



普通高中课程标准实验教科书



物理

(必修2)

广东基础教育课程资源研究开发中心物理教材编写组 编著

 广东省出版集团

全国优秀出版社 全国百佳图书出版单位

 广东教育出版社

普通高中课程标准实验教科书



物理

(必修2)

WU LI

广东基础教育课程资源研究开发中心物理教材编写组 编著

主 编：保宗悌

副 主 编：布正明 王笑君 姚跃涌

本册主编：张军朋

本册编者：王笑君

布正明 李卫红 刘雄硕 余 江
邹旭光 张军朋 张 革 陈信余 苏剑青
保宗悌 程志文

(以姓氏笔画为序)

绘 图：李德安

广东省出版集团

全国优秀出版社 全国百佳图书出版单位
广东教育出版社

· 广州 ·

责任编辑\郝琳琳
编 审\李朝明
责任技编\吴伟腾
装帧设计\陈宇丹 郭敏徽 何 维

普通高中课程标准实验教科书

物 理

(必修2)

(配光碟)

广东基础教育课程资源研究开发中心

物理教材编写组 编著

*

广东教育出版社出版

(广州市环市东路472号12-15楼)

邮政编码: 510075

网址: <http://www.gjs.cn>

广东省新华书店发行

广东新华印刷有限公司印刷

(广东省佛山市南海区盐步河东中心路)

890毫米×1240毫米 16开本 8印张 170 000字

2010年7月第1版 2010年7月第1次印刷

ISBN 978-7-5406-7885-2

定价: 14.22元 (配光碟1张)

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究

如有印装质量或内容质量问题, 请与我社联系。

联系电话: 020-87613102

前言

欢迎同学们进入物理（必修2）的学习。

在物理（必修1）中，我们只研究了物体沿着一条直线的运动。实际上，在日常生活和生产技术中，曲线运动随处可见。在物理（必修2）中，我们把学习的重点首先转向两类重要的曲线运动：抛体运动和圆周运动。从中你会看到，在研究直线运动时用过的方法，原则上同样适用于曲线运动。

为什么熟透了的苹果会往下落，而天上的月亮既不落向地球，也不飞向茫茫宇宙离我们而去？牛顿运动定律能够处理地面上物体的运动，能不能处理天体的运动？为什么人造地球卫星能绕地球运行而不掉下来？“神舟”载人航天显示出我国空间开发的重大成就，同学们是不是希望了解其中的基本原理？通过物理（必修2）的学习，我们可以找到答案。

除了对力和运动的关系描述，我们还要从另外一个角度学习力学，那就是能量。一切物质都在运动，因此，一切物质都具有能量。机械能是一种常见的能量形式。我们会发现，从能量的角度处理力学问题有时会十分方便和容易理解。在本书中我们要学习如何定量计算机械能，分析机械能在什么条件下保持守恒，怎样从能量角度考虑节约能源和保护环境。

最后，本书要向大家介绍经典力学的成就和局限性，在这里同学们可以非常清晰地认识到，科学的发展是永无止境的，每个伟大的成就都有其局限性，我们应该用这种观点来认识世界，在科学的道路上，不断探索，永不停息。

人类对自然规律的认识缘于对自然界中的各种现象的好奇心和探究其中奥秘的欲望。因此，同学们在物理学习中要善于观察、勤于思考、敢于质疑、勇于实践，对物理知识的学习，也不能仅仅满足于知道“是什么”、“为什么”，更应该知道如何应用。

为了使物理课的学习成为一种乐趣，本书设计了引人入胜的栏目。你可以在“实验与探究”中像科学家那样动手动脑，体验探究物理学奥秘的喜悦。“讨论与交流”给你提供了发表见解的机会，让你在与同学相互交流中增进对物理知识的理解。通过“观察与思考”你会从中学会观察，得到启迪。“实践与拓展”向你提供了一些小实验、小制作和进一步探究的实践性课题，你可到生活、自然界中去观察、探究，训练你的实践和创新能力，体验科学、技术与社会发展的互动关系。“练习”和“习题”栏目将帮助你检验自己的学习状况，找到你学习的不足。“资料活页”和“我们的网站”为你提供了许多新奇、有趣的信息，向你介绍物理学史上的小故事以及最新的科技成果。“本章小结”让你梳理全章的知识线索，回顾和整理本章的知识，评价自己的学习情况。

科学是一个不断探究的过程。科学探究是令人愉快的、有趣的和引人深思的。我们生活在一个科学的世界里，我们的周围有许多要观察的事物，有许多要了解的科学过程，有许多要解答的科学问题。让我们共同来探究我们周围的物理世界吧。

目录

第一章 抛体运动	1
第一节 什么是抛体运动	2
抛体运动的速度方向	3
抛体做直线或曲线运动的条件	4
第二节 运动的合成与分解	7
分运动与合运动	7
运动的独立性	7
运动的合成与分解	8
第三节 竖直方向的抛体运动	10
竖直下抛运动	10
竖直上抛运动	10
第四节 平抛运动	14
平抛运动的分解	14
平抛运动的规律	16
第五节 斜抛运动	19
斜抛运动的分解	19
斜抛运动的规律	20
射程与射高	20
弹道曲线	21
 第二章 圆周运动	27
第一节 匀速圆周运动	28
认识圆周运动	28
如何描述匀速圆周运动的快慢	29
线速度、角速度、周期间的关系	30
第二节 向心力	33
感受向心力	33
向心加速度	34

生活中的向心力	35
第三节 离心现象及其应用	38
离心现象	38
离心现象的应用	39
第三章 万有引力定律及其应用	45
第一节 万有引力定律	46
天体究竟做怎样的运动	46
苹果落地的思考：万有引力定律的发现	47
第二节 万有引力定律的应用	51
计算天体的质量	51
理论的威力：预测未知天体	52
理想与现实：人造卫星和宇宙速度	53
第三节 飞向太空	56
飞向太空的桥梁——火箭	56
梦想成真——遨游太空	57
探索宇宙奥秘的先锋——空间探测器	59
第四章 机械能和能源	63
第一节 功	64
怎样才算做了功	64
如何计算功	64
功有正、负之分吗	65
第二节 动能 势能	68
动能	68
重力势能	69
弹性势能	72
第三节 探究外力做功与物体动能变化的关系	74
第四节 机械能守恒定律	79
动能与势能之间的相互转化	79
机械能守恒定律的理论推导	80
第五节 验证机械能守恒定律	83
第六节 能量的转化与守恒	85
各种各样的能量	85
能量之间的转化	86
能量转化与守恒定律	87
能量转化和转移的方向性	87
第七节 功率	91
如何描述物体做功的快慢	91
怎样计算功率	91
第八节 能源的利用与开发	95
能源及其分类	95
能源危机与环境污染	96

能源的开发	96
第五章 经典力学与物理学革命	103
第一节 经典力学的成就与局限性	104
经典力学的发展历程	104
经典力学的伟大成就	105
经典力学的局限性和适用范围	106
第二节 经典时空观与相对论时空观	107
经典时空观	107
相对论时空观	108
第三节 量子化现象	111
黑体辐射：能量子假说的提出	111
光子说：对光电效应的解释	112
光的波粒二象性：光的本性揭示	113
原子光谱：原子能量的不连续	113
第四节 物理学——人类文明进步的阶梯	115
物理学与自然科学——人类文明进步的基石	115
物理学与现代技术——人类文明进步的推动力	116

第一章

抛体运动

伽利略在 1638 年出版的《两种新科学的对话》一书中，运用观察 — 假设 — 数学推理的方法，详细地研究了抛体运动，得出与意大利数学家、力学家塔塔格里亚在 1546 年对抛体运动的经验研究一致的结论，显示了科学理论的解释、预言和指导作用。此后，牛顿在思考万有引力定律时曾设想，从高山上以足够大的速度水平抛出物体时，物体将环绕地球运动，而永远也不会落到地面上来。如今，牛顿的设想已变成现实，人造地球卫星的发射开创了人类利用航天技术的新领域。

抛体运动的知识在生活中有许多应用。例如，一架水平飞行的运输机，怎样把救援物资投向指定地点？是在指定地点的正上方投下，还是在离开指定地点有一段水平距离时投下？在比赛场上，运动员怎样投掷才能取得最佳成绩？是不是投掷的力越大，速度越大，投掷的距离就越大？学习了这一章的抛体运动知识，你会明白其中的奥妙。



第一节 什么是抛体运动

专业术语

抛体运动

projectile motion

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**。

下面的图片是日常生活中常见的抛体运动现象，你还能举出哪些做抛体运动的实例？



图 1-1-1 各种各样的抛体运动现象

抛体运动的速度方向

如果不是将物体沿竖直方向抛出，而是向远处抛出，如图 1-1-2 所示，物体的运动轨迹将是一条曲线。

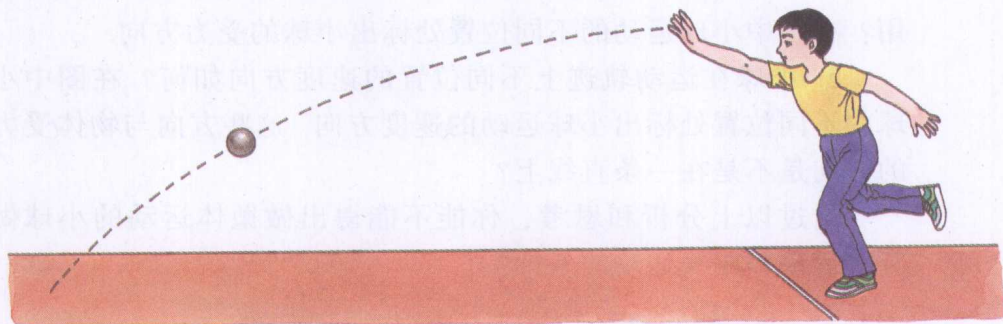


图 1-1-2 向远处抛出的小球沿曲线运动

曲线运动比直线运动更为复杂。做直线运动时，物体的速度方向始终在其运动轨迹的直线方向上，那么，物体做曲线运动时的速度方向如何呢？

在砂轮上打磨刀具时，溅出的火星会沿着砂轮边缘的切线方向飞出，如图 1-1-3 所示；在泥泞道路上启动摩托车时，车轮溅起的泥浆沿其边缘的切线方向飞出，如图 1-1-4 所示。

专业术语

曲线运动

curvilinear motion

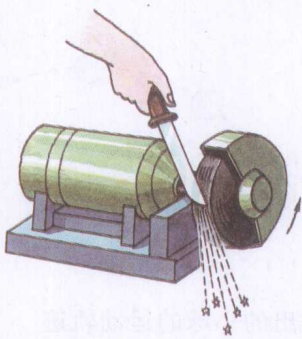


图 1-1-3 火星沿砂轮边缘的切线方向飞出



图 1-1-4 泥浆沿车轮边缘的切线方向飞出

大量的事实表明：**在曲线运动中，质点在某一时刻（或某一位置）的速度方向就是曲线上这点的切线方向。**因此，做抛体运动的质点的速度方向，在其运动轨迹各点的切线方向上，并指向质点前进的方向。

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。我们知道，速度是矢量，既有大小，又有方向。不论速度的大小是否改变，只要速度方向发生变化，速度矢量就发生了变化，即具有加速度。所以曲线运动是一种变速运动。

抛体做直线或曲线运动的条件

在生活中, 我们看到抛体有的做直线运动, 有的做曲线运动. 为什么是这样呢? 仔细观察和分析下列从不同角度向空中抛出的小球的运动和受力情况 (图 1-1-5), 并思考下列问题:

1. 在忽略空气阻力的情况下, 抛出的小球受到什么力的作用? 在图中小球运动的不同位置处标出小球的受力方向.

2. 小球在运动轨迹上不同位置的速度方向如何? 在图中小球的不同位置处标出小球运动的速度方向. 这些方向与物体受力的方向是不是在一条直线上?

通过以上分析和思考, 你能不能得出做抛体运动的小球做直线运动和曲线运动的条件?

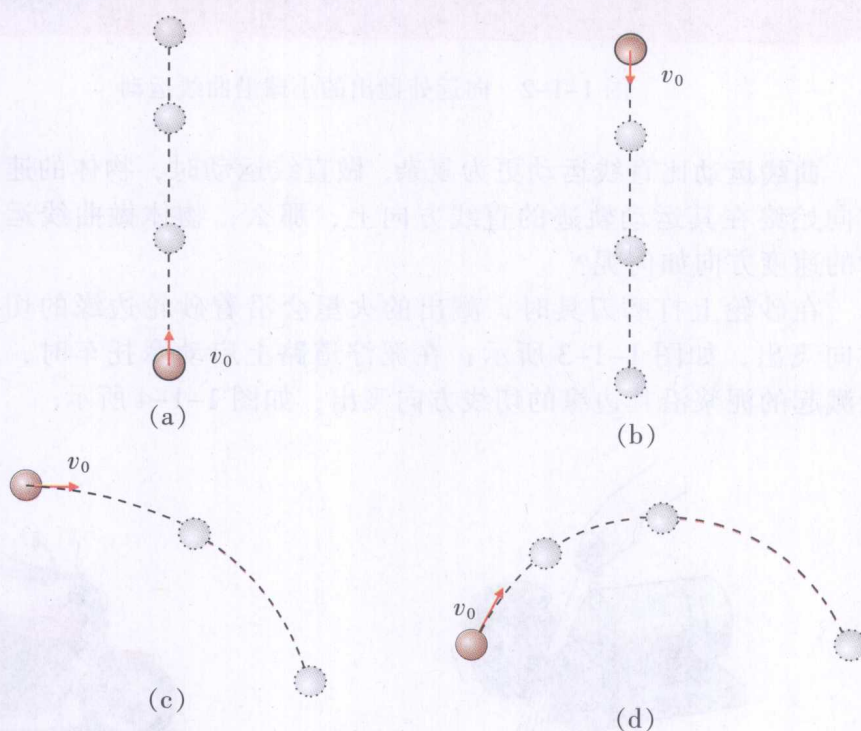


图 1-1-5 以不同角度抛出的小球的运动轨迹

讨论与交流

请你将观察和分析的结果, 先与同一小组的同学讨论与交流, 然后将讨论与交流得出的结论填入下列横线上.

小球做直线运动的条件: _____.

小球做曲线运动的条件: _____.

通过以上几个抛体运动的例子, 我们分析和讨论了物体做曲线运动的条件. 那么, 在一般情况下, 物体做曲线运动的条件是什么? 能否作出这样的猜想: 当运动物体所受合力的方向跟它的速度方向不在同一直线上时, 物体将做曲线运动. 我们先从理论来论证上述猜想是否正确, 然后再通过实验进行验证.

在直线运动中,物体所受合力的方向与速度的方向总在同一直线上,根据牛顿第二定律,加速度的方向也就与速度的方向在这条直线上,因此,物体无论运动快慢,速度的方向及运动轨迹总是在同一直线上。

如果物体所受合力的方向与速度的方向不在一条直线上,而是成一角度,这时可将合力分解为平行速度方向的分力和垂直速度方向的分力。根据牛顿第二定律,平行速度方向的分力,将在速度平行方向产生加速度,从而改变速度的大小;垂直速度方向的分力,将在与速度垂直方向上产生加速度,从而改变物体原来的运动方向,使物体做曲线运动。因此,物体做曲线运动的条件是:

当物体所受合力的方向与它的速度方向不在同一直线上时,物体做曲线运动。

上述结论是由理论分析得出来的。请参考下面的实验或自己重新设计实验验证上述结论。

实践与拓展

我们选用小铁球、磁铁、铺垫白纸的平滑桌面、圆弧形滑轨、直尺、铅笔等简易器材进行实验。

在实验时,将圆弧形滑轨放在平滑桌面的白纸上,使其底端出口与桌面相切,让小铁球从圆弧形滑轨滚下以获得一定的初速度。为便于观察,在小球出口处沿运动方向用直尺在白纸上画一条直线。实验步骤如下:

1. 让小铁球从圆弧形滑轨的上端滚下,如图 1-1-6 (a) 所示,仔细观察小铁球在桌面上的运动情况,并把实验结果记录在表 1-1-1 中。

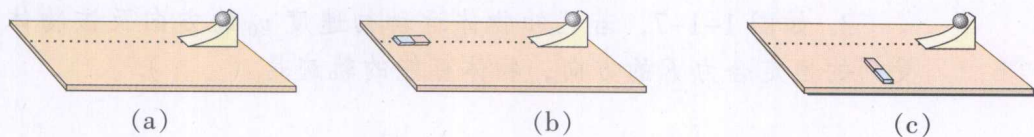


图 1-1-6 探究曲线运动的条件

2. 将条形磁铁放在小铁球运动方向的正前方,如图 1-1-6 (b) 所示,重复步骤 1。
3. 将条形磁铁放在小球运动方向旁的适当位置,如图 1-1-6 (c) 所示,重复步骤 1。
4. 调整磁铁的摆放位置,多次重复步骤 3。

表 1-1-1 实验结果记录

	小球在桌面上所受合力 (F) 方向	小球在桌面上时的速度方向 (v)	合力的方向和速度方向的关系	实验结论
1				
2				
3				
4				

综合以上实验的结果, 我们可以得出以下实验结论: _____

 我们的网站 (physics.scnu.edu.cn/gzwl)

1. 游乐场中的曲线运动
2. 牛顿的大胆设想

练习

1. 将一纸片向空中抛出, 这一纸片所做的运动是抛体运动吗? 为什么?
2. 关于曲线运动, 下列说法是否正确? 为什么?
 - (1) 曲线运动一定是变速运动.
 - (2) 曲线运动中的加速度一定不为零, 但可以等于恒量.
 - (3) 曲线运动中的物体, 不可能受恒力的作用.
3. 如图 1-1-7, 若已知物体运动初速度 v_0 的方向及该物体受到的恒定合力 F 的方向, 物体可能的轨迹是 ().

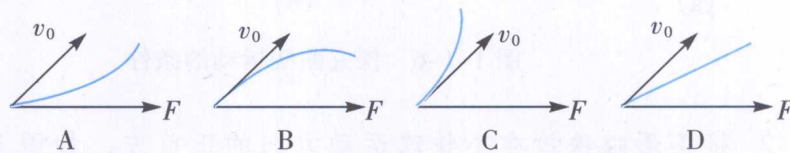


图 1-1-7

4. 做曲线运动的物体, 在运动过程中, 一定变化的物理量是 ().

A. 速率 B. 速度 C. 加速度 D. 合力

5. 一物体从 O 点被抛出后在空中沿一条弧线飞行, 如图 1-1-8 所示. 请在图中画出物体飞行到最高点 A 时的速度方向.

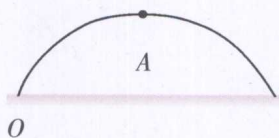


图 1-1-8

第二节 运动的合成与分解

抛体运动是比直线运动更为复杂的曲线运动. 把复杂的运动转化为简单的运动来进行研究, 是物理学处理问题的常用方法. 如何把抛体运动转化为简单的运动来进行研究呢? 本节学习运动的合成与分解是解决这一问题的基本方法.

分运动与合运动

观察与思考

从以下的实验现象中, 你发现了什么?

如图 1-2-1 所示, 用小锤打击弹性金属片, 球 1 沿水平方向飞出.

我们看到, 球 1 经过一段时间, 沿曲线路径从抛出点 A 运动到落地点 D . 球 1 除了竖直方向 AC 上有运动外, 同时还有水平方向 AB 上的运动. 虽然在这段时间内, 球 1 并没有直接在水平方向 AB 和竖直方向 AC 上运动, 但球 1 沿曲线 AD 从 A 点运动到 D 点在效果上相当于水平方向从 A 点运动到 B 点, 以及竖直方向从 A 点运动到 C 点. 这样球 1 从 A 点到 D 点实际发生的运动可以看成上述两个运动合成的结果.

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**.

讨论与交流

从运动产生的效果来看, 合运动与分运动是一种什么关系? 你能否用自己的话把这种关系表述出来?

运动的独立性

观察与思考

仔细观察和思考下面的实验现象, 你从中可以得出什么结论?

如图 1-2-2 所示, 用小锤打击弹性金属片, 球 1 沿水平方向飞出, 同时球 2 被松开, 做自由落体运动. 改变小锤打击金属片的作用力, 使球 1 沿水平方向飞出的初速度大小发生变化, 重复上述实验.

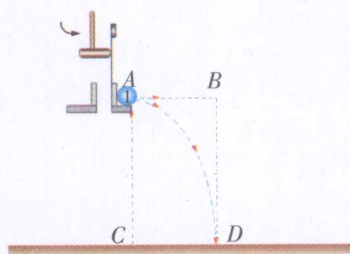


图 1-2-1 合运动与分运动

专业术语

合运动

resultant motion

分运动

component motion

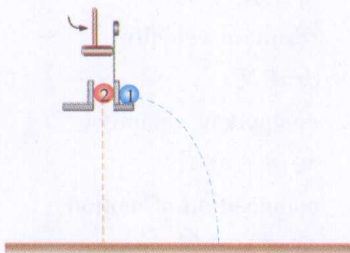


图 1-2-2 运动的独立性

通过实验可观察到, 虽然球 1 和球 2 两球运动的轨迹不同, 一个是曲线, 另一个是直线, 但不论球 1 水平抛出的初速度如何, 两球几乎总是在同一时刻落到地上. 这一实验事实说明, 在同一时间内, 1、2 两球在竖直方向上的运动距离总是相同的. 球 1 除了竖直方向的运动外, 同时还有水平方向的运动, 但水平方向的运动对于竖直方向的运动没有丝毫影响. 也就是说, 这两个方向的运动可以看作是独立进行的, 彼此互不影响. 水平抛出的球 1 的运动正是竖直方向和水平方向两种运动的合运动, 竖直方向和水平方向的运动分别是这一合运动的两个分运动.

专业术语

运动的独立性

independence of motion

合位移

resultant displacement

分位移

component displacement

研究表明, 一个复杂的运动可以看成是几个独立进行的分运动的合运动.

通过上面的分析, 你对合运动和分运动又有哪些新认识?

运动的合成与分解

既然一个运动可以看作是由分运动合成的, 那么, 已知分运动的情况, 就可以知道合运动的情况. 由于位移是矢量, 已知分运动在某段时间内发生的位移, 求这段时间内合运动的位移, 需应用平行四边形定则. 例如, 在上述球 1 的运动中, 合运动的位移 $s = AD$ 叫做**合位移**, 分运动的位移 $s_1 = AB$ 和 $s_2 = AC$ 叫做**分位移**. 合位移 s 是按照平行四边形定则由分位移 s_1 和 s_2 合成的, 如图 1-2-3 所示. 即合位移 s 是两个分位移 s_1 和 s_2 的矢量和.

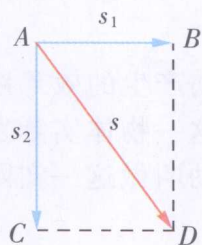


图 1-2-3 合位移 s 是两个分位移 s_1 和 s_2 的矢量和

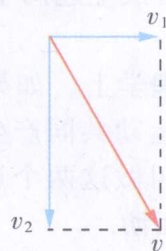


图 1-2-4 合速度 v 是两个分速度 v_1 和 v_2 的矢量和

由上述实验可知, 合运动和分运动是同时发生的, 它们所经历的时间相同. 在球 1 的运动中, 合运动在时间 t 内的平均速度 (即**合速度**) $v = \frac{s}{t}$, 分运动在同一时间内的平均速度 (即**分**

速度) 分别为 $v_1 = \frac{s_1}{t}$ 和 $v_2 = \frac{s_2}{t}$. 合速度 v 是两个分速度 v_1 和 v_2 的矢量和, 如图 1-2-4 所示. 设想时间 t 足够短, v 就是合运动在某一时刻的瞬时速度, v_1 和 v_2 就是两个分运动在同一时刻的瞬时速度. 已知分运动求**合运动**, 叫做**运动的合成**.

反之, 已知合运动的情况, 也可以求出分运动的情况. 已知合运动求分运动, 叫做**运动的分解**.

专业术语

合速度

resultant velocity

分速度

component velocity

运动的合成

composition of motion

运动的分解

decomposition of motion

例：篮球运动员将篮球向斜上方投出，投射方向与水平方向成 60° 角. 设其出手速度为 10 m/s ，这个速度在竖直方向和水平方向的分速度各是多大？

分析：如图 1-2-5 所示，篮球斜向上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，对 v 进行分解就可求得分速度.

解： $v_x = v \cos 60^\circ = 10 \times 0.5 \text{ m/s} = 5.0 \text{ m/s}$

$v_y = v \sin 60^\circ = 10 \times 0.866 \text{ m/s} \approx 8.7 \text{ m/s}$

通过上面的分析和研究可知，一个合运动可以分解为两个分运动，两个分运动可以合成一个合运动. 若两个分运动都是匀速直线运动，它们的速度矢量是恒定的，则合运动的速度矢量也是恒定的，所以合运动是匀速直线运动. 但在一般情况下，两个直线运动的合运动并不一定都是直线运动. 例如，在图 1-2-1 所示的实验中，球 1 的两个分运动都是直线运动，但球 1 的合运动并不是直线运动，而是曲线运动.

一些常见的曲线运动如抛体运动，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，就可以知道复杂的曲线运动的规律，这是研究曲线运动的基本方法. 从下一节起，我们将用这种方法进一步具体分析和研究抛体运动的规律.



讨论与交流

初速度不为零的匀变速直线运动，可以看成在同一直线上哪两个分运动的合运动？



练习

1. 艇在静水中航行的速度是 10 km/h ，当它在流速是 2 km/h 的河水中向着垂直于河岸的方向航行时，合速度的大小和方向怎样？

2. 下列说法是否正确？为什么？

(1) 两个不在同一直线上的匀速直线运动的合运动一定是直线运动.

(2) 两个直线运动的合运动一定是曲线运动.

(3) 两个直线运动的合运动可能是直线运动.

(4) 两个直线运动的合运动可能是曲线运动.

3. 如图 1-2-6 所示的房屋瓦面与水平面成 30° 角，一物体从屋面上滚下，离开屋面时速度大小为 6.0 m/s ，求此时这个速度在水平方向和竖直方向的分速度各是多大？

4. 小船在静水中以恒定的速度运动，现小船要渡过一条小河流，渡河时小船的船头始终向对岸垂直划行. 已知河中心附近水流的速度逐渐增大. 相对于河水的恒定流速，小船渡河时间将 ().

A. 增大

B. 减少

C. 不变

D. 无法确定

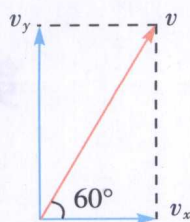


图 1-2-5 速度分解图

若两个分运动都是匀速直线运动，且在同一直线上，速度大小相等、方向相反时，合运动的速度矢量为零，则物体处于静止状态.

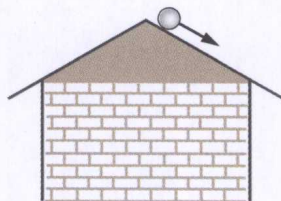


图 1-2-6

第三节 竖直方向的抛体运动

竖直下抛运动

专业术语

竖直下抛运动

vertically downward

projectile motion

竖直上抛运动

vertically upward

projectile motion

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**。

由于竖直下抛运动的物体只受重力作用，运动轨迹是直线，因此，竖直下抛运动的物体的加速度是重力加速度 g ，竖直下抛运动是初速度不为零的匀加速直线运动。

取竖直向下的方向为正方向，竖直下抛运动在时刻 t 的速度 v_t 和位移 s 分别为

$$v_t = v_0 + gt$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$$



讨论与交流

1. 请比较物体所做的竖直下抛运动和自由落体运动，看一看它们之间有什么相同之处和不同之处，并将结果与同学交流后，写在下面的横线上。

相同之处：_____。

不同之处：_____。

2. 从运动合成的角度看，竖直下抛运动可以看作在同一直线上哪两个分运动的合运动？

竖直上抛运动

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**。

竖直上抛运动由上升以及上升到顶点后下降两个过程组成。

由于竖直上抛运动的物体只受重力作用，运动轨迹是直线，因此，竖直上抛运动的物体的加速度是重力加速度 g ，竖直上抛运动是初速度不为零的匀变速直线运动。

取初速度 v_0 的方向为正方向，竖直上抛运动在时刻 t 的速度 v_t 和位移 s 分别为

$$v_t = v_0 - gt$$

$$s = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$$