THE BEST DESIGN

目 录

上篇 难点攻关

[难点 1]连接体问题分析策略 …… (001)
[难点 2]“追碰”问题与时空观 …… (011)
[难点 3]变力做功与能量转化 …… (022)
[难点 4]弹簧类问题求解策略 …… (031)
[难点 5]变质量气体问题思路分析·虚拟法 …… (040)
[难点 6]电磁感应电路求解与模型变换 …… (046)
[难点 7]电阻测量方法优选与误差分析 …… (055)
[难点 8]含电容电路的分析与策略 …… (070)
[难点 9]带电粒子在复合场中的运动分析 …… (077)
[难点 10]多解问题及求解策略…… (086)
[难点 11]数形结合思想与图象法解题…… (095)
[难点 12]等效法与物理解题…… (105)
[难点 13]对称思想与物理解题…… (113)
[难点 14]守恒思想在物理解题中的应用…… (121)
[难点 15]力、电综合问题思路分析 …… (129)
[难点 16]力、热综合问题思路分析 …… (139)

需要全本请访问 www.ertongbook.com

[难点 17]数学知识在物理解题中的应用…… (145)
[难点 18]理、化、生知识综合应用分析…… (156)

下篇 题型突破

[题型 1]论述型 …… (168)
[题型 2]估算型 …… (172)
[题型 3]实际应用型 …… (178)
[题型 4]信息给予型 …… (185)
[题型 5]实验设计型 …… (194)
[题型 6]开放型命题 …… (200)
参考答案 …… (210)

上篇 难点攻关

难点 1] 连接体问题分析策略

难点透析

两个(或两个以上)物体相互连结参与运动的系统称为连接体。以连接体的题拟题在高考命题中由来已久.起初是多以平衡态下的连结体的题呈现在高考卷面中,以考查考生综合分析能力的.如:

[例 1]如图 Ⅰ—1—1 所示.两根细线挂着两个质量相同的小球 A、B,上、下两根细线中的拉力分别是 T_A、T_B.现在使 A、B 带同号电荷.此时,上、下细线受力分别为 T_A'、T_B',则

A. $T_A' = T_A$, $T_B' > T_B$

B. $T_A' = T_A$, $T_B' < T_B$

C. $T_A' < T_A$, $T_B' > T_B$

D. $T_A' > T_A$, $T_B' < T_B$

答案:A

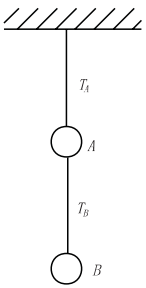


图 Ⅰ—1—1

此题中,只要考生能恰当变换研究对象先以 A、B 整体为研究对象,采用整体法利用力的平衡知识,即可得出 $T_A' = T_A$,再选 B 为研究对象,采用隔离法即可得出 $T_B' > T_B$.所以答案选 A.

随着高考对能力要求的不断提高,以非平衡态下连体的问题屡次出现,考查考生对牛顿定律的掌握及综合运用能力.如:

[例 2](1998 年全国高考)如图 Ⅰ—1—2,质量为 $2m$ 的物块 A 与水平地面的摩擦可忽略不计,质量为 m 的物块 B 与地面的动摩擦因数为 μ,在已知水平推力 F 的作用下,A、B 做加速运动,A 对 B 的作用力为_____.

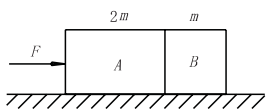


图 Ⅰ—1—2

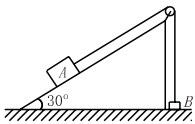
答案:$T = \frac{1}{3}(F + 2\mu mg)$

由于 A、B 共同参与运动,有共同加速度,只需先用整体法对系统列出 $F - \mu mg = 3ma$.再辅以隔离法,对 A 列出:$F - T = 2ma$,两式综合可得 $T = \frac{1}{3}(F +$

$2\mu mg$).

又如1999年广东卷曾将连结体置于斜面，考查考生对整体法、隔离法、机械能守恒知识的运用解题能力.

[例3](1999年广东)A的质量$m_1 = 4\ m$，B的质量$m_2 = m$，斜面固定在水平地面上. 开始时将B按在地面上不动，然后放手，让A沿斜面下滑而B上升. A与斜面无摩擦，如图Ⅰ—1—3，设当A沿斜面下滑s距离后，细线突然断了. 求B上升的最大高度H.(答案$H = 1.2\ S$)



图Ⅰ—1—3

该题不求绳子中的张力，可选A、B整体为研究对象. 以地面为零势面，依机械能守恒可得：

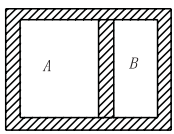
$\frac{5}{2}mv^2 + mgs = 4mgs \cdot \sin 30°$，**对竖直上抛的$B$列出：**

$\frac{1}{2}m_2 v^2 = m_2 gh$，**可求出** $H = h + s = 1.2s$.

考生往往遇到连结体问题就想到牛顿第二定律. 此题对于打破考生思维定势有积极作用，且对知识综合运用的能力要求较高.

与此同时，以定质量"两团气"为情景的气体连结体问题，亦屡见卷面. 由于气体连结体中，被(气缸、活塞等)连结的气体发生的不再仅含力学状态的变化，而且还发生了热学状态的变化. 不断变化的相关热学参量p、V、T的介入，加上与力学知识的综合，使题目难度陡然增大，对考生综合分析能力的要求明显提高. 如：

[例4](1998年上海高考)如图Ⅰ—1—4所示，一个具有均匀横截面的不导热的封闭容器，被一不导热的活塞分成A、B两部分. A、B中充有同种理想气体，活塞可无摩擦地左右移动. 开始时A、B的体积分别为$V_A = 2V$、$V_B = V$，温度为T_A和T_B，两边压强均为p，活塞处于平衡状态. 现用某种方法使活塞能导热而发生移动，最后，两部分气体温度相同，两边的压强仍为p. 试求：



图Ⅰ—1—4

(1) 最终状态时，A、B两部分气体体积之比V_A'/V_B'.

(2) 最终状态时，A、B两部分气体的温度T'.

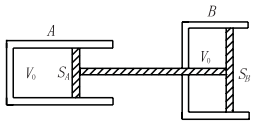
答案：①$2T_B/T_A$ ②$3T_AT_B/T_A + 2T_B$

对于气体连结体，一般采用隔离法，该题中，以A为研究对象可得$\frac{pV_A}{T_A} = \frac{pV_A'}{T'}$，**以$B$为研究对象，可得**$\frac{pV_B}{T_B} = \frac{pV_B'}{T'}$；**两式相除得**$\frac{V_A'}{V_B'} = \frac{2T_B}{T_A}$，**两式相加得**

出$\frac{pV_A}{T_A}+\frac{pV_B}{T_B}=\frac{p(V_A'+V_B')}{T'}$，再代以$V_A=2V.V_B=V,V_A'+V_B'=3V$，可得出$T'=\frac{3T_AT_B}{T_A+2T_B}$.

又如2000年北京春季高考，在气体连结体中，置入相互连结的活塞，使问题情景更加复杂，充分考查了考生灵活选取研究对象，综合运用力热学知识解决问题的能力.

[例5](2000年北京、安徽春季高考)如图Ⅰ—1—5所示，在固定的气缸A和B中分别用活塞封闭一定质量的理想气体，活塞面积之比$S_A:S_B=1:2$.两活塞以穿过B的底部的刚性细杆相连，可沿水平方向无摩擦滑动.两个气缸都不漏气.初始时A、B中气体的体积皆为V_0，温度皆为$T_0=300\ \mathrm{K}$.A中气体压强$p_A=1.5p_0$，p_0是气缸外的大气压强.现对A加热，使其中气体的压强升到$p_A'=2.0p_0$，同时保持B中气体的温度不变.求此时A中气体温度T_A'.



图Ⅰ—1—5

答案：$T_A'=500\ \mathrm{K}$

其分析思路为：

在对A中气体加热前后，活塞两次处于平衡状态时，由平衡条件分别得：

$p_AS_A+p_BS_B=p_0(S_A+S_B)\quad p_A'S_A+p_B'S_B=p_0(S_A+S_B)$

已知$S_B=2S_A$

B中气体初、末态温度相等，设末态体积为V_B，由玻意耳定律得：

$p_B'V_B=p_BV_0$

设A中气体末态的体积为V_A，因两活塞移动的距离相等，因而有：

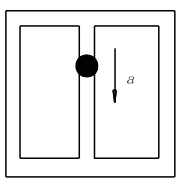
$$\frac{V_A-V_0}{S_A}=\frac{V_B-V_0}{S_B}$$

由气态方程知：$\frac{p_A'V_A}{T_A'}=\frac{p_AV_0}{T_A}$

解得：$T_A'=\frac{p_A'V_A}{p_AV_0}T_A=500\ \mathrm{K}$

仿真试题

[试题1]如图Ⅰ—1—6所示，质量为M的木箱放在水平面上，木箱中的立杆上套着一个质量为m的小球，开始时小球在杆的顶端，由静止释放后，小球沿杆下滑的加速度为重力加速度的二分之一，即$a=\frac{1}{2}g$，则小球在下滑的过程



图Ⅰ—1—6

需要全本请访问 www.ertongbook.com

中，木箱对地面的压力为多少？

[解析](隔离法)

木箱与小球没有共同加速度，所以须用隔离法.

取小球 m 为研究对象，受重力 mg、摩擦力 f，如图 Ⅰ—1—7，据牛顿第二定律得：

$$mg - f = ma \quad ①$$



图 Ⅰ—1—7

取木箱 M 为研究对象，受重力 Mg、地面支持力 N 及小球给予的摩擦力 f' 如图 Ⅰ—1—8.

据物体平衡条件得：

$$N - f' - Mg = 0 \quad ②$$

且 $f = f'$ ③

由 ①②③ 式得 $N = \dfrac{2M+m}{2}g$

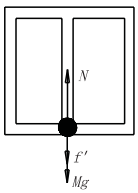


图 Ⅰ—1—8

由牛顿第三定律知，木箱对地面的压力大小为 $N' = N = \dfrac{2M+m}{2}g$.

说明：对于“一动一静”连接体，也可采用整体法列式：$N - (mg + Mg) = ma + M \times 0$，如下：

$(Mg + mg) - N = ma$，得木箱所受支持力 $N = \dfrac{2M+m}{2}g$. 故木箱对地面压力 $N' = \dfrac{2M+m}{2}g$.

[试题2]一个质量为 0.2 kg 的小球用细线吊在倾角 $\theta = 53°$ 的斜面顶端，如图 Ⅰ—1—9，斜面静止时，球紧靠在斜面上，绳与斜面平行，不计摩擦，当斜面以 10 m/s² 的加速度向右做加速运动时，求绳的拉力及斜面对小球的弹力.

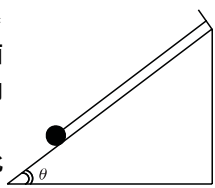


图 Ⅰ—1—9

[解答]当加速度 a 较小时，小球与斜面体一起运动，此时小球受重力、绳拉力和斜面的支持力作用，绳平行于斜面，当加速度 a 足够大时，小球将“飞离”斜面，此时小球受重力和绳的拉力作用，绳与水平方向的夹角未知，题目中要求 $a = 10$ m/s² 时绳的拉力及斜面的支持力，必须先求出小球离开斜面的临界加速度 a_0.（此时，小球所受斜面支持力恰好为零）

由 $mg\,\mathrm{ctg}\theta = ma_0$.

$\therefore a_0 = g\,\mathrm{ctg}\theta = 7.5$ m/s²

$\because a = 10\ \mathrm{m/s^2} > a_0$

$\therefore$ 小球离开斜面 $N = 0$，小球受力情况如图 Ⅰ—1—10，则 $T\cos\alpha = ma$，

$T\sin\alpha = mg$

$\therefore T = \sqrt{(ma)^2 + (mg)^2} = 2.83\ \mathrm{N}, N = 0.$

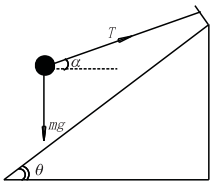


图 Ⅰ—1—10

说明：本题中的临界条件需用极限分析法来判定，这种方法是处理临界问题的常用方法.

[试题 3] 如图 Ⅰ—1—11 所示，一轻绳两端各系一小球（可视为质点），质量分别为 M 和 m（$M > m$），跨放在一个光滑的半圆柱体上. 两球从水平直径 AB 的两端由静止释放开始运动. 当 m 刚好达到圆柱体侧面最高点 C 处时，恰脱离圆柱体. 则两球质量之比 $M : m = ?$

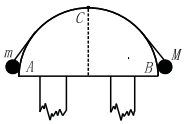


图 Ⅰ—1—11

[解答] 选系统为研究对象，由机械能守恒定律得：

$$Mg \cdot \frac{2\pi R}{4} = mgR + \frac{1}{2}(M+m)v^2 \qquad ①$$

因 m 到达最高点时恰离开圆柱体，据牛顿第二定律得：

$$mg = m\frac{v^2}{R} \qquad ②$$

联立 ①② 式得： $\dfrac{M}{m} = \dfrac{3}{\pi - 1}$

说明：与上两例比较，此题中，m 和 M 组成的连接体，既不处于平衡状态，亦不具备匀变速运动，故不能应用力的平衡条件和牛顿第二定律对整体求解. 因此，我们只能据题运用机械能守恒从能量的观点对整体列式（整体法），同时挖掘临界条件.（最高点只有 mg 提供 m 做圆周运动的向心力），对 m 运用牛顿第二定律列式（隔离法）.

[试题 4] 一传热性能很好的容器，两端是内径不同，内壁光滑的两个圆筒，筒内两个活塞 A、B 的面积分别为 $S_A = 10\ \mathrm{cm^2}$ 和 $S_B = 4\ \mathrm{cm^2}$，质量分别为 $m_A = 6\ \mathrm{kg}$ 和 $m_B = 4\ \mathrm{kg}$. 两活塞间由一轻细杆相连，如图 Ⅰ—1—12 所示. 在温度 $T_1 = -23℃$ 时，两活塞平衡不动，此时用销钉 K 把 B 固定于筒壁，两活塞间密封了体积 $V_1 = 300\ \mathrm{cm^3}$ 的气体. 当温度升到 27℃ 时把销钉 K 拔去. 设大气压强为 $1.0 \times 10^5\ \mathrm{Pa}$，容器内外温度相同且不漏气. 求：

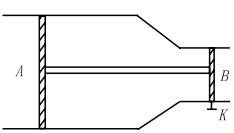


图 Ⅰ—1—12

(1) 两活塞的最大加速度 $a_{\max}$.

(2) 两活塞有最大速度时各自 F 在原来的圆筒内发生的位移 s = ?

[解答](1) 开始时两活塞平衡的原因是活塞内外的压强相等，即为大气压. 从固定 B 到拔去销钉 K 的过程中，两活塞内封闭气体做等容升温升压变化. 拔去销钉后，A、B 系统水平方向受四个力的作用，内外压强差越大，合力越大，封闭气体做等温膨胀减压变化，A、B 系统受合力减小，直至活塞内外压强相等时所受合力为零，速度最大.

拔销钉后瞬时，A、B 系统受合力最大，加速度最大，如图 Ⅰ—1—13 所示. 取 A、B 系统为研究对象(整体法)，由牛顿第二定律(取向左为正)得：

$$p_2S_A + p_0S_B - p_2S_B - p_0S_A = (m_A + m_B)a \qquad ①$$

取密封气体为研究对象.

初状态 $p_1 = p_0$ $T_1 = 250$ K

末状态 p_2 = ? $T_2 = 300$ K

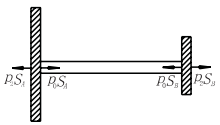


图 Ⅰ—1—13

由查理定律 $\dfrac{p_1}{T_1} = \dfrac{p_2}{T_2}$ 得：

$$p_2 = \frac{T_2}{T_1}p_1 \qquad ②$$

将 ② 代入 ① 得 A、B 共同加速度大小：

$$a = \frac{(\frac{T_2}{T_1}p_1 - p_0)(S_A - S_B)}{m_A + m_B} = 1.2\ \text{m/s}^2$$，方向向左

(2) 从开始向左加速，到速度最大气体做等温变化，对气体

初状态：$p_2 = \dfrac{T_2}{T_1}p_1 = 1.2\times10^5$ Pa，$V_2 = V_1 = 300\ \text{cm}^3$

末状态：$p_3 = p_0$， V_3 = ?

由玻意耳定律 $p_2V_2 = p_3V_3$，得：

$$V_3 = \frac{p_2V_2}{p_3} = \frac{1.2\times10^5\times300}{1.0\times10^5}\ \text{cm}^3 = 360\ \text{cm}^3$$

设两活塞向左移动 x，则：$V_3 - V_2 = S_A\cdot x - S_B\cdot x$

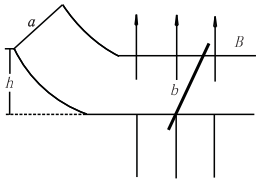
$$\therefore x = \frac{V_3 - V_2}{S_A - S_B} = \frac{360-300}{10-4}\text{cm} = 10\ \text{cm}$$

说明：① 题中将 A、B 活塞连结体，置于状态变化的封闭气体背景下，讨论其力学参量 a 和 V 变化情况，使力、热知识综合一体，来考查学生的综合应用能力，其中，压强 p 是问题的关联点.

② 在方法上，可采用整体法(同时要灵活变换研究对象)，在分析思路上，可采用逆向思维的方法.(欲知活塞最大加速度，须知活塞最大合外力，须求升温后

封闭气体压强，须根据气体方程列式）

[试题5]如图Ⅰ—1—14所示，金属杆a在离地h高处从静止开始沿弧形轨道下滑，导轨平行的水平部分有竖直向上的匀强磁场B，水平部分导轨上原来放有一金属杆b，已知a杆的质量与b杆的质量为$m_a:m_b=3:4$，水平导轨足够长，不计摩擦，求：



图Ⅰ—1—14

(1)a和b的最终速度分别是多大？

(2)整个过程中回路释放的电能是多少？

(3)若已知a、b杆的电阻之比$R_a:R_b=3:4$，其余电阻不计，整个过程中a、b上产生的热量分别是多少？

[解答]a下滑h过程中机械能守恒

$$m_agh=\frac{1}{2}m_av_a^2 \qquad ①$$

a进入磁场后，回路中产生感应电流，a、b都受安培力作用，a做减速运动，b做加速运动，经一段时间，a、b速度达到相同，之后回路的磁通量不发生变化，感应电流为零，安培力为零，二者匀速运动，匀速运动的速度即为a、b的最终速度，设为v.由过程中a、b系统所受合外力为零动量守恒得

$$m_av_a=(m_a+m_b)v \qquad ②$$

由①②解得最终速度$v_a=v_b=\frac{3}{7}\sqrt{2gh}$.

(2)由能量守恒知，回路中产生的电能等于a、b系统机械能的损失，所以

$$E=m_agh-\frac{1}{2}(m_a+m_b)v_a^2=\frac{4}{7}m_agh.$$

(3)回路中产生的热量$Q_a+Q_b=E$，在回路中产生电能过程中，虽然电流不恒定，但由于R_a与R_b串联，通过a、b的电流总是相等的，所以应有$\frac{Q_a}{Q_b}=\frac{R_a}{R_b}=\frac{3}{4}$，即$\frac{Q_a}{Q_a+Q_b}=\frac{3}{7}$，即$\frac{Q_a}{E}=\frac{3}{7}$，所以$Q_a=\frac{3}{7}$，所以$Q_a=\frac{3}{7}E=\frac{12}{49}m_agh$，$Q_b=\frac{4}{7}E=\frac{16}{49}m_agh$.

说明：本题实质亦属连结体问题，金属杆a和b的连结是靠它们间所受安培力的作用实现的.在解题过程中，由于各自所受安培力为变力，若用隔离法不便列式求解，而采用整体法对系统列方程便非常易解.

方法精要

在分析和解答物理问题时，首先遇到的关键之一，就是研究对象的选取.选

取研究对象的基本方法有两种：一是隔离体法，二是整体法.

1. 隔离体法

(1) 含义：所谓隔离(体)法就是将所研究的对象——包括物体、状态和某些过程，从系统或全过程中隔离出来进行研究的方法.

(2) 思维特点：隔离法是从整体到局部的思维过程. 通过隔离法分析物理问题，可弄清系统内每个物体的受力情况，或物体在每阶段的运动情况及几个过程间的相互联系.

(3) 隔离法适用情况：

① 求解系统(如连结体系统)中某个物体的力和运动.

② 求解某段运动规律时.

③ 求解物体间相互作用时.

(4) 运用隔离法解题的基本步骤：

① 明确研究对象或过程、状态，选择隔离对象. 选择原则是：一要包含待求量，二是所选隔离对象和所列方程数尽可能少.

② 将研究对象从系统中隔离出来；或将研究的某状态、某过程从运动的全过程中隔离出来.

③ 对隔离出的研究对象、过程、状态分析研究，画出某状态下的受力图或某阶段的运动过程示意图.

④ 寻找未知量与已知量之间的关系，选择适当的物理规律列方程求解.

2. 整体法

(1) 含义：所谓整体法就是将两个或两个以上物体组成的整个系统或整个过程作为研究对象进行分析研究的方法.

(2) 思维特点：整体法是从局部到全局的思维过程，是系统论在物理解题中的具体应用. 整体法分析问题，可弄清系统的整体受力情况和全过程运动情况，整体上把握事物本质和变化规律，而不必追究系统内各物体的相互作用和每个运动阶段的细节，从而避开中间量或过程细节，便于简捷巧妙地解决问题.

(3) 整体法的运用情况

① 当问题设问只涉及研究系统而不涉及系统内某些物体的力和运动时，可用整体法分析.

② 当只涉及研究运动的全过程而不涉及某段运动过程时，可用整体法分析.

(4) 运用整体法解题的基本步骤：

① 明确研究的系统或运动的全过程.

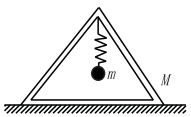
② 画出系统的受力图和运动全过程的示意图.

③ 寻找未知量与已知量之间的关系，选择适当的物理规律列方程求解.

隔离法与整体法，不是相互对立的，一般问题的求解中，随着研究对象的转化，往往两种方法交叉运用，相辅相成. 所以，两种方法的取舍，并无绝对的界限，必须具体分析，灵活运用. 无论哪种方法均以尽可能避免或减少非待求量（即中间未知量的出现，如非待求的力，非待求的中间状态或过程等）的出现为原则.

创新思维训练

1. 如图Ⅰ—1—15所示，质量为M的框架放在水平地面上，一轻弹簧上端固定一个质量为m的小球，小球上下振动时，框架始终没有跳起. 当框架对地面压力为零瞬间，小球的加速度大小为

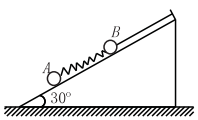


图Ⅰ—1—15

A. g　　B. $\frac{M-m}{m}g$

C. 0　　D. $\frac{M+m}{m}g$

2. 如图Ⅰ—1—16所示，A、B两小球分别连在弹簧两端，B端用细线固定在倾角为30°的光滑斜面上，若不计弹簧质量，在线被剪断瞬间，A、B两球的加速度分别为：

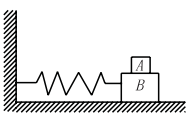


图Ⅰ—1—16

A. 都等于$\frac{g}{2}$　　B. $\frac{g}{2}$和0

C. $\frac{M_A+M_B}{M_B}\cdot\frac{g}{2}$和0　　D. 0和$\frac{M_A+M_B}{M_B}\cdot\frac{g}{2}$

3. 如图Ⅰ—1—17，质量为m的物体A放置在质量为M的物体B上，B与弹簧相连，它们一起在光滑水平面上做简谐振动，振动过程中A、B之间无相对运动，设弹簧的劲度系数为k，当物体离开平衡位置的位移为x时，A、B间摩擦力的大小等于

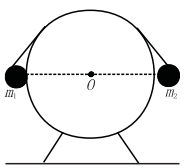


图Ⅰ—1—17

A. 0　　B. kx

C. $(\frac{m}{M})kx$　　D. $(\frac{m}{M+m})kx$

4. 如图Ⅰ—1—18所示，半径为R的光滑圆柱体，由支架固定于地面上，用一条质量可以忽略的细绳，将质量为m_1和m_2的两个可看作质点的小球连接，放在圆柱体上，两球和圆心O在同一水平面上，在此位置将两物体由静止开始释放，问在什么条件下m_2能通过圆柱体的最高点且对圆柱体有压力？



图Ⅰ—1—18

5.（1999年全国高考）如图Ⅰ—1—19，气缸由两个横截面不同的圆筒连接而成. 活塞A、B被轻质刚性细杆连接在一起，可无摩擦移动. A、B的质量分别为

需要全本请访问 www.ertongbook.com

$m_A = 12\ \text{kg}$，$m_B = 8.0\ \text{kg}$，横截面积分别为 $S_A = 4.0 \times 10^{-2}\ \text{m}^2$，$S_B = 2.0 \times 10^{-2}\ \text{m}^2$．一定质量的理想气体被封闭在两活塞之间．活塞外侧大气压强 $p_0 = 1.0 \times 10^5\ \text{Pa}$．

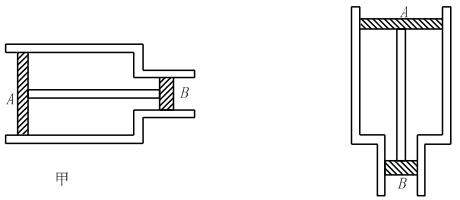


图 1—1—19

(1) 气缸水平放置达到如图 Ⅰ—1—19 甲所示的平衡状态，求气体的压强．

(2) 已知此时气体的体积 $V_1 = 2.0 \times 10^{-2}\ \text{m}^3$．现保持温度不变，将气缸竖直放置，达到平衡后如图 Ⅰ—1—19 乙所示．与图 Ⅰ—1—19 乙相比，活塞在气缸内移动的距离 l 为多少？取重力加速度 $g = 10\ \text{m/s}^2$．)

6. (2000 年全国) 一横截面积为 S 的气缸水平放置，固定不动．气缸壁是导热的．两个活塞 A 和 B 将气缸分隔为 1、2 两气室，达到平衡时 1、2 两气室体积之比为 3∶2，如图 Ⅰ—1—20 所示．在室温不变的条件下，缓慢推动活塞 A，使之向右移动一段距离 d．求活塞 B 向右移动的距离．不计活塞与气缸壁之间的摩擦．

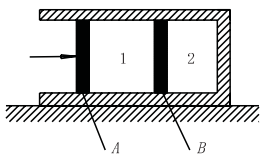


图 Ⅰ—1—20

7. (2001 年上海) 如图 Ⅰ—1—21 所示，一定量气体放在体积为 V_0 的容器中，室温为 $T_0 = 300\ \text{K}$，有一光滑导热活塞 C(不占体积) 将容器分成 A、B 两室，B 室的体积是 A 室的两倍，A 室容器上连接有一 U 形管(U 形管内气体的体积忽略不计)．两边水银柱高度差为 76 cm，右室容器中连接有一阀门 K，可与大气相通．(外界大气压等于 76 cm 水银柱) 求：

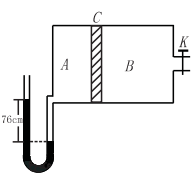


图 Ⅰ—1—21

(1) 将阀门 K 打开后，A 室的体积变成多少？

(2) 打开阀门 K 后将容器内的气体从 300 K 分别加热到 400 K 和 540 K，U 形管内两边水银面的高度差各为多少？

难点 2] “追碰”问题与时空观

难点透析

我们所讨论的“追碰”问题，包括单纯的“追及”类、“碰撞”类和“追及碰撞”综合类问题.

“追及”类问题可分为直线上的追及与曲线上的追及问题，处理解决该类问题，首先要求学生有正确的时间和空间观念(物体的运动过程总与时间的延续和空间位置的变化相对应). 同时，要求考生必须理解掌握物体的运动性质及规律，具有较强的理解能力，分析综合及推理能力，及理论联系实际，学以致用的创新能力，突出考查学生能力和学科素养，是考生应考的难点，也是高考命题的热点.

例如 1999 年全国卷以高速公路上汽车刹车为背景命题，考查了考生解决实际问题的能力.

[例 1](1999 全国) 为了安全，在公路上行驶的汽车之间应保持必要的距离. 已知某高速公路的最高限速 $v = 120\ \text{km/h}$. 假设前方车辆突然停止，后车司机从发现这一情况，经操纵刹车，到汽车开始减速所经历的时间(即反应时间) $t = 0.50\ \text{s}$，刹车时汽车受到阻力的大小 f 为汽车重的 0.40 倍，该高速公路上汽车间的距离 s 至少应为多少？取重力加速度 $g = 10\ \text{m/s}^2$.

答案：$1.6 \times 10^2\ \text{m}$

题中情景较简单，考生只要能画出汽车运动过程的示意图，用逆向思维的执果索因法，抓住“不碰撞”条件下的空间关系，很容易求出距离：$s = s_1 + s_2$ (s_1 为反应时间内汽车运动距离，s_2 为滑行距离)，其中，$s_1 = vt$，$s_2 = \dfrac{v^2}{2a}$，有 $f = ma$ 代入即得 $s = 1.6 \times 10^2\ \text{m}$.

2000 年将汽车间追及问题变换为激光束扫描光点与汽车的追及问题，创设了新颖情景，再次考查考生处理该类问题的知识运用能力.

[例 2](2000 年全国) 一辆实验小车可沿水平地面(图中纸面)上的长直轨道匀速向右运动. 有一台发出细光束的激光器装在小转台 M 上，到轨道的距离 MN 为 $d = 10\ \text{m}$，如图 Ⅰ—2—1 所示. 转台匀速转动，使激光束在水平面内扫描，扫描一周的时间为 $T = 60\ \text{s}$. 光束转动方向如图中箭头所示. 当光束与 MN 的夹角为 45° 时，光束正好射到小车上. 如果再经过 $\Delta t = 2.5\ \text{s}$，光束又射到小车上，则小车的速度为多少？(结果保留两位数字)

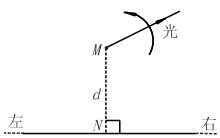


图 Ⅰ—2—1

答案：1.7 m/s，2.9 m/s

该题仍为一“追及”的问题，有两种可能解，第一次为物追光点，在相同时间内，汽车与光点扫描的位移相等，$L_1 = d(\mathrm{tg}45^\circ - \mathrm{tg}30^\circ)$，则 $v_1 = \dfrac{L_1}{\Delta v} = 1.7$ m/s，第二次为（光）点追物，时间相同，空间位移相同，$L_2 = d(\mathrm{tg}60^\circ - \mathrm{tg}45^\circ)$，可得 $v_2 = \dfrac{L_2}{\Delta t} = 2.9$ m/s.

“碰撞”是指运动物体相遇而接触，在极短的时间内相互作用的两物体动量发生突变，两物体的位移可近似认为是零的一个过程. 其特点：作用时间短，相互作用力大，故遵守动量守恒定律. “碰撞”类问题的处理涉及到动量守恒定律、能量守恒、动量定理等知识点. 涉及的物理方法通常有系统法、能量法、守恒法等，能够充分考查理解能力、推理能力、分析综合及应用能力等. 碰撞类问题牵扯知识点多，方法灵活，能力要求高. 因此既是考生应试的难点，也是高考选拔考试的命题热点. 如 1998 年以小球间的碰撞为背景来考查了碰撞过程中动量、能量间的转化关系.

[例 3]（1998 年全国）在光滑水平面上，动能为 E_0，动量的大小为 p_0 的小钢球 1 与小钢球 2 发生碰撞，碰撞前后球 1 的运动方向相反. 将碰撞后球 1 的动能和动量的大小分别记为 E_1、p_1，球 2 的动能和动量的大小分别记为 E_2、p_2，则必有

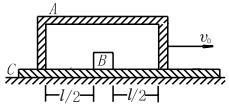
A. $E_1 < E_0$　　B. $p_1 < p_0$　　C. $E_2 > E_0$　　D. $p_2 > p_0$

答案：A、B、D

倘若题目给定的初状态动量和动能是一些数值，考生将很容易依动量守恒和能量守恒（钢球碰撞是弹性碰撞）去计算末状态各球的动量和动能的数值. 而题干中给出的是一些物理量符号，许多考生感到无法入手，虚无缥缈，原因是习惯于定量计算得出结论，对依理定性判断的能力没有培养起来. 如果考生确实理解碰撞的过程，只要依据碰撞过程中“动量守恒”的原则，就可知 $p_0 = p_2 - p_1$，得出 $p_2 > p_0$，选出 D 答案. 依据碰撞过程“系统动能不增”的原则，可排除 C 答案而选定 A 答案，由于 $E_1 < E_0$，而 $p = \sqrt{2mE}$，则可选定 B 答案.

基于高考选拔性的需要，命题者常将“追及”与“碰撞”巧妙组合，创设复杂的情景，为考生提供广阔的思维空间，来考查考生慎密的分析综合能力. 因其难度较大，常以压轴题的形式出现在卷面中. 如 1998 年全国卷 25 题：

[例 4]一段凹槽 A 倒扣在水平长木板 C 上，槽内有一小物块 B，它到槽内两侧的距离均为 $\dfrac{l}{2}$，如图Ⅰ—2—2 所示. 木板位于光滑水平的桌面上，槽与木板



图Ⅰ—2—2

间的摩擦不计，小物块与木板间的动摩擦因数为 μ. A、B、C 三者质量相等，原来都静止. 现使槽 A 以大小为 v_0 的初速向右运动，已知 $v_0 < \sqrt{2\mu gl}$. 当 A 和 B 发生碰撞时，两者的速度互换. 求：

(1) 从 A、B 发生第一次碰撞到第二次碰撞的时间内，木板 C 运动的路程.

(2) 在 A、B 刚要发生第四次碰撞时，A、B、C 三者速度的大小.

答案：(1)$s = l - \frac{v_0^2}{4\mu g}$，(2)$v_A = \frac{1}{4}v_0 \quad v_B = v_C = \frac{3}{8}v_0$

其分析思路为：(1)A 与 B 刚发生第一次碰撞后，A 停下不动，B 以初速 v_0 向右运动. 由于摩擦，两者速率逐渐接近. 设 B、C 达到相同速度 v_1 时 B 移动的路程为 s_1. 设 A、B、C 质量皆为 m，由动量守恒定律，得

$$mv_0 = 2mv_1 \qquad ①$$

由动能关系，得

$$\mu mgs_1 = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \qquad ②$$

由 ① 式，得 $v_1 = \frac{1}{2}v_0$ 代入 ② 式，得 $s_1 = \frac{3v_0^2}{8\mu g}$

根据条件 $v_0 < \sqrt{2\mu gl}$，得 $s_1 < \frac{3}{4}l$

可见，在 B、C 达到相同速度 v_1 时，B 尚未与 A 发生第二次碰撞，B 与 C 一起将以 v_1 向右匀速运动一段距离 $(l - s_1)$ 后才与 A 发生第二次碰撞. 设 C 的速度从零变到 v_1 的过程中，C 的路程为 s_2，由功能关系，得

$\mu mgs_2 = \frac{1}{2}mv_1^2$，解得 $s_2 = \frac{v_0^2}{8\mu g}$.

因此在第一次到第二次碰撞间 C 的路程为

$$s = s_2 + l - s_1 = l - \frac{v_0^2}{4\mu g}.$$

(2) 由上面讨论可知，在刚要发生第二次碰撞时，A 静止，B、C 的速度均为 v_1，刚碰撞后，B 静止，A、C 的速度均为 v_1. 由于摩擦，B 将加速，C 将减速，直至达到相同的速度 v_2，由动量守恒定律，得 $mv_1 = 2mv_2$，解得 $v_2 = \frac{1}{2}v_1 = \frac{1}{4}v_0$.

因 A 的速度 v_1 大于 B 的速度 v_2，故第三次碰撞发生在 A 的左壁. 刚碰撞后，A 的速度变为 v_2，B 的速度变为 v_1，C 的速度仍为 v_2. 由于摩擦，B 减速，C 加速，直至达到相同速度 v_3. 由动量守恒定律，得

$$mv_1 + mv_2 = 2mv_3,$$

解得 $v_3 = \frac{3}{8}v_0$，故刚要发生第四次碰撞时，A、B、C 的速度分别为

$v_A = v_2 = \frac{1}{4}v_0$，$v_B = v_C = v_3 = \frac{3}{8}v_0$.

可以看出，题中 A 与 B 频繁碰撞跟 B 与 C 频繁的相对运动交织在一起，使题目具有了相当的难度. 如果考生没有层层深入，环环相扣的逻辑思维能力，该题是难以突破的. 尽管近年来高考命题对知识纵向考查的深度要求有所降低，但以碰撞为背景的命题仍将有一定难度.

仿真试题

[试题 1] 从离地面高度为 h 处有自由下落的甲物体，同时在它正下方的地面上有乙物体以初速度 v_0 竖直上抛，要使两物体在空中相碰，则做竖直上抛运动物体的初速度 v_0 应满足什么条件？(不计空气阻力，两物体均看作质点). 若要乙物体在下落过程中与甲物体相碰，则 v_0 应满足什么条件？

[解答](巧选参照物法)

选择乙物体为参照物，则甲物体相对乙物体的初速度：

$v_{甲乙} = 0 - v_0 = -v_0$

甲物体相对乙物体的加速度

$a_{甲乙} = -g - (-g) = 0$

由此可知甲物体相对乙物体做竖直向下，速度大小为 v_0 的匀速直线运动. 所以，相遇时间为：$t = \frac{h}{v_0}$.

对第一种情况，乙物体做竖直上抛运动，在空中的时间为：$0 \leqslant t \leqslant \frac{2v_0}{g}$

即：$0 \leqslant \frac{h}{v_0} \leqslant \frac{2v_0}{g}$

所以当 $v_0 \geqslant \sqrt{\frac{gh}{2}}$，两物体在空中相碰.

对第二种情况，乙物体做竖直上抛运动，下落过程的时间为：

$\frac{v_0}{g} \leqslant t \leqslant \frac{2v_0}{g}$.

即 $\frac{v_0}{g} \leqslant \frac{h}{v_0} \leqslant \frac{2v_0}{g}$.

所以当 $\sqrt{\frac{gh}{2}} \leqslant v_0 \leqslant \sqrt{gh}$ 时，乙物体在下落过程中与甲物体相碰.

[试题 2] 从地面以初速度 v_0 竖直上抛一物体 A 的同时，从其正上方 H 高处以初速 v_1 平抛另一物体 B，求两物体间的最短距离.

[解答](相对运动法)

以物体 A 为参照物，因 A、B 两物体的加速度相同（均为重力加速度），故 B 相对于 A 的加速度为零. 在水平方向，B 相对于 A 的速度为：

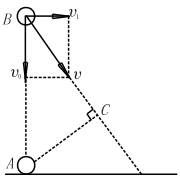


图 Ⅰ—2—3

$$v_{BA//} = v_1 - 0 = v_1$$

在竖直方向，B 相对 A 的速度为

$$v_{BA\perp} = 0 - v_0 = -v_0$$

故 B 相对 A 的速度为

$$v_{BA} = \sqrt{v_{BA//}^2 + v_{BA\perp}^2} = \sqrt{v_1^2 + v_0^2}$$

因此 B 相对于 A 的运动是以速度 V_{BA} 沿 BC 方向的匀速直线运动，如图 Ⅰ—2—3 所示. 从图上可看出当 $AC \perp BC$ 时，AC 为 A、B 间的最短距离. 由速度矢量三角形和 $\triangle ABC$ 相似得：

$$AC = \frac{HV_1}{V_{BA}} = HV_1 / \sqrt{V_1^2 + V_0^2}$$

[试题 3] 如图 Ⅰ—2—4 所示，质量为 m 的木块可视为质点，置于质量也为 m 的木盒内，木盒底面水平，长 $l = 0.8$ m，木块与木盒间的动摩擦因数 $\mu = 0.5$，木盒放在光滑的地面上，木块 A 以 $v_0 = 5$ m/s 的初速从木盒左边开始沿木盒底面向右运动，木盒原静止. 当木块与木盒发生碰撞时无机械能损失，且不计碰撞时间，取 $g = 10$ m/s^2. 问：

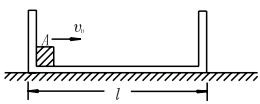


图 Ⅰ—2—4

(1) 木块与木盒无相对运动时，木块停在木盒右边多远的地方？

(2) 在上述过程中，木盒与木块的运动位移大小分别为多少？

[解答](1) 木块相对木盒运动及与木盒碰撞的过程中，木块与木盒组成的系统动量守恒，最终两者获得相同的速度，设共同的速度为 v，木块通过的相对路程为 s，则有：

$$mv_0 = 2mv \quad ①$$

$$\mu mgs = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2} \cdot 2mv^2 \quad ②$$

由 ①② 解得 $s = 1.25$ m

设最终木块距木盒右边为 d，由几何关系可得：

$$d = s - l = 0.45 \text{ m}$$

(2) 从木块开始运动到相对木盒静止的过程中，木盒的运动分三个阶段：第一阶段，木盒向右做初速度为零的匀加速运动；第二阶段，木块与木盒发生弹性碰撞，因两者质量相等，所以交换速度；第三阶段，木盒做匀减速运动，木盒的总位移等于一、三阶段的位移之和. 为了求出木盒运动的位移，我们画出状态示意

需要全本请访问 www.ertongbook.com