# 第五章 抛体运动 复习与提高

通过章末习题加强对曲线运动、运动的合成与分解、平抛运动等基本概念的理解和应用，在中国象棋、飞机飞行、摩托车飞跃壕沟、跳伞、跳台滑雪、蜡块运动、投篮、估测排污量、飞机投弹等一系列实际问题中，练习模型建构，进行推理和论证，进一步巩固所学曲线运动的知识和方法，并能将运动的合成与分解、平抛运动的思想方法进行迁移，处理较复杂的实际问题。

## A 组

1．物体在平面上的位置和位移常用平面直角坐标系来表示。图 5-1 是中国象棋的棋盘，它相当于一个平面直角坐标系，横坐标上标有数字，纵坐标上标有字母。利用它不仅可以准确地记录各棋子的位置，还能描述棋子的位移，从而能将双方对弈的过程记录下来。例如，棋子“帅”位于 *y* = J、*x* = 5 的位置，可以简述为 J5 ；棋子“象”从 *y* = A、*x* = 3 的位置运动到 *y* = C、*x* = 5 的位置，就可以简述为 A3C5。

1

J

I

H

G

F

E

D

C

B

A

8

7

6

5

4

3

2

9

*x*

*y*

图 5-1

（1）还未开局时，甲方的马在 J2 和 J8 的位置、炮在 H2 和 H8 的位置、中兵在 G5 的位置，乙方的中兵在 D5 的位置，请你在棋盘上标明这四个棋子的位置。

（2）某次甲方开局时，用“当头炮”，即 H8H5， 而乙方的应变则 是“马来跳”，即 A2C3。请你用带箭头的线段画出这两个位移 *l*甲和 *l*乙 ，并指出这两个位移在 *x*、*y* 方向上的分位移各是多少？已知棋盘每个小方格都是边长为 3 cm 的正方形。

**参考解答**：（1）棋盘上六个棋子的位置如图 5-25 所示。

1

J

I

H

G

F

E

D

C

B

A

8

7

6

5

4

3

2

9

*x*

*y*

（2）位移 *l*甲 和 *l*乙 如图 5-26 所示，*l*甲 = − 3×3 cm = − 9 cm。

1

J

I

H

G

F

E

D

C

B

A

8

7

6

5

4

3

2

9

*x*

*y*

*l*乙

*l*甲

甲在 *x* 方向的分位移为 − 9 cm，方向与 *x* 轴正方向相反，在 *y* 方向的位移为 0。

*l*乙 = = 3cm。

乙在 *x* 方向的分位移为 3 cm，方向与 *x* 轴正方向相同，在 *y* 方向的位移为 − 6 cm，方向与 *y* 轴正方向相反。

提示：本题练习将实际问题中的对象和过程转换成物理模型的能力，将棋子看作质点，将棋子的移动用位移描述，理解合运动与分运动的关系。

2．某质点从 A 点沿图 5-2 中的曲线运动到B 点，质点受力的大小为 *F*。经过 B 点后，若力的方向突然变为与原来相反，它从 B 点开始可能沿图中的哪一条虚线运动？为什么？

B

A

a

b

c

图 5-2

**参考解答**：可能沿虚线 a 运动。

质点由 A 点运动到 B 点，*F* 方向为指向曲线弯折方向。在 B 点，速度方向为过 B 点的切线方向，经过 B 点后，质点受到的力 *F* 反向后，轨迹将向合力 *F* 的方向弯曲，故可能沿虚线 a 运动。

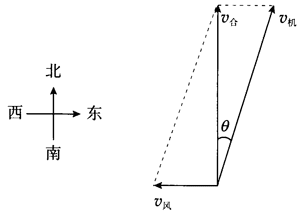
提示：本题复习质点的速度方向、合力方向和轨迹的弯曲方向之间的关系，加深对力和运动的关系的理解。

3．某架飞机在进行航空测量时，需要严格按照从南到北的航线进行飞行。如果在无风时飞机相对地面的速度是 414 km/h，飞行过程中航路上有速度为 54 km/h 的持续东风。

（1）飞机应该朝着哪个方向飞行？可以用三角函数表示偏角的大小。

（2）如果所测地区的南北长度为 621 km，该测量需要多长时间？

**参考解答**：（1）飞机飞行的方向如图 5-27 所示。



由题意得 sin*θ* = = = ，所以飞机应朝北偏东 *θ* 角的方向行驶。

（2）由题意可知 *v*合 = *v*机cos*θ* = *v*机= 414×km/h ≈ 410 km/h，故飞行时间 *t* = ≈ 1.5 h。

4．在水平路面上骑摩托车的人，遇到一个壕沟，其尺寸如图 5-3 所示。摩托车后轮离开地面后失去动力，可以视为平抛运动。摩托车后轮落到壕沟对面才算安全。摩托车的速度至少要多大才能越过这个壕沟？ *g* 取 10 m/s2。

5 m



0.5 m

图 5-3

**参考解答**：摩托车的速度至少要达到 15.8 m/s 才能越过壕沟。

5．一架飞机水平匀速飞行，搭载着多名高空跳伞运动员。每隔 1 s 有一名运动员从飞机上落下。以下这段时间内伞没有打开，可忽略空气阻力。

（1）第四名运动员刚离开飞机时，相邻两运动员在竖直方向上的距离之比依次是多少？分别以飞机和地面为参考系，粗略画出此时这四名运动员在空中位置的情况。

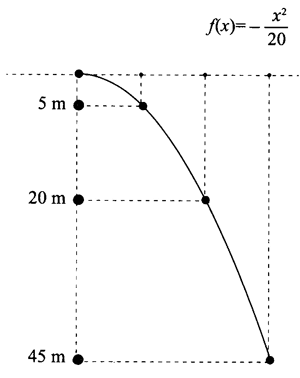
（2）以地面为参考系，四名运动员跳伞后可以在同一水平面上形成造型吗？为什么？

**参考解答**：（1）5∶3∶1，位置见图 5-28

（2）四名运动员处在同一竖直面内的同一抛物线上

提示：（1）在竖直方向，根据 *h* = *gt*2，可得 *h*12∶*h*23∶*h*34 =（32 – 22）∶（22 – 12）∶12 = 5∶3∶1。

如图 5-28，第四名运动员刚离开飞机时，若以飞机为参考系，则四名运动员在飞机正下方的同一竖线上；若以地面为参考系，则四名运动员在同一抛物线上。



（2）以地面为参考系，四名运动员跳伞后在空中运动时，处在同一竖直平面内的同一抛物线上。

6．如图 5-4 所示，在一端封闭的光滑细玻璃管中注满清水，水中放一个由蜡做成的小圆柱体 R。R 从坐标原点以速度 *v*0 = 1 cm/s 匀速上浮的同时，玻璃管沿 *x* 轴正方向做初速度为 0 的匀加速直线运动。测出某时刻 R 的 *x*、*y* 坐标值分别为 6 cm 和 2 cm。求此时 R 的速度的大小。

*y*/cm

*O*

R

*v*0

*x*/cm

图 5-4

**参考解答**：圆柱体 R 的速度为 cm/s。

提示：根据运动的分解可知 *y* = *v*0*t*，*x* = *t*，由此解得 *v*x = *v*0 = 6 cm/s。此时 R 的速度 *v* = = cm/s。

7．跳台滑雪是一种勇敢者的滑雪运动，运动员穿专用滑雪板，在滑雪道上获得一定速度后从跳台飞出，在空中飞行一段距离后着陆。现有某运动员从跳台 a 处沿水平方向飞出，在斜坡 b 处着陆，如图 5-5 所示。测得 ab 间的距离为 40 m，斜坡与水平方向的夹角为30°，试计算运动员在 a 处的速度大小和在空中飞行的时间。不计空气阻力，*g* 取 10 m/s2。有兴趣的同学可以计算一下运动员在空中离坡面的最大距离。

图 5-5

a

b

30°

**参考解答**：运动员在 A 处的速度为 10 m/s，茌空中飞行的时间为 2 s。

## B组

1．在篮球比赛中，投篮的投出角度太大和太小，都会影响投篮的命中率。在某次投篮表演中，运动员在空中一个漂亮的投篮，篮球以与水平面成 45°的倾角准确落入篮筐，这次跳起投篮时，投球点和篮筐正好在同一水平面上（图 5-6），设投球点到篮筐距离为 9.8 m，不考虑空气阻力，*g* 取 10 m/s2 。



图 5-6

（1）篮球进筐的速度有多大？

（2）篮球投出后的最高点相对篮筐的竖直高度是多少？

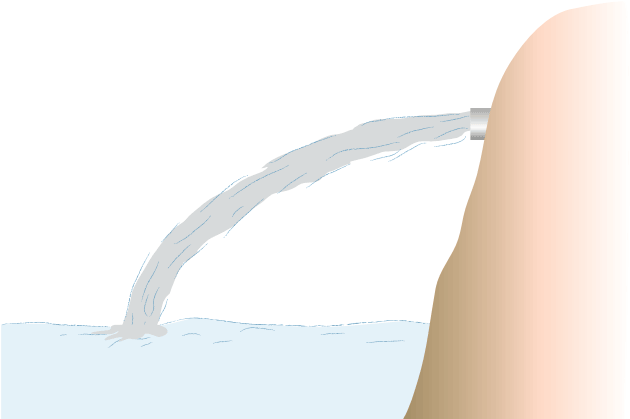
**参考解答**：（1）9.9 m/s;（2）2.45 m

提示：（1）设篮球出手和进筐的速度大小分别为 *v*0 和 *v*，由题意可知 *v* = *v*0。设篮球从出手到落人篮筐所用的时间为 *t*，在竖直方向篮球只受重力，为竖直上抛运动，有 – *v*0sin 45° = *v*0sin45° − *gt*。篮球在水平方向的分运动为匀速运动，有 *x* = *v*0*t*cos45°。联立解得 *v* = m/s ≈ 9.9 m/s。

（2）篮球投出后的最高点相对篮筐的竖直高度 *h* = = 2.45 m。

2．环保人员在一次检查时发现，有一根排污管正在向外满口排出大量污水。这根管道水平设置，管口离地面有一定的高度，如图 5-7所示。现在，环保人员只有一把卷尺，请问需要测出哪些数据就可大致估测该管道的排污量？写出测量每秒钟排污体积的表达式。

图 5-7

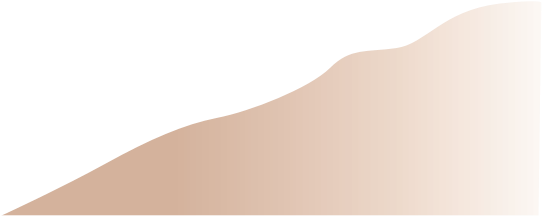


**参考解答**：需测量管口的直径 *D*，水平方向的位移 *L*，竖直方向的位移 *h*。每秒排出污水的体积为 *V* = 。

提示：设水从管口落到地面的时间为 *t*，竖直方向的位移为 *h*，水平方向的位移为 *L*，则有 *h* = *gt*2，*L* = *vt*。设管口直径为 *D*，联立解得 *V* = 。

可见，需要测量 *D*、*L*、*h*。

3．在某次演习中，轰炸机沿水平方向投放了一枚炸弹，炸弹正好垂直击中山坡上的目标，山坡的倾角为 *θ*，如图 5-8 所示。不计空气阻力，求炸弹竖直方向下落的距离与水平方向通过的距离之比。



*θ*

图 5-8

**参考解答**：。

提示：平抛的末速度与竖直方向的夹角等于斜面倾角 *θ*，有 tan*θ* = 。下落高度与水平射程之比 = = = 。

4．一小球从空中某点水平抛出，经过 A、B 两点，已知小球在 A 点的速度大小为 *v*1、方向与水平方向成 30° 角，小球在 B 点的速度方向与水平方向成 60° 角。不计空气阻力，重力加速度为 *g*，求小球由 A 到 B 的运动时间及 A、B 两点间的距离。

**参考解答**：*t* = ，

提示：小球运动轨迹如图 5-29 所示。

*A*

*B*

*v*1

*v*2

A 点的竖直分速度 *vAy* = *v*1sin30°，水平分速度 *v*0 = *v*1cos30°，B 点的竖直分速度 *vBy* = *v*0tan60°，小球从 A 到 B 的运动时间 *t* = ，由此解得小球从 A 到 B 的运动时间 *t* = 。因 A、B 间的水平距离 *x* = *v*0*t* = 。A、B 间的竖直距离 *y* = = ，故 A、B 两点间的距离 *s* = = 。

5．如图 5-9，质量为 *m* 的质点在 *Oxy* 平面坐标系上以某一速度（如图中箭头方向）运动时，受到大小不变、方向为 − *y* 方向的合力作用，由此质点的速度先减小后增大。已知质点运动的最小速度为 *v*，恒力的大小为 *F*。

*v*

*O*

*y*

*x*

图 5-9

（1）当质点速度大小变为 2*v* 时，速度方向和 *x* 方向之间的夹角是多大？

（2）质点速度由 *v* 增加到 2*v* 的过程用了多少时间？

**参考解答**：60°；

提示：质点沿 *x* 轴方向的分运动为匀速运动，沿 *y* 轴方向的分运动为先沿正方向做匀减速运动后，再沿负方向做匀加速运动。在最高点仅具有沿 *x* 轴方向的分速度 *v*0*x*，则 *v*0*x* = *v*。

（1）当质点速度大小变为 *v*′ = 2*v* 时，设速度方向和 *x* 轴正方向之间的夹角为 *θ*，则 cos*θ* = = = ，即 *θ* = 60°。

（2）*vy* = = *v*，*vy* = *at*，*a* = 。由此解得 *t* = 。

6．某质点在 *Oxy* 平面上运动。*t* = 0 时，质点位于 *y* 轴上。它在 *x* 方向运动的速度－时间图像如图 5-10 甲所示，它在 *y* 方向的位移－时间图像如图 5-10 乙所示。

0

4

8

2

1

*t*/s

*vx* /(m·s−1)

0

5

10

1

2

*y*/m

*t*/s

甲

乙

图 5-10

（1）求 *t* = 0.5 s 时质点速度的大小和方向。

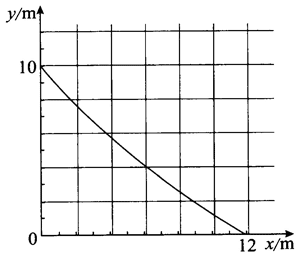
（2）说出 *t* = 0.5 s 时质点的位置。

（3）在平面直角坐标系上大致描绘质点在 2 s 内的运动轨迹。

**参考解答**：（1）5m/s，方向与 *x* 轴正方向的夹角为 45°，斜向第四象限；

（2）质点的位置坐标为（2.25 m，7.5 m）；

（3）轨迹如图 5-30 所示



（1）由 *v*-*t* 图像可知，在石轴上质点做初速为 *v*0*x* = 4 m/s 的匀加速直线运动，加速度为 *ax* = = 2 m/s2。在时刻 *t*，沿 *x* 轴的分速度为 *vx* = *v*0*x* + *axt* = （4 + 2*t*）m/s，方向沿 *x* 轴正方向。

由 *y*-*t* 图像可知，质点在 *y* 轴上做匀速直线运动，沿 *y* 轴的分速度为 *vy* = = − 5 m/s，方向沿 *y* 轴负方向。故当 *t* = 0.5 s 时，*v* = = 5m/s，tan*θ* = = 1。该时刻质点速度方向与 *x* 轴正方向的夹角为 45°，斜向第四象限。

（2）质点在 *x* 轴上的位置坐标 *x* = *v*0*t* + *a*x*t*2，在 *y* 轴上的位置坐标 *y* = *y*0 + *vyt*。将 *t* = 0.5 s、*v*0*x* = 4 m/s、*a* = 2 m/s2、*vy* = 5 m/s 代入，解得 *x* = 2.25 m，*y* = 7.5 m。故当 *t* = 0.5 s 时，质点的位置坐标为（2.25 m，7.5 m）。