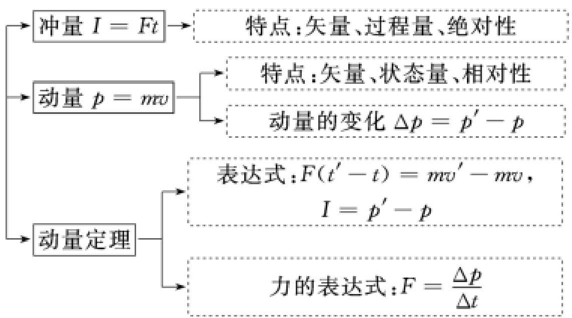
# 专题 10  动量观点的应用

目录



**考向一  动量定理的理解**

1．掌握基本概念和规律

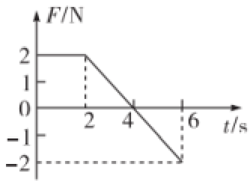



2．应用动量定理的注意事项

(1)一般来说，用牛顿第二定律能解决的问题，用动量定理也能解决，如果题目不涉及加速度和位移，用动量定理求解更简捷．动量定理不仅适用于恒力，也适用于变力．力变化的情况下，动量定理中的力 $F$ 应理解为变力在作用时间内的平均值．

(2)动量定理的表达式是矢量式，运用它分析问题时要特别注意冲量、动量及动量变化量的方向，公式中的 $F$ 是物体或系统所受的合力．

**【典例 1】**质量 $m$＝1kg 的物体在合外力 $F$ 的作用下从静止开始做直线运动。物体所受的合外力 $F$ 随时间 $t$ 变化图像如图所示。下列说法正确的是（　　）




A. 物体先做匀加速直线运动，再做加速度减小的减速运动

B. 4s 末物体的速度为零

C. 6s 内合外力的冲量为 8N·s

D. 6s 内合外力做功为 8J

**【典例 2】**江西艺人茅荣荣，他以 7 个半小时内连续颠球 5 万次成为新的吉尼斯纪录创造者，而这个世界纪录至今无人超越．若足球用头顶起，某一次上升高度为 80cm，足球的重量为 400g，与头顶作用时间 $\Delta t$ 为 0.1s，则足球本次在空中的运动时间和足球给头部的作用力大小分别为（　　　）（空气阻力不计，$g$=10m/s$^2$）.

A. $t$=0.4s；$F_N$=40N

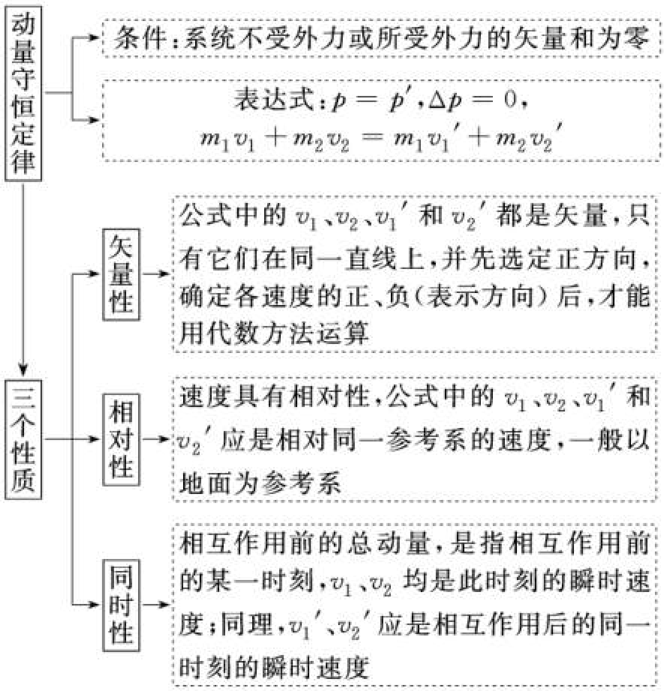
B. $t$ =0.4s；$F_N$=68N

C. $t$ =0.8s；$F_N$=36N

D. $t$ =0.8s；$F_N$=40N

## 考向二 动量守恒定律及应用

动量守恒定律的条件、表达式和性质




## 考查方式一　爆炸模型

### 1、爆炸模型的特点

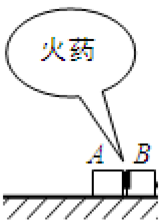
**（1）动量守恒：**由于爆炸是极短时间内完成的，爆炸物体间的相互作用力远大于受到的外力，所以在爆炸过程中，系统的总动量守恒。

**（2）动能增加：**在爆炸过程中，由于有其他形式的能量（如化学能）转化为动能，所以爆炸后系统的总动能增加。

**（3）位置不变：**由于爆炸的时间极短。因而作用过程中，物体产生的位移很小，一般可以忽略不计，可认为物体爆炸后仍然从爆炸前的位置以新的动量开始运动。

### 2、爆炸模型分析

（1）如图：质量分别为 $m_A$、$m_B$ 的可视为质点 A、B 间夹着质量可忽略的火药．一开始二者静止，点燃火药(此时间极短且不会影响各物体的质量和各表面的光滑程度)，则：



$A$、$B$组成的系统**动量守恒**：$m_A v_A = m_B v_B$①得：

$$\frac{v_A}{v_B} = \frac{m_B}{m_A} \quad ②$$

②式表明在**爆炸过程中相互作用的两个物体间获得的速度与它们的质量成反比**。

$A$、$B$组成的系统**能量守恒**：$E_{化学能} = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2$③

①式也可以写为：$P_A = P_B$④又根据动量与动能的关系$P = \sqrt{2mE_k}$得

$\sqrt{2m_A E_{kA}} = \sqrt{2m_B E_{kB}}$④进一步化简得：$\frac{E_{kA}}{E_{kB}} = \frac{m_B}{m_A}$⑤

⑤式表明在**爆炸过程中相互作用的两个物体间获得的动能与它们的质量成反比**。

②⑤联立可得：$E_{kA} = \frac{m_B}{m_A + m_B} E_{化学能}$　$E_{kB} = \frac{m_A}{m_A + m_B} E_{化学能}$⑥

（2）若原来$A$、$B$组成的系统以初速度$v$在运动，运动过程中发生了爆炸现象则：

$A$、$B$组成的系统**动量守恒**：$(m_A + m_B)v = m_A v_A + m_B v_B$⑦

$A$、$B$组成的系统**能量守恒**：

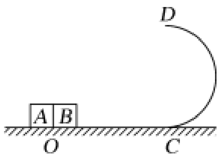
$$E_{化学能} = \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 - \frac{1}{2}(m_A + m_B)\ v \ = \frac{1}{2} \frac{m_A m_B}{m_A + m_B} (v_A - v_B)^2 \quad ⑧$$

**【典例3】**一质量为$m$的烟花弹获得动能$E$后，从地面竖直升空。当烟花弹上升的速度为零时，弹中火药爆炸将烟花弹炸为质量相等的两部分，两部分获得的动能之和也为$E$，且均沿竖直方向运动。爆炸时间极短，重力加速度大小为$g$，不计空气阻力和火药的质量。求：

(1)烟花弹从地面开始上升到弹中火药爆炸所经过的时间；

(2)爆炸后烟花弹向上运动的部分距地面的最大高度。

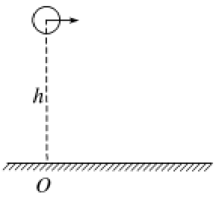
[变式 1]如图所示，$A$、$B$ 两个物体粘在一起以 $v_0$＝3 m/s 的速度向右运动，物体中间有少量炸药，经过 $O$ 点时炸药爆炸，假设所有的化学能全部转化为 $A$、$B$ 两个物体的动能且两物体仍然在水平面上运动，爆炸后 $A$ 物体的速度依然向右，大小变为 $v_A$＝2 m/s，$B$ 物体继续向右运动进入光滑半圆轨道且恰好通过最高点 $D$，已知两物体的质量 $m_A$＝$m_B$＝1 kg，$O$ 点到半圆轨道最低点 $C$ 的距离 $x_{OC}$＝0.25 m，物体与水平轨道间的动摩擦因数为 $\mu$＝0.2，$A$、$B$ 两个物体均可视为质点，取 $g$＝10 m/s²，求：



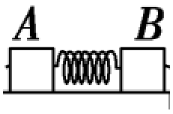

(1)炸药的化学能 $E$；

(2)半圆轨道的半径 $R$。

[变式 2]如图所示，质量为 $m$ 的炮弹运动到水平地面 $O$ 点正上方时速度沿水平方向，离地面高度为 $h$，炮弹动能为 $E$，此时发生爆炸，炮弹炸为质量相等的两部分，两部分的动能之和为 $2E$，速度方向仍沿水平方向，爆炸时间极短，重力加速度为 $g$，不计空气阻力和火药的质量，求炮弹的两部分落地点之间的距离.



## 考查方式二　弹簧的“爆炸”模型




$A$ 、$B$ 组成的系统**动量守恒**：$m_A v_A = m_B v_B$ ①得：

$\frac{v_A}{v_B} = \frac{m_B}{m_A}$　　②

②式表明在**爆炸过程中相互作用的两个物体间获得的速度与它们的质量成反比**。

$A$ 、$B$ 组成的系统**能量守恒**：$E_P = \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2$ ③

①式也可以写为：$P_A = P_B$ ④又根据动量与动能的关系 $P = \sqrt{2mE_k}$ 得

$\sqrt{2m_A E_{kA}} = \sqrt{2m_B E_{kB}}$ ④进一步化简得：$\frac{E_{kA}}{E_{kB}} = \frac{m_B}{m_A}$ ⑤

⑤式表明在**爆炸过程中相互作用的两个物体间获得的动能与它们的质量成反比**。

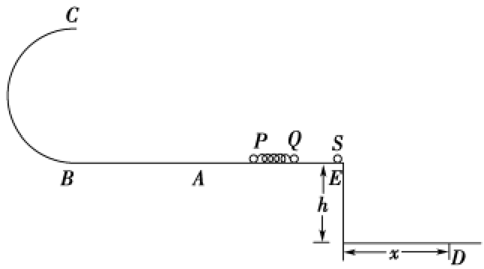
②⑤联立可得：$E_{kA} = \frac{m_B}{m_A + m_B}E_P$　$E_{kB} = \frac{m_A}{m_A + m_B}E_P$ ⑥

2、若原来 $A$ 、$B$ 组成的系统以初速度 $v$ 在运动，运动过程中发生了爆炸现象则：

$A$ 、$B$ 组成的系统**动量守恒**：$(m_A + m_B)v = m_A v_A + m_B v_B$ ⑦

$A$ 、$B$ 组成的系统**能量守恒**：$E_P = \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2 - \frac{1}{2}(m_A + m_B)\ v\ = \frac{1}{2}\frac{m_A m_B}{m_A + m_B}(v_A - v_B)^2$ ⑧

【典例 4】如图所示，在光滑水平桌面 $EAB$ 上有质量为 $M=0.2$ kg 的小球 $P$ 和质量为 $m=0.1$ kg 的小球 $Q$，$P$、$Q$ 之间压缩一轻弹簧(轻弹簧与两小球不拴接)，桌面边缘 $E$ 处放置一质量也为 $m=0.1$ kg 的橡皮泥球 $S$，在 $B$ 处固定一与水平桌面相切的光滑竖直半圆形轨道。释放被压缩的轻弹簧，$P$、$Q$ 两小球被轻弹簧弹出，小球 $P$ 与弹簧分离后进入半圆形轨道，恰好能够通过半圆形轨道的最高点 $C$；小球 $Q$ 与弹簧分离后与桌面边缘的橡皮泥球 $S$ 碰撞后合为一体飞出，落在水平地面上的 $D$ 点。已知水平桌面高为 $h=0.2$ m，$D$ 点到桌面边缘的水平距离为 $x=0.2$ m，重力加速度为 $g=10$ m/s$^2$，求：

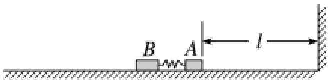



(1)小球 $P$ 经过半圆形轨道最低点 $B$ 时对轨道的压力大小 $F'_{NB}$；

(2)小球 $Q$ 与橡皮泥球 $S$ 碰撞前瞬间的速度大小 $v_Q$；

(3)被压缩的轻弹簧的弹性势能 $E_p$。

**[变式]**静止在水平地面上的两小物块 $A$、$B$，质量分别为 $m_A$＝1.0 kg，$m_B$＝4.0 kg；两者之间有一被压缩的微型弹簧，$A$ 与其右侧的竖直墙壁距离 $l$＝1.0 m，如图 1 所示．某时刻，将压缩的微型弹簧释放，使 $A$、$B$ 瞬间分离，两物块获得的动能之和为 $E_k$＝10.0 J．释放后，$A$ 沿着与墙壁垂直的方向向右运动．$A$、$B$ 与地面之间的动摩擦因数均为 $\mu$＝0.20.重力加速度取 $g$＝10 m/s$^2$.$A$、$B$ 运动过程中所涉及的碰撞均为弹性碰撞且碰撞时间极短．




(1)求弹簧释放后瞬间 $A$、$B$ 速度的大小；

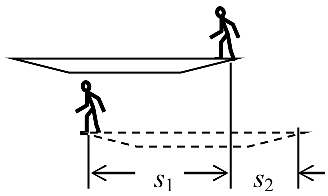
(2)物块 $A$、$B$ 中的哪一个先停止？该物块刚停止时 $A$ 与 $B$ 之间的距离是多少？

(3)$A$ 和 $B$ 都停止后，$A$ 与 $B$ 之间的距离是多少？

## 考查方式三　人船模型与人船相识模型

**【模型构建】**如图所示，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，求船和人对地面的位移各为多少？

解析：以人和船组成的系统为研究对象，在水平方向不受外力作用，满足动量守恒．设某时刻人的速度为 $v_1$，船的速度为 $v_2$，取人行进的方向为正，则有：$mv_1 - Mv_2 = 0$




上式换为平均速度仍然成立，即 $m\bar{v}_1 - M\bar{v}_2 = 0$

两边同乘时间 $t$，$m\bar{v}_1 t - M\bar{v}_2 t = 0$，

设人、船位移大小分别为 $s_1$、$s_2$，则有，$ms_1 = Ms_2$　　①

由图可以看出：$s_1 + s_2 = L$　　②

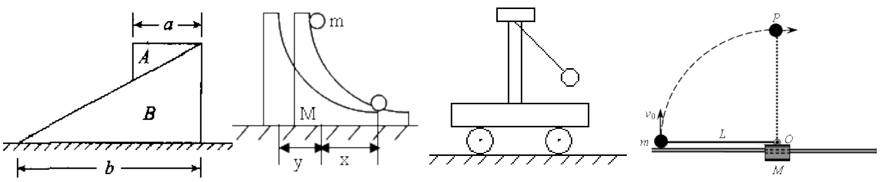
由①②两式解得 $s_1 = \dfrac{m}{M+m}L$，$s_2 = \dfrac{M}{M+m}L$

**答案：**$s_1 = \dfrac{m}{M+m}L$，$s_2 = \dfrac{M}{M+m}L$

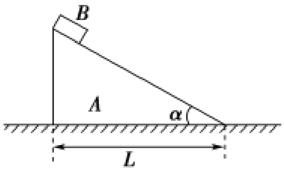
**点评：人船模型中的动力学规律：由于组成系统的两物体受到大小相同、方向相反的一对力，故两物体速度大小与质量成反比，方向相反。这类问题的特点：两物体同时运动，同时停止。**

**人船模型中的动量与能量规律：由于系统不受外力作用，故而遵从动量守恒定律，又由于相互作用力做功，故系统或每个物体动能均发生变化：力对“人”做的功量度“人”动能的变化；力对“船”做的功量度“船”动能的变化。**

**【人船相似模型】**




**【典例 5】**光滑水平面上放有一上表面光滑、倾角为 $\alpha$ 的斜面体 $A$，斜面体质量为 $M$，底边长为 $L$，如图所示。将一质量为 $m$、可视为质点的滑块 $B$ 从斜面的顶端由静止释放，滑块 $B$ 经过时间 $t$ 刚好滑到斜面底端。此过程中斜面对滑块的支持力大小为 $F_N$，则下列说法中正确的是(　　)




A．$F_N = mg\cos\alpha$

B．滑块 $B$ 下滑过程中支持力对 $B$ 的冲量大小为 $F_N t\cos\alpha$

C．滑块 $B$ 下滑过程中 $A$、$B$ 组成的系统动量守恒

D．此过程中斜面向左滑动的距离为 $\dfrac{m}{M+m}L$

**[变式 1]**有一只小船停靠在湖边码头，小船又窄又长(重一吨左右)．一位同学想用一个卷尺粗略测定它的质量．他进行了如下操作：首先将船平行于码头自由停泊，轻轻从船尾上船，走到船头停下，而后轻轻下船．用卷尺测出船后退的距离 $d$，然后用卷尺测出船长 $L$.已知他的自身质量为 $m$，水的阻力不计，则船的质量为(　　)

A.$\dfrac{m(L+d)}{d}$　　　　B.$\dfrac{m(L-d)}{d}$

C.$\dfrac{mL}{d}$　　　　D.$\dfrac{m(L+d)}{L}$

**[变式 2]**质量为 $M$ 的气球上有一个质量为 $m$ 的人，气球和人在静止的空气中共同静止于离地 $h$ 高处，如果从气球上慢慢放下一个质量不计的软梯，让人沿软梯降到地面，则软梯长至少应为(　　)

A.$\dfrac{m}{m+M}h$　　　　B.$\dfrac{M}{m+M}h$

C.$\dfrac{M+m}{M}h$　　　　D.$\dfrac{M+m}{m}h$

**[变式 3]**如图所示，滑块和小球的质量分别为 $M$、$m$。滑块可在水平放置的光滑固定导轨上自由滑动，小球与滑块上的悬点 $O$ 由一不可伸长的轻绳相连，轻绳长为 $L$。开始时，轻绳处于水平拉直状态，小球和滑块均静止。现将小球由静止释放，当小球到达最低点时，下列说法正确的是（　　　）