新课标 粤教版

学习策略与测评

XUEXI CELUE YU CEPING

华南师大附中　洪丹 主编

高中 物理

必修 2

新世纪出版社

新课标 粤教版

学习策略与测评

XUEXI CELUE YU CEPING

高中物理

必修 2

华南师大附中 洪 丹 主编

洪 丹 潘克勤 赵建辉 编写

新世纪出版社

总 策 划：符绩才　孙书斋
责任编辑：高可时
封面设计：高豪勇
责任技编：梁　智

新课标·粤教版
学习策略与测评
高中物理
必修2
华南师大附中　洪丹 主编
洪丹　潘克勤　赵建辉 编写
*
新世纪出版社出版发行
广州市新明光印刷有限公司印刷
（厂址：广州市西槎路荔湾聚龙工业区16栋）
850毫米×1168毫米　16开本　6.75印张　120千字
2006年1月第1版　2006年1月第1次印刷
ISBN 7-5405-3028-6/G·2066
定价：8.00元
质量监督电话：83797655　**购书咨询电话：**83795770

目录 MU LU

第一章　抛体运动

本章讲述了抛体运动的一般特征，抛体运动的速度方向，抛体做直线运动或曲线运动的条件，并推广到一般曲线运动的特征；并通过运动的合成与分解的方法，将平抛、斜抛物体复杂的二维平面运动转化为水平和竖直两个方向上简单的一维运动. 这种研究曲线运动的基本方法及类比学习的方法在本章的学习中颇为重要.

知识网络

- 抛体运动
  - 竖直方向的抛体运动
    - 竖直下抛运动：$v_0 \neq 0$，$a = g$
    - 竖直上抛运动：$v_0 \neq 0$，$a = -g$
    - 物体做直线运动的条件：初速度 v_0 的方向与合力方向共线.
  - 二维平面内的抛体运动
    - 平抛运动：$\begin{cases} x = v_0 t \\ y = \dfrac{1}{2}gt^2 \end{cases}$
    - 斜抛运动：$\begin{cases} x = v_x t = v_0 \cos\theta \cdot t \\ y = v_y t - \dfrac{1}{2}gt^2 = v_0 \sin\theta \cdot t - \dfrac{1}{2}gt^2 \end{cases}$
    - 物体做曲线运动的条件：合外力的方向与速度的方向不在一条直线上.
    - 在曲线运动中，质点在某一点（或某一时刻）的即时速度的方向在曲线的这一点的切线上.

一　什么是抛体运动

知识精析

1. 抛体运动的定义

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.

2. 抛体运动的速度方向

曲线运动的速度方向是时刻改变的，质点在某一点（或某一时刻）的速度方向是沿曲线的这一点的切线方向.

思考：曲线运动为什么一定是变速运动?

3. 物体做曲线运动的条件

当运动物体所受合外力的方向跟它的速度方向不在同一直线上时，物体就做曲线运动. 做曲线运动的物体所受合外力一定指向轨迹的凹侧.

4. **物体做曲线运动和直线运动的条件讨论**

（1）当物体不受合外力或所受合外力为零时，物体做匀速直线运动或处于静止状态；

（2）当物体所受合外力不为零，且合力方向与速度方向在一条直线上时，若合外力恒定，物体做匀变速直线运动；若合外力改变则做变加速直线运动；

（3）当物体所受合外力不为零，且合外力方向与速度方向不在同一直线上时，物体做曲线运动.

问题探究

1. 自行车轮子上方安装的挡沙板有什么作用？为什么？

2. 如何理解曲线运动的位移？

物体做曲线运动时，某段时间内位移大小与该段时间内通过的路程是不相等的.

如图 1.1－1 所示：物体沿曲线从 A 点运动到 B 点时，位移大小等于线段 AB 长度，方向由 $A \to B$，路程则等于曲线 AB 的弧长.

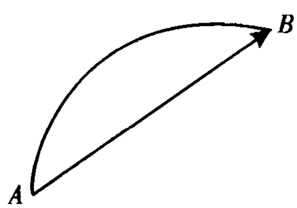

图 1.1－1

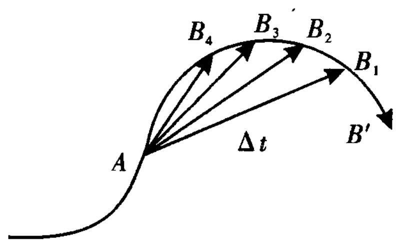

图 1.1－2

3. 如何确定曲线运动速度方向？（“无限分割逐渐逼近”的方法）

如图 1.1－2，分析曲线运动中一段时间内的平均速度，当时间段 Δt 取得越来越小，平均速度方向（由 A 指向 B'）逐渐向曲线在该点 A 的切线方向逼近，当时间 Δt 足够小时，割线的方向就等同于切线方向，此时平均速度方向就等同于切线方向，也就是平均速度方向等同于该点的速度方向，即质点在某一点（A）或某一时刻的瞬时速度方向就在该点（A）的切线上.

曲线运动中速度矢量的方向时刻改变，故曲线运动从性质上看是一种变速运动，但是变速运动不一定是曲线运动.

4. 加速度是描述速度这一矢量变化快慢的物理量，因此，在直线运动中，它只反映速度大小的变化快慢；在一般的曲线运动中，它既反映速度大小变化快慢，同时又反映速度方向变化快慢.

5. 正确理解物体做曲线运动的条件：当物体所受合外力与速度方向不在同一直线上时，物体做曲线运动.

如图 1.1－3 所示，一物体受到的外力 F 跟初速度 v_0 的方向不在同一直线上（夹角为 θ 且 $\theta \neq 0°$，$\theta \neq 180°$）时，我们可沿切线方向和垂直于切线方向分析 F 对运动的影响效果，将 F 沿这两方向正交分解为 F_1 和 F_2，可以明白，F_1 使物体速度大小发生改变（F_1 产生的加速度 a_1 反映速度大小变化快慢，在此，a_1 与 v_0 同向，运动速度将变大），F_2 使物体速度方向发生改变（F_2 产生的加速度 a_2 反映速度方向变化快慢，在此，F_2 使物体运动速度方向向右下方偏转），即在 F 作用下，物体速度大小和方向同时不断改变，物体必定做曲线运动.

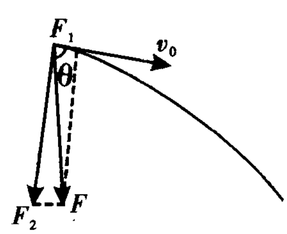

图 1.1－3

其中：当 $\theta = 0°$或 $\theta = 180°$时，$F_2 = 0$，v 方向不变，物体做直线运动.

当 $\theta=90°$时，$F_1=0$，v 大小不变，$F_2\neq 0$，v 方向改变，物体做速度大小不变、方向改变的曲线运动.

当 $0°<\theta<90°$或 $90°<\theta<180°$时，F 的分力 F_1、F_2 均不为零，物体做运动速度大小和方向都改变的曲线运动.

6. 图 1.1－4 为一空间探测器的示意图，P_1，P_2，P_3，P_4 是 4 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，探测器以恒定速率 v_0 向正 x 方向平动.

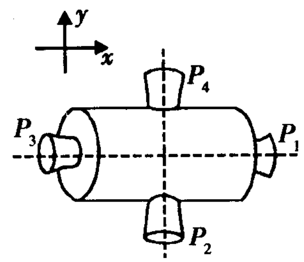

图 1.1－4

（1）单独分别开动 P_1，P_2，P_3，P_4，探测器将分别做什么运动？

（2）同时开动 P_2 与 P_3，探测器将做什么运动？

（3）若 4 个发动机能产生相同的推力，同时开动时探测器做什么运动？

（4）开动 P_2 与开动 P_4，探测器的运动有何不同？

7. 赵、钱、孙、李四个同学分别进行吹乒乓球比赛，如图 1.1－5 所示，在光滑的水平玻璃板上乒乓球以平行于 AB 的速度从 A 向 B 运动，要求参赛者在角 B 处用细管吹气，将乒乓球吹进角 C 处的圆圈中. 赵、钱、孙、李四位同学的吹气方向如图 1.1－5 中的箭头所示，其中有可能成功的是（　　）

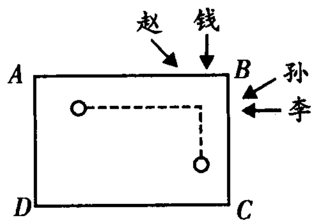

图 1.1－5

A. 赵　　　B. 钱　　　C. 孙　　　D. 李

提示：在角 B 处吹气，将球吹进 C 处圆圈，球到 C 处速度方向必须沿 BC 方向. 根据力的独立作用原理，钱吹气方向不能改变球在 AB 方向的运动，所以赵、钱都不能成功，李吹气方向只能改变 AB 方向的运动，因此也不能成功，只有孙吹气方向才能使球沿 AB 方向的速度减为零，得到沿 BC 方向的速度，故 C 是正确答案.

实例析评

例 1　判断下列说法的正误.

A. 曲线运动一定是变速运动

B. 曲线运动的加速度一定不为零，受合力一定不为零

C. 曲线运动的加速度一定在变，因为其速度的方向在变

D. 受恒力作用的物体不可能做曲线运动

E. 受变力作用的物体不可能做直线运动

F. 速度变化的运动一定是曲线运动

解析：因为曲线运动的速度方向时刻在变，所以其速度变化，是变速运动，A 对. 由于曲线运动是变速运动，所以其加速度一定不为零，根据牛顿第二定律，受到的合力也不为零，B 对. 做曲线运动的物体受到的外力有可能是恒力，例如，将物体以一定的初速度水平抛出，物体做曲线运动，而物体受到的重力为恒力. C 错，D 错. 若物体受到的力的方向和速度的方向相同，但力的大小不断减小，物体将做加速度减小速度增大的加速直线运动，E 错. 速度是矢量，包括大小和方

向，二者只要有一个因素发生变化，速度就变化．若速度发生变化，但速度的方向仅在一条直线上变化，物体将做直线运动，例如匀变速直线运动的速度发生变化，却是直线运动．F 错．

述评：凡曲线运动必是变速运动．由于做曲线运动的物体的速度方向不保持恒定，所以其轨迹是弯曲的，运动质点速度的方向就是通过这一点的轨迹的切线方向．正因为曲线运动中速度方向发生变化，所以曲线运动必是变速运动，必有加速度，合力一定不为零．曲线运动的加速度可能为恒定值，如平抛物体的运动；也可能为变量，视合力而定．但加速度大小变化的运动则不一定是曲线运动，只要加速度与速度共线，则不做曲线运动．

例 2 物体受几个外力的作用而做匀速直线运动，若撤去其中某一个力，物体可能做的运动是（　　）

A．匀速直线运动　　B．匀加速直线运动

C．匀减速直线运动　　D．曲线运动

解析：物体做匀速直线运动，物体所受合外力必然为零．当撤去其中的一个外力后，剩下的那几个外力的合力必与撤去的那个外力等大反向．令剩下的几个外力的合力为 $F_{合}$，因撤去的那个外力不为零，故 $F_{合}\neq0$，物体不可能做匀速直线运动，选项 A 错误；在撤去外力瞬间，若 $F_{合}$ 与物体的速度方向一致，物体可能做匀加速直线运动，选项 B 正确；在撤去外力瞬间，若 $F_{合}$ 与物体的速度方向相反，物体可能做匀减速直线运动，选项 C 正确；在撤去外力瞬间，若 $F_{合}$ 与物体的速度方向不在同一直线上，物体做曲线运动，选项 D 正确．

述评：（1）物体做直线运动还是曲线运动，应判断加速度方向与速度方向是否共线，若是，则做直线运动；不是，则做曲线运动．

（2）物体做加速直线运动还是减速直线运动，关键看加速度方向与速度方向的关系，如果二者方向相同，则做加速直线运动；如果二者方向相反，则做减速直线运动．

例 3 小球用悬线吊在火车厢内，火车在水平直轨道上匀速前进．现把悬线剪断，坐在车厢内的人观察小球作什么运动？站在铁路边的人观察小球作什么运动？不计空气阻力．

解析：悬线未剪断时，由于惯性，小球具有火车的速度，但以车厢作参照物时，小球的速度为零（相对静止）；悬线剪断后，小球只受重力作用，因而坐在车厢内的人观察到小球作自由落体运动．若以地面作参照物，小球具有火车的速度，悬线剪断后，小球只受重力作用，因而站在铁路边的人观察到小球向前作平抛运动．

述评：选取不同的参考系，观察的结果往往不同，没有特别说明时，一般取地面为参考系；若需取其他物体作为参考系（如本例中的火车），在分析问题时必须指明．

基础训练

1．下列说法正确的是（　　）

A．曲线运动的速度方向一定在变　　B．速度方向变化的运动一定是曲线运动

C．曲线运动的速度大小一定改变　　D．速度大小变化的运动一定是曲线运动

2．下列说法正确的是（　　）

A．曲线运动的速度方向和受合力方向一定不同线

B．曲线运动的速度方向和受合力方向可能同线

C．速度方向和受合力方向同线的运动一定是直线运动

D．速度方向和受合力方向不同线的运动一定是曲线运动

3．如图 1.1－6 是物体运动时的速度方向和受力方向示意图（用箭头标出），则该物体的运动轨迹正确的是（　　）

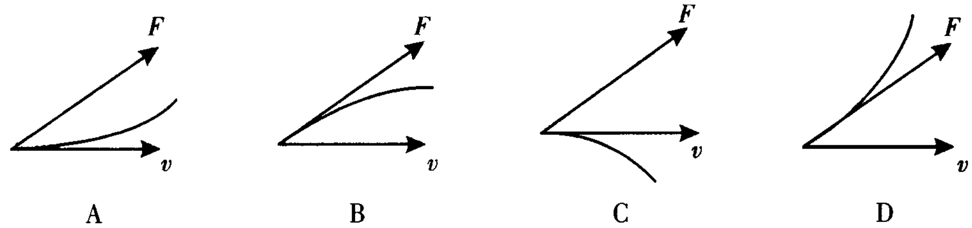

图 1.1－6

4. 关于加速度，下列说法正确的是（　　）

A. 加速度恒定的运动一定是直线运动　　B. 加速度变化的运动一定是曲线运动

C. 只要是曲线运动，物体就一定具有加速度

D. 只要是直线运动，物体就一定没有加速度

拓展提高

5. 一质点在 xOy 平面内运动的轨迹如图 1.1－7 所示，下面判断正确的是（　　）

A. 若 x 方向始终匀速，则 y 方向先加速后减速

B. 若 x 方向始终匀速，则 y 方向先减速后加速

C. 若 y 方向始终匀速，则 x 方向先减速后加速

D. 若 y 方向始终匀速，则 x 方向先加速后减速

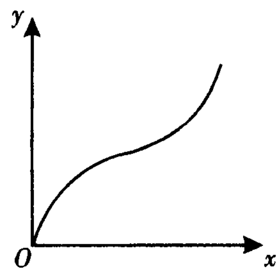

图 1.1－7

6. 某物体从静止开始运动，所受到的合外力方向不变，大小随时间变化如图 1.1－8 所示，则物体在 $0 \sim t_0$ 这段时间内（　　）

A. 物体做变加速运动，加速度随时间增加而减小

B. 物体做匀加速直线运动

C. 物体做曲线运动

D. 物体在 t_0 时刻速度为零

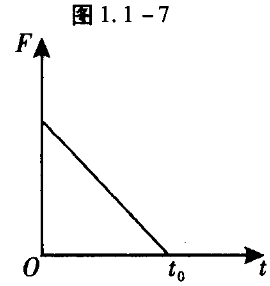

图 1.1－8

7. 如图 1.1－9 所示，一个劈形物体 M 各面均光滑，上面成水平，水平面上放一光滑小球 m，现使劈形物体从静止开始释放，则小球在碰到斜面前的运动轨迹是（斜面足够长）（　　）

A. 沿斜面向下的直线

B. 竖直向下的直线

C. 无规则曲线

D. 抛物线

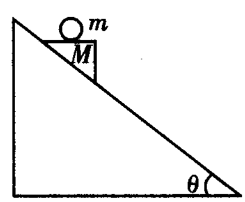

图 1.1－9

8. 图 1.1－10 为运动员抛出的铅球在空中飞行的轨迹（铅球视为质点）．A、B、C 为图线上的三点，下列说法中正确的是（　　）

A. 铅球在 B 点的速度方向为 AB 方向

B. 铅球在 B 点的速度方向为 BD 方向

C. 在 A 到 C 的过程中铅球的位移方向与在 C 点的速度方向相同

D. 在 A 到 C 的过程中铅球的位移方向与在 C 点的速度方向相反

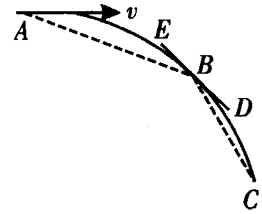

图 1.1－10

二 运动的合成与分解

知识精析

1. 合运动与分运动

合运动就是物体的实际运动，一个运动可以看做物体同时参与了几个运动，这几个运动就是物体实际运动的分运动. 物体的实际运动（合运动）的位移、速度、加速度就是它的合位移、合速度、合加速度，而分运动的位移、速度、加速度就是它的分位移、分速度、分加速度.

物体实际运动（合运动）与分运动具有同时性.

2. 运动的独立性

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.

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；已知合运动求分运动，叫做运动的分解.

运动的合成即是已知分运动的位移、速度、加速度，求合运动的位移、速度、加速度. 在运动的合成与分解中，各物理量遵循平行四边形定则.

4. 合运动与分运动的性质讨论

（1）初速度为 v_0，加速度为 a 的匀变速直线运动，可以看做是一个速度为 v_0 的匀速直线运动和一个初速度为零、加速度为 a 的匀变速直线运动的合运动.

（2）两个分运动为直线的运动，其合运动有可能为曲线运动. 而要判断合运动是直线运动还是曲线运动，应当看合速度与合加速度的方向关系：若二者共线，则为直线运动；若不共线，则为曲线运动. 例如：

①两个成一定角度的匀速直线运动的合运动一定是直线运动；

②互成角度的一个匀速直线运动和一个匀变速直线运动的合运动一定是曲线运动；

③互成角度的两匀变速直线运动的合运动可能是匀变速直线运动，也可能是曲线运动.

请思考：物体在什么条件下做直线运动？在什么条件下做曲线运动？

阅读探究

1. 如图 1.2－1 所示，将白纸固定于水平桌面，将尺按在白纸上不动，用铅笔向右匀速画线，画成水平直线 OA；若笔靠在尺上不向右移，推尺匀速上升，如图 1.2－2 所示，画成竖直线 OB；若一边推尺，一边水平匀速画线，则画出的是一条倾斜直线如图 1.2－3 所示. 请你实际做一下，并分析说明哪是分位移，哪是合位移.

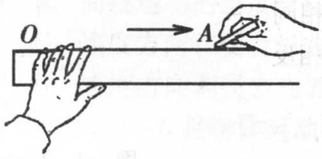

图 1.2－1

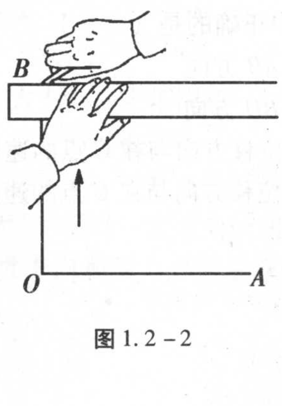

图 1.2－2

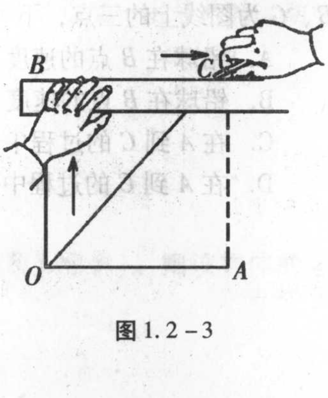

图 1.2－3

2. 利用图 1.2-4 的实验装置，如何设计实验探究物体做直线运动还是曲线运动的条件？如何设计实验探究运动的合成与分解的规律？

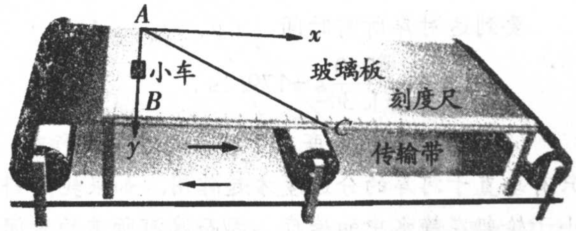

图 1.2-4

3. 有人站在转动的圆盘上与盘相对静止，此人要举枪射击盘心的靶子，枪口指向何方才能射中？

4. 在桌面的木板上放一张白纸，钉一只图钉．用一根线拴一只螺帽（或一块橡皮），将线的另一端拴在图钉上．取一把直尺按图 1.2-5 所示的三种情况放在桌面上．用手指按住直尺的右上角，平行地向右移动直尺，并在移动的过程中记下螺帽（或橡皮）所经过的几个位置点．画出以这几个方向运动的位移和直尺向右平行移动位移为边的平行四边形的对角线（起始点为一端点）．以此说明位移的合成遵循平行四边形定则．

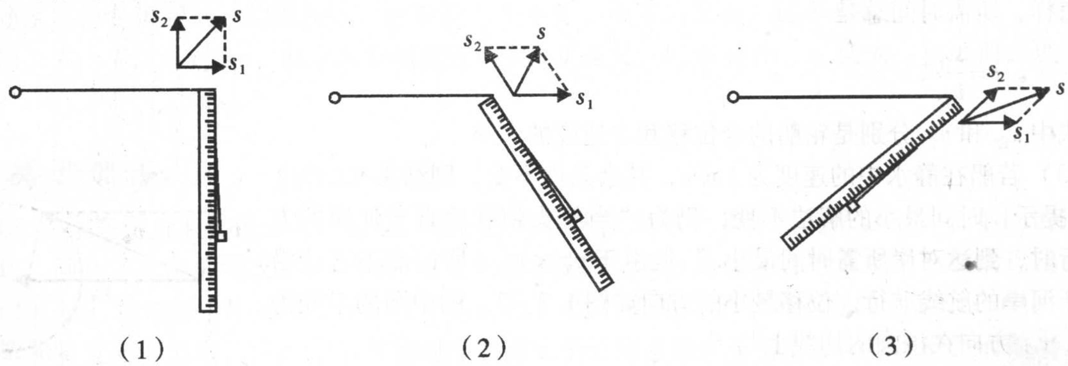

图 1.2-5

实例析评

例1 轮船在静水中的速度是 1.8m/s，河水的流速是 1.2m/s，河宽 240m．求：(1) 要求船到达对岸时所通过的位移最小，船头应朝向什么方向航行？到达对岸需要多少时间？(2) 要求船到达对岸所经过的时间为最小，船头应朝向什么方向航行？这个时间等于多少？

解析：(1) 过河时轮船的运动是船在静水中的运动和被河水冲下的运动的合运动．要使轮船到达对岸时通过的位移最小，就要求船的合运动的方向与河岸垂直．这时的速度合成如图 1.2-6 所示．

设分速度 v_2 的方向与河岸的夹角为 θ．由图中可知

$$\theta = \arccos\frac{v_1}{v_2} = \arccos\frac{1.2}{1.8} = 48°11',$$

即船头的航行方向应斜向上游并与河岸成48°11′.

合速度 $v=\sqrt{v_2^2-v_1^2}=\sqrt{1.8^2-1.2^2}\text{m/s}=1.34\text{m/s}$.

要到达对岸所需时间

$$t=\frac{s}{v}=\frac{240}{1.34}\text{s}=179.1\text{s}.$$

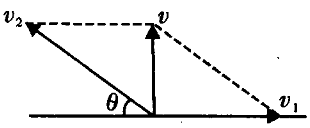

图1.2-6

(2) 当船头朝着垂直于河岸的方向航行时，到达对岸所需时间为最短. 这是因为，要横渡河，只有垂直于河岸的分速度才起作用. 如果轮船斜向上游或斜向下游开，它的垂直于河岸的分速度都小于轮船在静水中的速度，因而渡河所需的时间就长了. 故轮船到达对岸所需的最小时间

$$t'=\frac{s}{v_2}=\frac{240}{1.8}\text{s}=133.3\text{s}.$$

述评：(1) 解决运动合成的问题有两种方法. 一种是对同一参照物用运动的合成和分解来研究，如本题上面的解法，提到的分运动都是相对于地面来说的. 另一种方法是相对于不同参照物用相对速度的关系来研究，这个关系是：$\vec{v}_{乙对丙}+\vec{v}_{丙对甲}=\vec{v}_{乙对甲}$，例如本题中应是 $\vec{v}_{船对水}+\vec{v}_{水对岸}=\vec{v}_{船对岸}$. 前一种方法可以少一个参照物，比较简单易懂，但后一种方法对解某些问题却较方便，且不易错. 例如下面一个问题，用后一种方法求解就较方便：

有一轮船，以速度 v 向正东方向航行. 船上的人感觉到风以速度 $2v$ 向西偏北50°的方向吹来. 求风对地的速度的大小和方向.

根据 $\vec{v}_{风对船}+\vec{v}_{船对地}=\vec{v}_{风对地}$，作出速度合成的平行四边形，再利用余弦定理和正弦定理，即可求出风对地的速度的大小和方向.

(2) 在上面的轮船渡河的例子中，位移最小与所需时间最短并不是互相对应的. 但不论渡河的路线怎样，所需时间总是

$$t=\frac{s_{合}}{v_{合}}.$$

式中 $s_{合}$ 和 $v_{合}$ 分别是轮船的合位移和合速度的大小.

(3) 若船在静水中的速度为1m/s，其余条件不变，则结果又如何？

(提示：时间最小的解法不变，仍为“当船头朝着垂直于河岸的方向航行时，到达对岸所需时间最小.”但由于 $v_{船}<v_{水}$，所以船不可能沿垂直于河岸的航线航行，位移最小的方向如图1.2-7，图中圆的半径为“$v_{船}$”，$v_{合}$ 方向在该圆的切线上.)

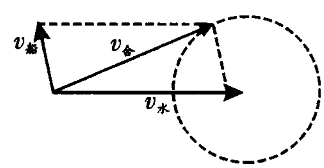

图1.2-7

例2 如图1.2-8所示，当人在岸上以恒力 F 拉绳时，船获得多大的水平拉力 F_1？当人以恒定的速度 v 拉绳时，船获得多大的水平速度 v_1？设此时绳与水平方向的夹角为 θ.

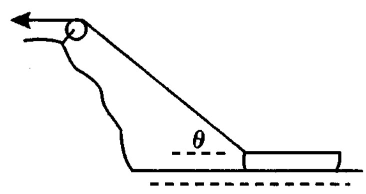

图1.2-8

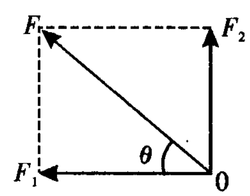

图1.2-9

解析：当人以恒力 F 拉绳时，因绳的张力处处相等，绳也以力 F 拉船. 力 F 产生两个效果：一是使船有向前的拉力，一是使船有向上的拉力，因而可把力 F 分解为 F_1、F_2，如图1.2-9所示，因 $F_1\perp F_2$，故 $F_1=F\cos\theta$.

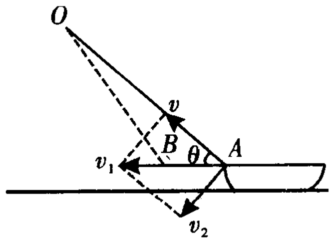

图 1.2－10

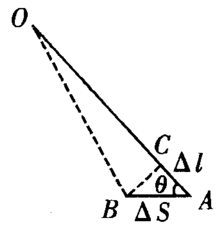

图 1.2－11

当人以速度 v 拉绳时，船并没有按绳的方向运动. 实际上是沿水平方向运动. 所以 v 是分速度，v_1 是合速度. 另一个分速度应该是哪个方向？是竖直向下（即与 v_1 垂直）还是与绳（即与 v）垂直？假设船头从 A 点经很短的时间 Δt 到达 B 点，如图 1.2－11 所示，A 点一方面要参加收绳方向的分运动，另一方面可看作绳 OA 绕 O 点转动至 OB，因而 A 点这个分运动的方向是与绳 OA 垂直，亦即与 v 方向垂直. 分解后可得 $v_1=\dfrac{v}{\cos\theta}$. 这个结论还可以用极限方法求解：设在很短时间 Δt 内船头位置从 A 到 B，如图 1.2－11 所示，位移为 ΔS，在 OA 上截 $OC=OB$，因 Δt 很短，可看作 $BC\perp OA$，则 $AC=AB\cdot\cos\theta$，而 AC 又可看作在 Δt 内缩短的长度，即是在绳方向上的位移 Δl，所以 $\Delta l=\Delta S\cdot\cos\theta$，$\dfrac{\Delta l}{\Delta t}=\dfrac{\Delta S}{\Delta t}=\cos\theta$，当 $\Delta t\to 0$ 时，即得速度 $v=v_1\cdot\cos\theta$，所以 $v_1=\dfrac{v}{\cos\theta}$.

述评：(1) 力和速度是两个不同的量，合力的方向不一定是合速度的方向，力的合成和分解与速度的合成和分解要视具体情况而定.

(2) 人拉绳的力可以是恒力，但绳拉船的力虽然大小不变，但方向却在变，这不是恒力. 人拉绳的速度可以是恒定的，但绳拉船的速度的大小不变，而方向在变，这不是恒速度.

(3) $F_1<F$，而 $v_1>v$，而且随着船越近岸边，θ 越大，F_1 却变小，v_1 变大. 你如何去理解这个结论？

基础训练

1. 火车在平直的轨道上匀速前进，有一旅客在火车最后一节车厢的平台上，以不同的速度投出石块，问在下列四种情况下，车厢内的观察者和铁路路基旁的观察者所看到的石块的运动是怎样的？(1) 让石块相对于车厢从静止出发下落；(2) 把石块相对于车厢竖直向上抛出；(3) 把石块相对车厢竖直向下抛出；(4) 把石块相对车厢沿水平并向着随火车前进方向相反的方向抛出.

2. 在图 1.2－12 中，已知电车 A 相对于地面的速度为 $v=2.4\text{m/s}$，两个行人对地面的速度为 $v_1=v_2=1\text{m/s}$. 那么，电车中的人观察到行人 1 和 2 相对于电车的速度在 x 轴上的分量分别等于________m/s 和________m/s.

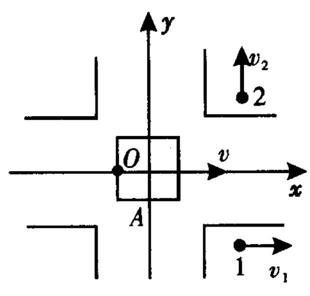

图 1.2－12

3. 某人站在自动楼梯上，经过时间 t_1 就能上楼. 如自动楼梯不动，人沿楼梯上楼，则需时间 t_2. 现在自动楼梯运动，人又沿着自动楼梯往上走，则上楼所需时间等于________.

4. 关于运动的合成和分解，下列说法正确的是（　　）

A. 只有曲线运动才可以分解为两个或两个以上的简单的直线运动

B. 两个分运动都是直线运动的合运动一定是直线运动

C. 两个不同线的匀速直线运动的合运动一定是匀速直线运动

D. 两个匀速直线运动的合运动不是变速运动

5. 一艘汽艇在静水中的速度是5m/s，如果这艘汽艇在宽为500m，水速为3m/s的河中渡河，所用的最短时间为______s，如果汽艇渡河的位移最短，所用的时间为______s.

拓展提高

6. 小船过河，船对水的速度保持不变，若船头垂直于河岸向前划行，则经10分钟可到达下游120米的对岸，若船头指向与上游河岸成$\theta=37°$角向前划行，则经12.5分钟可到达正对岸. 求河的宽度.

7. 一只船在静水中的速度是3m/s，它要横渡一条30m宽的河，水流速度为4m/s，下列说法正确的是（　）

A. 这只船不可能垂直于河岸到达正对岸　　B. 这只船对地的速度一定是5m/s

C. 过河时间可能是6s　　D. 过河时间可能是12s

8. 如图1.2－13，人用绳通过定滑轮拉物体A，当人以速度v_0匀速前进，绳与水平方向成θ角时，求物体A的速度.

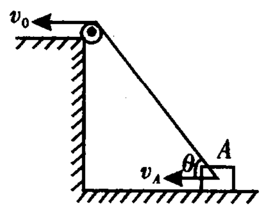

图1.2－13

9. 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1.2－14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边的先后是（　）

A. A球先回到出发的框边

B. B球先回到出发的框边

C. 两球同时回到出发的框边

D. 因两框长度不明，故无法确定哪一个球先回到出发的框边

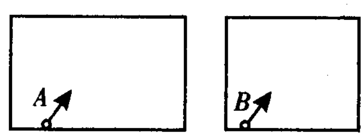

图1.2－14

10. 玻璃生产线上，宽9m的玻璃板以2m/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10m/s，为了使切割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？切割一次的时间多长？

11. 一小船从河岸的 A 处出发渡河，小船保持与河岸垂直方向行驶，经过 10min 到达正对岸下游 120m 的 C 处，如图 1.2－15 所示．若小船保持原来的速度逆水斜向上游与河岸成 α 角方向行驶，则经过 12.5min 恰好到达正对岸 B 处，求河宽．

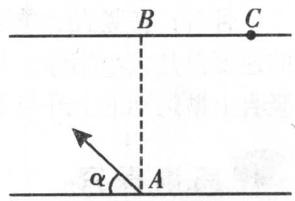

图 1.2－15

三　竖直方向的抛体运动

知识精析

1．竖直下抛运动

（1）定义：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．

（2）运动性质：初速度不为零，加速度为重力加速度的匀加速直线运动．

（3）运动规律：$\begin{cases} v = v_0 + gt \\ s = v_0 t + \dfrac{1}{2}gt^2 \end{cases}$

2．竖直上抛运动

（1）定义：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．

（2）运动性质：初速度不为零，加速度为重力加速度，加速度方向与初速度方向相反的匀变速直线运动．上升过程为匀减速直线运动，下降过程为匀加速直线运动．

（3）运动规律：由于竖直上抛运动中，上升运动和下降运动的加速度矢量是相同的，我们可以把竖直上抛运动看成是一个统一的匀变速直线运动，而上升运动和下降运动不过是这个统一运动的两个过程．以抛出点为原点，竖直向上即初速度方向为正方向，有

$$\begin{cases} v_t = v_0 - gt \\ s = v_0 t - \dfrac{1}{2}gt^2 \end{cases}.$$

如果物体向上运动，则速度 v_t 取正值，向下运动则速度 v_t 取负值；如果物体运动至抛出点的上方，则位移为正，至抛出点的下方则位移为负．加速度方向始终向下，所以 $a = -g$．

进而可分析：

①物体上升时间 $t_1 = \dfrac{v_0}{g}$；

②物体上升的最大高度 $H = \dfrac{v_0^2}{2g}$；

③物体下落至抛出点的时间 $t_2=\dfrac{v_0}{g}$；

④物体下落至抛出点的速度 $v_t=-v_0$.

且有：在竖直上抛运动中，在上升过程中物体通过某一位置的速度和下落过程中通过这个位置的速度总是大小相等、方向相反的；上升至最高点与下落至出发点的时间也总是相等. 简单地说，竖直上抛运动的上升与下落过程具有“对称性”.

阅读探究

1. 想象你乘坐在一只正在沿着竖直方向上升或下降的气球上，从球上释放的物体如果不受重力作用，它将做怎样的运动？如果没有初速度，它又将做怎样的运动？从运动的合成与分解的角度，竖直下抛运动与竖直上抛运动分别可以看成是哪两个运动的合运动？

2. 在教学大楼前的地面上竖直上抛一只网球，以大楼层高作为参考，估测出该球达到的最大高度，并由此估算出该球出手时的初始速度. 能否利用简单的实验测出这只网球上抛时的初速度？与估算出的结果做比较.

3. 物体做竖直上抛运动，不计空气阻力. 下列说法中正确的是（　　）

A. 可以看作一个竖直向上的匀速直线运动和一个自由落体运动的合运动

B. 物体在上升过程中，速度减小，加速度不变

C. 物体到达最高点时，速度和加速度都为零

D. 从抛出点到最高点的时间等于从最高点落回抛出点的时间

4. 将物体以 20m/s 的初速度竖直上抛，当速度大小变为 10m/s 时所经历的时间可以是（g 取 10m/s^2）（　　）

A. 1s　　B. 2s　　C. 3s　　D. 4s

5. 某人在高层楼的阳台外侧以 20m/s 的速度竖直向上抛出一个石块，石块运动到离抛出点 15m 处所经历的时间可以是（g 取 10m/s^2）（　　）

A. 1s　　B. 2s　　C. 3s　　D. $(2+\sqrt{7})$s

6. 以初速度 $2v_0$ 由地面竖直上抛物体 A，在同一地点以初速度 v_0 竖直上抛另一物体 B. 要使两物体在空中相遇，两物体抛出的时间间隔必须满足什么条件？

实例析评

例 1　由地面竖直上抛一物体，通过楼房上 1.55m 高的窗户，需要 0.1s，当物体下落时，由窗户下沿落到地面的时间是 0.2s，求物体上升的最大高度（g 取 10m/s^2）.

解析：如图 1.3－1，设窗户高为 h，窗户上沿 B 与最高点 A 相距为 h'，在竖直上抛运动中，在两点间上升或下落的时间相等，所以设由 B 到 A 的时间为 t，由 C 到 B 或由 B 到 C 的时间即是

0.1s.

在由 A 到 D 的自由下落过程，运用位移公式得

$H=\frac{1}{2}g(t+0.1+0.2)^2$， ①

在由 A 到 B 的自由下落过程，运用位移公式得

$h'=\frac{1}{2}gt^2$， ②

在由 A 到 C 的自由下落过程，应用位移公式得

$h'+h=\frac{1}{2}g(t+0.1)^2$ ③

②式代入③式得 $h=0.1gt+0.05$，

解得 $t=1.5s$，将 $t=1.5s$ 代入①式得，物体上升的最大高度 $H=16.2m$.

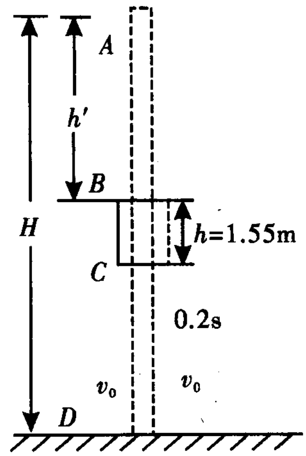

图1.3－1

述评：抓住："竖直上抛运动中，物体落回抛出点的速度大小与初速度大小相等"，"在任意两点之间上升与下落的时间相等"，这是解决竖直上抛问题常用的方法.

例2 一人以30m/s的初速度将小球竖直上抛，每隔1s抛出1个球．设空气阻力不计且小球在空中不会互相碰撞，取 $g=10m/s^2$．求：(1) 最多能有几个小球在空中运动？(2) 设在 $t=0$ 时将一个小球抛出，则在哪些时刻这个小球和以后抛出的小球在空中相遇而过？

解析：(1) 解法一 把竖直上抛运动分为上升和下落两个过程来处理．设上升到最大高度所需要时间为 t_1．根据 $v_1=v_0-gt$，并考虑到在最高点时 $v_1=0$，有

$v_1=30-10t_1=0$，得 $t_1=3s$，

从最高点处落回到抛出点所需时间 $t_2=t_1=3s$，

故第一个小球从抛出到落回抛出点所需时间

$t=t_1+t_2=3s+3s=6s$.

因为每隔1秒钟抛出1个小球，而在第一个小球落回抛出点前一些的时刻，第6个小球已在空中，这时在空中运动的小球数目最多．由此得出，最多能有6个小球在空中运动.

解法二 把竖直上抛运动作为统一的匀变速直线运动来处理．设第一个小球从抛出到落回抛出点所需时间为 t，则根据 $v_1=v_0-gt$ 得

$-30=30-10t$，$t=6s$．再由与解法一同样的分析可得出，最多能有6个小球在空中运动.

(2) 解法一 因为第 n 个小球（$n=2$、3、4、5、6）比第一个小球迟抛出（$n-1$）秒．从第 n 个小球在相遇点算起，再经（$n-1$）秒必然经过最高点又回到相遇点，而从相遇点上升到最高点的时间与从最高点落回相遇点的时间是相等的．设在时刻 t 第一个小球与第 n 个小球相遇，则

$$t=(\frac{v_0}{g}+\frac{n-1}{2})s=(\frac{30}{10}+\frac{n-1}{2})s=(3+\frac{n-1}{2})s.$$

解法二 经时间 t，第一个小球的位移为 $s=v_0t-\frac{1}{2}gt^2=30t-5t^2$，设在上述时刻 t 之前第 n 个小球已抛出（$n=2$、3、4、5、6），且该时刻第 n 个小球的位移为 s_n，要使它和第一个小球在空中相遇，应满足 $s_n=s$，即

$30(t-n+1)-5(t-n+1)^2=30t-5t^2$，

解上述方程，得 $t=(3+\frac{n-1}{2})s$，即在 $t=3.5s$，4s，4.5s，5s，5.5s 的时刻，第一个小球和以后抛出的小球在空中相遇而过.

述评：(1) 解竖直上抛运动的问题，通常可用下述两种不同的方法处理：①把竖直上抛运动分为上升和下落两个过程来处理（属基本要求），这种处理方法物理意义明显．②把竖直上抛运动看