高中物理解题方法之物理情景解析法

（来源：网络整理）

解一些比较复杂的物理题目,常用物理情景分析法.所谓物理情景,包括物理状态和物理过程. 所谓物理状态,力学中是指位移、速度、加速度、动能、势能、动量等;所谓物理过程,是指匀速运动、匀加速运动、动量守恒、机械能守恒、匀速圆周运动、平抛运动等等。状态的变化即为过程,只有分析清楚这些状态和过程,才能正确地列出公式求解,否则乱代公式或乱套公式,必然事倍功半。

分析物理情景的方法是示意图法.用示意图表示物体的物理状态或物理过程,具有直观、形象的优点,可以把抽象思维转化为形象思维,使复杂的题目化难为易.

下面说明怎样用物理情景分析法解力学综合题,主要是有关动量与机械能的题目.

例 1.2005 年高考理科综合测试(全国一卷)第 24 题.

如图 1 所示,质量 m_A 为 4.0kg 的木板 A 放在水平面 C 上,木板与水平面间的动摩擦因数 μ 为 0.24,木板右端放着质量 m_B 为 1.0kg 的小物块 B（视为质点）,它们均处于静止状态。木板突然受到水平向右的 12N·s 的瞬时冲量 I 作用开始运动,当小物块滑离木板时,木版的动能 E_{KA} 为 8.0J,小物块动能 E_{KB} 为 0.50J,重力加速度取 $10m/s^2$,求:

（1） 瞬时冲量作用结束时木版的速度 v_0;

（2） 木版的长度 L。

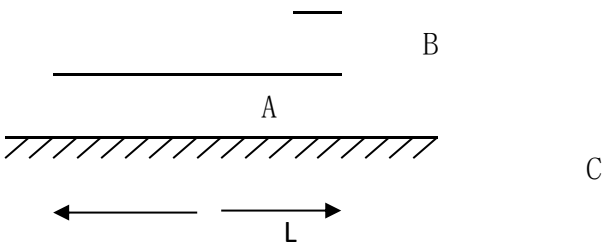
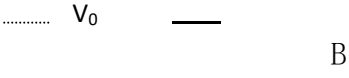


图 1



B

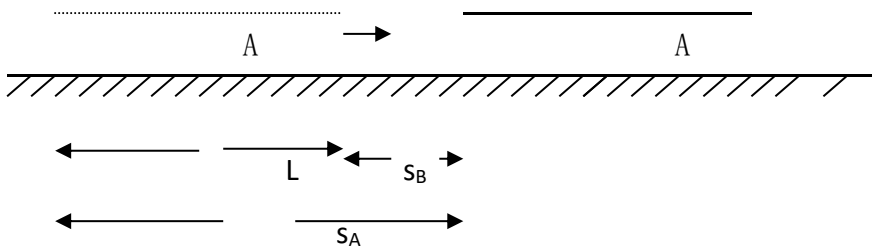


图 2

分析:如图 2 所示,虚线所示为初状态,即瞬时冲量作用结束时的状态,此时,$v_A=V_0$, $v_B=0$,由于 C 对 A、B 对 A 的摩擦力作用,A 向右做匀减速运动, 由于 A 对 B 的摩擦力作用,B 向右做匀加速运动,实线所示为末状态,B 运动到 A 的左端,此时,A、B 动能分别为 $E_{KA}=8.0J$, $E_{KB}=0.50J$.

设 A、B 相对于 C 的位移大小分别为 s_A 和 s_B,根据图 2,容易得到:$L=s_A-s_B$,这个式子很关键,是解本题的难点,通过做物理情景图而突破了难点.

解：（1）设水平向右为正方向,有

$$I=m_Av_0 \quad ①$$

代入数据得

$$v_0=3.0m/s \quad ②$$

(2)设 A 对 B、B 对 A、C 对 A 的滑动摩擦力的大小分别为 F_{AB}、F_{BA}、F_{CA}，B 在 A 上滑行的时间为 t,B 离开 A 时 A 和 B 的速度分别为 v_A 和 v_B,

据动能的定义,有 $E_{KA}=\frac{1}{2}mv_A^2=8.0J$,得 $v_A=2m/s$;

$E_{KB}=\frac{1}{2}mv_B^2=0.5J$,得 $v_B=1m/s$

据动量定理,有

$$-(F_{BA}+F_{CA})t=m_Av_A-m_Av_0 \quad ③$$

$$F_{AB}t=m_Bv_B \quad ④$$

其中 $F_{CA}=\mu(m_A+m_B)g=12N$ ⑤

解得 $F_{AB}=F_{BA}=4N$,

$t=1s$,

设 A、B 相对于 C 的位移大小分别为 s_A 和 s_B,据动能定理,有

$$-(F_{BA}+F_{CA})s_A=\frac{1}{2}m_Av_A^2-\frac{1}{2}m_Av_0^2 \quad ⑥$$

$F_{AB}s_B=E_{KB}$ ⑦

解得: $s_A=\frac{5}{8}m$， $s_B=\frac{1}{8}m$

木版 A 的长度

$L=s_A-s_B=0.50m$ ⑧

因为 A、B 受恒力,做匀变速直线运动,所以也可以用牛顿定律和运动学公式解.将③④⑥⑦式换作以下几式,

$a_A=\frac{F_{CA}+F_{BA}}{m_A}$, $a_B=\frac{F_{AB}}{m_B}$,

$v_A=v_0-a_At$, $v_B=a_Bt$,

$s_A=v_0t-\frac{1}{2}a_At^2$, $v_B=\frac{1}{2}a_Bt^2$

其余各式不变,便可解出,同学们不仿一试.

例 2. **2005 年高考物理科试卷(江苏卷)第 18 题.**

如图所示,三个质量均为 m 的弹性小球用两根长均为 L 的轻绳连成一条直线而静止在光滑水平面上. 现给中间的小球 B 一个初速度 v_0, 方向与绳垂直. 小球相互碰撞时无机械能损失, 轻绳不可伸长. 求：

（1） 当小球 A、C 第一次相碰时,小球 B 的速度。

（2） 当三个小球再次处在同一直线上时,小球 B 的速度。

（3） 运动过程中小球 A 的最大动能 E_{KA} 和此时两根绳的夹角 θ。

（4） 当三个小球再次处在同一直线上时,绳中的拉力 F 的大小。

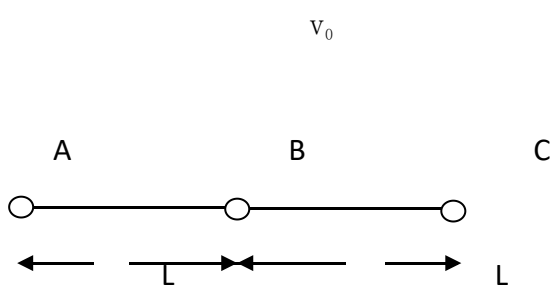


图 3

分析:设 v_0 方向为 y, 与之垂直的方向为 x. 在力的作用下, A、C 向 Y 方向运动的同时绕 B 做圆周运动. 当小球 A、C 第一次相碰时的物理情景如图 4 所示.

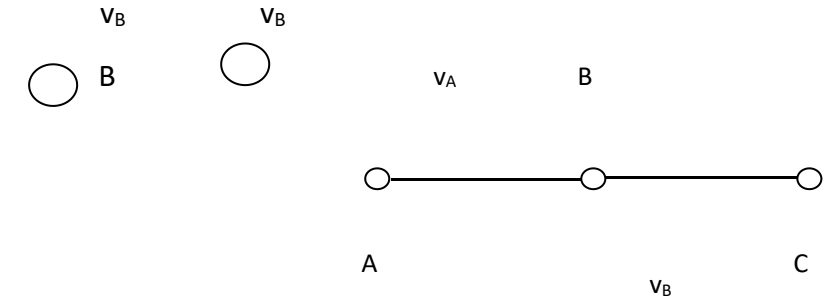


图 6

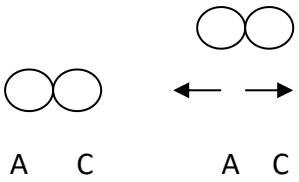


图 4　　图 5

当 A、C 两球相碰以后,速度反向,如图 5 所示,然后 A、C 又绕 B 做圆周运动, 同时向 y 方向运动, 至三球又到达同一直线, 如图 6 所示.

解：（1）设小球 A、C 第一次相碰时,小球 B 的速度为 v_B, 考虑到对称性及绳的不可伸长特性, 小球 A、C 沿小球 B 初速度方向的速度也为 v_B. 由动量守恒定律, 得

$$mv_0=3mv_B$$

由此解得 $v_B=\frac{1}{3}v_0$

（2）当三个小球再次处在同一直线上,则由动量守恒定律和机械能守恒定律,得

$$mv_0=mv_B'+2mv_A$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv'^2_B+2\times\frac{1}{2}mv_A^2$$

解得

$v'_B=-\frac{1}{3}v_0, v_A=\frac{2}{3}v_0$（三球再次处于同一直线）

$v_B=v_0, v_A=0$（初始状态,舍去）

所以,三个小球再次处于同一直线上时,小球 B 的速度为

$v'_B=-\frac{1}{3}v_0$,负号表示与原来的方向相反,如图 6 所示.

（3）当小球 A 的动能最大时,小球 B 的速度为零.设此时小球 A、C 的速度大小为 u,两根绳间夹角为θ（如图 7）,则仍由动量守恒定律和机械能守恒定律,得

$$mv_0=2mu\sin\frac{\theta}{2}$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2=2\times\frac{1}{2}mu^2$$

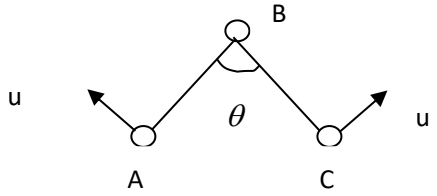


图 7

另外,

$$E_{KA}=\frac{1}{2}mu^2$$

由此可得,小球 A 的最大动能为

$$E_{KA}=\frac{1}{4}mv_0^2$$

此时两根绳间夹角θ为:

$$\sin\frac{\theta}{2}=\frac{v_0}{2u}=\frac{1}{\sqrt{2}},\frac{\theta}{2}=45^0,\theta=90^0.$$

（5） 小球 A、C 均以半径 L 绕小球 B 做圆周运动. 当三个小球处在同一直线上时,以小球 B 为参考系(小球 B 受合力为 0,故加速度为零,为惯性参考系),小球 A（C）相对于小球 B 的速度大小均为

$$v=\left|v_A-v'_B\right|=\left|\frac{2v_0}{3}-(-\frac{v_0}{3})\right|=v_0$$

所以,此时绳中拉力大小为

$$F=m\frac{v^2}{L}=m\frac{v_0^2}{L}$$

例 3. **2005 年高考物理科试卷(广东卷)第 18 题**

18. (17 分)如图 14 所示,两个完全相同的质量为 m 的木板 A 、B 置于水平地面上,它们的间距 $s=2.88\text{m}$. 质量为 $2m$、大小可忽略的物块 C 置于 A 板的左端. C 与 A 之间的动摩擦因数为 $\mu_1=0.22$,A 、B 与水平地面之间的动摩擦因数为 $\mu_2=0.10$,最大静摩擦力可认为等于滑动摩擦力. 开始时,三个物体处于静止状态. 现给 C 施加一个水平向右,大小为 $\frac{2}{5}mg$ 的恒力 F ,假定木板 A、B 碰撞时间极短且碰撞后粘连在一起. 要使 C 最终不脱离木板,每块木板的长度至少应为多少?

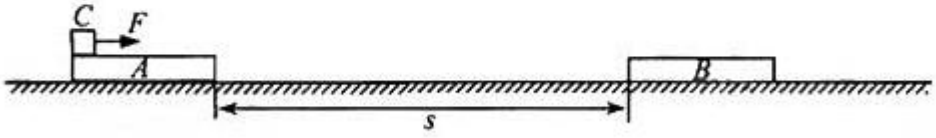
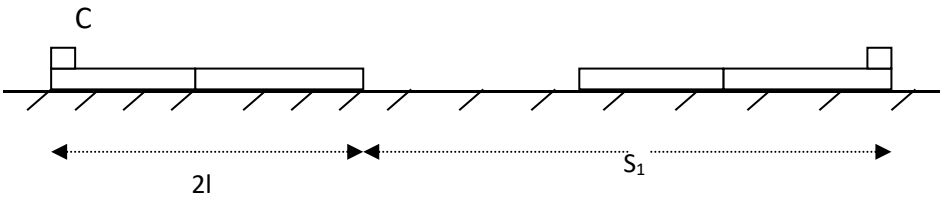


图 14



分析: 原题图为初始状态,A、B、C 皆静止.第 1 过程 A、C 一起做匀加速运动,至 A、B 相遇,下图左为第 2 状态,然后 A、B 碰撞,碰后 A、B 速度相等,都小于 C 的速度;第 3 过程 A、B 一起做匀加速运动,C 做匀减速运动,直至三者速度相等,此时 C 运动到 B 的右边,如下图右所示.为第 3 状态.在第 3 过程,C 运动的位移是 B 运动的位移与 A、B 两板的长的和,即 $s_C=2l+s_B$.这是解本题的难点.

解:

设 A、C 之间的滑动摩擦力大小为 f_1，A 与水平地面之间的滑动摩擦力大小为 f_2

$\because \mu_1 = 0.22, \mu_2 = 0.10$

$\therefore F = \frac{2}{5}mg < f_1 = \mu_1 2mg$ ①

且 $F = \frac{2}{5}mg > f_2 = \mu_2(2m + m)g$ ②

∴ 一开始 A 和 C 保持相对静止，在 F 的作用下向右加速运动，有

$(F - f_2) \cdot s = \frac{1}{2} \cdot (2m + m)v_1^2$ ③

A、B 两木板的碰撞瞬间，内力的冲量远大于外力的冲量，由动量守恒定律得

$mv_1 = (m + m)v_2$ ④

碰撞结束后到三个物体达到共同速度的相互作用过程中，设木板向前移动的位移为 s_1，选三个物体构成的整体为研究对象，外力之和为零，则

$2mv_1 + (m + m)v_2 = (2m + m + m)v_3$ ⑤

设 A、B 系统与水平地面之间的滑动摩擦力大小为 f_3，对 A、B 系统，由动能定理

$f_1 \cdot s_1 - f_3 \cdot s_1 = \frac{1}{2} \cdot 2mv_3^2 - \frac{1}{2} \cdot 2mv_2^2$ ⑥

$f_3 = \mu_2(2m + m + m)g$ ⑦

对 C 物体，由动能定理

$F \cdot (2l + s_1) - f_1 \cdot (2l + s_1) = \frac{1}{2}2mv_3^2 - \frac{1}{2}2mv_1^2$ ⑧

由以上各式，再代入数据可得

$l = 0.3(m)$ ⑨

因为 A、B、C 受恒力,做匀变速直线运动,所以也可以用牛顿定律和运动学公式解.

三题中,第 1 题应用动量定理和动能定理解,第 2 题应用动量守恒定律和机械能守恒定律解.第 3 题既应用动能定理,也应用动量守恒定律,因为在第 1 题中,由于 C 对 A 有摩擦力的作用,A、B 组成的系统的动量不守恒,机械能也不守恒.在第 3 题中,由于 A、B 碰撞时间极短内力很大,外力可忽略,故动量守恒.要注意:动量定理和动能定理的主体是物体, 动量守恒定律和机械能守恒定律的主体是系统,即两个或两个以上的物体.