



荣德基

3

4

组合
讲练测

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

配粤教版

高中物理
必修2

讲 所考的知识点
练 所讲的内容
测 所练的效果

讲

吉林教育出版社



高中物理必修2

(配粤教版)

总主编:荣德基

本册主编:于秀程



吉林教育出版社



图书在版编目(CIP)数据

荣德基三味组合讲练测. 高中物理. 2: 必修: 粤教版(YJ)/荣德基总
主编. —长春: 吉林教育出版社, 2005. 7
ISBN 7-5383-5043-8

I. 荣… II. 荣… III. 物理课-高中-教学参考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 081933 号

荣德基三味组合讲练测·高中物理必修2 荣德基 总主编

责任编辑 常德澍

装帧设计 典点瑞泰

出版 吉林教育出版社(长春市同志街1991号 邮编 130021)

发行 吉林教育出版社

印刷 中煤涿州制图印刷厂

开本 787×1092 16开本 13.5印张 字数 309千字

版次 2005年7月第1版 2005年8月第1次印刷

定价 19.10元(全套)

学习，从“差距”抓起

——再谈 CETC 循环学习模式与《荣德基三味组合·讲练测》

CETC 引起强烈反响

2004 年秋，荣德基老师首次将 CETC 学习方法在荣德基教辅**点拨、典中点、8 分钟、15 分钟**四大系列丛书中公开，随即受到了全国各地读者朋友的广泛关注与热烈欢迎，纷纷来信咨询并索要资料，荣德基老师在百忙之中也尽可能地给予了进一步的解答。很多读者来信表示，CETC 学习法让一直彷徨于效率与方法之间的他们找到了最佳答案，不会再对着糟糕的成绩垂头丧气，不会再为如何提高成绩而显得手足无措，更不会在取得好成绩之后便沾沾自喜，从而止步不前。因为，CETC 就是要让同学们知道，不管成绩是理想还是糟糕，结果都只有一个，那就是每个人都还存在着自己的差距，只不过这个差距有的表现明显，有的表现细微；有的属于基础，有的归于能力。所以同学们不用再想去想分数，想名次，你只要找到自己的差距，思考并消灭这个差距，就是你学习的最佳方法，就会达到最佳学习效果。这就是 CETC，引领同学们从“差距”抓起。

CETC 受欢迎的原因

► 差距理论独树一帜

C——comprehension：理解吸收。主要针对听课环节。在听课和理解巩固知识的过程中的疏漏和疑惑就是这一环节中存在的差距。

E——exercise：实践巩固。主要针对课后练习环节。在做课后练习题的过程中，即在知识应用的过程中，不能解答或解答错误的问题就是“练”这一环节存在的差距，同时也检测了“听”这一环节的差距。

T——test：评估差距。主要针对测试环节。在阶段测试过程中丢分、失误或出现的知识盲点，就是这一环节的差距。同时还包括答题技巧和方法的考查、训练，这也是学习上存在差距的地方。这个环节是对“听”和“练”环节总的检测。

C——countermeasure：应对措施。这是 CETC 整个循环中最关键的一环。针对一环扣一环检测出来的差距（即锁定差距），提出缩小差距、消灭差距的措施，最终实现零距离。

这种理论的实质和核心是要抓住学生在学习过程中（即在听课、练习、考试过程中）产生的差距，而不仅仅是分数。教师在教学上要关注和区别对待每个学生个体的不同差距，让学习中的每个环节都有目标，有方案，有效率。CETC 是荣德基老师总结多年教学经验的首创，是对提高教学质量独树一帜、别出心裁的探索。

► 实践操作性强，为学生指明了学习方向

同学们在学习过程中，往往因为不知从何入手而在犹豫中浪费了很多宝贵的学习时间，既没有效率，又打击了学习的信心。而应用 CETC 循环学习模式，则是对每个学习环节中的“差距”进行过滤，让你明确学习方向，正确选择学习方法、补救措施。以最快的速度、最少的时间找到并消灭学习中的差距，就实现了学习的最高效率。这也是大部分北大清华各科状元在总结学习经验中共同提出的一种学习方法和学习经验。对此，CETC 研究组推出的“荣德基 CETC 循环学习错题反思录”，就是具体地告诉大家应该怎样去处理差距，怎样实践操作 CETC 循环学习模式。这种学习方法不仅时刻在提醒着你你要去学什么，还会提醒你你应该怎么去学。让你的学习永远不会迷失方向。

► 帮助老师真正做到“因材施教”

可以说在每个学生的学习过程中，接触最密切的就是老师，因此对学生的学习情况最为了解

的也是老师。最好的老师就是要给学生最需要的知识和指导,让每一个学生都优秀。应用 CETC 循环学习模式,就可以让老师进一步了解每一个学生学习中存在的“差距”,总结自己教学中的“差距”,然后才会调整自己的教学理念和方法,更有重点、有侧重地加强知识点的强化和对每一位学生进行相应的学习指导。不让任何一个学生掉队,不让自己的教学出现任何一个盲点。

► 适应素质教育理念

把分数考查变为能力的培养是素质教育的一大亮点,虽然我们还是在为分数努力着,但最终要的是获取知识、吸收知识、应用知识的能力。这个能力体现在学习中就是学习知识的方法、应用知识的技巧和保持知识的策略,能找到解决问题最科学的方法并付诸实践就是能力。CETC 循环学习模式就是要引导大家用科学合理的方式方法获取并应用知识,不放过任何一个能力的盲区,全方位、全过程提高。素质教育不是放弃知识,放弃分数,一味要求能力,知识、分数是能力的载体和证明,因此,现在的素质教育就是要用能力去赢得分数。这也是 CETC 的信念。

2005 年秋季荣德基教辅对 CETC 的深化

CETC 学习法一推出就受到了同学们的喜爱,这给 CETC 研究组的工作人员带来了巨大的动力。通过对 CETC 学习法的深化研究,为了让老师和同学们更简单具体地进入到 CETC 循环学习模式中去,研究组成员接着推出了“荣德基 CETC 循环学习错题反思录”,融入到荣德基系列教辅从书中的每一节、每一课的课后强化练习题、单元测试题、期中(末)测试题的后面,也就是说同学们每做完一套题,会发现自己的一些错误,而这自然是因为自己在掌握知识点和做题的方法技巧上还存在“差距”。“错题反思录”就是要让“差距”明示,记录解决方案,分析差距原因,指明以后的学习方向。你每做一套题,就会明确一次学习目标,不断如此,你的学习会达到最高效率。然后,把你用过的荣德基教辅图书保留下来,到期中(末)、中(高)考复习时集中到一起,其中的“错题反思录”就是你最综合、最重要、最需要强化复习的知识点。这是 CETC 研究组对读者朋友们的新奉献。

《荣德基三味组合·讲练测》与 CETC

《荣德基三味组合·讲练测》是一个完整的 CETC 循环学习模式。“讲”即是 C,双基讲练正是要帮助同学们理解吸收初步接收到的知识,它采用先进的左右双栏对照排版模式,集中体现了 CETC 循环学习模式的精神,针对性训练则及时有效地帮你找到这一环节中的差距。“练”即是 E,以课时为单位、逐节练习的习题网将实际应用知识过程中的差距锁定。“测”即是 T,也就是同学们的自测评估,阶段性地对知识点和综合能力进行测试,从而锁定知识薄弱点(即差距)。最后的 C——“应对措施”自然就是“荣德基 CETC 循环学习错题反思录”,它将每一环节中锁定的差距进行记录、分析、解决、备案,到中(高)考复习时集中到一起,再进行最后一次大搜捕,不放过任何一个差距,让差距无限趋近于零。

学习中应用《三味组合》,就是在进行 CETC 的一次又一次的循环,让你自主导入 CETC 循环学习模式,在不知不觉中提高学习效率,实现你心中的远大理想。

学习无止境,探索无尽头。CETC 循环学习模式还需要不断地开发、完善,如果读者朋友们在应用 CETC 模式的过程中有新发现、新建议,请联系我们!来信请寄:北京 100077—29 信箱, CETC 研究组收,邮编 100077。

读者朋友们如果需要邮购荣德基老师主编的各种教辅图书,免收邮资费,只需按书的定价汇款至:北京 100077—29 信箱,收款人:裴立武,邮编:100077。邮购电话:010—86991251。

使用说明:[N](难题);[](一题多解);小手“”所指数字为答案所在页码。



2005 年 4 月



目 录

CONTENTS

第一章 抛体运动

第一节 什么是抛体运动	1
第一课时	1
第二节 运动的合成与分解	4
第二课时	4
第三节 竖直方向的抛体运动	6
第三课时	6
第四节 平抛物体的运动	12
第四课时	12
第五节 斜抛物体的运动	16
第五课时	16
第六课时 全章实验	19
全章复习	21

第二章 圆周运动

第一节 匀速圆周运动	22
第七课时	22
第二节 向心力	25
第八课时	25
第三节 离心现象及其应用	30
第九课时	30
全章复习	32

第三章 万有引力定律及其应用

第一节 万有引力定律	33
第十课时	33
第二节 万有引力定律的应用	36
第十一课时	36
第三节 飞向太空	41
第十二课时	41
全章复习	44

第四章 机械能和能源

第一节 功	45
第十三课时	45
第二节 动能 势能	48
第十四课时	49
第三节 探究外力做功与物体动能变化 的关系	53
第十五课时	54
第四节 机械能守恒定律	57
第十六课时	57
第五节 验证机械能守恒定律	61
第十七课时	61
第六节 能量 能量转化与守恒定律	64
第十八课时	64
第七节 功 率	68
第十九课时	68
第八节 能源的开发与利用	72
第二十课时	72
全章复习	73

第五章 经典力学与物理学的革命

第一节 经典力学的成就与局限性	75
第二十一课时	75
第二节 经典时空观与相对论时空观	76
第二十二课时	76
第三节 量子化现象	78
第二十三课时	78
第四节 物理学——人类文明进步的 阶梯(略)	80
全章复习	80
参考答案及评析	81



第二章 抛体运动

一、全章重难点提示 重点:1. 会用运动的合成与分解的方法分析研究抛体运动。2. 实验探究平抛运动的规律。3. 会用抛体运动的规律分析解决生活中的问题。

难点:1. 用运动的合成与分解的方法分析研究抛体运动。2. 抛体运动规律在不同初始条件下的具体应用。

二、高考引路 本章研究的抛体运动是一种非常重要的曲线运动,运动的合成与分解更是分析各种复杂运动的基本方法和重要工具。本章内容也是运动学的基础,历年高考都对本章内容予以足够重视,除单独在本章知识范围内命题外,也常把本章内容与研究方法渗透到其他和运动有关的章节中去。若单独在本章命题,通常以选择题、填空题以及实验探究题为主。

三、备用各科相关知识回顾 矢量合成的平行四边形定则,力的独立作用原理,匀变速直线运动规律以及数学中 $\sin\theta$, $\cos\theta$, $\tan\theta$ 等基本三角函数的应用。



第一节 什么是抛体运动

学法提示 本节围绕什么是抛体运动,一般曲线运动的速度方向以及一般情况下物体做曲线运动的条件等问题逐步深入。学习时要注意观察日常生活中的各种抛体运动和曲线运动实例,运用比较、分析、归纳概括等逻辑思维方法,得到一般性认识规律。

考纲要求 (1)知道什么是抛体运动,了解抛体运动的特征;(2)知道质点做曲线运动时,某一点的瞬时速度的方向在曲线上一切点的切线上;(3)了解曲线运动是一种变速运动;(4)了解质点做直线运动或曲线运动的条件;(5)会用牛顿第二定律对曲线运动的条件做出分析。



第一课时

一、双基训练

知识点1:抛体运动以及曲线运动的速度方向。

精讲:将物体以一定的初速度向空中抛出,仅在重力作用下物体所做的运动叫做抛体运动。

如果将物体沿竖直方向抛出,物体的运动轨迹将是一条竖直线,这时物体的速度方向始终在其运动轨迹的直线方向上。如果不是将物体沿竖直方向抛出,而是向远处抛出,物体的运动轨迹将是一条曲线,此时物体的速度方向在其运动轨迹各点的切线方向上,并指向物体前进的方向。

不只是抛体运动,大量事实表明:在任何曲线运动中,质点在某一时刻(或某一位置)的速度方向都是在曲线上这一点的切线方向。由于曲线上各点的切线方向不同,所以,曲线运动的速度方向时刻都在改变。由于速度是矢量,既有大小,又有方向,不论是速度的大小发生了变化,还是速度的方向发生了变化,甚至是速度的大小和方向同时发生变化,速度都发生了变化,也就是说,物体都有了加速度。因此,曲线运动是一种变速运动。

几点说明:

(1)本章考虑的抛体运动,仅限于在地面附近运动的物体,且忽略了空气阻力的作用。也就是说,物体不仅只受重力的作用,而且重力是一个恒力,重力加速度 g 是一个恒矢量。随着学习的深入,以后还会遇到其他情况下的抛体运动。

(2)在诸如抛体运动的大多数曲线运动中,物体运动速度的大小和方向都发生变化,但在某些特殊情况下,可能只是速度的方向在时刻变化,而速度的大小则保持不变,如本书第二章将要学习的匀速圆周运动就属于这种情况。也就是说,做曲线运动的物体的速度方向时刻都在变化,而速度的大小可能变化,也可能不变化。

(3)曲线运动是一种变速运动,物体做曲线运动时必有加速度。根据牛顿第二定律知,做曲线运动的物体受到的合外力必不为零。对做曲线运动的物体,一旦某时刻解除了合外力的作用,由于惯性,物体会保持该时刻的速度做匀速直线运动。

【典例】 关于抛体运动,下列说法中正确的是()

- A. 抛体运动是一种曲线运动
- B. 物体做抛体运动时必有加速度

知识点1针对性训练:

1. 下列关于抛体运动的说法中正确的是()

- A. 物体做抛体运动时,其速度方向总是在不断变化
- B. 所谓抛体运动,只是一种理想化的物理运动模型
- C. 物体做抛体运动时,其速度方向可能不变
- D. 物体做抛体运动时,其运动轨迹一定是曲线

2. 关于曲线运动,下列说法正确的是()

- A. 曲线运动物体的速度大小可能不变,所以其加速度可能为零
- B. 曲线运动物体在某点的速度方向在该点的切线方向
- C. 曲线运动物体的速度大小可以不变,但速度方向一定改变
- D. 曲线运动物体的速度方向可以不变,但速度大小一定改变

C. 物体做抛体运动时,可能只是速度的方向时刻变化,而速度的大小则保持不变

D. 物体做抛体运动时,其加速度的方向和速度方向在同一条直线上

解:B

评析:做抛体运动的物体仅受重力作用,其加速度为重力加速度 g , B 正确。如果初速度的方向在竖直方向上,抛体运动的轨迹将是一条直线, A 错误,此时加速度和速度的方向在同一条竖直线上;如果初速度的方向与竖直方向成一角度,抛体运动的轨迹就是一条曲线,此时,加速度仍沿竖直方向,但位于曲线切线上的速度方向却在不断变化, D 错误。无论抛体运动是直线还是曲线,速度的大小都在时刻变化着, C 错误。

知识点 2: 物体做直线或曲线运动的条件。

精讲:分析各种抛体运动,不难发现,当重力的方向与速度方向在一条直线上时,物体做直线运动。当重力的方向与速度方向不在一条直线上时,物体做曲线运动。

一般情况下,物体做直线运动的条件是:物体所受合外力的方向与速度方向在一条直线上。物体做曲线运动的条件是:物体所受合外力的方向与速度方向不在一条直线上(成一夹角)。

几点说明:

(1)如果物体所受合外力的方向与速度方向相同,物体将做加速直线运动;如果合外力的方向与速度方向相反,物体将做减速直线运动。这种情况下,物体所受的合外力只改变速度大小,不改变速度方向。

如果物体所受合外力的方向与速度方向始终垂直,由于在速度方向上没有力的作用,物体既不能加速也不能减速,这时物体速度的大小将保持不变,合外力只改变物体速度的方向,物体将做匀速率曲线运动。

如果物体所受合外力的方向与速度方向既不在一条直线上,也不互相垂直,而是成一角度,这时的合外力既有和速度方向在一条直线上的成分,也有和速度方向垂直的成分。也就是说,合外力不但改变速度的大小,而且也改变速度的方向。

(2)曲线运动的速度方向在其运动轨迹各点的切线方向上,而加速度的方向则跟物体受到的合外力的方向相同。由物体做曲线运动的条件知,曲线运动的速度方向与物体加速度的方向不在一条直线上(成一夹角),切不可把二者相混淆。

(3)记录曲线运动轨迹时,研究曲线上某点的速度方向、物体在该点所受合外力的方向以及在该点附近轨迹弯曲的方向三者之间的关系时,不难发现,合外力的方向总是指向轨迹的凹的一侧,或者说合外力总是使物体的速度方向趋向合外力所指的方向。如图 1-1-1 所示。

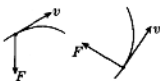


图 1-1-1

(4)做曲线运动的物体,如果所受到的合外力是恒力,根据牛顿第二定律,物体获得的加速度就是恒矢量,这种情况下,物体做匀变速曲线运动。除沿竖直方向抛出的物体外,其他各种抛体运动都是匀变速曲线运动。反之,如果合外力是变力,物体就做变加速曲线运动。

【典例】下列关于力和运动的说法中正确的是()

A. 物体在恒力作用下不可能做曲线运动

B. 物体在变力作用下不可能做直线运动

C. 物体在变力作用下有可能做曲线运动

D. 当合外力与速度的方向不在一条直线上时,在某些特殊情况下,物体有可能做直线运动

解:C

评析:物体做直线运动还是曲线运动,不是取决于物体受到的合外力是恒力还是变力,而是取决于物体所受合外力与物体的速度方向是否在同一条直线上。

知识点 2 针对性训练:

3. 质点做曲线运动时,其轨迹上某一点的加速度方向()

A. 在通过该点的曲线的切线方向上

B. 与通过该点的曲线的切线垂直

C. 与物体在该点所受合力方向相同

D. 与该点瞬时速度方向成一定夹角

4. 物体受恒力作用,力的方向和运动方向的夹角由大于 $\pi/2$ 逐渐减小到小于 $\pi/2$ 的过程中,物体运动轨迹是_____线,运动速度大小的变化情况是_____。



上,不管是恒力还是变力,只要力和速度的方向不在一条直线上,物体就做曲线运动。否则,物体就做直线运动。故C正确。

二、综合题训练

【典例】如图1-1-2所示,一质点以恒定的速率绕圆周轨道一周用30s时间。该质点运动半周,速度方向改变多少度?该质点每运动5s,速度方向改变多少度?画出从A点开始每隔5s时速度矢量的示意图。



图1-1-2

所需知识点提示:本题考查知识点1和数学中有关圆周运动的知识。

解:质点绕圆周轨道运动时,其速度方向在圆周各点的切线方向上。质点运动半周,其速度方向就改变 180° 。质点每运动5s,质点和圆心的连线就转过 60° 角,位于切线方向上的速度矢量也就随之转过 60° 角,速度方向就改变 60° 。图1-1-3是质点从A点开始每隔5s时速度矢量的示意图。



图1-1-3

评析:曲线运动的速度方向在轨迹各点的切线方向上。质点做圆周运动时,一段时间内转过的圆心角是多少度,速度方向就改变多少度。

三、海阔天空课标题训练

探究性题

讲解:本节中这类题一般以生活中各种曲线运动为背景,一是考查曲线运动的速度方向,二是考查物体做曲线运动的条件。

【典例】一个物体的速度方向如图1-1-5中v所示。从位置A开始,它受到向前但偏右的(观察者沿着物体前进的方向看,下同)的合力。到达B时,这个合力突然改成与前进方向相同。到达C时,又突然改成向前但偏左的力。物体最终到达D。请你大致画出物体由A至D的运动轨迹,并在轨迹旁标出B点、C点和D点。

图1-1-5

解:如图1-1-6所示是大致画出的物体由A至D的运动轨迹。从位置A开始的AB段,合力的方向与速度方向成一角度,物体做曲线运动。在BC段,合力的方向与速度方向相同,物体做直线运动。在CD段,合力的方向与速度的方向又成一角度,物体再次做曲线运动。

图1-1-6

评析:画曲线的运动轨迹时,要注意两点:一是速度v在曲线上这一点的切线方向,二是合力的方向总是指向轨迹的凹的一侧。

四、画题题训练

【典例】(1996,上海)如图1-1-8所示,物体在恒力F作用下沿曲线从A运动到B,这时突然使它所受力F的方向反向而大小不变(即由F变为-F)。在此力作用下,对物体以后的运动情况,下列说法正确的是()

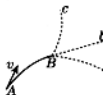


图1-1-8

- 物体不可能沿曲线Ba运动
- 物体不可能沿直线Bb运动
- 物体不可能沿曲线Bc运动
- 物体不可能沿原曲线由B返回A

解:A、B、D

评析:物体做曲线运动时,所受合外力的方向总是指向轨迹凹的一侧。当物体运动到B点时,所受合外力的方向可能有如图

综合题针对性训练:

5. 如图1-1-4所示,物体做圆周运动,在A点物体所受的合外力F既不与速度的方向垂直也不与速度的方向在一条直线上,此时我们可以将F进行正交分解,使一个分力 F_1 与速度v的方向垂直,另一个分力 F_2 与速度方向平行,其中分力 F_1 只改变速度的____,分力 F_2 只改变速度的____,当 $F_1=0$ 时,物体将做____运动,此时物体的速度将____,若F与v的夹角为锐角,物体的运动速率将____。



图1-1-4

新课标针对性训练:

6. 图1-1-7中, v_0 是物体运动的初速度,F是物体受到的恒定的合外力,如果用虚线表示物体运动的轨迹,则图中所画物体运动轨迹中符合实际的是()

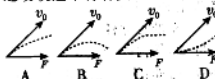


图1-1-7

高考题针对性训练:

7. (2004,科研测试题)一质点在某段时间内做曲线运动,则在这段时间内()

- 速度一定不断地改变,加速度也一定不断地改变
- 速度一定不断地改变,加速度可以不变
- 速度可以不变,加速度一定不断地改变
- 速度可以不变,加速度也可以不变



1-1-9所示的三种情形,在其中任何一种情形中,力的方向都偏向过B点的切线Bb的下方,因此,当力F突然反向时,其方向就必定偏向切线Bb的上方,而物体的运动轨迹也会随之偏向上方,即如图中Bc所示的方向,故A、B、D正确。

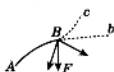


图 1-1-9



第二节 运动的合成与分解

学法提示 通过演示实验的观察与思考,体会等效代替的方法在运动的合成与分解中的应用。另外,要注意将力的独立作用原理与运动的独立性原理进行比较,寻找思维的共同点,理解规律的内涵和外延。

考纲要求 (1)在一个具体情景中,知道什么是合运动,什么是分运动,知道合运动和分运动是同时发生,并且互不影响;(2)知道什么是运动的合成,什么是运动的分解,理解运动的合成与分解遵循平行四边形定则;(3)会用作图法和直角三角形知识求解有关位移和速度的合成与分解问题。



第二课时

一、双基训练

(一)基本知识讲练

知识点1:运动的合成与分解。

精讲:一些常见的较为复杂的运动(如各种抛体运动、曲线运动等),往往可以分解为两个方向上的直线运动,只要分别研究这两个方向上的受力及运动情况,就可以知道复杂运动的规律,这是研究复杂运动的基本方法。

(1)合运动与分运动

在物理学上,如果一个物体实际发生的运动产生的效果跟另外两个运动共同产生的效果相同,我们就把这一物体实际发生的运动叫做这两个运动的合运动,这两个运动叫做这一实际运动的分运动。合运动与分运动在效果上是等效代替的关系。

(2)运动的独立性

实际中,任何一个复杂的运动都可以看成是几个独立进行的分运动的合运动。譬如:水平抛出的球的运动就是竖直方向和水平方向两种分运动的合运动。球在竖直和水平方向上的两个分运动不但彼此独立进行,互不影响,而且他们与合运动是同时发生的,经历了相同的时间。

(3)运动的合成与分解

已知分运动求合运动,叫做运动的合成。反过来,已知合运动求分运动,叫做运动的分解。运动的分解是运动合成的逆运算。

平行四边形定则(或三角形定则)是一切矢量合成与分解的普遍定则,所谓运动的合成与分解,实际上是描述物体运动的位移、速度和加速度等物理量的合成与分解。根据平行四边形定则,水平抛出的小球在竖直和水平方向上两个分运动与合运动的关系如图1-2-1所示。图(a)表示小球在某段时间内的合位移 s 是两个分位移 s_1 和 s_2 的矢量和。图(b)表示小球在某时刻的瞬时速度 v 是两个分运动在同一时刻的瞬时速度 v_1 和 v_2 的矢量和。同理,合运动的加速度也是两个分运动的加速度的矢量和。

平行四边形(或三角形)定则将合运动与分运动各物理量间的关系转化为平行四边形(或三角形)的边角对应关系。图1-2-1(a)中,我们可以得到 $s = \sqrt{s_1^2 + s_2^2}$, $s \sin \theta = s_1$, $s \cos \theta = s_2$ 以及 $\tan \theta = \frac{s_1}{s_2}$ 等关系式;图1-2-1(b)中也

有 $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$, $v \sin \alpha = v_1$, $v \cos \alpha = v_2$ 以及

$\tan \alpha = \frac{v_1}{v_2}$ 等关系式。这就是说,如果已知合运动或分运动的部分信息,只要根据平行四边形所确立的边角对应关系,通过数学方法就能得到其余的信息。

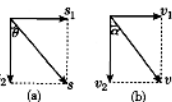


图 1-2-1

知识点1 针对性训练:

- 关于运动的合成与分解,下列说法正确的是()
 - 由两个分运动求合运动,合运动是唯一确定的
 - 由合运动分解为两个分运动,可以有不同的分解方法
 - 只有当物体做曲线运动时,才能将物体的运动分解为两个分运动
 - 任何形式的运动,都可以用几个分运动代替
- 关于两个分运动的合运动,下列说法正确的是()
 - 两个匀速运动的合运动一定是匀速运动
 - 两个直线运动的合运动一定是直线运动
 - 合运动的速度一定大于分运动的速度
 - 合运动的位移大小可能小于分运动位移大小



几个结论:

①如果两个分运动都是匀速直线运动,则合运动也必为匀速直线运动(两个分速度都是恒矢量,由平行四边形定则,其合速度也必为恒矢量)。

②如果两个分运动都是初速度为零的匀变速直线运动,则合运动也必是初速度为零的匀变速直线运动(两个分加速度都是恒矢量,由平行四边形定则,其合加速度也是恒矢量,而合初速度则为零)。

③如果一个分运动是匀速直线运动,另一个分运动是和它不在一条直线上的匀变速直线运动,则合运动必是匀变速曲线运动(合运动的加速度 a 与初速度 v_0 也必定不在一条直线上)。

④如果两个分运动都是匀变速直线运动,则合运动一定是匀变速运动,但不一定是直线运动(关键是看合加速度与合初速度的方向关系。如果二者在一条直线上,就是匀变速直线运动;如果二者成一夹角,就是匀变速曲线运动)。

综上所述,两个直线运动的合运动并不一定都是直线运动(在上边四个结论中,两个分运动都是直线运动,但有的合运动是直线运动,有的则是曲线运动。另外,前面提到的水平抛出的球的运动,其两个分运动都是直线运动,但合运动却是曲线运动)。

求解运动的合成与分解问题的一般方法和步骤是:

(1)根据物体实际运动产生的效果确定两个分运动的方向。

(2)根据平行四边形定则,画出合运动与分运动的位移、速度或加速度的矢量关系图。

(3)根据平行四边形确定的边角对应关系,运用数学方法列等式求解。

【典例】 某人在二楼阳台上将手中的石块向斜下方投出,投射方向与水平方向成 37° 角。若石块出手时在水平方向上的分速度为 10 m/s ,则人以多大的速度将石块投出? 石块出手时在竖直方向上的分速度多大?

解: 石块斜向下的运动可以看成是水平方向和竖直方向的两个分运动的合运动。将石块出手时的速度 v 分解,如图 1-2-2 所示。

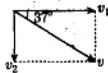


图 1-2-2

由几何关系得 $v = \frac{v_1}{\cos 37^\circ} = \frac{10}{0.8} \text{ m/s} = 12.5 \text{ m/s}$ 。

$v_2 = v_1 \tan 37^\circ = 10 \times 0.75 \text{ m/s} = 7.5 \text{ m/s}$ 。

评析: 本题练习求解运动的合成与分解问题的一般方法和步骤。

(二) 基本能力讲练

能力点 1: 有关运动的合成与分解的几个典型问题。

精讲: 课本中练习的第 1 题是小艇渡河问题,第 3 题是行人感觉到两点运动的问题,还有细绳绕过定滑轮后牵引物体的运动问题等等。下面就这几个典型问题逐一剖析运动的合成与分解的一般方法。

1. 小船渡河问题

设想在流速 v_1 稳定的河水中,将一小船驶向对岸。为了找到与小船实际运动效果相同的两个分运动,我们先做两条假设:一是假设船没有动力,让小船随河水漂流,此时小船运动的速度就是河水的流速 v_1 ;二是假设河水不流动,开动机器使小船以某一速度 v_2 (称为小船在静水中的速度)运动。

实际中,这两个影响小船运动的因素同时存在(河水在流动,机器也开动),也就是说,小船同时参与了这两种运动, v_1 、 v_2 是小船实际运动的两个分速度,而小船实际运动的速度 v 则是这两个分速度的合速度。如图 1-2-3 所示。

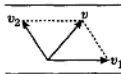


图 1-2-3

(1) 小船渡河时间分析

将小船在静水中的速度 v_2 分别沿河岸和垂直于河岸方向分解,如图 1-2-4 所示。其中平行于河岸的分速度 $v_{\parallel} = v_2 \cos \theta$ 的作用是阻碍河水将小船冲向下游,它不影响小船渡河的时间,但能影响小船渡河的位移;垂直于河岸的分速度 $v_{\perp} = v_2 \sin \theta$ 是小船渡河的有效速度,正是它将小船送到河对岸,它决定了小船渡河的时间 $t = \frac{d}{v_{\perp}}$ 。

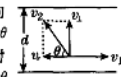


图 1-2-4

显然,在 v_2 大小一定的情况下,欲使小船渡河时间最短,应使 $v_{\perp} = v_2 \sin \theta$ 最大,即 $\theta = 90^\circ$ 时, $v_{\perp} = v_2$,此时 v_2 的方向(船头的指向)垂直指向河对岸,且小船渡河的最短时间为 $t_{\min} = \frac{d}{v_2}$ 。

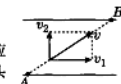


图 1-2-5

能力点 1 针对性训练:

3. 轮船以一定的速度船头垂直河岸向对岸行驶,当河水匀速流动时,轮船通过的路程、过河所用的时间与水流速度关系正确的是()

- A. 水速越大,路程越长,时间越长
- B. 水速越大,路程越长,时间越短
- C. 水速增大,路程与时间不变
- D. 水速增大,路程增大,时间不变

4. 设有一条河,其宽度为 700 m ,河水均匀流动,流速为 2 m/s ,汽船在静水中的航速为 4 m/s ,则汽船的船头应偏向哪个方向行驶,才能恰好到达河的正对岸? 渡河过程经历多少时间?

5. 小飞机在航行测量时,它的航线要严格的从东到

注意:此时小船渡河的位移沿图 1-2-5 中 AB 的方向,不是最小。

(2) 小船渡河位移分析

为研究问题的方便,以下用三角形定则进行分析。

下列各种情形中,假定小船在静水中的速度 v_2 大小一定,我们仅通过改变 v_2 的方向来调节小船渡河位移的大小。

显然,若按理想情况考虑,小船渡河位移的最小值应等于河宽 d 。如果真是这样,那么小船运动的合速度 v 就应如图 1-2-6 所示那样垂直指向河对岸。由三角形定则知,此时应有 $v_2 > v_1$,而表示 v_2 方向的 α 角可由关系式 $\cos\alpha = \frac{v_1}{v_2}$ 得到。

如果 $v_2 < v_1$,则上述三角形结构不成立。由图 1-2-7 可以看出,若改变 v_2 的方向,不但合速度 v 的方向不同,其大小也要发生变化。这种情况下,欲使小船渡河的位移最小,应使合速度 v 与图中圆弧相切于 C 点 ($v \perp v_2$),也就是使 α 角最大。此时,表示 v_2 方向的 θ 角满足关系式 $\cos\theta = \frac{v_1}{v_2}$ 得到。

【典例】 小船在 200m 宽的河中横渡,水流速度为 2m/s,船在静水中的航速是 4m/s,求:

(1) 当小船的船头始终正对对岸时,它将在何时、何处到达对岸?

(2) 欲使小船到达正对岸,应如何行驶? 历时多长时间?

解: 小船参与了两个分运动:随水漂流和船在静水中的运动。

(1) 当小船的船头始终正对对岸时,如图 1-2-8 所示,小船渡河时间为 $t = \frac{d}{v_2} = \frac{200}{4} \text{ s} = 50 \text{ s}$ 。沿河水流速方向的位移 $s_1 = v_1 t = 2 \times 50 \text{ m} = 100 \text{ m}$ 。即船在正对岸下游 100m 处靠岸。

(2) 当小船垂直到达正对岸时,合速度 v 与两个分速度 v_1 、 v_2 的关系如图 1-2-9 所示。

此时 $\cos\alpha = \frac{v_1}{v_2} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$, 所以 $\alpha = 60^\circ$, 即小船沿着与河岸成 60° 角的方向向对岸的上游行驶。

渡河时间 $t = \frac{d}{v} = \frac{d}{v_2 \sin\alpha} = \frac{200}{4 \sin 60^\circ} = \frac{100}{3} \sqrt{3} \text{ s}$ 。

评析: 求解本题时,有两点值得回味:一是题中有关合速度 v 与分速度 v_2 的隐含条件;二是将合运动与分运动的等时性以及运动的独立性原理作为一条主线贯穿于整个解题过程中。

2. 雨滴下落问题

从云层中落下的雨滴,由于空气阻力的作用,很快就做匀速运动了。因此,如果没有风,站在地面上的人总是看到雨滴在匀速下落。但若沿某一方向运动,他观察到雨滴下落的方向就不再竖直了,这是为什么呢?

设想雨滴以速度 v_2 竖直下落,人则以速度 v_1 向东运动。为研究人观察到雨滴运动的情景,我们先做两个假设:一是假设人站在地面上不动,这时他看到雨滴正以速度 v_2 竖直下落;二是假设雨滴静止在空中不动,人则以速度 v_1 向东运动,这时人会感觉到雨滴以速度 v_2 向西运动。实际中,影响人判断雨滴运动的两个因素同时存在(雨滴在下落,人也在行进),人感觉到的雨点的运动同时包含了以上两种成分。也就是说,人实际感觉到雨滴运动的速度 v 是以上两个分速度的合速度。如图 1-2-10 所示。

由几何关系知 $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$, $v_1 = v \cos\theta$, $v_2 = v \sin\theta$ 以及 $\tan\theta = \frac{v_2}{v_1}$ 。

【典例】 人骑车以 6m/s 的速度沿水平公路向南行进,他感到雨点正以 8m/s 的速度竖直下落。那么,雨点实际运动的速度多大? 方向如何?

解: 人感到雨点竖直下落的速度 v , 实际上是人静止时观察到雨点运动的速度 v_1 与假设雨点不动人向南行进时观察到雨点向北运动的速度 v_2 的合速度,如图 1-2-11 所示。

西,如果飞机在无风时的速度是 80km/h,风从南面吹来,风的速度为 40km/h,那么:(1)飞机应朝哪个方向飞行;(2)如果所测地区长达 $80\sqrt{3} \text{ km}$,所需时间是多少?

6. 如图 1-2-14 所示,在水平地面上做匀速直线运动的汽车,通过定滑轮用绳子吊起一个物体,若汽车和被吊物体在同一时刻的速度分别为 v_1 和 v_2 ,则下面说法正确的是()

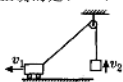


图 1-2-14

- A. 物体做匀速运动,且 $v_2 = v_1$
- B. 物体做加速运动,且 $v_2 > v_1$
- C. 物体做加速运动,且 $v_2 < v_1$
- D. 物体做减速运动,且 $v_2 < v_1$



图 1-2-8

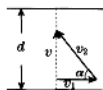


图 1-2-9

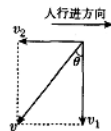


图 1-2-10

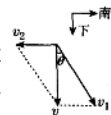


图 1-2-11



由几何关系得 $v_1 = \sqrt{v^2 + v_2^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$, $\tan \theta = \frac{v_2}{v} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$, $\theta = 37^\circ$.

即雨点以 10 m/s 的速度朝着与竖直方向成 37° 角偏南的方向落下.

评析: 求解本题的关键是, 找出人骑车行进时感到雨点竖直下落的速度 v 的两个分速度.

3. 细绳绕过定滑轮后牵引物体运动问题

【典例】 某工厂采用如图 1-2-12 所示的方法临时起吊一个工件. 当牵引车沿水平面运动到图中位置时, 其行驶速度是 v , 则该时刻工件上升的速度大小为多少?

解: 汽车向左运动产生了两个效果: 一是使滑轮左侧和车相连接的一段绳子变长; 二是导致该段绳子和水平面间的夹角 θ 变小. 按照运动的合成与分解的思想, 我们可以找到两个彼此独立的分运动, 使他们各自产生其中的一个效果, 又使他们共同产生的效果和汽车实际运动的效果相同. 容易看出, 能使滑轮左侧的绳子变长, 而又不影响角度 θ 的分速度 v_1 的方向应该沿着绳子向下, 考虑到滑轮两侧绳子长度变化的数值相等, v_1 也应该是此时刻工件上升的速度. 能导致绳子和水平面间的夹角 θ 变小, 而又不改变滑轮左侧绳子长度的分速度 v_2 的方向应该垂直于绳子向上 (实际上是在以该时刻滑轮左侧绳长为半径, 以绳子上端为圆心的圆周的切线方向上).

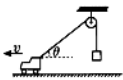


图 1-2-12

既然确定出两个分速度 v_1 和 v_2 的方向, 根据平行四边形定则, 就可以将速度 v 分解, 如图 1-2-13 所示. 由几何关系得 $v_1 = v \cos \theta$.

评析: 本题很有代表性. 在按照运动产生的效果将牵引车实际运动的速度 v 进行分解时, 要注意两点: 一是方向沿着绳的分速度只能改变绳长, 而不能改变 θ 角; 二是方向跟绳垂直的分速度只能改变 θ 角, 而不能改变绳长. 这正是运动的独立性原理的具体表现.

进一步分析关系式 $v_1 = v \cos \theta$, 可以得到以下结论: (1) 不管牵引车和工件如何运动, 总有 $v > v_1$; (2) 如果牵引车向左匀速运动, 则工件将加速上升 (v 不变, $\theta \downarrow \rightarrow \cos \theta \uparrow \rightarrow v_1 \uparrow$); (3) 如果工件匀速上升, 则牵引车将向左减速运动 (v_1 不变, $\theta \downarrow \rightarrow \cos \theta \uparrow \rightarrow v \downarrow$).

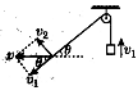


图 1-2-13

二、追因新课标题训练

探究性题

讲解: 运用运动的合成与分解的方法研究复杂运动, 是物理学研究的一种重要方法. 考虑到实验过程的可操作性以及实验现象的直观性, 各类探究性问题一般选择与互成角度的运动合成相关的实验为背景, 通过两个直线分运动, 得到一个直线或曲线合运动.

【典例】 在一端封闭、长约 1 m 的玻璃管内注满清水, 水中放一个红蜡做的小圆柱体 R , 将玻璃管的开口端用胶塞塞紧. 将这个玻璃管倒置, 红蜡块 R 就沿玻璃管匀速上升, 由 A 到 B 做直线运动. 再次将玻璃管上下颠倒, 在蜡块上升的同时将玻璃管水平向右匀速移动, 经过相同的时间, 红蜡块将沿直线由 A 运动到 C . 如图 1-2-15 所示. 该实验表明: 两个 _____ 运动的合运动是 _____ 运动.

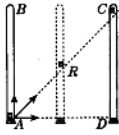


图 1-2-15

将红蜡块换成大小相当的红泡沫塑料, 重复上面的实验, 由于红泡沫塑料在竖直方向上做加速直线运动, 实验图景如图 1-2-16 所示. 该实验表明: 水平方向上的 _____ 运动与竖直方向上的 _____ 运动的合运动是 _____ 运动.



图 1-2-16

解: 匀速直线; 匀速直线; 匀速直线; 加速直线; 曲线

评析: 对实验现象与规律的观察和总结不能盲目进行, 而应在具有一定知识准备的情况下, 通过观察、比较、分析以及归纳概括等研究方法, 才能最终抓住事物现象背后的本质.

三、题法提示

【典例】 如图 1-2-17 所示, 河水流速 $v_1 = 5 \text{ m/s}$, 河宽 $d = 72 \text{ m}$. 一只小机动船在静水中的速度 $v_2 = 4 \text{ m/s}$. 现让它从 A 点开始渡河, 要求它到达对岸后通过的位移最小, 则小船渡河所用的时间是多少?



图 1-2-17

解: 欲使小船渡河通过的位移最小, 应使图 1-2-18 中 θ 角最大. 运用三角形定则分析知, 在 v_2 大小不变的情况下, 调节 v_2 取不同的方向, θ

新课标针对性训练:

7. 玻璃板生产线上, 宽 9 m 的成型玻璃板以 2 m/s 的速度连续不断地向前行进, 在切割工序处, 金刚钻磨刀速度为 10 m/s , 为使磨下的玻璃板成为矩形, 金刚钻磨刀的轨道应如何控制? 切割一次的时间是多少?

解: 金刚钻磨刀的速度 v_2 应垂直于玻璃板的运动方向 v_1 . 切割一次的时间 $t = \frac{d}{v_2} = \frac{9}{10} \text{ s} = 0.9 \text{ s}$.

妙法针对性训练:

8. 某船在静水中的速度为 3 m/s , 要渡过宽为 30 m 的河, 河水流速为 5 m/s , 求该船渡河的最小位移是多少?

角就不同,当 v_2 跟小船实际运动的速度 v 的方向垂直时, θ 角最大,此时,小船渡河的位移最小。

由几何关系得 $\sin\theta = \frac{v_2}{v_1} = \frac{4}{5}$, 即 $\theta = 53^\circ$ 。

$v = \sqrt{v_1^2 - v_2^2} = \sqrt{5^2 - 4^2} \text{ m/s} = 3 \text{ m/s}$ 。小船

通过的位移 $s_{AB} = \frac{d}{\sin\theta} = \frac{72 \times 5}{4} \text{ m} = 90 \text{ m}$ 。小船

渡河时间 $t = \frac{s_{AB}}{v} = \frac{90}{3} \text{ s} = 30 \text{ s}$ 。

妙法评析:上述解题方法之巧妙之处,就在于运用三角形定则探究到 θ 角取最大值的临界条件。如果采用一般方法将 v_2 正交分解,分析起来要复杂得多。

四、随堂题训练

【典例】(2002,天津)北风速度为 4 m/s ,大河中的水流正以 3 m/s 的速度向东流动,船上的乘客看见轮船烟囱冒出的烟柱是竖直的,求轮船相对于水的航行速度多大? 什么方向?

解:乘客看见“烟柱是竖直的”,说明烟感觉不到风,即人感觉不到风,那么轮船应该与风同速航行。也就是说,轮船实际航行的速度为 $v_{\text{风}} = 4 \text{ m/s}$,航向正南。由于河水流动,轮船应该有一个分速度,大小与 $v_{\text{风}}$ 相等,方向与 $v_{\text{风}}$ 相反,这样轮船才会朝正南方向航行,如图 1-2-19 所示。

由几何关系知 $\tan\theta = \frac{v_{\text{风}}}{v_{\text{水}}} = \frac{3}{4}$, 则

$\theta = 37^\circ$,即船头应该与上游河岸成 53°

角航行。且 $v_{\text{船}} = \sqrt{v_{\text{风}}^2 + v_{\text{水}}^2} =$

$\sqrt{3^2 + 4^2} \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$ 。

图 1-2-19

评析:根据“烟柱是竖直的”判断

出船与风同速运动,挖掘出题设的隐含条件,是审题的关键;认识到轮船实际运动的速度 $v_{\text{船}}$ 是河水流速 $v_{\text{水}}$ 与轮船相对水的航行速度 $v_{\text{船}}$ 的合速度,从而画出速度矢量关系图,是解题的基础。

第三课时

一、双基训练

知识点 1: 竖直下抛运动。

精讲:把物体以一定的初速度 v_0 沿着竖直方向向下抛出,仅在重力作用下物体所做的运动叫做竖直下抛运动。

竖直下抛运动是一种初速度不为零,加速度 a 等于重力加速度 g 的匀加速直线运动。

从运动合成的角度看,竖直下抛运动可以看成是自由落体运动和竖直向下的匀速直线运动(速度是 v_0) 的合运动。事实上所有的抛体运动都可以运用这种方法进行分解;假设没有初速度,让物体仅在重力的作用下运动,物体将做自由落体运动;反之,假设抛出去的物体不受重力作用,由于惯性,物体就会保持初速

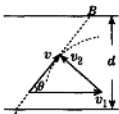


图 1-2-18

高考题针对性训练:

9. (2000,天津)图 1-2-20 为一空间探测器的示意图, P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 是四个喷气发动机, P_1 、 P_3 的连线与空间一固定坐标系的 x 轴平行, P_2 、 P_4 的连线与 y 轴平行,每台发动机开动时,都能向探测器提供推力,但不会使探测器转动。开始时,探测器以恒定的速率 v_0 向正 x 方向平动,要使探测器改为向 $+x$ 偏负 $-y$ 偏 60° 的方向以原来的速率 v_0 平动,则可()

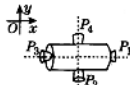


图 1-2-20

- 先开动 P_1 适当时间,再开动 P_4 适当时间
- 先开动 P_3 适当时间,再开动 P_2 适当时间
- 开动 P_4 适当时间
- 先开动 P_3 适当时间,再开动 P_4 适当时间

学法提示 本节是匀变速直线运动的特例,匀变速直线运动的规律同样适用于竖直方向的抛体运动。要自觉运用运动的合成与分解的方法对抛体运动进行研究。结合竖直上抛运动的对称性,感受和体会物理学中的对称美。

考纲要求 (1)知道物体做竖直方向上的抛体运动的条件;(2)会用运动的合成与分解的方法研究抛体运动;(3)掌握竖直方向上的抛体运动的特点和规律,并能求解有关的实际问题。



度 v_0 沿着开始抛出的方向做匀速直线运动。实际上的抛体运动中,物体既具有一定的初速度又要受到重力的作用,物体同时参与了以上两种运动。也就是说,各种抛体运动都可以看成是自由落体运动和一个沿着初速度方向的匀速直线运动的合运动。

取竖直向下为正方向,加速度 $a=g$, 竖直下抛运动的速度和位移公式为 $v_t = v_0 + gt$, $s = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$ 。位移速度关系式为 $v_t^2 - v_0^2 = 2gs$ 。

【典例】 某人从楼顶以 5m/s 的初速度竖直向下抛出一个球。球下落过程中要经过一个高度为 1.358m 的窗户,该窗户的上檐到楼顶的高度为 2.8m ,则屋内的人看到球经过窗户的时间是多少? (g 取 10m/s^2)

解: 小球经过窗户上檐时的速度为

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = \sqrt{5^2 + 2 \times 10 \times 2.8} \text{m/s} = 9 \text{m/s}.$$

小球经过窗户下檐时的速度为

$$v' = \sqrt{v_0^2 + 2g(h + \Delta h)} = \sqrt{5^2 + 2 \times 10 \times (2.8 + 1.358)} \text{m/s} = 10.4 \text{m/s}.$$

$$\text{由 } \Delta h = \frac{v + v'}{2} \Delta t \text{ 得 } \Delta t = \frac{2\Delta h}{v + v'} = \frac{2 \times 1.358}{9 + 10.4} \text{s} = 0.14 \text{s}.$$

评析: 竖直下抛运动是一种初速度不为零的匀变速直线运动,所有匀变速直线运动规律和解决问题的方法在这里都适用。

知识点 2: 竖直上抛运动。

精讲: 把物体以一定的初速度 v_0 沿着竖直方向向上抛出,仅在重力作用下物体所做的运动叫做竖直上抛运动。由于忽略了空气阻力的作用,跟自由落体和竖直下抛运动一样,竖直上抛运动也是一种理想化的物理运动模型。

(1) 竖直上抛运动的描述:

① 物体具有竖直向上的初速度 v_0 。

② 由于仅受重力作用,物体运动的加速度恒为重力加速度 g 。

③ 物体的运动分为上升和下降两个过程。在上升过程中,加速度的方向与速度方向相反,物体做匀减速直线运动,速度越来越小,当速度减小到零时,物体达到最大高度,然后物体由这一高度自由下落。在下落过程中,加速度的方向与速度方向相同,物体做匀加速直线运动。由于整个运动过程中物体的加速度恒定,因此,竖直上抛运动也是一种匀变速直线运动(上升过程和下降过程只是这个过程中的两个阶段,下降过程是上升过程中当物体的速度减小到零后的继续)。

(2) 从运动的合成与分解的角度看,竖直上抛运动可以看成是一个竖直向上的匀速直线运动(速度是 v_0)和自由落体运动的合运动。由于初始条件不同,如果说竖直下抛运动是一条直线上的同方向的两个运动的合成,则竖直上抛运动就是一条直线上的两个反方向运动的合成。

(3) 竖直上抛运动规律:既然竖直上抛运动是一种匀变速直线运动,那么它必定满足匀变速直线运动的各种规律。

取竖直向上(初速度 v_0 的方向)为正方向,则 $a = -g$ 。竖直上抛运动的速度和位移公式为 $v_t = v_0 - gt$, $s = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$ 。位移速度关系式为 $v_t^2 - v_0^2 = -2gs$ 。

(4) 由于竖直上抛运动涉及上升和下降两个过程,因此在处理竖直上抛运动问题时,有以下两种思路和方法:

① 分步处理。上升过程用初速度不为零的匀减速直线运动来计算;下降过程用自由落体公式来计算。由于这两个过程的加速度都等于重力加速度 g ,因此竖直上抛运动具有对称性。也就是说,在上升过程中物体是如何减速的,在下降过程中物体就如何加速,下降过程是上升过程的逆过程。由此不难得到竖直上抛运动的特点:a. 物体上升到最大高度所用的时间(上升时间)跟物体从最大高度落回到原地的时间(下降时间)相等。b. 物体落回原地的速度跟抛出时的初速度 v_0 大小相等,方向相反。c. 物体在上升和下降过程中经过空中同一位置时,其速度大小相等方向相反;物体在上升和下降过程中通过空中同一段高度时,所用的时间相等。如图 1-3-1 所示。

知识点 2 针对性训练:

2. 物体做竖直上抛运动后又落回到原出发点的过程中,下列说法正确的是()

- A. 上升过程中,加速度方向向上,速度方向向上
- B. 下落过程中,加速度方向向下,速度方向向下
- C. 在最高点,加速度大小为零,速度大小为零
- D. 到最高点后,加速度方向不变,速度方向改变

3. 在 $t=0$ 时,将一物体以 $v_0 = 30\text{m/s}$ 的初速度竖直上抛,经过 4s ,该物体运动的路程和位移的大小分别为(g 取 10m/s^2)()

- A. $40\text{m}, 40\text{m}$
- B. $50\text{m}, 50\text{m}$
- C. $50\text{m}, 40\text{m}$
- D. $50\text{m}, 45\text{m}$



由此可见,研究上升阶段物体的运动时,不必拘泥于物体向上做匀减速运动,也可以反其道而行之,将其倒过来当成自由落体运动处理。

②整体处理:就整体而言,竖直上抛运动是一种匀变速直线运动。因此,我们可以用匀变速直线运动的公式来统一求解竖直上抛运动的速度、位移和时间。

在对竖直上抛运动的整个过程用公式 $v_t = v_0 - gt$, $s = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$, $v_t^2 - v_0^2 = -2gs$ 解

题时,要注意以下几点:a.物体运动的时间是从抛出时刻开始记录的;b.将竖直向上(初速度 v_0 的方向)作为正方向,加速度 $a = -g$ 。若求出某时刻物体的速度为正值,说明物体此刻正处于上升过程;若求出的速度为负值,则说明物体正位于下降阶段;c.将抛出点作为表示物体位移的初位置。若得到的位移为正值,说明物体正位于抛出点上方(但不能确定是处于上升阶段还是处于下降阶段);若得到的位移为负值,则说明物体正位于下降阶段,且位于抛出点下方。

(5)竖直上抛运动中的几个有用的结论。

①物体上升到最大高度所用的时间跟物体从最大高度落回到原地的时间相等,均为 $t_1 = \frac{v_0}{g}$ 。

②物体从抛出到落回原地所用的时间为 $t = 2t_1 = \frac{2v_0}{g}$ 。

③物体能上升的最大高度为 $H = \frac{v_0^2}{2g}$ 。

(6)竖直上抛运动的 $v-t$ 图像如图 1-3-2 所示。对图像的认识要注意以下几点:①图像与 v 轴的交点坐标表示初速度 v_0 ;②图像与 t 轴的交点坐标表示物体上升到最大高度所用的时间 $t_1 = \frac{v_0}{g}$;③图像的斜率表示物体运动的加速度 $a = \tan\alpha = -\tan\theta = -g$;④ t 轴上方的图像与 t 轴所围三角形的面积表示物体能上升的最大高度 $H = \frac{1}{2}v_0 t_1 = \frac{v_0^2}{2g}$ 。



图 1-3-1

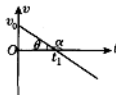


图 1-3-2

在实际问题中,是用图像法还是计算法,是研究整个过程还是分段处理,应视解决问题的方便而定。

【典例】 气球下挂一重物以 $v = 10 \text{ m/s}$ 的速度匀速上升,当气球到达离地面 $h = 175 \text{ m}$ 高度处时,吊挂重物的细绳突然断裂,此后重物经过多长时间落回地面?落地时的速度多大?(空气阻力不计, g 取 10 m/s^2)

解: 在吊挂重物的细绳断裂后的瞬间,由于惯性,重物仍具有向上的速度 $v = 10 \text{ m/s}$ 。以后重物仅受到重力的作用,做竖直上抛运动。

将小球做竖直上抛运动的整个过程作为一个整体。取竖直向上为正方向,到重物落回地面时,其位移 $s = -h = -175 \text{ m}$ 。

根据 $s = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$ 得到 $-175 = 10t - \frac{1}{2} \times 10t^2$, 解得 $t = 7 \text{ s}$ 。根据 $v_t = v_0 - gt$ 得到 $v_t = 10 - 10 \times 7 \text{ m/s} = -60 \text{ m/s}$ 。即小球经过 7 s 落回地面;落地时的速度大小为 60 m/s 。

评析: 求解本题时易犯的错误有两点:一是认为在吊挂重物的细绳断裂后的瞬间,重物的速度为零,以后的运动是自由落体运动;二是采用整体法处理时,忽视用 $s = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$ 所进行的是矢量运算,错误地认为重物的位移 $s = 175 \text{ m}$ 。

二、综合题训练

【典例】 一小型探空火箭携带的燃料能燃烧的时间是 8 s 。在燃料燃烧期间,火箭能以大小为 $0.8g$ 的加速度竖直升空。现将火箭由地面竖直发射。问:火箭能上升的最大高度是多少?发射后经过多长时间火箭残骸落回地面?(不计空气阻力, g 取 10 m/s^2)

所考知识点提示: 本题综合考查匀变速直线运动及竖直上抛运动规律。

解: 当燃料用完时,火箭上升的高度为 $s_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = \frac{1}{2} \times 0.8 \times 10 \times 8^2 \text{ m} = 256 \text{ m}$ 。

火箭获得的速度为 $v = at_1 = 0.8 \times 10 \times 8 \text{ m/s} = 64 \text{ m/s}$ 。

燃料用完后,火箭做竖直上抛运动,能继续上升的高度为 $s_2 = \frac{v^2}{2g} = \frac{64^2}{2 \times 10} \text{ m}$ 。

综合题针对性训练:

4. 甲物体从离地高度为 h 处自由下落,同时它在它正下方的地面上将乙物体以初速度 v_0 竖直上抛,若要乙物体在下落过程中与甲物体相碰,则 v_0 的取值范围如何?



=204.8m.

故发射后火箭能上升的最大高度为 $H = s_1 + s_2 = 256 + 204.8\text{m} = 460.8\text{m}$.

设燃料用完后,火箭继续运动的时间为 t_2 , 则 $-s_1 = vt_2 - \frac{1}{2}gt_2^2$. 代入数值得 $-256 = 64t_2 - \frac{1}{2} \times 10t_2^2$, 解得 $t_2 = 16\text{s}$.

故火箭发射后经 $t = t_1 + t_2 = 8 + 16\text{s} = 24\text{s}$, 其残骸落回地面.

评析: 求解本题的关键: 一是弄清前后两个阶段火箭运动的规律; 二是注意前后两个阶段之间的联系. 譬如: 匀加速上升过程的末速度同时也是竖直上抛运动的初速度; 前后两个过程中火箭通过的位移大小相等, 方向相反; 等等.

三、海西新课标题训练

开放性题

讲解: 竖直上抛运动和日常生活联系比较紧密, 近几年的高考中不断出现一些新情景题, 譬如: 围绕若跳高、跳水等体育项目命题或者以生活中的各种抛体运动为背景命题, 等等.

【典例】 自然界中的各种生物都有自己独特的弹跳能力. 跳蚤的身长只有 0.5—3mm, 体重仅 200mg 左右, 往上跳跃的高度却能达到 350mm. 澳大利亚袋鼠的体重达 200 磅, 却能很轻松地將身体跃入空中 4 英尺高 (1 英尺 = 0.3048m).

你认为目前世界男子跳高冠军起跳时的初速度最接近下列数据中的哪一个? ()

- A. 4m/s B. 5m/s C. 6.5m/s D. 7m/s

解: 目前世界男子跳高冠军能跳过的高度约为 2.4m. 设运动员身高为 2m, 其重心距地面约为 1m. 跳高方式采用背跃式, 则跳高时其重心上升的高度约为 1.4m. 根据运动学公式 $v^2 = 2gh$ 得到起跳速度 $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 1.4}\text{m/s} = 5.2\text{m/s}$. 选项 B 正确.

评析: 解答本题需要一定的专业知识, 如: 世界男子跳高纪录是多少? 运动员身高约为多少? 采用什么方式跳高? 人体重心的大体位置等等. 近几年这种贴近生活的高考试题经常出现, 日常生活中要注意积累一些常用数据. 至于和本节相关的知识, 关键是两点: 一是将跳高过程简化成一个竖直上抛运动; 二是研究对象要选取运动员的重心, 不能错误地认为运动员能上升的最大高度是 2.4m.

四、题法揭示

【典例】 用同一初速度每隔相等的时间竖直上抛一个小球, 这样先后抛出 6 个小球. 已知当第 1 个小球上升到最大高度 $h = 6.25\text{m}$ 时, 第 6 个小球刚开始上抛. 求此时刻其余 4 个小球在空中的位置.

解: 6 个小球都做竖直上抛运动. 除第 1 个小球刚好到达最高点, 第 6 个小球刚开始上抛外, 其余 4 个球都处于上升过程. 若按匀减速运动处理, 解答过程将相当繁琐. 考虑到竖直上抛运动具有对称性, 不妨倒过来将问题看成是 6 个小球自 6.25m 高处每隔相等时间依次释放. 这样就可以利用初速度为零的匀变速直线运动中, 物体在连续相等时间内的位移比 $s_1 : s_2 : s_3 : s_4 : s_5 = 1 : 3 : 5 : 7 : 9$ 的规律解題了.

由图 1-3-3 可以看出, 此时刻其余 4 个小球在空中的位置是: 第 5 个球位于抛出点上方 $h_5 = s_5 = \frac{9}{25} \times 6.25\text{m} = 2.25\text{m}$ 高处; 第 4 个小球位于抛出点上方 $h_4 = s_4 + s_5 = \frac{16}{25} \times 6.25\text{m} = 4\text{m}$ 高处; 第 3 个小球位于抛出点上方 $h_3 = s_3 + s_4 + s_5 = \frac{21}{25} \times 6.25\text{m} = 5.25\text{m}$ 高处; 第 2 个小球位于抛出点上方 $h_2 = s_2 + s_3 + s_4 + s_5 = \frac{24}{25} \times 6.25\text{m} = 6\text{m}$ 高处.

妙法评析: 研究竖直上抛运动的上升过程, 不必拘泥于匀减速直线 图 1-3-3

新课标针对性训练:

5. (2002, 全国) 蹦床是运动员在一张绷紧的弹性网上蹦跳、翻滚并做各种空中动作的运动项目. 一个质量为 60kg 的运动员, 从离水平网面 3.2m 高处自由下落, 着网后沿竖直方向蹦回到离水平面 5.0m 的高处. 已知运动员与网接触的时间为 1.2s. 若把这段时间内网对运动员的作用当作恒力处理, 求此力的大小 (g 取 10m/s^2).

妙法针对性训练:

6. 一升降机以 $a = 2\text{m/s}^2$ 的加速度坚直上升, 在上升过程中有一颗螺钉从升降机的天花板上落下, 天花板与地板间的距离为 2m, 问螺钉落至地板所需的时间为多少?

