考改革方向

本书紧紧抓住知识和能力的关系这一关键问题,在注重夯实基础知识的基础上拓宽考生视野,发展、培养考生的各项能力。各科都注意了知识层次、能力层次的讲解和练习,达到了梯度合理、适应面宽、能力突出且能帮助考生取得提高和突破的目的。

2. 精心钻研,充分体现高考命题趋势

参与本资料编写的老师对近年的高考试题和高考命题趋势进行了深入、充分的研究,可以说基本“吃透了”考试说明。所选例题和试题都具有代表性、针对性和方向性,所有分析、讲解都围绕考点、重点、难点和考生最容易出错的问题来进行的。因此,本书对提高考生的知识和能力是有较大帮助的。

3. 提纲挈领,突出学习规律和学习方法

本书对理、化、生各科知识进行了精辟、全面地归纳总结,以简洁扼要的文字语言提炼出知识规律,将知识网络完整地呈现在考生面前。同时,在充分分析广大考生的学情的基础上又给出了具有广泛适应性的学习方法,包括“怎样读书”、“怎样审题”、“怎样分析问题”、“怎样解读信息”、“怎样正确表述自己的观点”……等,不同学科具有不同特色。

4. 训练得法,针对性强

为了提高复习效率,避免考生出现做大量重复练习的情况,参与本书编写的老师凭借自己几十年的成功教学经验,对遍及全国各地的大量试题进行了仔细筛选,本着“基础、

新颖、典型和突出能力的原则，从中遴选出针对性强、有训练价值的一批训练题。同时，又编制了大量新题（包括基础题、实验题、信息题和综合题），这些试题都具有综合性、开放性和实用性的特点。

这本书在策划、立意、编写和审阅过程中，都得到了学校领导和中国大百科全书出版社领导、编辑和学校全体理、化、生老师的精心指导和帮助，谨此一并表示感谢。

由于本书编写时间创促，作者水平有限，若有不当之处，还请专家和广大读者不吝赐教。

本书编写组

2003年11月

目 录

物理部分

专题一 力和运动	(1)
专题二 动量和能量	(29)
专题三 电场、磁场、带电粒子在电磁场中的运动	(53)
专题四 交直流电路、电磁感应	(74)
专题五 波、热、光、原子	(87)
专题六 物理实验	(120)

化学部分

第一单元 化学基本概念	(148)
第二单元 化学基本理论	(162)
第三单元 元素化合物	(178)
第四单元 有机化学	(207)
第五单元 化学实验	(228)
第六单元 化学计算	(258)
模拟试卷	(272)

生物部分

第一部分 学科复习指导	(293)
第二部分 专题复习	(302)
一、生命的物质基础和基本单位	(302)
二、生物体的功能	(313)
三、遗传和进化	(348)
四、生物与环境	(365)
五、微生物与发酵工程	(385)
六、生物实验	(392)

理科综合能力测试试卷 (1)	(400)
理科综合能力测试试卷 (2)	(408)

物理部分

专题一 力和运动

第一讲 物体的运动

【知识点运用概述】

一、处理匀变速直线运动问题的常用方法:

1. 利用基本公式

$$v_t = v_0 + at \quad s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$v_t^2 - v_0^2 = 2as \quad s = \frac{v_0 + v_t}{2} \cdot t$$

2. 利用推论往往来得更快捷,常用推论有

(1) 第 n 个 T 时间内的位移和第 N 个时间内的位移之差 $s_N - s_n = (N - n) a T^2$

(2) 某段时间内的平均速度,等于这段时间的中间时刻的瞬时速度 $\bar{v} = v_{\frac{1}{2}} = \frac{v_0 + v_t}{2}$

(3) 初速度为零的匀加速直线运动还具备以下特点:

1 T 内、2 T 内、3 T 内……位移之比 $s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1^2 : 2^2 : 3^2 : \dots$

1 T 末、2 T 末、3 T 末……速度之比 $v_1 : v_2 : v_3 : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots$

第一个 T 内、第二个 T 内、第三个 T 内……的位移之比 $s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots$

通过连续相等的位移所用时间之比 $t_1 : t_2 : t_3 : \dots = 1 : (\sqrt{2} - 1) : (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : \dots$

3. 对于有两个物体做相对运动的情况(如追及、相遇),灵活地选取参考系可使问题简洁、明晰。

4. 速度图像的物理意义:图线的斜率表示加速度;图线下的面积表示位移;两条图线与速度所在的轴包围的面积表示两运动物体的相对位移。

二、曲线运动的特点和基本研究方法:

加速度方向与速度方向不共线是曲线运动的共同特点,并且若加速度矢量恒定,则物体做匀变速曲线运动;加速度矢量变化,则物体做非匀变速曲线运动。平抛、斜抛运动属匀变速曲线运动(g 恒定),一切圆周运动均为非匀变速曲线运动(a 方向一定变)。

平抛(含类平抛)运动的分析方法:用运动合成和分解方法研究平抛运动,要根据运动的独立性理解平抛运动的两分运动,即水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动。其运动规律有两部分:一部分是速度变化规律,一部分是位移变化规律。对具体的平抛运动问题,关键是分析出题目中是需要分解位移,还是分解速度,在竖直方向还要注意运用前面提到的匀变速直线运动的有关推论。

圆周运动:以皮带传动系统为例。该系统中各点 v 线、 $a_{\text{向}}$ 、 ω 大小关系:在同一圆盘上或同一球体上各点角速度 ω 相等, $a_{\text{向}}$ 与 r 成正比;在同一圆周上或同一皮带轮上各点线速度 v 相等, $a_{\text{向}}$ 与 r 成反比。许多同学对应用 $a_{\text{向}} = v \omega$ 感到陌生。

【试题选析】

【例1】物体以 12 m/s 的速度冲上倾角为 30° 的斜面后,沿斜面向上做加速度为 6 m/s^2 的匀减速直线运动,求物体的位移为 9 m 时的速度($g = 10 \text{ m/s}^2$)。

【分析】物体沿倾角为 30° 的斜面向上运动, 加速度的大小为 6 m/s^2 , 说明斜面粗糙, 物体沿斜面上滑和下滑阶段加速度大小不等。

解: 设物体与斜面间动摩擦因数为 μ ,

$$\text{则: } -g\sin\theta - \mu g\cos\theta = -6 \quad \text{代入数据解得: } \mu = \frac{1}{5\sqrt{3}}$$

物体从斜面最高点下滑的加速度

$$a' = g\sin\theta - \mu g\cos\theta = 10 \times \frac{1}{2} - \frac{1}{5\sqrt{3}} \times 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 4 (\text{m/s}^2)$$

对物体上升阶段应用运动学公式 $v_1^2 - v_0^2 = 2as$

$$v_1^2 - 12^2 = 2 \times (-6) \times 9$$

$$\text{得 } v_1 = 6 (\text{m/s})$$

同理, 物体沿斜面上升的最大位移为: $s_{\text{max}} = \frac{-v_0^2}{2a} = 12 (\text{m})$

所以物体从最高点下滑 3 m 时对原始出发点位移为 9 m 。

$$v'_1 = \sqrt{2a's} = \sqrt{2 \times 4 \times 3} = 2\sqrt{6} (\text{m/s})$$

因 v'_1 与初速度反向, 所以应取 $-2\sqrt{6} \text{ m/s}$ 。

【题后语】解答匀变速运动中可能有往复的运动, 一定要注意转折点前后物体的受力情况是否相同。若相同, 可用连续的匀变速运动解; 若不同, 应分段求解。运动学问题求出的解还应与物体的实际运动情况相符。如汽车以 20 m/s 的初速度开始刹车, 加速度为 -4 m/s^2 , 求刹车后 4 s 末和 6 s 末的位移, 应分别为 48 m 和 50 m , 而不应均取 48 m 。

【例2】有若干相同的小球, 从斜面上的某一位置每隔 0.1 s 无初速度地释放一颗, 在连续释放若干颗小球后, 对准斜面上正在滚动的若干小球拍摄到如图 1-1 所示的照片, 测得 $AB = 15 \text{ cm}$, $BC = 20 \text{ cm}$ 。求: (1) 拍摄照片时 B 球的速度。(2) A 球上面还有几颗正在滚动的钢球。

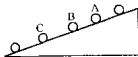


图 1-1

【分析】拍摄得到的小钢球的照片中, A、B、C……等各小球的位置, 正是首先释放的某球每隔 0.1 s 所在的位置。这样, 就把本题转换成一个物体在斜面上做初速为零的匀加速运动的问题了。求拍摄时 B 球的速度就是求首先释放的那个球运动到 B 处的速度; 求 A 球上面还有几个正在滚动的小球变换为首先释放的那个球运动到 A 处经过了几个时间间隔 (0.1 s)。

解: (1) 根据上面的分析, B 球的速度

$$v_B = \frac{AB + BC}{2\Delta t} = \frac{0.15 + 0.2}{2 \times 0.1} = 1.75 (\text{m/s})$$

$$(2) \text{ 小钢球运动的加速度 } a = \frac{\Delta s}{\Delta t^2} = \frac{BC - AB}{\Delta t^2} = \frac{0.20 - 0.15}{0.1^2} = 5 (\text{m/s}^2)$$

$$\text{B 球已运动的时间 } t_B = \frac{v_B}{a} = \frac{1.75}{5} = 0.35 (\text{s})$$

设在 A 球上面正在滚动的钢球的颗数为 n ,

$$n = \frac{t_B}{\Delta t} - 1 = \frac{0.35}{0.1} - 1 = 2.5 (\text{颗})$$

取整数 $n = 2$ 颗。即 A 球上还有 2 颗正在滚动的小球。

【题后语】每隔一定时间连续地释放若干个做同种运动的物体这类问题, 在以后还会遇到, 如从水平飞行的飞机上相隔一定时间释放一个物体, 或将小球水平抛出的闪光照片等。但处理这类问题还要做运动的分解。然后再利用在匀变速直线运动中, 第 n 个 T 时间内的位移和第 N 个时间内的位移之差 $S_N - S_n = (N - n)aT^2$ 的推论, 往往可使复杂问题得以简化、明晰。本题第(1)步还运用了某段时间中间时刻的瞬时速度等于这段时间内的平均速度的推论。

【例3】如图 1-2 所示, A、B 两棒均长 1 m , A 悬于高处, B 竖于地面。A 的下端和 B 的上端相距 $s = 10 \text{ m}$ 。若 A、B 两棒同时运动, A 做自由落体运动, B 以初速度 $v_0 = 20 \text{ m/s}$ 做竖直上抛运动, 在运动过程中都保持竖直。问: (1) 两棒何时开始相遇? (2) 相遇 (不相碰) 多长时间 (取 $g = 10 \text{ m/s}^2$)?

【分析】两棒开始相遇是指 A 棒的下端和 B 棒的上端处于同一位置的时刻, 而相遇的时间是指从该时刻起, 到 B 棒的下端和 A 棒的上端处于同一位置的这一段时间。

解: (1) 设经过时间 t 两棒开始相遇。

$$A \text{ 棒下落位移 } h_A = \frac{1}{2}gt^2$$

$$B \text{ 棒上升的位移 } h_B = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$h_A + h_B = s$$

$$\text{解以上三式得 } t = \frac{s}{v_0} = \frac{10}{20} = 0.5(\text{s})$$

即从开始运动经 0.5 s 两棒开始相遇。

(2) 以 A 棒为参考系, B 相对 A 的加速度

$$a_{\text{相}} = a_A - a_B = g - g = 0$$

故 B 棒相对 A 棒以 $v_0 = 20 \text{ m/s}$ 的速度做匀速直线运动, 所以两棒从相遇至擦肩而过的时间

$$\Delta t = \frac{2l}{v_0} = \frac{2 \times 1}{20} = 0.1(\text{s})$$

【题后语】若以 A 棒为参考系, 第(1)问更简单, 二者相遇时, 相对位移为 $s = 10 \text{ m}$,

则 $t = \frac{s}{v_0} = \frac{10}{20} = 0.5(\text{s})$ 。一个物体相对于不同参考系, 运动性质一般不同, 通过变换参考系, 可以将物体的运动简化以便于研究。

【例 4】羚羊从静止开始奔跑, 经过 50 m 能加速到最大速度 25 m/s, 并能维持一段较长的时间; 猎豹从静止开始奔跑, 经过 60 m 的距离能加速到最大速度 30 m/s, 以后只能维持这速度 4.0 s。设猎豹距离羚羊 x 时开始攻击, 羚羊则在猎豹开始攻击后 1.0 s 才开始奔跑, 假定羚羊和猎豹在加速阶段分别做匀加速运动, 且均沿同一直线奔跑, 求:

(1) 猎豹要在从最大速度减速前追到羚羊, x 值应在什么范围?

(2) 猎豹要在其加速阶段追到羚羊, x 值应在什么范围?

【分析与解答】设猎豹从静止开始匀加速奔跑 60 m 达到最大速度用时间 t_1 , 则

$$s_1 = \bar{v}_1 t_1 = \frac{v_1}{2} t_1, t_1 = \frac{2s_1}{v_1} = \frac{2 \times 60}{30} = 4(\text{s})$$

羚羊从静止开始匀加速奔跑 50 m 速度达到最大用时间为 t_2 , 则

$$s_2 = \bar{v}_2 t_2 = \frac{v_2}{2} t_2, t_2 = \frac{2s_2}{v_2} = \frac{2 \times 50}{25} = 4(\text{s})$$

(1) 猎豹要在从最大速度减速前追到羚羊, 则猎豹减速前的匀速运动时间最多 4.0 s, 而羚羊最多匀速运动 3.0 s 即被追上, 此 x 值为最大, 即

$$x = s'_1 - s'_2 = (60 + 30 \times 4) - (50 + 25 \times 3) = 55(\text{m})$$

所以应取 $x < 55 \text{ m}$

(2) 猎豹要在其加速阶段追到羚羊, 即最多奔跑 60 m, 用 4 s 时间; 而羚羊只奔跑 3 s 的时间, 故对羚羊

$$s_{4s} = \frac{1}{2}at_4^2, a = \frac{2s_{4s}}{t_4^2} = \frac{2 \times 50}{4^2} = \frac{25}{4}(\text{m/s}^2)$$

$$s_{3s} = \frac{1}{2}at_3^2, a = \frac{1}{2} \times \frac{25}{4} \times 3^2 = \frac{225}{8}(\text{m/s}^2)$$

$$x \text{ 最大值为 } x = s - s_{3s} = 60 - \frac{225}{8} = 31.87(\text{m})$$

【例 5】空间探测器从某一星球表面竖直升空, 已知探测器质量为 500 kg (设为恒量), 发动机推力为恒力, 探测器升空后发动机因故障而突然关闭。如图 1-3 所示是探测器从升空到落回星球表面的速度-时间图像, 则由图像可判断该探测器在星球表面所能达到的最大高度是多少? 发动机工作时的推力又为多少?

【分析】本题是根据图像来表达有关已知条件的。正确理解 $v-t$ 图像各段斜率、各转折点、各块面积的含义是解答本题的关键。

解: 由图可知, 空间探测器在 $t_1 = 8 \text{ s}$ 时具有最大即时速度, $t_2 = 24 \text{ s}$ 时才达到最大高度, 且其最大高度为图像中 $\triangle OAB$ 的面积,

$$h_{\text{max}} = \frac{1}{2} \times 24 \times 40 = 480(\text{m})$$

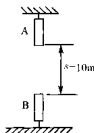


图 1-2

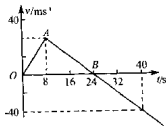


图 1-3

空间探测器在 8 s 内在推动和星球重力作用下加速上升,在 8 s 后只在星球重力作用下减速上升和加速回落。

$$\text{第一阶段加速度 } a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{40-0}{8-0} = 5 (\text{m/s}^2)$$

$$\text{第二、三阶段加速度相等为 } a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-40}{24-8} = -2.5 (\text{m/s}^2)$$

$$\text{根据牛顿第二定律,第一阶段 } F - mg_{\text{星}} = ma_1 \quad (1)$$

$$\text{第二、三阶段 } -mg_{\text{星}} = ma_2 \quad (2)$$

$$\text{由 } (1)(2) \text{ 得 } F = m(a_1 - a_2) = 500 \times 7.5 = 3750 (\text{N})$$

【题后语】运动过程的表达有多种方式,其中用图像和数据表达是最常见的两种方式,但都得转化为对运动过程的描述,再结合各阶段的受力分析应用牛顿运动定律建立力和运动的因果关系。

【例 6】两个宽度相同但长度不同的台球框固定在水平面上,从两个框的长边同时以相同的速度分别发出小球 A 和 B,如图 1-4 所示,设球与框边碰撞时无机械能损失,不计摩擦,则两球回到最初出发的框所在边的先后是()。

- A. A 球先回到出发框边
B. B 球先回到出发框边
C. 两球同时回到出发框边
D. 因两框长度不明,故无法确定哪一个球先回到出发框边

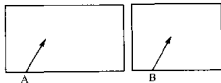


图 1-4

【分析】小球与框边的碰撞无机械能损失,所以小球每次碰撞前后的运动速率不变,且碰后球的运动方向的反向延长线与碰前球的运动路线相对干被碰框边对称,与光的反射情形类似。

解:选 A 球的运动进行分析。如图 1-5 所示,小球沿 AC 方向在 C 处与长框边碰后,沿 CD 方向运动到 D 处与短边相碰,最后沿 DE 方向回到出发的框边(若长边很长,可直接沿 CD 方向回到出发的框边)。经对称得到的直线 ACDE 的长度应该与折线 AC、CD、DE 的总长度相等。框的长边不同,只要出发时的速度相同,角度相同,不管 D 点位置如何变化,球所通过的总路程总是相同的。不计碰撞的时间,两球应同时回到最初出发的框边。正确答案为 C。

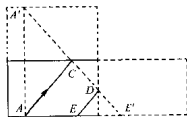


图 1-5

【题后语】上述解答是研究合运动,若只研究与出发框边相垂直的分运动,依题意知两球 $v_{\perp}$ 的大小相同,反弹后其大小也不变,回到出发边的运动路程为台球框宽度 L 的 2 倍,所以 A、B 球回到最初出发边的时间 $t = \frac{2L}{v_{\perp}}$,两球应同时回到最初出发的框边。

【例 7】将物体以一定的初速度沿水平方向抛出,下列过程中某 1 s 内,物体运动方向由与水平方向成 30° 变成与水平方向成 45° 。求物体抛出时初速度多大? 这 1 s 前物体已运动了多长时间(取 $g = 10 \text{ m/s}^2$)?

【分析】平抛运动中,物体水平运动分速度不变,竖直方向分运动随时间成正比增大,速度变化方向竖直向下。据本题已知条件,应画出速度矢量关系图(如图 1-6)分析。

解:设物体平抛的初速度为 v_0 ,这 1 s 前物体已运动的时间为 t ,据题设条件可知,这 1 s 的初始时刻物体运动速度为 $v_x = v_0, v_y = v_0 \tan 30^\circ$ 。

这 1 s 过程的末时刻物体运动速度为 $v'_x = v_0, v'_y = v_0$ 。

这 1 s 的初、末时刻,物体运动速度矢量的关系如图 1-6 所示。物体沿竖直方向做自由落体运动,有 $v'_y = v_y + gt$,即 $v'_y = v_0 \tan 30^\circ + gt$

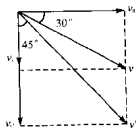


图 1-6

$$\therefore v_0 = \frac{g \Delta t}{1 - \tan 30^\circ} = \frac{10 \times 1}{1 - \frac{\sqrt{3}}{3}} = \frac{30}{3 - \sqrt{3}} = 23.7 (\text{m/s})$$

因为 $v_y = gt$, 所以有

$$t = \frac{v_y}{g} = \frac{v_0 \tan 30^\circ}{g} = \frac{\sqrt{3}}{3 - \sqrt{3}} \approx 1.37 (\text{s})$$

【题后语】平抛运动是匀变速曲线运动,不能直接用匀变速直线运动的公式求解,应将平抛运动看成是在水

方向上的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动的合运动来处理。做好相关矢量图,再按相应规律求解。

【例 8】如图 1-7 所示,实践是某质点平抛轨迹的一部分,测得 AB 、 BC 间向水平距离 $\Delta s_1 = \Delta s_2 = 0.4 \text{ m}$,高度差 $\Delta h_1 = 0.25 \text{ m}$, $\Delta h_2 = 0.35 \text{ m}$ 求:

(1) 质点平抛的初速度 v_0 为多大?

(2) 抛出点到 A 点的水平距离和竖直距离各为多大? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

【分析与解答】平抛运动可看做水平方向上的匀速直线运动和竖直方向上的自由落体运动的合运动。

在水平方向上: $\Delta s_1 = v_0 \Delta t_1$, $\Delta s_2 = v_0 \Delta t_2$

依题意 $\Delta s_1 = \Delta s_2 = 0.4 \text{ m}$,

则 $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \frac{\Delta s_1}{v_0}$

又在竖直方向是匀变速运动, A 、 B 、 C 是连续相等的时间间隔的三点, 则

$$\Delta h_2 - \Delta h_1 = g \Delta t^2 = g \left(\frac{\Delta s_1}{v_0} \right)^2$$

故初速度

$$v_0 = \Delta s_1 \sqrt{\frac{g}{\Delta h_2 - \Delta h_1}} = 0.4 \times \sqrt{\frac{10}{0.1}} = 4 (\text{m/s})$$

所以 $\Delta t_2 = \Delta t_1 = \frac{\Delta s_1}{v_0} = \frac{0.4}{4} = 0.1 (\text{s})$

设质点由抛出点到 A 点的时间为 t ; 质点在 B 时的竖直分速度

$$v_{By} = \frac{\Delta h_1 + \Delta h_2}{2 \Delta t_1} = g(t + \Delta t_1), \text{代入数据解得 } t = 0.2 \text{ s}$$

则抛出点到 A 点的水平距离和竖直距离分别为

$$x = v_0 t = 4 \times 0.2 = 0.8 (\text{m})$$

$$y = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.2^2 = 0.2 (\text{m})$$

【例 8】图 1-8 中, M 、 N 是两个共轴圆筒的横截面, 外筒半径为 R , 内筒半径比 R 小很多, 可以忽略不计, 筒的两端是封闭的, 两端之间抽成真空。两筒以相同的角速度 ω 绕其中心轴线(图中垂直于纸面)做匀速转动。设从 M 筒内部可以通过窄缝 S (与 M 筒的轴线平行)不断地向外射出两种不同速率 v_1 和 v_2 的微粒, 从 S 处射出时的初速度的方向都是沿筒的半径方向, 微粒到达 N 筒后就附着在 N 筒上, 如果 R 、 v_1 和 v_2 都不变, 而 ω 取某一合适的值, 则()。

- 有可能使微粒落在 N 筒上的位置都在 a 处——一条与 S 缝平行的窄条上
- 有可能使微粒落在 N 筒上的位置都在某一处如 b 处——一条与 S 缝平行的窄条上
- 有可能使微粒落在 N 筒上的位置分别在两处如 b 处和 c 处与 S 缝平行的窄条上
- 只要时间足够长, N 筒上将到处都有微粒

【分析与解答】设某一时刻一群微粒同时射出窄缝 S , 速度分别为 v_1 和 v_2 , 它们沿半径方向, 瞄准正前方 N 筒上的 a 点, 做匀速直线运动, 不参与转动。如果它们在飞越两筒间距 R 的过程中, 圆筒还没转过一周, 就有可能出现速度大的粒子击中 b 点, 速度小的击中 c 点。而不管 S 转到任何位置, 粒子射出的情况都一样, 所以当 v_1 、 v_2 、 R 和 ω 确定后, 粒子只能击中确定的平行于 S 的某些窄条上, 不会散落在 N 筒上, 故选项 C 正确, 选项 D 错误。

如果从 S 射出的速度分别为 v_1 、 v_2 的两种粒子, 飞越两筒间距的时间 t_1 和 t_2 是圆筒转动周期 T 的整数倍, 则两种粒子都将打在 N 筒的 a 点上, 它们只分布在过 a 点的窄条上, 故选项 A 正确。

同时从 S 缝射出速率不同的两种粒子, 若运动较快的粒子某时刻打在 N 筒的 b 点上, 则运动较慢的粒子打到 N 筒上就落后 Δt 时间; 在这 Δt 时间内 N 筒有可能再转过一圈或多圈, 这样两种粒子都可能打在过 b 点的同一条窄条上, 故选项 B 是正确的。

综上所述, A、B、C 正确。

【题后语】本题所描述的物理情景就是研究、测量微观粒子速度的一种实验方法。其设计思路非常巧妙, 请

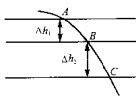


图 1-7

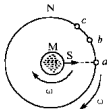


图 1-8

同学们认真体会其中的分析方法。

【专题训练】

一、选择题(至少有一个选项是正确的)

1. 如图1-9所示,一人沿一直山坡,自坡底A以速率 v_0 跑到坡顶B,随即又以速率 v_1 返回至A,已知AB间距离为 s ,那么人在这一往返过程中的平均速度的大小为()。

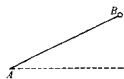


图 1-9

A. $\frac{2v_0v_1}{v_0+v_1}$ B. $\frac{v_0+v_1}{2}$ C. 0

D. 因为不知道上坡时间 t_1 ,也不知道下坡时间 t_2 ,故无法求出往返的平均速度。

2. 一质点沿直线Ox方向做加速运动,它离开O点的距离 x 随时间 t 变化的关系为 $x = 5 + 2t^3$ (m),它的速度随时间变化的关系为 $v = 6t^2$ (m/s),该质点在 $t = 0$ 到 $t = 2$ s间的平均速度和 $t = 2$ s到 $t = 3$ s间的平均速度的大小分别为()。

A. 12 m/s, 39 m/s B. 8 m/s, 38 m/s C. 12 m/s, 19.5 m/s D. 8 m/s, 13 m/s

3. 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. 当物体做匀加速直线运动时, $v_1 > v_2$ B. 当物体做匀减速直线运动时, $v_1 > v_2$
C. 当物体做匀速直线运动时, $v_1 = v_2$ D. 当物体做匀减速直线运动时, $v_1 < v_2$

4. 物体从静止开始做匀加速直线运动,第3s内通过的位移是3m,则()。

A. 第3s内的平均速度是3 m/s B. 物体的加速度是1.2 m/s²
C. 前3s内的位移是6 m D. 3s末的速度是3.6 m/s

5. 做匀加速直线运动的质点先后经过A、B、C三点,AB=BC,质点在AB段和BC段的平均速率分别为20 m/s、30 m/s,根据以上给出的条件可以求出()。

A. 质点在AC段运动的时间 B. 质点的加速度
C. 质点在AC段的平均速度 D. 质点在C点的瞬时速度

6. 滴水法测重力加速度是这样的,让水龙头的水一滴一滴地滴在其正下方的盘子里,调整水龙头,让前一滴水滴到盘子上而听到声音时后一滴恰离开水龙头,测出 n 次听到水击盘声的总时间为 t ,用刻度尺量出龙头到盘子的高度差 h ,即可算出重力加速度。设人耳能区别两个声音的时间间隔为0.1s,声速为340 m/s,则()。

A. 水龙头距人耳的距离至少34 m B. 水龙头距盘子的距离至少34 m
C. 重力加速度的计算式为 $\frac{2hn^2}{t^2}$ D. 重力加速度的计算式为 $\frac{2h(n-1)^2}{t^2}$

7. 甲、乙两质点同时从同一地点向同一方向做直线运动,它们的速度如图1-10所示,可知它们在运动的前20s内()。

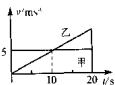


图 1-10

A. 第10s末它们相距最远
B. 第10s末它们恰好相遇
C. 第5s末它们之间的距离与第15s末它们之间的距离大小相等
D. 乙追上甲时,乙的速度是甲的2倍

8. 如图1-11所示,物体在恒力 F 作用下沿曲线从A运动到B,这时突然使它所受的力反向而大小不变(即由 F 变为 $-F$),在此力作用下,物体以后的运动情况,下列说法正确的是()。

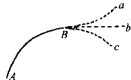


图 1-11

A. 物体可能沿曲线Ba运动
B. 物体可能沿直线Bb运动
C. 物体可能沿曲线Bc运动
D. 物体可能沿原曲线由B返回A

9. 在沿平直公路匀加速直线运动的汽车上,从窗口释放一个物体。不计空气阻力。则车上的人看到该物体的运动是()。

A. 自由落体运动 B. 向后方倾斜的匀加速直线运动
C. 平抛运动 D. 向后方倾斜的匀速直线运动

10. 如图1-12所示, 枪管 AB 对准小球 C, A、B、C 在同一水平面上, 枪管和小球距地面的高度为 45 m。已知 BC = 100 m, 当子弹射出枪口时的速度 $v_0 = 50$ m/s, 子弹恰好能在 C 下落 20 m 时击中 C。现其他条件不变, 只改变子弹射出枪口时的速度 v_0 , 则(不计空气阻力, 取 $g = 10 \text{ m/s}^2$) ()。

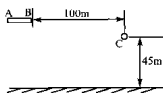


图 1-12

- ① $v_0 = 60 \text{ m/s}$ 时, 子弹能击中小球
 ② $v_0 = 40 \text{ m/s}$ 时, 子弹能击中小球
 ③ $v_0 = 30 \text{ m/s}$ 时, 子弹能击中小球
 ④ 以上的三个 v_0 值, 子弹可能都不能击中小球

A. ①②

B. ①③

C. ②③

D. ④

二、填空题

11. 一矿井深 125 m, 在井口每隔一定时间自由下落一个小球, 当第 11 个小球刚从井口开始下落时, 第一个小球恰好到达井底, 则这时第三个小球和第五个小球相距 _____ m。

12. 某人乘船横渡一条小河, 船速和水速一定, 且船速大于水速。若渡河的最短时间为 t_1 , 用最短的位移渡河的时间为 t_2 , 则船速与水速之比为 _____。

13. 如图1-13, 质量为 $m = 0.10 \text{ kg}$ 的小钢球以 $v_0 = 10 \text{ m/s}$ 的水平速度抛出, 下落 $h = 5.0 \text{ m}$ 时撞击一钢板, 撞后速度恰好反向, 则钢板与水平面的夹角 $\theta =$ _____, 要撞击钢板时小球动量的大小为 _____ (取 $g = 10 \text{ m/s}^2$)。

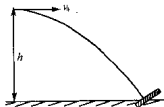


图 1-13

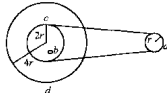


图 1-14

14. 如图1-14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, 大轮的半径是 $4r$, 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

角速度 $\omega_a : \omega_b : \omega_c : \omega_d =$ _____。

线速度 $v_a : v_b : v_c : v_d =$ _____。

向心加速度 $a_a : a_b : a_c : a_d =$ _____。

15. 在研究平抛物体运动的实验中, 用一张印有小方格的纸记录轨迹, 小方格的边长 $l = 1.25 \text{ cm}$ 。若小球在平抛运动中先后经过的几个位置如图1-15中的 a 、 b 、 c 、 d 所示, 则小球平抛的初速度的计算式为 $v_0 =$ _____ (用 l 、 g 表示), 其值是 _____ (取 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$)。

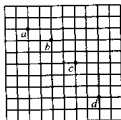


图 1-15

三、计算题

16. 甲球从某楼顶自由下落 a 米时, 乙球从距楼顶 b 米处自由下落, 两球恰好同时落地, 则楼的高度是多少?

17. 如图1-16所示, 小型工件 P 以速率 v_1 在光滑水平工作台上滑行; 水平传送带 AB 段的长度为 L , 以速率 v_2 运行。工件 P 从 A 处滑上传送带, 与传送带间的动摩擦因数为 μ , 在到达 B 点之前已经与传送带保持相对静止。试讨论工件 P 在传送带上由 A 运动到 B 所用的时间。

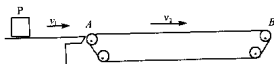


图 1-16

18. 一小球必须从距倾角为 37° 的斜面底端多大高度处以 $v_0 = 3 \text{ m/s}$ 的速度平抛向此斜面, 才能使小球垂直打在此斜面上?

19. 如图 1-17 所示, 平面镜 M 与竖直巨型光屏平行放置, 其与光屏之间的距离为 L , 由小孔 S 处垂直光屏向平面镜中点 O 射入一束氦氖激光, 现平面镜 M 以其中心 O 为轴逆时针匀速旋转, 角速度为 ω , 求:

(1) 平面镜转过 15° 时, 光屏上形成的光点 P 至 S 的距离;

(2) 平面镜转动时间为 t ($t < \frac{\pi}{2\omega}$) 时, 激光束在光屏上形成的光点的移动速度。

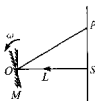


图 1-17

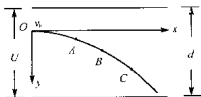


图 1-18

20. 一初速度为 v_0 的带电粒子, 沿垂直场强方向进入一水平放置的带电平行板之间, 如图 1-18 所示, 两板间电势差为 U , 间距为 d , 已知粒子轨道上三点的坐标分别为 $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$, $C(x_3, y_3)$ 且 $x_3 - x_2 = x_2 - x_1 = c$, $y_3 - y_2 = b_2$, $y_2 - y_1 = b_1$ 。求该带电粒子的电荷 (粒子的重力不计)。

21. 汽车起动的快慢和能够达到的最大速度, 是衡量汽车性能的指标体系中的两个重要指标。汽车起动的快慢用车的速度从 0 到 100 km/h 的加速时间来表示。这个时间越短, 汽车起动时的加速度就越大。下表中列出了两种汽车的性能指标 (为了简化计算, 把 100 km/h 取为 30 m/s)。

	起动的快慢/s (0 ~ 30 m/s 的加速时间)	最大速度/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
甲车	12	40
乙车	6	50

现在, 甲、乙两车在同一条平直公路上, 车头向着同一方向, 乙车在前, 甲车在后, 两车相距 85 m。甲车先启动, 经过一段时间 t_0 , 乙车再启动。若两车从速度为 0 到最大速度的时间内都以最大加速度做匀加速直线运动, 在乙车开出 8 s 时两车相遇, 则

(1) t_0 应该满足的条件是什么?

(2) 在此条件下, 两车相遇时甲车行驶的路程是多少?

【参考答案】

1. C 2. B 3. ABC 4. ABD 5. CD 6. D 7. ACD 8. C 9. B 10. A

11. 35 12. $\frac{v_{B0}}{v_{B1}} = \frac{t_2}{\sqrt{t_2^2 - t_1^2}}$ 13. 45° $\sqrt{2} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

14. 2:1:1:1, 2:1:2:4, 4:1:2:4 15. $2l/t$, 0.7 m/s 16. $\frac{(a+b)^2}{4a}$

17. $v_1 > v_2$ 时, $t = \frac{L}{v_2} - \frac{(v_1 - v_2)^2}{2\mu g v_2^2}$

$v_1 < v_2$ 时, $t = \frac{L}{v_2} + \frac{(v_2 - v_1)^2}{2\mu g v_2^2}$

$v_1 = v_2$ 时, $t = \frac{L}{v_1}$

18. 2.4 m 19. (1) $\frac{\sqrt{3}}{3} L$; (2) $\frac{2\omega \cdot L}{\cos^2 2\omega t}$ 20. $\frac{q}{m} = \frac{(b_2 - b_1) d v_0^2}{U c^2}$ 21. (1) $t_0 = 6 \text{ s}$; (2) 245 m