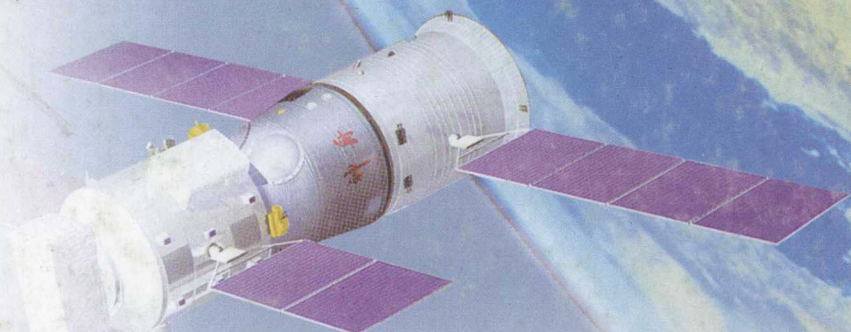


经全国中小学教材审定委员会 2004 年初审通过

必修 2



普通高中课程标准实验教科书

物理 2

PHYSICS

PHYSICS

主 编 束炳如 何润伟

上海科技教育出版社

常用物理量符号及单位

物 理 量		单 位		备 注
名 称	符 号	名 称	符 号	
位移	s	米	m	
时间	t	秒	s	
质量	m	千克	kg	
速度	v	米每秒	m/s	
角速度	ω	弧度每秒	rad/s	
频率	f, ν	赫[兹]	Hz	1Hz=1s ⁻¹
加速度	a	米每二次方秒	m/s ²	
力	F	牛[顿]	N	1N=1kg·m/s ²
功	$W(A)$	焦[耳]	J	1J=1N·m
功率	P	瓦[特]	W	1W=1J/s
能量	E	焦[耳]	J	

注:1. 圆括号中的名称和符号,是它前面的名称和符号的同义词。

2. 方括号中的字,在不致引起混淆、误解的情况下,可省略。去掉方括号中的字,即为其名称的省略。

本书主要公式

线速度 $v = \frac{2\pi R}{T}$

角速度 $\omega = \frac{2\pi}{T}$

向心加速度 $a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$

向心力 $F = m \frac{v^2}{R} = m\omega^2 R$

质能关系 $E = mc^2$

光子的能量 $E = h\nu$

物质波的波长 $\lambda = \frac{h}{p}$

动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

重力势能 $E_p = mgh$

机械能 $E = E_k + E_p$

功 $W = Fs \cos\alpha$

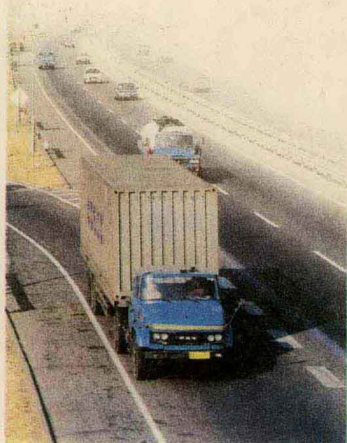
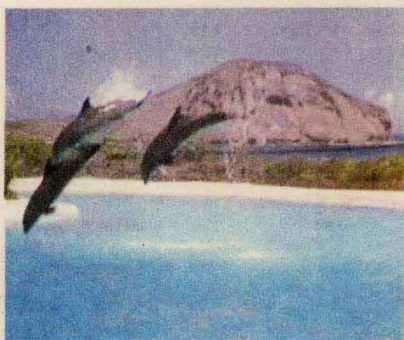
功率 $P = \frac{W}{t}$

动能定理 $W = \Delta E_k$

或 $Fs \cos\alpha = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$

目 录

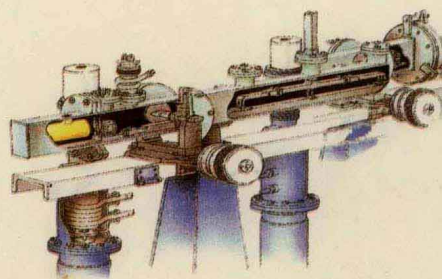
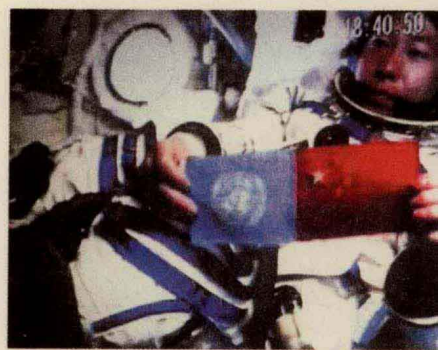
第 1 章	怎样研究抛体运动	6
1.1	飞机投弹和运动的合成与分解	7
1.2	研究平抛运动的规律	11
1.3	研究斜抛运动	15
第 2 章	研究圆周运动	21
2.1	怎样描述圆周运动	22
2.2	怎样研究匀速圆周运动	26
2.3	圆周运动的案例分析	30
2.4	研究离心现象及其应用	34
第 3 章	动能的变化与机械功	40
3.1	探究动能变化跟功的关系	40
3.2	动能定理的案例分析	46
3.3	研究功与功率	50
第 4 章	能量守恒与可持续发展	56
4.1	势能的变化与机械功	56
4.2	研究机械能守恒定律	61
4.3	能量的转化与守恒	66
4.4	能源与可持续发展	70



第 5 章 万有引力与航天	77
5.1 从托勒密到开普勒	78
5.2 万有引力定律是怎样发现的	83
5.3 万有引力定律的案例分析	90
5.4 飞出地球去	95

第 6 章 经典力学与现代物理	103
6.1 经典力学的巨大成就和局限性	104
6.2 狭义相对论的基本原理	109
6.3 爱因斯坦心目中的宇宙	114
6.4 微观世界与量子论	122

总结与评价 课题研究成果报告会	130
研究课题示例	130
评价表	131
高中物理选修系列介绍	133



经全国中小学教材审定委员会 2004 年初审通过

必修 2

普通高中课程标准实验教科书

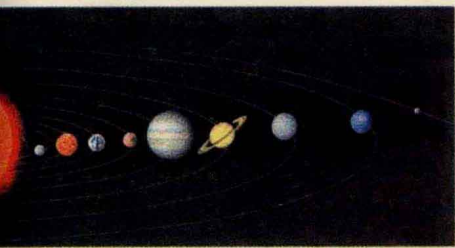
物理 2

PHYSICS

主 编 束炳如 何润伟

上海科技教育出版社

亲爱的同学：



我们说过,自你打开物理课本起,你已经开始投身于一项激动人心的探索活动。让我们继续携手度过一段美好的时光。

你周围世界发生的事情几乎都跟物理学有关,现代社会的许多技术进步都源于对物理规律的理解和应用。学习物理可以使你提高科学素养的愿望得到实现,甚至可以使你成为“专家”。作为现代社会的公民,物理学将有助于我们解决生活、生产中的许多问题。你将体会到物理学对人类文明与社会进步的巨大影响。

物理1、物理2是高中学生必须学习的内容。在这里,我们将走过从伽利略到牛顿为建立经典力学体系而开辟的道路,了解从经典力学到现代物理的变革,学习物理学的基本原理,体会物理学的思想观点和研究方法,认识物理学在科学技术上的广泛应用,及其对人类生活与社会发展的巨大影响。

为了让你在学习物理2的过程中获得更大的成功,请浏览以下的本书栏目介绍。

每章的开头都有一些情景,都会提出一些问题,你知道怎样研究与解决这些问题吗?

第4章 经典力学与现代物理



图 4-1 《自然哲学的数学原理》一书封面

经典力学(classical mechanics),通常叫牛顿力学,主要研究宏观物体机械运动的规律。牛顿在伽利略、开普勒等人工作的基础上,把地面上物体的运动与行星的运动综合起来进行深入研究,发现了机械运动的基本规律——牛顿运动三定律和万有引力定律。他的不朽名著《自然哲学的数学原理》,为经典力学奠定了基础。

步入19世纪末叶,在经典力学基础上发展起来的经典物理学,似乎到了尽善尽美的程度。当时著名的英国物理学家威廉·汤姆孙(W. Thomson)骄傲地宣告:“科学大厦已经基本建成。”后来物理学家只要做一些零碎的修补工作就行了。”但他也有所担忧:“在物理学晴朗天空的远处,还有两朵小小的令人不安的乌云。”

3.1

探究动能变化跟功的关系



如图3-2所示,汽车启动后,在牵引力的作用下行驶一段距离,速度发生了变化。根据初中所学的知识知道,汽车的动能也发生了变化。那么,汽车动能的变化跟牵引力和行驶的距离有什么关系呢?

图 3-2 汽车在牵引力的作用下运动

实验探究

这里将要求你提出问题,设计实验方案,动手做一些有趣的实验,进行科学探究。你得到的回报是探索科学奥秘的喜悦。

实验探究 用实验验证向心力公式

图2-17所示是向心力实验仪。它的基本部件在轴上的横杆。转轴可由仪器内的小电动机驱动。质量相等的重物通过滑轮挂在横杆的两侧。重物可以在其上。闭合电源开关后,电动机驱动横杆转动,重物做圆周运动,所需向心力由横杆两侧的弹簧提供。重物做圆周运动的向心力大小和圆周运动的半径可以从显示屏读取。

关于向心加速度和向心力的规律是从匀速圆周运动推导出的,但对非匀速圆周运动也同样适用。

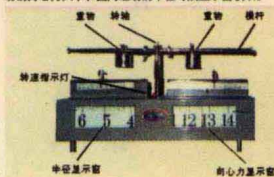


图 2-17 向心力实验仪

运动

在你的铅笔盒里取一块橡皮,用一根细线拴住,把线的另一端用图钉固定在竖直放置的图板上。按图1-4所示的方法,用铅笔靠着线的左侧,沿直线向右匀速移动,再向左移动,来回做几次,仔细观察橡皮的运动轨迹。

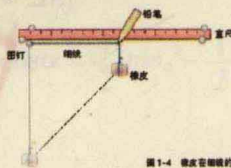


图 1-4 橡皮在细绳的拉动下运动

以图 3-11b 中的向斜上方拉木箱为例, 设拉木箱的力 F 跟水平地板的夹角为 α , 木箱在水平地板上移动了距离 s 。

为了计算力 F 对木箱做的功, 可将 F 按图 3-12 所示分解为 F_1 和



图 3-11 力做功不在一直直线上

分析论证

在这里, 你将经历分析、综合、应用数学工具进行推理、得出物理学规律和公式的过程, 体会到高中物理理论思维的魅力。

课题研究

这里提供了一些课题供你选择研究, 这种研究将让你经历激动人心的探索, 使你的才智得到充分的展示。

课题研究

研究汽车的功率和速度

在老师的指导下, 观察汽车并了解下面的问题或其他你感兴趣的问题。

1. 观察汽车的铭牌, 了解汽车发动机的功率等主要参数。
2. 观察汽车的驾驶室(图 3-20), 了解仪表盘上有哪些仪表, 它们的用途是什么? 怎样读取仪表上的数据?
3. 了解司机在什么情况下要换挡, 他是怎样通过换挡来变速的? 你所参观的汽车采用的是先级变速还是分档变速? 汽车变速系统的基本物理原理是什么?



图 3-20

4. 请教司机, 在什么情况下要加大油门? 在什么情况下要减小油门?
5. 观察司机启动汽车的过程。

尽可能用你所学的物理知识分析你所了解的问题, 并将你的体验与分析过程写成调查报告。如果有条件, 最好用照相机拍摄有关的照片, 加以说明。

多学一点 圆周运动的速度

做圆周运动的物体在圆周上某一点的瞬时速度 v 可以用以下方法来求得。

如图 2-9 所示, 假如物体在圆周上从 A 点运动到 B 点, 位移是 AB , 所用的时间为 Δt 。根据速度的定义, 速度是位移 AB 跟所用时间 Δt 的比, 即 $v = AB/\Delta t$, 这是 Δt 内的平均速度。所取的时间 Δt 越短, B 点越接近 A 点, 物体在 AB 间的运动就越接近于匀速直线运动, 所求的平均速度也就越接近于 A 点的瞬时速度。假如所取的时间为无限短, B 点将无限接近 A 点, 此时求得的平均速度, 就是 A 点的瞬时速度了。

速度是矢量。做圆周运动的物体在圆周上某一点的瞬时速度的方向, 是圆周在这一点的切线方向。

物体做匀速圆周运动时, 物体在圆周上任一点的速度的大小(即速率)不变, 但方向时刻都在变化。前面求得的速度的大小就等于匀速圆周运动的速率。

请你分析: 匀速圆周运动是匀速运动吗?



图 2-9 当 B 点无限接近 A 点时, AB 之间的平均速度就是 A 点的瞬时速度

多学一点

这里有更多的奥秘, 你愿意去探索吗?

家庭作业与活动

1. 图 2-10 表示一位同学用绳子系着一个软木塞, 让它在竖直平面内做圆周运动。若在软木塞运动的最高点或最低点时突然松手, 软木塞将怎样运动?



图 2-10

4. 钟表分针的角速度与时针的角速度之比是——。

5. 图 2-11 是皮带传动机构的示意图(A、B 轮共轴)。

- (1) 请分析三个轮子上哪些点可能具有相同的线速度, 哪些点可能具有相同的角速度, 三个轮子转速的关系如何?
- (2) 设轮 A 与轮 B 的半径分别为 0.4m 和 0.2m , 轮 C 的半径为 0.2m 。已知轮 B 每分钟转 600 转, 计算每个轮子边缘上一点的线速度和角速度。

家庭作业与活动

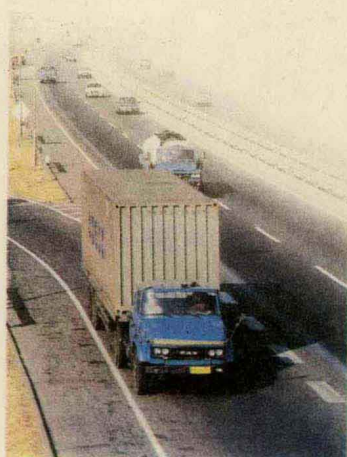
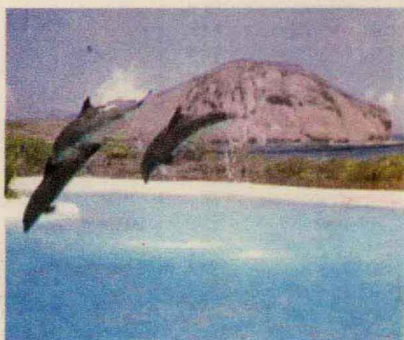
这里为你提供了丰富多彩的学习活动, 让你通过回顾进行自我评价, 使你体验到成功的喜悦

信息浏览、STS 栏目

这里为你提供了各种有趣、有用的资料, 包括物理学史上的经典事例、科学家小故事等, 它们反映了物理学与科学、技术、社会的紧密联系。你的视野将更加开阔, 你会更加热爱科学。

目 录

第 1 章	怎样研究抛体运动	6
1.1	飞机投弹和运动的合成与分解	7
1.2	研究平抛运动的规律	11
1.3	研究斜抛运动	15
第 2 章	研究圆周运动	21
2.1	怎样描述圆周运动	22
2.2	怎样研究匀速圆周运动	26
2.3	圆周运动的案例分析	30
2.4	研究离心现象及其应用	34
第 3 章	动能的变化与机械功	40
3.1	探究动能变化跟功的关系	40
3.2	动能定理的案例分析	46
3.3	研究功与功率	50
第 4 章	能量守恒与可持续发展	56
4.1	势能的变化与机械功	56
4.2	研究机械能守恒定律	61
4.3	能量的转化与守恒	66
4.4	能源与可持续发展	70



第 5 章 万有引力与航天 77

5.1 从托勒密到开普勒 78

5.2 万有引力定律是怎样发现的 83

5.3 万有引力定律的案例分析 90

5.4 飞出地球去 95

第 6 章 经典力学与现代物理 103

6.1 经典力学的巨大成就和局限性 104

6.2 狭义相对论的基本原理 109

6.3 爱因斯坦心目中的宇宙 114

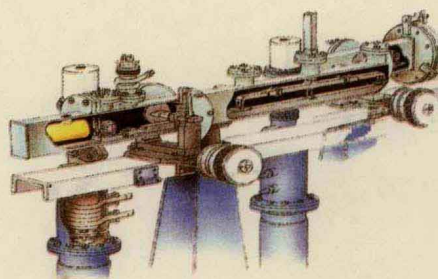
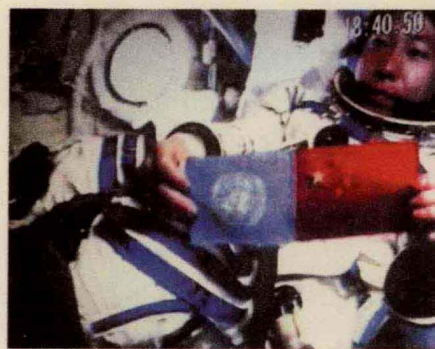
6.4 微观世界与量子论 122

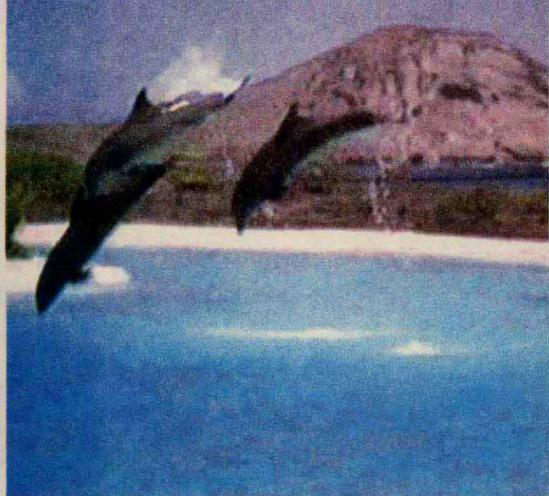
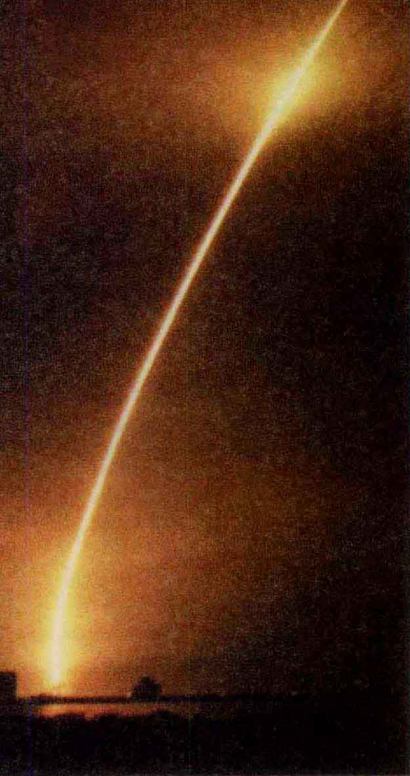
总结与评价 课题研究成果报告会 130

研究课题示例 130

评价表 131

高中物理选修系列介绍 133





海豚从水中跃起的运动是曲线运动

礼花中燃烧颗粒的运动是曲线运动

运载火箭的运动是曲线运动

图 1-1 物体做曲线运动的例子

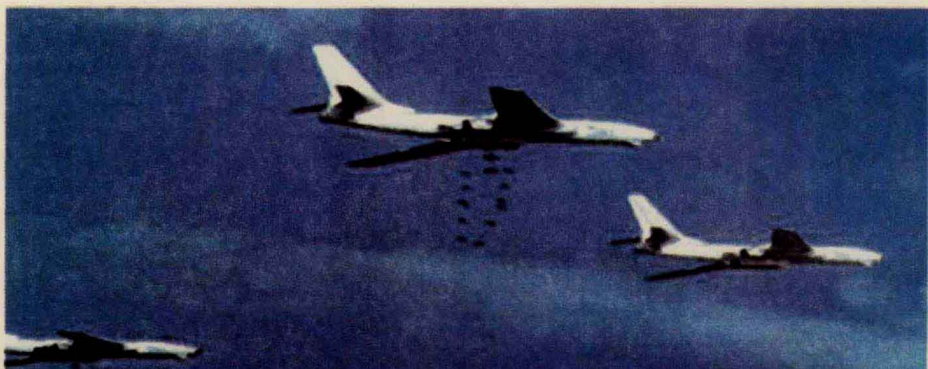
第 1 章 怎样研究抛体运动

足球场里,人山人海,一场国际足球比赛正在进行。一声哨响,蓝方队员被判犯规,红方获罚任意球。只见红方 10 号队员助跑了几步,飞起一脚,那球在空中划过一道“美丽的弧线”……

“天高任鸟飞,海阔凭鱼跃。”在我们生活的广阔空间里,物体在做着各种各样的运动,不但有直线运动,更普遍的则是曲线运动(图 1-1)。

那么,怎样研究曲线运动呢?在本章中,我们将以飞机投弹、炮弹发射等现象为背景,从运动的合成与分解出发,沿着伽利略研究抛体运动时走过的道路,学习运用运动的合成与分解的方法分析研究抛体运动,感受数学工具在研究物理问题中的作用。

图 1-2 航空兵的投弹演习



1.1

飞机投弹和运动的合成与分解

飞机投弹与平抛运动

从飞机投弹谈起

解放军空军在军事演习中,常需进行投弹演练。飞机沿水平方向飞行时,要使投下的“炸弹”准确地命中地面的目标,飞行员应在何时投弹?

有的同学说:当飞机飞到目标的正上方时投弹,才能命中目标。

有的同学说:当飞机在离目标一定水平距离时投弹,才能命中目标。

你的看法怎样?

要想正确地回答这个问题,就要弄清楚“炸弹”离开飞机后的运动情况。飞机沿水平方向飞行时投下的炸弹的运动,跟一个物体被我们沿水平方向抛出后的运动一样。物理学中将物体沿水平方向抛出的运动,叫做平抛运动(horizontal projectile motion)。

一个小球先在水平的桌面上运动,当到达桌子边缘时便以一定的速度离开桌面,此后它的运动,就是平抛运动。

物体做平抛运动的轨迹是怎样的呢?

你认为图 1-3 中的哪一幅图是小球离开桌面后的运动轨迹?

请实际试验一下,并仔细观察小球在空中的运动情况。

显然,小球的平抛运动是一个二维的曲线运动。

运动的合成与分解

让我们通过实验来探究分析二维的平抛运动。

实验探究 研究橡皮的运动

在你的铅笔盒里取一块橡皮,用一根细线拴住,把线的另一

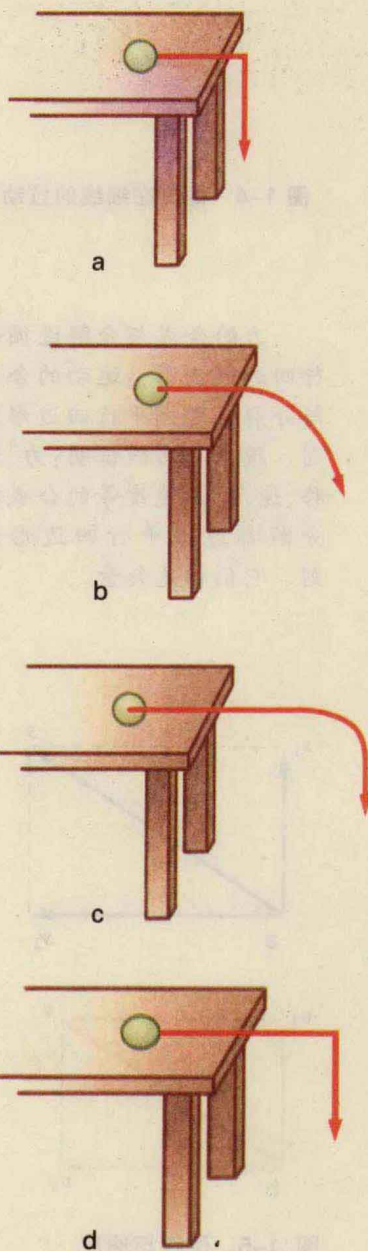


图 1-3 哪一幅图正确地描绘了平抛运动的轨迹

端用图钉固定在竖直放置的图板上。按图 1-4 所示的方法,用铅笔靠着线的左侧,沿直尺向右匀速移动,再向左移动,来回做几次,仔细观察橡皮的运动轨迹。

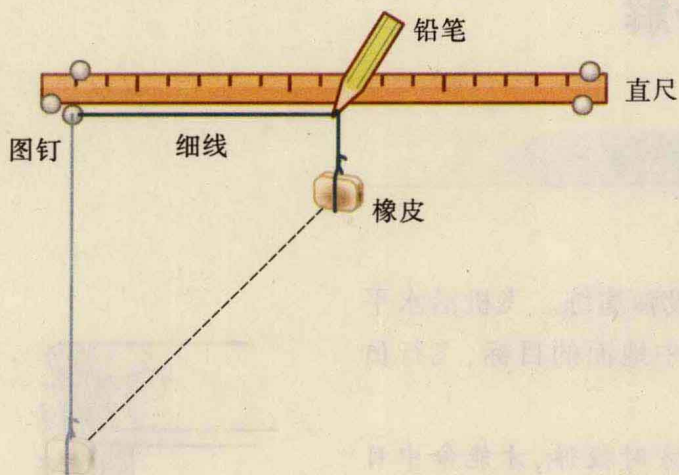


图 1-4 橡皮在细线的拉动下运动

力的合成与分解遵循平行四边形法则,运动的合成与分解也遵循平行四边形法则。理论与实践证明:力、位移、速度、加速度等的合成与分解都遵循平行四边形法则。它们都是矢量。

在这个实验中,铅笔沿水平方向做一维的匀速直线运动,它通过细线使橡皮同时沿水平方向和竖直方向做二维运动。此时橡皮的运动可以看成是由水平方向与竖直方向的运动合成的,物理学中把橡皮的这种运动叫做**合运动**(resultant motion),而把组成合运动的运动称为**分运动**(component motion)。这个实验虽然简单,但显示了运动合成的基本现象,即合运动与分运动间的关系。

现请根据实验探究的结果,讨论下面的问题:

1. 橡皮的运动是由哪两个运动合成的?
2. 合运动的位移与分运动的位移之间有什么关系?
3. 合运动的速度 v 与分运动的速度 v_1 、 v_2 有什么关系?

由分运动求合运动叫**运动的合成**(composition of motions),由合运动求分运动叫**运动的分解**(resolution of motion)。运动的合成与分解遵循怎样的规律呢?

怎样求合运动或分运动

从上面的实验探究可以知道,合运动的位移 s 是由两个分运动的位移 s_1 、 s_2 合成的, s 与 s_1 、 s_2 间的关系遵循矢量合成的平行四边形法则(图 1-5 a)。

同样,合运动的速度 v 跟分运动的速度 v_1 和 v_2 的关系也遵循平行四边形法则(图 1-5 b)。

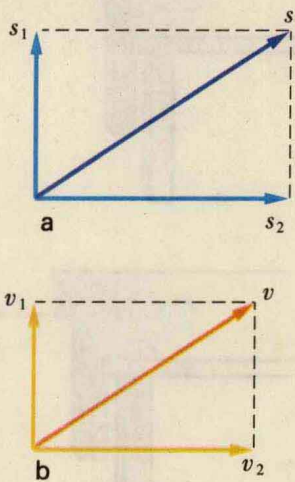


图 1-5 位移与速度的合成与分解

案例 1 研究船渡河的运动

如图 1-6,有一条渡船正在渡河,河宽为 260 m,船在静水中的速度是 26.0 km/h,水的流速是 15.0 km/h。为了让船能垂直于河岸渡河,应该使船怎样运动?

分析 船在渡河过程中的运动是由两个分运动合成的:船的

运动和水流推动船沿河岸方向的运动,如图 1-6 所示。实际的船速 v 为合运动速度,船本身的速度 v_1 和水流速度 v_2 是分运动的速度。

你能用运动的合成与分解和平行四边形法则进行分析吗?你能进一步计算出合运动的速度 v 与船渡河的时间 t 吗?

请和同学讨论你的分析方法,并说出你的计算过程与结果。

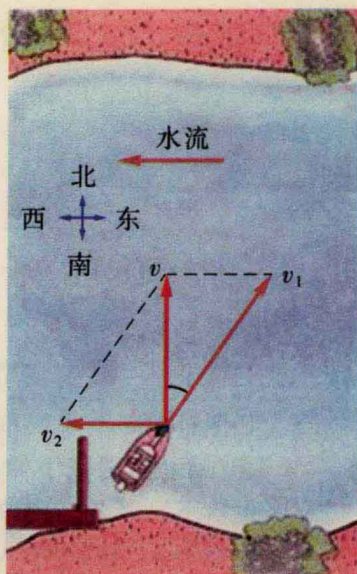


图 1-6 研究船渡河的运动

由以上实验和分析可知,在处理较复杂的运动时,可以把物体的运动看成是由几个互不干扰、互相独立的运动合成的。

伽利略对抛体运动的研究

在物理学史上,伽利略(G. Galilei)对抛体运动进行了详细研究,他把一维直线运动的研究扩展到对二维曲线运动的研究。

伽利略是怎样研究平抛运动的呢?

假设将物体以某一初速度水平抛出,伽利略认为,这个物体将同时做两种运动:一是在水平方向,物体在这个方向上不受力的作用,因此做匀速直线运动;二是在竖直方向,物体受到重力作用,做自由落体运动。他假定这两个方向的分运动“既不彼此影响干扰,也不互相妨碍”,物体所做的平抛运动是这两个运动的合运动。

显然,物体在水平方向通过的距离跟时间的一次方成正比;在竖直方向通过的距离跟时间的二次方成正比。伽利略用几何方法作出了平抛物体的运动轨迹,它是一条抛物线(图 1-7)。

这样,伽利略对平抛运动的过程和轨迹给出了完整的描述。这是伽利略对抛体运动研究的重大收获,它不但具有重要的实用意义,而且揭示了研究二维或三维曲线运动的基本方法。

伽利略对抛体运动的研究与分析,对你研究较复杂的运动有什么启示?

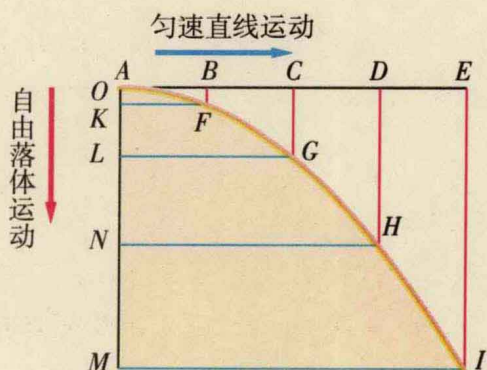


图 1-7 伽利略用几何方法得到的平抛物体的运动轨迹

笛卡儿(R. Descartes)根据伽利略研究平面曲线运动的数学处理方法,把一维的直线坐标系拓展到二维的平面直角坐标系,建立了解析几何学的基本观念,为许多物理问题的解决带来了方便。

案例2 研究飞机投弹问题

通过以上分析,你应该能回答这样一些问题:飞机投弹时,“炸弹”的运动是由哪两个分运动合成的?为了命中目标,投弹时要考虑哪些因素?

家庭作业与活动

- 如图1-8所示,小汽车从A匀速向A'运动,乘客在A位置时把手伸出窗外,让一个物体自由落下。那么,车中的乘客观察到物体在做什么运动?路边的人观察到物体在做什么运动?
- 大客车在平直的公路上以 12 m/s 的速度向东匀速行驶,雨点在竖直方向上匀速下落,速度为 8 m/s 。那么,车中的乘客见到的雨点是怎样运动的?雨点运动的速度大小和方向如何?
- 请思考:如果互相垂直的两个分运动都是匀加速直线运动,那么其运动轨迹将是怎样的?

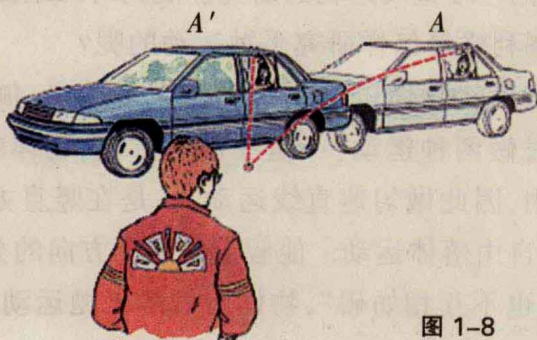


图 1-8

1.2

研究平抛运动的规律

我们已经知道,飞机水平飞行时投下的“炸弹”做平抛运动。因此,要使“炸弹”命中目标,飞机应该在离目标还有一定水平距离时投弹。那么,这个水平距离是多少呢?要解决这个问题,就必须对平抛运动进行定量研究。

伽利略假设,平抛运动是由水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动合成的,并用几何方法画出了平抛运动的轨迹。

本节我们先用实验来验证伽利略的这个假设,再用数学方法推导平抛运动的规律。

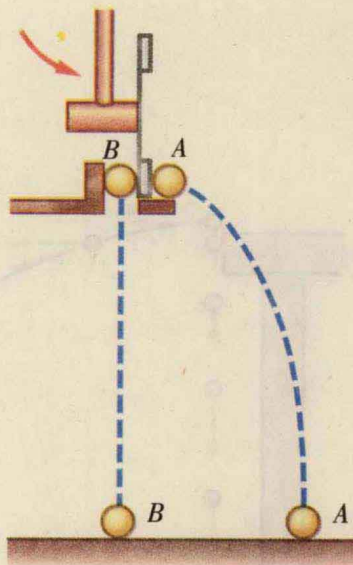


图 1-9 研究平抛运动的实验

验证伽利略的假设

实验探究 研究平抛运动

如图 1-9,用小锤击打弹性钢片,钢球 A 沿水平方向飞出,做平抛运动;同时钢球 B 被放开,做自由落体运动。

你观察到什么现象?

请你分析一下:这个实验的结果能验证伽利略关于平抛运动的假设吗?请说出你的理由。

为了进一步验证伽利略的假设,我们还可以用频闪照相的方法来进行研究。

分析论证 研究平抛运动的频闪照片

图 1-10 是以间隔 $1/30\text{s}$ 拍摄的频闪照片,其中一个小球做自由落体运动,一个小球做平抛运动。请你用刻度尺测量小球在不同时刻水平方向与竖直方向的位移,并记录在下表中。

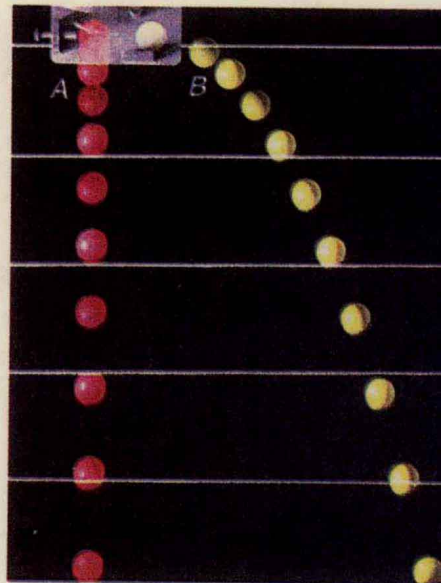


图 1-10 平抛运动的频闪照片

	$t/(1/30)\text{s}$	1	2	3	4	5
A	x/m						
球	y/m						
B	x/m						
球	y/m						

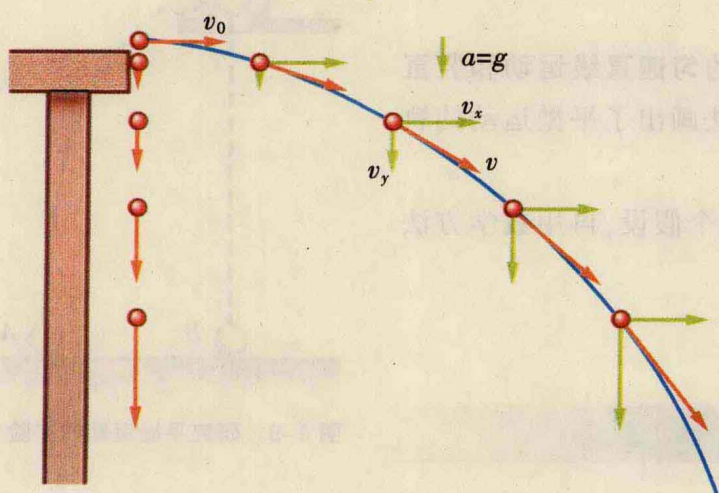


图 1-11 平抛运动

1. 频闪照片上小球的轨迹跟伽利略用几何方法得到的轨迹是否一致?

2. 伽利略假设平抛运动在水平方向应是匀速直线运动, 即小球在相同的时间内通过的位移应相等, 你的测量结果怎样?

3. 伽利略假设平抛运动在竖直方向应是自由落体运动, 即小球通过的位移应与时间的二次方成正比, 你的测量结果怎样?

由以上的实验探究和分析论证, 你得出的结论是什么?

你已经成功地验证了伽利略的假设吗?

研究平抛运动的规律

分析论证 怎样计算平抛运动的位移和速度

将运动的合成与分解应用于平抛运动, 不仅可以用几何方法画出平抛运动物体的轨迹, 还可以算出物体在任意时刻的位移和速度。如图 1-11, 设小球离开桌面时的初速度是 v_0 。

在水平方向上, 由于不受力的作用, 物体因惯性而做匀速直线运动。因而任一时刻的速度 v_x 、位移 x 分别是

$$v_x = v_0 \quad x = v_0 t \quad (1)$$

在竖直方向上, 由于只受重力作用, 物体做自由落体运动, 加速度为重力加速度 g 。因而在任一时刻的速度 v_y 、位移 y 分别是

$$v_y = gt \quad y = \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

你能根据分运动的速度、位移,求出图 1-10 中的小球在 1s、2s、3s……各时刻的位移和速度的大小和方向吗?

做曲线运动的物体的速度方向,是曲线上物体所在的这一点的切线方向。

多学一点 推导平抛运动的轨道方程

把(1)和(2)式中的 t 消去,可得到平抛运动的轨迹方程:

$$y = \frac{g}{2v_0^2}x^2$$

想一想:这是什么曲线的方程?它说明了什么?

再研究飞机投弹问题

现在你可以定量地分析解决飞机投弹的问题了。

案例分析

案例 设解放军的一架飞机水平飞行的速度为 250 m/s,飞机距地面的高度为 3000 m,飞行员应该在离目标多少水平距离时投弹,才能准确命中目标?

分析 因为飞机投下的炸弹以飞机的水平速度 250 m/s 为初速度做平抛运动,所以飞行员必须在离目标一定水平距离时投弹才能命中目标。那么,怎样计算出这个水平距离呢?

炸弹运动的水平距离可根据 $x = v_0 t$ 求出。而炸弹在空中运动的时间 t 可根据飞机的高度,用自由落体运动的规律求出。

$$\text{由 } h = \frac{1}{2}gt^2, \text{ 可得 } t = \sqrt{\frac{2h}{g}}。$$

你能根据上面的思路,算出有关数据,说明飞行员应该何时投弹才能命中目标吗?请试一试。

请查阅有关资料,了解飞行员实际投弹时,是通过哪些仪表或设备自动测算出投弹的有关数据的。