



荣德基

3

94

组合
讲练测

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

配沪科版

高中物理
必修2

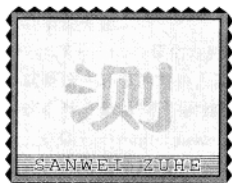


讲 所考的知识点
练 所讲的内容
测 所练的效果

讲

吉林教育出版社





高中物理必修2

(配沪科版)

总主编:荣德基

本册主编:常军岩



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: 沪科版(HK)/荣德基总主编. —长春: 吉林教育出版社, 2005. 8

ISBN 7-5383-5051-9

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 093072 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 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

定价 19.20 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,更不会再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。教师在教学中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、有侧重点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,但最重要的是获取知识、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”,融入到荣德系列教辅丛书中的每一节、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最新奉献。

《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。

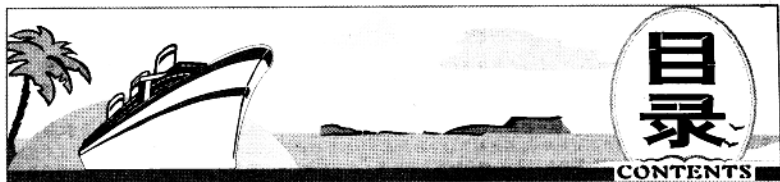
学习无止境,探索无尽头。CETC 循环学习模式还需要不断地开发、完善,如果读者朋友们在应用 CETC 模式的过程中有新发现、新建议,请联系我们!来信请寄:北京 100077—29 信箱, CETC 研究组收,邮编 100077。

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);■(一题多解题);小手“”所指数字为答案所在页码。



2005 年 4 月



第一章 怎样研究抛体运动

第一节 飞机投弹和运动的合成与分解	1
第一课时	1
第二节 研究平抛运动的规律	5
第二课时	6
第三节 研究斜抛运动	9
第三课时	10
全章复习	13

第二章 研究圆周运动

第一节 怎样描述圆周运动	15
第四课时	15
第二节 怎样研究匀速圆周运动	18
第五课时	18
第三节 圆周运动的案例分析	22
第六课时	22
第四节 研究离心现象及其应用	26
第七课时	26
全章复习	27

第三章 动能的变化与机械功

第一节 探究动能变化跟功的关系	29
第八课时	29
第二节 动能定理的案例分析	31
第九课时	31
第三节 研究功与功率	34
第十课时	34
第十一课时	37

第四章 能量守恒与可持续发展

第一节 势能的变化与机械功	43
第十二课时	43

第二节 研究机械能守恒定律	47
第十三课时	47
第十四课时	50
第三节 能量的转化与守恒	51
第四节 能源与可持续发展	51
第十五课时	51
第十六课时 习题课	52
全章复习	55

第五章 万有引力与航天

第一节 从托勒密到开普勒	57
第十七课时	57
第二节 万有引力定律是怎样发现的	60
第十八课时	60
第十九课时	63
第三节 万有引力定律的案例分析	67
第二十课时	67
第四节 飞出地球去	70
第二十一课时	70
全章复习	74

第六章 经典力学与现代物理

第一节 经典力学的巨大成就和局限性	76
第二十二课时	76
第二节 狭义相对论的基本原理	77
第三节 爱因斯坦心目中的宇宙	77
第二十三课时	77
第四节 微观世界与量子论	79
第二十四课时	79
全章复习	81
参考答案及评析	82



第一章 怎样研究抛体运动

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 飞机投弹和运动的合成与分解

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,并且不互相影响。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。



第一课时

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,而且它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 1-1-1 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 1-1-1(a)中,我们可以得到

$$s = \sqrt{s_1^2 + s_2^2}, \sin\theta = \frac{s_2}{s}, \cos\theta = \frac{s_1}{s} \text{ 以及 } \tan\theta = \frac{s_2}{s_1} \text{ 等关}$$

系式;图(b)中也有 $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$, $\sin\alpha = \frac{v_2}{v}$, $\cos\alpha = \frac{v_1}{v}$ 以及 $\tan\alpha = \frac{v_2}{v_1}$ 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。

知识点1针对性训练:

1. 关于运动的合成与分解,以下说法正确的是()

- 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

2. 关于两个分运动的合运动,下列说法正确的是()

- 两个匀速直线运动的合运动一定是匀速直线运动
- 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

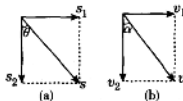


图 1-1-1

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边角的对应关系,运用数学方法列等式求解。

【典例】 某人在二楼阳台上将其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 10m/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上的两个分运动的合运动。将石块出手时的速度 v 分解,如图 1-1-2

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

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

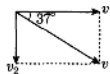


图 1-1-2

评析: 本题是练习求解运动的合成与分解问题的一般方法和步骤。

(二) 基本能力训练

能力点 1: 有关运动的合成与分解的几个典型问题。

精讲: 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,我们先作两条假设: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 1-1-3 所示。

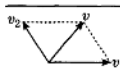


图 1-1-3

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 1-1-4 所示。其中平行于河岸的分速度 $v_{2x} = v_2 \cos \theta$ 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 $v_{2y} = v_2 \sin \theta$ 是小船渡河

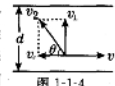


图 1-1-4

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 $t = \frac{d}{v_{2y}}$ 。

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 $v_{2y} = v_2 \sin \theta$ 最大,即 $\theta = 90^\circ$ 时, $v_{2y} = v_2$,此时 v_2 的方向(船头的指向)垂直指向河对岸,且小船

能力点 1 针对性训练:

3. 轮船以一定的速度向对岸行驶,船头始终指向正对岸,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 700m ,河水均匀流动,流速为 2m/s ,汽船在静水中的航速为 4m/s ,则汽船的船头应偏向哪个方向行



渡河的最短时间为 $t_{\min} = \frac{d}{v_2}$ 。注意：此时小船渡河的位移沿图 1-1-5 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 1-1-6 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 1-1-7 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 $\cos\theta = \frac{v_2}{v_1}$ 。

【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 1-1-8 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 1-1-9 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 $t = \frac{d}{v_2 \sin\alpha} = \frac{200}{4 \sin 60^\circ} = \frac{100}{3} \sqrt{3} \text{ s} \approx 58 \text{ s}$ 。

评析：求解本题时，有两点值得注意：一是题中有合速度 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做匀速下落。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_1 竖直下落，人以速度 v_2 向东运动。为研究人观察到雨滴运动的情景，我们先作两个假设：一是假设人站在地面上不动，这时他看到雨滴正以速度 v_1 竖直下落；二是假设雨滴静止在空中不动，人则以速度 v_2 向东运动，这时人会感觉到雨滴以速度 v_2 向西运动。实际上，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 1-1-10 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？

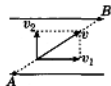


图 1-1-5

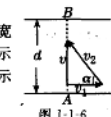


图 1-1-6

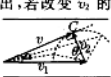


图 1-1-7



图 1-1-8



图 1-1-9

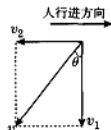


图 1-1-10

驶，才能恰好到达河的正对岸？渡河过程经历多长时间？

5. 小飞机在航行测量时，它的航线要严格的从东到西，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√3km，所需时间是多少？

6. 如图 1-1-14 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（ ）

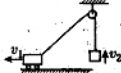


图 1-1-14

- 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 $v_2 < v_1$

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 1-1-11 所示。

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。

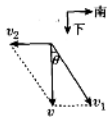


图 1-1-11

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 1-1-12 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, 既使它们各自产生其中的一个效果, 又使它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)。

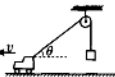


图 1-1-12

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 1-1-13 所示。由几何关系得 $v_1 = v \cos\theta$ 。

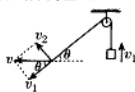


图 1-1-13

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, $\theta \downarrow \rightarrow \cos\theta \uparrow \rightarrow v \downarrow$)。

二、课内新课标讲练

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 1-1-15 所示。该实验表明: 两个 _____ 运动的合运动是 _____ 运动。

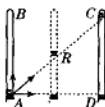


图 1-1-15

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 1-1-16 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。

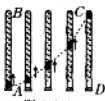


图 1-1-16

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, 金刚钻的割刀速度为 10 m/s , 为了使割下的玻璃板都成规定尺寸的矩形, 金刚钻割刀的轨道应如何控制? 切割一次的时间是多长?



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、题法揭示

【典例】如图 1-1-17 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 1-1-17

解:欲使小船渡河通过的位移最小,应使图 1-1-18 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 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。

图 1-1-18

由几何关系,得 $\sin\theta = \frac{v_2}{v_1} = \frac{4}{5}$, 即 $\theta =$

53° 。 $v = \sqrt{v_1^2 - v_2^2} = \sqrt{5^2 - 4^2} \text{ m/s} = 3\text{ m/s}$ 。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 $t = \frac{s_{AB}}{v} = \frac{90}{3} \text{ s} = 30\text{ s}$ 。

评析:上述解题方法的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、高考题链接

【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 $v_R = 4\text{ m/s}$,航向正南。由于河水流动,轮船应该有一个分速度;大小与 v_R 相等,方向与 v_R 相反,这样轮船才会朝正南方向航行,如图 1-1-19 所示。

由几何关系知 $\tan\theta = \frac{v_R}{v_R} = \frac{3}{4}$, 则 $\theta = 37^\circ$, 即船头应该与上游河岸成 53° 角航行。且 $v_R = \sqrt{v_R^2 + v_R^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} \text{ m/s} = 5\text{ m/s}$ 。

图 1-1-19

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,是解题的关键;认识到轮船实际运动的速度 v_R 是河水流速 v_R 与轮船相对于水的航行速度 v_R 的合速度,从而画出速度矢量关系图,是解题的基础。

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?

高考题针对性训练:

9. (2000,天津,4分)图 1-1-20 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 $+x$ 方向平动,要使探测器改为向 $+x$ 偏 $-y$ 角 60° 的方向以原来的速率 v_0 平动,则可 ()

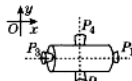


图 1-1-20

- A. 先开动 P_1 适当时间,再开动 P_4 适当时间
B. 先开动 P_3 适当时间,再开动 P_2 适当时间
C. 先开动 P_1 适当时间,再开动 P_3 适当时间
D. 先开动 P_3 适当时间,再开动 P_4 适当时间



第二节 研究平抛运动的规律

学法提示 建议将本节内容作为运动的独立性以及运动的合成与分解的一个应用实例进行学习,体会物理学中对复杂的曲线运动的处理方法。另外,要重视课本中探究性实验要求达到的学习目标。

考纲要求

1. 理解平抛运动是匀变速运动,其加速度为 g 。
2. 理解平抛运动可以看作是水平方向的匀速直线运动与竖直方向的自由落体运动的合运动,并且这两个分运动互不影响。
3. 会用平抛运动的规律解答相关问题。



一、双基训练

知识点1:对平抛运动的一般性认识。

精讲:将物体以一定的初速度沿水平方向抛出,仅在重力作用下物体所做的运动叫做平抛运动。由于忽略了空气阻力的作用,跟竖直上抛运动一样,平抛运动也是一种理想化的物理运动模型。

(1)平抛运动的描述

①物体具有水平方向上的初速度 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由物体做直线或曲线运动的条件知,做平抛运动的物体由于受到与初速度方向不在一条直线上的重力作用而做曲线运动,其运动轨迹是一条抛物线。考虑到重力加速度 g 是恒矢量,因此平抛运动是一种匀变速曲线运动。

(2)从运动的合成与分解的角度看,平抛运动可以看成是水平方向上的匀速直线运动(速度是 v_0)和竖直方向上的自由落体运动的合运动。不妨设想:如果物体不受重力,把物体水平抛出,物体将沿水平方向做匀速直线运动;反之,如果物体没有水平的初速度,仅在重力的作用下物体将沿竖直方向做自由落体运动。现在物体既有水平方向的初速度又同时受重力作用,所以物体实际的运动就是这两个分运动的合运动。另外,还可以从力的独立作用原理的角度分析:平抛物体在水平方向上不受力,物体由于惯性而做匀速直线运动;在竖直方向上,物体没有初速度,但受到重力的作用,所以做自由落体运动。

(3)平抛运动的规律

①物体在任一时刻 t 的位置坐标 x 和 y 。

以初速度 v_0 的方向为 x 轴正方向,竖直向下为 y 轴正方向,取抛出点为坐标原点 O ,建立直角坐标系如图1-2-1所示。物体在任一时刻 t 的位置坐标的公式为 $x = v_0 t$, $y = \frac{1}{2} g t^2$ 。根据这两个公式,求出任一时刻物体的位置,用平滑曲线把这些位置连接起来,就得到平抛运动的轨迹。

由位移平行四边形还可以得到物体在 t 时间内位移的大小为 $s = \sqrt{x^2 + y^2}$ 。

位移与 x 轴正方向夹角 θ 的正切值为 $\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{\frac{1}{2} g t^2}{v_0 t} = \frac{g t}{2 v_0}$ 。另外,两个分位移 x 、 y 与合位移 s 的关系还可以表达为 $x = s \cos \theta$, $y = s \sin \theta$ 。

如果将位置坐标公式中的 t 消掉,还可以得到平抛物体在任意时刻的位置坐标 x 、 y 所满足的关系式——轨迹方程,即 $y = \frac{g}{2 v_0^2} x^2$ 或者 $x^2 = \frac{2 v_0^2}{g} y$ 。这是一个顶点在原点,开口向下的抛物线的方程,所以说平抛运动的轨迹是一条抛物线。

②平抛物体在任一时刻 t 的速度 v 。

物体以 v_0 的初速度做平抛运动,经时间 t 到达轨迹上的 A 点,此时物体所具有的速度 v 在轨迹上 A 点的切线方向上,如图1-2-1所示。

由于平抛物体在水平方向上做匀速直线运动,在竖直方向上做自由落体运动,因此在 A 点时的水平分速度 v_x 和竖直分速度 v_y 分别为 $v_x = v_0$, $v_y = g t$ 。

由速度平行四边形还可以得到此时刻 A 点的速度大小为 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ 。

速度与 x 轴正方向夹角 α 的正切值为 $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{g t}{v_0}$ 。另外,两个分速度 v_x 、 v_y 与合速度 v 的关系还可以表达为 $v_x = v \cos \alpha$, $v_y = v \sin \alpha$ 。

【典例】 一小球以初速度 v_0 水平抛出,落地时速度为 v ,不计空气阻力,求:(1)小球在空中飞行的时间;(2)抛出点离地面的高度;(3)水平射程;(4)小球的位移。

知识点1 针对性训练:

1.若平抛物体落地时竖直方向速率与水平方向速率相等,则其水平位移与竖直位移之比为()

A. 1:1 B. 2:1

C. $\sqrt{2}:1$ D. 1:2

2.我国滑雪运动员在蒙特利尔冬季奥运会取得了金牌的突破,为国争了光。跳台滑雪是在利用山势特别建造的跳台上进行的,运动员踩着专用滑雪板,在助滑路上调整后起跳,在空中飞行一段距离后着陆。设一位运动员由 a 点沿水平方向跃起,到 b 点着陆,如图1-2-2所示,测得 ab 间距离 $l = 40\text{m}$,山坡倾角 $\theta = 30^\circ$,试计算运动员起跳时的速度和他空中飞行的时间。(不计空气阻力,取 $g = 10\text{m/s}^2$)

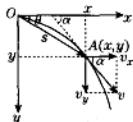


图1-2-1

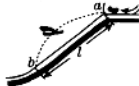


图1-2-2



解:(1)设小球运动的时间为 t , 则 $v_y = gt$.

另由速度平行四边形, 得 $v_x = \sqrt{v^2 - v_y^2}$. 解得 $t = \frac{1}{g} \sqrt{v^2 - v_0^2}$.

(2)抛出点离地面的高度 $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{v^2 - v_0^2}{2g}$.

(3)水平射程 $x = v_0 t = \frac{v_0}{g} \sqrt{v^2 - v_0^2}$.

(4)小球位移的大小 $s = \sqrt{h^2 + x^2} = \frac{1}{2g} \sqrt{v^4 + 2v^2 v_0^2 - 3v_0^4}$.

位移与 x 轴正方向夹角 θ 的正切值 $\tan\theta = \frac{h}{x} = \frac{\sqrt{v^2 - v_0^2}}{2v_0}$.

评析: 本题比较全面地考查了平抛运动中各个物理量间的关系。一般地说, 求解平抛运动问题时, 分析问题的角度不能仅局限于位移平行四边形或者速度平行四边形中, 而应根据题设条件和求解要求, 以时间 t 为纽带, 在位移平行四边形和速度平行四边形之间灵活进行转换。

知识点 2: 关于平抛运动的进一步讨论。

(1)平抛运动在竖直方向上的分运动是自由落体运动。由 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$.

显然, 物体在空中运动的时间 t 由下落的高度 h 决定。无论水平抛出物体的质量如何, 初速度多大, 只要下落的高度相同, 任何物体从抛出到落地所经过的时间都是相同的。

(2)平抛运动在水平方向上的分运动是匀速直线运动。由 $x = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 知, 水平距离不仅与物体在空中运动的时间有关, 也与抛出时的初速度有关, 因此从同一高度抛出的不同物体, 虽然在空中运动的时间相同, 但由于初速度不同, 抛出的水平距离也就不同。

(3)从离开地面 h 高度将物体以初速度 v_0 水平抛出, 物体落地时的速度 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$. 将 $v_x = v_0$, $v_y = \sqrt{2gh}$ 代入, 得 $v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$. 这就是说, 物体落地时速度的大小是由初速度 v_0 和下落高度 h 共同决定的。

(4)用三角形定则研究合速度与两个分速度的关系, 如图 1-2-3 所示。由于合速度 v 是初速度 v_0 与竖直分速度 v_y 的矢量和, 因此从抛出时刻到图示状态的过程中, 物体速度的改变量 Δv 就等于竖直分速度 v_y 。

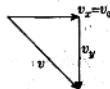


图 1-2-3

由加速度的定义式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 进一步分析: 作为一个矢量, 速度改变量 Δv 的方向总是与加速度 a 的方向相同。物体做平抛运动时, 加速度 $a = g$ 是恒矢量, 因此速度改变量 Δv 的方向总是竖直向下, 其数值取决于所研究的时间 Δt 。显然, 无论物体的质量 m 以及抛出时的初速度 v_0 多大, 也不管所研究的过程属于平抛运动中的哪一个阶段, 只要时间 Δt 相同, 物体的速度改变量 Δv 就相同。

(5)图 1-2-4 中, 物体在 A 点时的速度方向与 x 轴正方向

间的夹角 α 的正切值为 $\tan\alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0} = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{\frac{1}{2}v_0 t} = \frac{y}{x/2}$, 即图中

的 P 点位于 O x 中点。

这就是说, 做平抛运动的物体通过轨迹上任一位置时的速度方向的反向延长线与 x 轴的交点是这一位置所对应的水平位移的中点。这是平抛运动的一个重要性质, 对以后研究类平抛运动, 特别是研究带电粒子在电场中的偏转问题很有帮助。

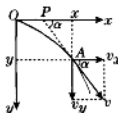


图 1-2-4

(6)平抛运动在竖直方向上的自由落体分运动是初速度为零的匀变速直线

知识点 2 针对性训练:

3. 对于做平抛运动的物体, 以下说法中正确的是 ()

- A. 若只将其抛出点的高度增加一倍, 则它在空中运动的时间也增加一倍
- B. 若只将其抛出点的高度增加一倍, 则它的水平射程也增加一倍
- C. 若只将其初速度增加一倍, 则其水平射程也增加一倍
- D. 若只将其初速度增加一倍, 则其在空中运动的时间也增加一倍

4. 将一物体以 4m/s 的初速度水平抛出, 物体在水平方向上做匀速直线运动, 在竖直方向上做自由落体运动, 某时刻, 测得物体的运动速度与水平方向成 60° 角, 求速度变化量 Δv 和物体的运动时间。(g 取 10m/s^2)

运动。因此在处理竖直方向上的问题时,不但可以用匀变速直线运动的基本公式,而且还可以灵活运用“几个有用的结论和比例关系”解题。

【典例】 关于平抛物体的运动,下列说法中正确的是()

- A. 只要物体抛出时的初速度 v_0 相同,无论抛出点的高度 h 多大,物体在空中运动的时间 t 都相同
 B. 只要抛出点的高度 h 相同,无论抛出时的初速度 v_0 多大,物体落地时速度 v 的大小都相同
 C. 只要抛出点的高度 h 与抛出时初速度 v_0 的比值相同,物体落地时速度 v 的方向就相同
 D. 无论抛出点的高度 h 与抛出时的初速度 v_0 多大,只要经过的时间相同,做平抛运动物体的速度改变量 Δv 就相同

解: D **评析:** 平抛运动物体在空中运动的时间 t 由下落的高度 h 决定,与抛出时初速度 v_0 的大小无关, A 错误; 物体落地时的速度 $v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$, 其大小是由初速度 v_0 和下落的高度 h 共同决定的, B 错误; 物体落地时速度 v 的方向与 x 轴正方向夹角 α 的正切值为 $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{\sqrt{2gh}}{v_0}$, 显然, 表示速度方向的 α 的数值取决于 $\sqrt{h}$ 与 v_0 的比值, C 错误; 平抛运动物体的速度改变量为 $\Delta v = g\Delta t$, 由于重力加速度 g 是恒矢量, 因此, 只要经过的时间 Δt 相同, 速度改变量 Δv 就相同, D 正确。

二、综合题训练

【典例】 飞机以恒定的速度 v 沿水平方向飞行, 飞行高度为 2000m。在飞行过程中释放一枚炸弹, 经过 30s 后飞行员听见炸弹落地时的爆炸声。假设声波向各个方向传播的速度都是 330m/s, 炸弹受到的空气阻力可以忽略, 求飞机的飞行速度 v 。(g 取 10m/s^2)

所考知识点提示: 本题综合考查了知识点 1 以及有关声波传播的知识。

解: 炸弹被释放以后, 只在重力的作用下做平抛运动, 由于其水平分速度跟飞机的速度相同, 因此在炸弹爆炸时, 飞机正处于炸弹的正上方。

设炸弹经时间 t_1 落地爆炸, 由 $h = \frac{1}{2}gt_1^2$, 得

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 2000}{10}} \text{ s} = 20 \text{ s}.$$

从炸弹爆炸到飞行员听到爆炸声所经历的时间为 $t_2 = t -$

$t_1 = 30 \text{ s} - 20 \text{ s} = 10 \text{ s}$ 。由图 1-2-5 所示的示意图, 可得关系式

$$h^2 + (vt_2)^2 = (v_{\text{声}} t_2)^2. \text{ 代入数值得 } 2000^2 + (10v)^2 = (330 \times 10)^2, \text{ 解得 } v = 262.5 \text{ m/s}.$$

评析: 能够正确绘出运动情景示意图, 找到声波传播距离与飞机飞行距离之间的关系, 是正确解答本题的关键。

三、课后新题训练

探究性题

讲解: 平抛运动是生活中常见的一种运动, 如飞机投弹, 水平射箭, 以及体育活动中的投掷、击球等项目。另外, 不少探究性问题也以频闪照片或用来记录平抛运动轨迹的点迹为背景进行命题。

【典例】 伽利略在 1638 年写的《两种新科学的对话》一书中曾说, 一颗石子从船上一根桅杆顶上落下时, 不论船是静止的还是匀速航行, 它都将落在桅杆的脚下, 并亲自做了这个实验。请用平抛运动的规律解释这一现象。

解: 船上的桅杆是竖直的。当船静止时, 石子从桅杆顶上落下后做自由落体运动, 落地点在桅杆的脚下。当船匀速航行时, 石子从桅杆顶上落下后的瞬间, 由于惯性而和船有相同的速度, 这也是它以后做平抛运动的初速度。由于平抛运动

综合题针对性训练:

5. 一列火车以 0.98m/s^2 的加速度在平直轨道上加速行驶, 在车厢中一乘客把手伸到窗外, 从距地面 2.5m 高处自由释放一物体, 如不计空气阻力, 则物体落地时与乘客的水平距离是多少?

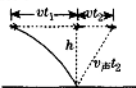


图 1-2-5

新课标针对性训练:

6. 某同学设计了一个探究平抛运动特点的实验装置, 如图 1-2-6 所示。在水平桌面上放置一个斜面, 每次都让钢球从斜面上的同一位置滚下, 滚过桌边后钢球便做平抛运动。在钢球抛出后经过的地方水平放置一块木板 (还有一个用来调节木板高度的支架, 图中未画), 木板上放一张白纸, 白纸上复有复写纸, 这样便能记录钢球在白纸上的落点。桌子边缘钢球经过的地方挂一条铅垂线。已知平抛运动的竖直分运动是自由落体运动, 在此前提下, 怎样探究钢球水平分运动的特点? 请指出还需要的器材, 并说明实验步骤。

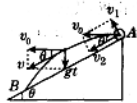
在水平方向上的分运动是匀速直线运动,因此在相同的时间内石子在水平方向上和船运动了相同的距离,故石子最后也会落到桅杆的脚下。

评析:当船匀速航行时,要知道石子从桅杆顶上落下后做的是平抛运动。

四、技法展示

【典例】在倾角为 θ 的斜面上端的 A 点,以初速度 v_0 水平抛出一小球。经过一段时间,小球落到斜面上的 B 点,问经过多长时间小球距离斜面最远,这个最远距离 d 为多少?

解:如图 1-2-7 所示。当小球的瞬时速度 v 跟斜面平行时,小球距离斜面最远。此时小球的速度 v 与水平方向的夹角为 θ 。



由几何关系知, $\tan\theta = \frac{gt}{v_0}$, 即 $t = \frac{v_0}{g} \tan\theta$ 。

将小球的初速度 v_0 正交分解,在垂直斜面的方向上小球做匀减速直线运动。当小球在这个方向上的速度为零时,小球距离斜面最远。由运动学规律得 $d = \frac{v_0 + 0}{2} t = \frac{v_0 \sin\theta + 0}{2} \cdot \frac{v_0}{g} \tan\theta = \frac{v_0^2 \sin^2\theta}{2g\cos\theta}$ 。

评析:通常把平抛运动分解为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,从而将一个复杂的曲线运动分解为两种简单的直线运动进行处理。但在某一个具体问题中,这种分解方法却不一定是最简单的。也就是说,任何一种方法都有其局限性。只有根据具体问题的需要,灵活选择分解的方向,才是真正的物理研究方法。

五、高考题训练

【典例】(2005,江苏,14分) A、B 两小球同时从距地面高为 $h=15\text{m}$ 处的同一点抛出,初速度大小均为 $v_0=10\text{m/s}$ 。A 球竖直向下抛出, B 球水平抛出,空气阻力不计,重力加速度取 $g=10\text{m/s}^2$,求:(1) A 球经多长时间落地?(2) A 球落地时, A、B 两球间的距离是多少?

解:(1) A 球做竖直下抛运动 $h = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$, 将 $h=15\text{m}$, $v_0=10\text{m/s}$ 代入, 可得 $t=1\text{s}$ 。

(2) B 球做平抛运动, $x = v_0 t$, $y = \frac{1}{2} g t^2$, 将 $v_0=10\text{m/s}$, $t=1\text{s}$ 代入, 可得 $x=10\text{m}$, $y=5\text{m}$, 此时 A 球与 B 球的距离 L 为 $L = \sqrt{x^2 + (h-y)^2}$, 将 x, y, h 数据代入, 得 $L=10\sqrt{2}\text{m}$ 。

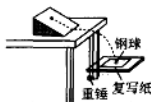


图 1-2-6

妙法针对性训练:

7. 如图 1-2-8 所示, 在光滑水平面上的 A 点以初速度 v_0 弹出一个质量为 m 的小球, 弹出方向垂直直线 MN 且正对 O 点, 且 $AO=L$ 。在弹出小球的同时对球施加一个垂直 AO 方向的水平恒力 F , 当小球运动到距 MN 的距离为原来一半时, 恒力 F 消失, 以后球沿直线运动并到达屏上的 P 点, 则 P 点到 O 点的距离为多少?

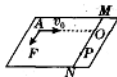


图 1-2-8

高考题针对性训练:

8. (1996, 全国) 宇航员站在一星球表面上的某高处, 沿水平方向抛出一个球, 经过时间 t , 小球落到星球表面, 测得抛出点与落地点之间的距离为 L ; 若抛出时的初速度增大两倍, 则抛出点与落地点之间的距离变为 $\sqrt{3}L$ 。已知两落地点在同一水平面上, 求该星球表面的重力加速度。

第三节 研究斜抛运动

学法提示 学习本节内容不要把精力过多地放在运用斜抛运动的规律解决定量问题上, 要更多地关注斜抛运动的一般特征, 运用运动的合成与分解的方法分析抛体运动的规律以及抛体运动与日常生活的联系等。

考纲要求 1. 知道斜抛运动的特点, 会用运动的合成与分解的方法分析斜抛运动。2. 知道什么是斜抛运动的射高、射程, 定性地了解它们是怎样随初速度和抛射角的变化而改变的。3. 知道什么是弹道曲线, 它为什么不同于抛物线。



第三课时

一、双基训练

(一)基本知识训练

知识点1:对斜抛运动的一般性认识。

精讲:将物体用一定的初速度沿斜向上抛出去,仅在重力作用下物体所做的运动叫做斜抛运动。由于忽略了空气阻力,斜抛运动跟自由落体运动及其他各种抛体运动一样,也是一种理想化的物理运动模型。

(1)斜抛运动的特点

①初速度的方向沿斜上方;②物体只受到重力作用,其加速度是重力加速度 g ;③由于重力方向与速度方向不在一条直线上,加速度 g 又是恒矢量,所以斜抛运动是匀变速曲线运动。

(2)斜抛运动的分解

如图1-3-1所示,把初速度 v_0 分解为水平方向的分速度 $v_{0x} = v_0 \cos\theta$ 和竖直方向的分速度 $v_{0y} = v_0 \sin\theta$ 。在水平方向上,物体不受力,物体由于惯性而做匀速直线运动;在竖直方向上,物体只受重力作用,由于有竖直向上的初速度 v_{0y} ,物体做竖直上抛运动。也就是说,斜抛运动可以看成是水平方向速度为 $v_0 \cos\theta$ 的匀速直线运动和竖直方向初速度为 $v_0 \sin\theta$ 的竖直上抛运动的合运动。

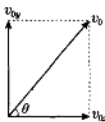


图1-3-1

根据实际需要,从研究问题的方便出发,也可以将斜抛运动分解为沿初速度 v_0 方向的匀速直线运动和自由落体运动。

斜抛运动是一种非常普遍的抛体运动,竖直上抛和平抛运动分别可以看成是斜抛运动在抛射角 θ 为 90° 和 0° 时的特殊情况。

(3)斜抛运动的规律

①斜抛物体在任一时刻 t 的位置坐标为 x 和 y 。取水平方向初速度 v_{0x} 的方向为 x 轴正方向,取竖直向上为 y 轴正方向,取抛出点为坐标原点 O ,从抛出时刻开始计时,由于重力加速度沿 y 轴负方向,故 $a = -g$,由此得物体在任一时刻 t 的位置坐标的公式为 $x = v_0 \cos\theta t$, $y = v_0 \sin\theta t - \frac{1}{2} g t^2$ 。根据这两个公式,求出任一时刻物体的位置,用平滑曲线把这些位置连接起来,就得到斜抛运动的轨迹,如图1-3-2所示。

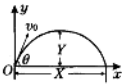


图1-3-2

消去 x 、 y 两式中的时间 t ,就得到斜抛运动的轨迹方程: $y = x \tan\theta - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2\theta} x^2$ 。上式表明:斜抛运动的轨迹是一条开口向下的抛物线。

②斜抛物体在任一时刻 t 的分速度 v_x 和 v_y 为 $v_x = v_0 \cos\theta$, $v_y = v_0 \sin\theta - gt$ 。由于斜抛运动在水平方向上的分运动是匀速直线运动,因此斜抛运动轨迹中的上升与下降是由竖直分速度决定的。当 $v_y = 0$ 时,物体到达最高点;当 $v_y = -v_0 \sin\theta$ 时,物体返回抛出点所在的水平面。因此,物体上升到最高点所用的时间 $t_1 = \frac{v_0 \sin\theta}{g}$,从物体被抛出到返回抛出点所在水平面的飞行时间 $T = 2t_1 = \frac{2v_0 \sin\theta}{g}$ 。

【典例】关于斜抛运动,下列说法中正确的是()

- A. 运动员将羽毛球斜向上击出,羽毛球实际的运动就是斜抛运动
B. 物体做斜抛运动时,其水平位移是均匀增加的
C. 由于斜抛运动是曲线运动,所以斜抛运动是非匀变速运动
D. 物体做斜抛运动时,由于竖直方向仅受重力作用,故物体在竖直方向上做自由落体运动

解:B 评析:通常所说的斜抛运动只是一种理想化的物理运动模型,羽毛球实际运动时受到的空气阻力不能忽略,A错误;斜抛运动是一种匀变速曲线运动,C

知识点1针对性训练:

1. 关于斜抛运动,下列说法中正确的是()

- A. 斜抛运动是变加速曲线运动
B. 斜抛运动是匀变速曲线运动
C. 相同时间内物体通过的位移相同
D. 相同时间内物体通过的位移不同

2. 关于斜抛运动,下列说法中正确的是()

- A. 斜抛运动可以分解为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
B. 斜抛运动可以分解为水平方向上的匀速直线运动和竖直方向上的竖直上抛运动
C. 斜抛运动可以分解为沿初速度方向上的匀速直线运动和竖直方向上的自由落体运动
D. 斜抛运动可以分解为沿初速度方向上的匀速直线运动和竖直方向上的竖直上抛运动



错误;斜抛运动在水平方向上的分运动是匀速直线运动,其水平位移是均匀增加的。B正确;斜抛运动在竖直方向上的分运动是竖直上抛运动,D错误。

(二)基本能力讲练

能力点1:关于斜抛运动的几个结论。

精讲:(1)斜抛运动的射高公式

从抛出点的水平面到物体运动轨迹最高点的高度叫做射高。射高实际上是竖直方向上的竖直上抛分运动所能达到的最大高度,由 $Y = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$ 得 $Y = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$ 。由上式知,抛出物体时的初速度 v_0 越大,抛射角 θ 越大,射高 Y 就越大。当抛射物体时的初速度 v_0 一定时,改变抛射角 θ 就可以改变射高 Y 。当 $\theta=0^\circ$ 时,物体做平抛运动,此时 $Y=0$;当 $\theta=90^\circ$ 时,物体做竖直上抛运动,此时射高最大, $Y_m = \frac{v_0^2}{2g}$ 。

(2)斜抛运动的射程公式

所谓射程,是指抛出点与落地点在同一水平面上的情况下,抛出点到落地点的水平距离,实际上是斜抛运动物体在飞行时间内在水平方向上发生的位移。由 $X = v_0 t$, 得 $X = \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$ 。

由上式知,射程 X 既与抛出时的初速度 v_0 有关,也与抛射角 θ 有关。当 θ 一定时,初速度 v_0 越大,射程 X 就越大;在初速度 v_0 大小一定时,改变抛射角 θ ,射程 X 存在着一个最大值。容易看出,当 $\theta=45^\circ$ 时, $\sin 2\theta=1$, 此时射程最远, $X_m = \frac{v_0^2}{g}$ 。

(3)斜抛运动的对称性

斜抛运动的轨迹是在没有空气阻力的理想空间中的一条抛物线。这条抛物线关于轨迹的最高点左右对称。由于轨迹最高点的切线沿水平方向,因此斜抛物体在到达最高点以后的运动实际上是以 $v_0 \cos \theta$ 为初速度的平抛运动。由斜抛运动的对称性还可以得到:①当物体落回抛出点所在的水平面时,其速度大小 $v=v_0$, 方向与 x 轴正方向的夹角为 θ , 如图1-3-3所示;②上升阶段中物体从任一高度上升到最大高度所用的时间,跟它从最高点落回到这一高度所用的时间相等;③物体上升时通过任一高度时的速度跟它下落时通过相同高度时的速度大小相等,方向跟 x 轴正方向的夹角相同。

(4)由于斜抛运动可以看成是沿初速度 v_0 方向的匀速直线运动和竖直向下的自由落体运动的合运动,因此跟各种抛体运动一样,物体在相同时间内速度的改变量 Δv 相同 ($\Delta v = g \Delta t$)。

(5)弹道曲线

以上讨论都有一个前提,即物体运动的速率不大,空气阻力可以忽略。但若研究诸如炮弹等物体的高速运动,空气阻力就不能忽略了。也就是说,炮弹实际运动的轨迹(弹道曲线)和抛物线是不同的,弹道曲线的升弧和降弧不再对称,升弧长而平伸,降弧短而弯曲,如图1-3-4所示。

虽然抛体在空中是沿弹道曲线飞行的,但我们通过对理想状况下抛体运动规律的研究,可以进一步研究各种不同的阻力对抛体运动产生的影响。

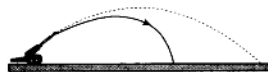


图 1-3-4

【典例】下列关于斜抛运动的说法中正确的是()

- 在抛射角一定的情况下,只要增大初速度,就能增大射高
- 在初速度大小一定的情况下,只要增大抛射角,就能增大射程

能力点1 针对性训练:

3. 关于斜抛运动,下列说法中正确的是()

- 抛出时的初速度越大,射高就越大
- 抛出时的初速度大,射高可能较小
- 若抛出时的初速度大小一定,则当抛射角 $\theta=45^\circ$ 时,射高最大
- 若抛出时的初速度大小一定,则当抛射角 $\theta=90^\circ$ 时,射高最大

4. 关于斜抛运动,下列说法中正确的是()

- 抛出时的初速度越大,射程就越远
- 抛出时的初速度大,射程可能较小
- 若抛出时的初速度大小一定,则当抛射角 $\theta=45^\circ$ 时,射程最远
- 若抛出时的初速度大小一定,则当抛射角 $\theta=90^\circ$ 时,射程最远