# 第一章 动量守恒定律 复习与提高

A 组共 8 道习题。第 1、2、3、4、5 题考查动量定理的应用。其中第 3 题考查动量、动量的变化量的区别，第 4 题考查物体动量的变化量和冲量的关系，第 5 题结合动量定理讨论从生活中抽象出的模型。第 6、7、8 题考查动量守恒定律的应用。其中第 7 题结合小球碰撞前后的 *I*–*t* 图像考查学生提取信息的能力，第 8 题则兼顾考查学生对平抛运动的掌握情况。

B 组共 8 道习题。第 1 题涉及对变力冲量的求解，第 2 题要求学生在多过程中运用动量定理解题，第 3 题通过估算鸡蛋对地面的作用力，让学生了解高空抛物的危害，第 4 题是动量定理在连续体相互作用中的应用。第 5、6、7、8 题考查动量守恒定律的综合应用。其中第 5 题是典型的“人船问题”，第 6 题是对临界问题的求解，第 7 题涉及多个对象、多个过程以及临界问题，第 8 题是水平方向的动量守恒、机械能守恒和临界问题的综合。

## A 组

1．120 kg 的铁锤从 3.2 m 高处落下，打在水泥桩上，与水泥桩撞击的时间是 0.005 s。撞击时，铁锤对桩的平均冲击力有多大？*g* 取 10 m/s2。

**参考解答**：1.92×105 N

2．两个质量不同而初动量相同的物体，在水平地面上由于摩擦力的作用而停止运动。它们与地面的动摩擦因数相同，请比较它们的滑行时间。

**参考解答**：质量小的物体滑行时间比较长。

3．在离地面同一高度有质量相同的三个小球 a、b、c，a 球以速度 *v*0 竖直上抛，b 球以速度 *v*0 竖直下抛，c 球做自由落体运动，不计空气阻力，三球落地时动量是否相同？从抛出到落地，三球动量的变化量是否相同？

**参考解答**：*p*a = *p*b > *p*c，Δ*p*a > Δ*p*c > Δ*p*b

4．质量为 0.5 kg 的金属小球，以 6 m/s 的速度水平抛出，抛出后经过0.8 s落地，*g* 取 10 m/s2。

（1）小球抛出时和刚落地时，动量的大小、方向如何？

（2）小球从抛出到落地的动量变化量的大小和方向如何？

（3）小球在空中运动的 0.8 s 内所受重力的冲量的大小和方向如何？

（4）说出你解答上述问题后的认识。

**参考解答**：（1）小球抛出时，动量为 3 kg·m/s，方向和初速度方向一致；小球刚落地时，动量为 5 kg·m/s，方向与水平方向成 53° 斜向下。

（2）小球动量交化量为 4 kg·m/s，方向竖直向下。

（3）小球所受到的冲量为 4 N·s，方向竖直向下。

（4）小球动量的变化量的大小和方向与小球所受合力的冲量的大小和方向相同。

5．图 1–1 是用木槌把糯米饭打成糍粑的场景，有人据此编了一道练习题：“已知木槌质量为 18 kg，木槌刚接触糍粑时的速度是 22 m/s，打击糍粑 0.1 s 后木槌静止，求木槌打击糍粑时平均作用力的大小。”



图 1–1

解答此题，你是否发现，以上数据所描述的是一个不符合实际的情景。哪些地方不符合实际？

**参考解答**：4 136 N，木槌的质量偏大，接触糍粑时的速度偏大，打击糍粑的时间偏短。

提示：取初速度方向为正方向，根据动量定理有（*mg* − *F*）Δ*t* = 0 − *mv*，得 *F* = 4 136 N。

6．A、B 两个粒子都带正电，B 的电荷量是 A 的 2 倍，B 的质量是 A 的 4 倍。A 以已知速度 *v* 向静止的 B 粒子飞去。由于静电力，它们之间的距离缩短到某一极限值后又被弹开，然后各自以新的速度做匀速直线运动。设作用前后它们的轨迹都在同一直线上，计算 A、B 之间的距离最近时它们各自的速度。

**参考解答**：0.2*v*，方向与 A 粒子初速度方向相同。

7．质量为 *m*1 和 *m*2 的两个物体在光滑的水平面上正碰，碰撞时间不计，其位移 - 时间图像如图 1–2 所示。

图 1–2

*m*1

*m*1

*m*2

*m*2

16

2

4

6

*t*/s

*x*/m

8

0

（1）若 *m*1 = 1 kg，则 *m*2 等于多少？

（2）两个物体的碰撞是弹性碰撞还是非弹性碰撞？

**参考解答**：（1）3 kg；（2）弹性碰撞

8．把一个质量为 0.2 kg 的小球放在高度为 5.0 m 的直杆的顶端（图 1–3）。一颗质量为 0.01 kg 的子弹以 500 m/s 的速度沿水平方向击中小球，并穿过球心，小球落地处离杆的距离为 20 m。*g* 取 10 m/s2，求子弹落地处离杆的距离。

*m*1



*m*′

*h*

*s*′

*s*



*v*0

图 1–3

**参考解答**：100 m

小球做平抛运动，有：

*s* = *v*1

解得：*v*1 = = m/s = 20 m/s

由动量守恒定理可得

*m*′*v*0 = *m*1*v*1 + *m*′*v*′

0.01×500 = 0.2×20 + 0.01×*v*′

*v*′ = 100 m/s

子弹的水平射程

*s*′ = *v*′= 100×1 m/s = 100 m/s

## B组

1．物体受到方向不变的力 *F* 作用，其中力的大小随时间变化的规律为 *F* = 5*t*（*F* 的单位是 N），求力在 2 s 内的冲量大小。

**参考解答**：10 N·s

提示：*F* 是变力，*F* = 5*t*（*F* 的单位是 N）说明力与时间之间是正比例关系，故可以用平均力来求解，即 *I* = *t* = 10 N·s。

2．用水平力拉一个质量为 *m* 的物体，使它在水平面上从静止开始运动，物体与水平面间的动摩擦因数为 *μ*。经过时间 *t* 后，撤去这个水平力，物体在摩擦力的作用下又经过时间 *t* 停止运动。求拉力的大小。

**参考解答**：2*μmg*

3．城市进入高楼时代后，高空坠物已成为危害极大的社会安全问题。图 1–4 为一则安全警示广告，非常形象地描述了高空坠物对人伤害的严重性。小明同学用下面的实例来检验广告词的科学性：设一个 50 g 的鸡蛋从 18 楼的窗户自由落下，相邻楼层的高度差为 3 m，与地面撞击时鸡蛋的竖直高度为 5 cm，认为鸡蛋下沿落地后，鸡蛋上沿的运动是匀减速运动，并且上沿运动到地面时恰好静止，以鸡蛋的上、下沿落地的时间间隔作为鸡蛋与地面的撞击时间，不计空气阻力。试估算从 18 楼下落的鸡蛋对地面的平均冲击力。



从 4 楼抛下会让人砸起肿包

从 8 楼抛下可以砸破人的头皮

从 18 楼抛下可以砸裂行人头骨

从 25 楼抛下可能使人当场死亡

一个鸡蛋的威力

图 1–4

**参考解答**：约为 517 N

提示：鸡蛋落下的高度约为 17 层楼的高度，即 *h* = 51 m，*g* 取 10 m/s2，取向下为正方向，则鸡蛋落到地面时的速度 *v* = = 32 m/s，鸡蛋与地面作用时间 *t* = = 0.003 1 s。由动量定理有（*mg* − *F*）*t* = 0 − *mv*，解得 *F* = 517 N。

4．水流射向墙壁，会对墙壁产生冲击力。假设水枪喷水口的横截面积为 *S*，喷出水流的流速为 *v*，水流垂直射向竖直墙壁后速度变为 0。已知水的密度为 *ρ*，重力加速度大小为 *g*，求墙壁受到的平均冲击力。

**参考解答**：*ρSv*2

提示：时间 *t* 内水柱质量 *m* = *ρSvt*，由动量定理 *Ft* = 0 – *mv* 得 *F* 的大小为 *ρSv*2。

5．长为 *l*、质量为 *m* 的小船停在静水中，质量为 *m*′ 的人从静止开始从船头走到船尾。不计水的阻力，求船和人对地面位移的大小。

**参考解答**：人的位移 ，船的位移

6．在光滑水平地面上有两个相同的弹性小球 A、B，质量都为 *m*，现 B 球静止，A 球向 B 球运动，发生正碰。已知碰撞过程中总机械能守恒，两球压缩最紧时的弹性势能为 *E*p，求碰前 A 球的速度。

**参考解答**：2，方向由 A 球指向 B 球。

提示：当两球压缩最紧时，速度相等。设 A 球的初速度方向为正方向，由动量守恒定律有 *mv*0 = 2*mv*，由碰撞过程中机械能守恒有 *mv*02 = 2×*mv*2 + *E*p，解得 *v*0 = 2。

7．如图 1–5，光滑水平轨道上放置长板 A（上表面粗糙）和滑块 C，滑块 B 置于 A 的左端，三者质量分别为 *m*A = 2 kg，*m*B = 1 kg，*m*C = 2 kg。开始时 C 静止，A、B 一起以 *v*0 = 5 m/s 的速度匀速向右运动，A 与 C 发生碰撞（时间极短）后 C 向右运动，经过一段时间，A、B 再次达到共同速度一起向右运动，且恰好不再与 C 碰撞。求 A 与 C 发生碰撞后瞬间 A 的速度大小。



B

A

C

图 1–5

**参考解答**：2 m/s

提示：在光滑水平轨道上，在与 C 碰撞前，A、B 间无相互作用，又因碰撞时间极短，长板 A 与滑块 C 碰撞过程动量守恒，设碰后瞬间 A 的速度为 *v*A，C 的速度为 *v*C，以向右为正方向，由动量守恒定律得 *m*A*v*0 = *m*A*v*A + *m*C*v*C。A 与滑块 B 在摩擦力作用下达到共同速度，设共同速度为 *v*AB，由动量守恒定律得 *m*A*v*A + *m*B*v*0 = (*m*A + *m*B)*v*AB。

A 与 B 达到共同速度后恰好不再与 C 碰撞，应满足 *v*AB = *v*C．解得 *v*A = 2 m/s。

8．如图 1–6，质量均为 *m* 的木块 A 和 B，并排放在光滑水平面上，A 上固定一竖直轻杆，轻杆上端的 O 点系一长为 *l* 的细线，细线另一端系一质量为 *m*0 的球 C。现将 C 球拉起使细线水平伸直，并由静止释放 C 球。求 A、B 两木块分离时，A、B、C 的速度大小。



C

*O*



A

B



图 1–6

**参考解答**：A、B 的速度大小为 ，C 的速度大小为 2

提示：小球 C 下落到最低点时，木块 A、B 开始分离，此过程中，水平方向动量守恒，机械能守恒，有 *m*0*gl* = *m*0*v*C2 + 2×*m**v*AB 2。取水平向左为正方向，由 *m*0*v*C + 2*mv*AB = 0，解得 *v*C = 2，*v*AB = − 。

# “复习与提高”参考答案与提示

A 组共 8 道习题。第 1、2、3、4、5 题考查动量定理的应用。其中第 3 题考查动量、动量的变化量的区别，第 4 题考查物体动量的变化量和冲量的关系，第 5 题结合动量定理讨论从生活中抽象出的模型。第 6、7、8 题考查动量守恒定律的应用。其中第 7 题结合小球碰撞前后的 *I*–*t* 图像考查学生提取信息的能力，第 8 题则兼顾考查学生对平抛运动的掌握情况。

B 组共 8 道习题。第 1 题涉及对变力冲量的求解，第 2 题要求学生在多过程中运用动量定理解题，第 3 题通过估算鸡蛋对地面的作用力，让学生了解高空抛物的危害，第 4 题是动量定理在连续体相互作用中的应用。第 5、6、7、8 题考查动量守恒定律的综合应用。其中第 5 题是典型的“人船问题”，第 6 题是对临界问题的求解，第 7 题涉及多个对象、多个过程以及临界问题，第 8 题是水平方向的动量守恒、机械能守恒和临界问题的综合。

## A 组

1．1.92×105 N

2．质量小的物体滑行时间比较长。

3．*p*a = *p*b > *p*c，Δ*p*a > Δ*p*c > Δ*p*b

4．（1）小球抛出时，动量为 3 kg·m/s，方向和初速度方向一致；小球刚落地时，动量为 5 kg·m/s，方向与水平方向成 53° 斜向下。

（2）小球动量交化量为 4 kg·m/s，方向竖直向下。

（3）小球所受到的冲量为 4 N·s，方向竖直向下。

（4）小球动量的变化量的大小和方向与小球所受合力的冲量的大小和方向相同。

5．4 136 N；木槌的质量偏大，接触糍粑时的速度偏大，打击糍粑的时间偏短。

提示：取初速度方向为正方向，根据动量定理有（*mg* − *F*）Δ*t* = 0 − *mv*，得 *F* = 4 136 N。

6．0.2*v*，方向与 A 粒子初速度方向相同。

7．（1）3 kg；（2）弹性碰撞

8．100 m

## B 组

1．10 N·s

提示：*F* 是变力，*F* = 5*t*（*F* 的单位是 N）说明力与时间之间是正比例关系，故可以用平均力来求解，即 *I* = *t* = 10 N·s。

2．2*μmg*

3．约为 517 N

提示：鸡蛋落下的高度约为 17 层楼的高度，即 *h* = 51 m，*g* 取 10 m/s2，取向下为正方向，则鸡蛋落到地面时的速度 *v* = = 32 m/s，鸡蛋与地面作用时间 *t* = = 0.003 1 s。由动量定理有（*mg* − *F*）*t* = 0 − *mv*，解得 *F* = 517 N。

4．*ρSv*2

提示：时间 *t* 内水柱质量 *m* = *ρSvt*，由动量定理 *Ft* = 0 – *mv* 得 *F* 的大小为 *ρSv*2。

5．人的位移 ，船的位移

6．2，方向由 A 球指向 B 球。

提示：当两球压缩最紧时，速度相等。设 A 球的初速度方向为正方向，由动量守恒定律有 *mv*0 = 2*mv*，由碰撞过程中机械能守恒有 *mv*02 = 2×*mv*2 + *E*p，解得 *v*0 = 2。

7．2 m/s

提示：在光滑水平轨道上，在与 C 碰撞前，A、B 间无相互作用，又因碰撞时间极短，长板 A 与滑块 C 碰撞过程动量守恒，设碰后瞬间 A 的速度为 *v*A，C 的速度为 *v*C，以向右为正方向，由动量守恒定律得 *m*A*v*0 = *m*A*v*A + *m*C*v*C。A 与滑块 B 在摩擦力作用下达到共同速度，设共同速度为 *v*AB，由动量守恒定律得 *m*A*v*A + *m*B*v*0 = (*m*A + *m*B)*v*AB。

A 与 B 达到共同速度后恰好不再与 C 碰撞，应满足 *v*AB = *v*C．解得 *v*A = 2 m/s。

8．A、B 的速度大小为 ，C 的速度大小为 2

提示：小球 C 下落到最低点时，木块 A、B 开始分离，此过程中，水平方向动量守恒，机械能守恒，有 *m*0*gl* = *m*0*v*C2 + 2×*mv*AB 2。取水平向左为正方向，由 *m*0*v*C + 2*mv*AB = 0，解得 *v*C = 2，*v*AB = − 。