

物理学问题解答

常州大学图书馆
图书

江苏省工会系统职工工业余大学教学研究会

一九八四年六月

第一章 质点运动学

1—1 在一艘内河轮船中，两个旅客有这样的对话：

甲：我静坐在这里好半天了，我一点也没有运动。

乙：不对，你看看窗外，河岸上的物体都飞快地向后掠去，船在飞快前进，你也在很快地运动。

试把它们讲话的含义阐述得确切一些。究竟旅客甲在运动，还是静止？你如何理解运动和静止这两个概念的。有没有绝对静止不动的物体。

答：从旅客甲、乙两人的对话中可以看出，它们两人争论的问题是：旅客甲坐在船中，究竟是静止还是运动。他们之所以各持己见，谁也说服不了谁，根本的问题是由于他们在争论问题时没有一个确定旅客甲是静止还是运动的参照物。

旅客甲应该确切地这样说：“我静坐在这里好半天了，相对于船而言，我一点也没有运动。”若以船作为参照物，旅客甲是静止的。

旅客乙应该这样确切地说：“不对，你看看窗外，相对于河岸上的物体而言，他们都飞快地向后掠去，船在飞快地前进，你也在很快地运动。”若以河岸上的物体作为参照物，旅客甲是运动的。

由此可见，相对于不同的参照物（船或岸上的某物体），物体运动情况的描述是不同的，这就是运动描述的相对性。所谓静止，都是指相对于参照物静止而言，绝对静止不动的物体是没有的，这就是运动的绝对性。

1—2 在变速直线运动中，各段位移内的平均速度与每一时刻的瞬时速度是否相同？为什么？平均速度总是等于瞬时速度的运动是什么运动？

答：不相同。由于平均速度定义的数学表达式： $\vec{V} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ 和瞬时速度的数学表达式 $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ 可知，平均速度只能粗略地描述作变速运动的物体在某一时间间隔（或一段位移）内单位时间的位移。瞬时速度则是精确地描述了每一时刻物体的运动状态，它是当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时间内平均速度的极限值。

只有在匀速直线运动中，平均速度才等于瞬时速度。

1—3 “运动物体的加速度越大，则物体的速度越大。”这种说法对吗？

答：不对。由加速度定义 $\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ 可知，加速度是速度对时间的变化率，与速度的变化率有关，而与速度的大小无关。例如，突然地加速飞行的火箭，它的加速度很大，但开始运动时的速度却很小。所以“运动物体的加速度越大，则物体的速度越大。”的说法是不对的。

1—4 有没有下列运动，如果有，请举例说明：

- (1) 速度很大，加速度很小；
- (2) 速度很小，加速度很大；
- (3) 速度不等于零，加速度等于零；
- (4) 速度等于零，加速度大于零。

答：(1) 有。如高速运动的列车，当它接近其极限速度时，加速

度很小。

(2)有。如火箭飞行时，其速度很小，但加速度很大。

(3)有。如雨点由高空下落，最后以收尾速度作匀速直线运动。它的速度不等于零，但加速度却等于零。

(4)有。作竖直上抛运动的物体，当其到达最高点时，物体的速度为零，而加速度却等于重力加速度 g 。

1—5 一物体作曲线运动，它的加速度可不可能为零？为什么？

答：不可能为零。物体作曲线运动时，其加速度为：

$$a = \frac{dv}{dt}t + \frac{v^2}{\rho}n$$

它既反映了物体运动的速度大小的变化，

又反映了速度方向的变化。由于物体作曲线运动时，各个时刻运动的方向不同，所以，它的加速度的法向分量不可能为零，加速度也就不可能为零。

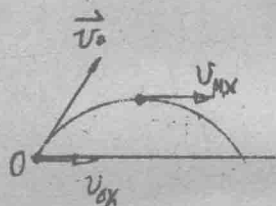
1—6 从同一高度平抛出质量相等的甲、乙两物体，若甲物体的初速度为 20 m/s ，乙物体的初速度为 10 m/s ，是否甲物体比乙物体先落地？若甲物体的质量比乙大，是否甲比乙先落地？（空气的阻力略去不计）

答：根据运动迭加原理，平抛运动可看成是由水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动迭加而成。平抛物体的落地时间决定于竖直方向的高度， $t = \frac{2h}{g}$ ，与平抛物体的初速度和质量

无关。所以，不论甲物体的初速度比乙物体的初速度大，或是甲物体的质量比乙物体的质量大，它们落地的时间都是相同的。

1—7 斜抛物体升到最高点时，其速率比初速度在水平方向的分量大还是小？

答：两者一样大。由于斜抛物体在水平方向不受外力作用，因此，水平方向的速度不会发生改变。斜抛物体到达最高点时，竖直方向的速度为零。所以，只有水平方向的速度 V_{HX} ，它等于抛出点速度在水平方向的分量 V_{OX} 。



由此可见，斜抛物体升高到最高点时，其速率与初速度在水平方向的分量相等。

1—8 在什么情况下法向加速度为零？在什么情况下切向加速度为零？

答：物体作直线运动时，其法向加速度为零。物体作曲线运动时，在任意时刻，其速率随时间变化率为零，则切向加速度为零。

1—9 举例说明一物体能不能按下述情况运动：

- (1) 具有恒定的加速度，但运动方向在不断改变？
- (2) 具有恒定的速率，但速度在不断改变？
- (3) 具有恒定的速度，但加速度不为零？

答：(1) 斜抛运动。它的加速度恒定（大小为 g ，方向竖直向下）但运动的速率不断变化。

(2) 匀速率圆周运动。速率恒定，但运动的方向不断改变，因而速度不断改变。

(3) 若速度恒定， $\vec{v} = C$ 为常矢量。按加速度定义，则 $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = 0$ 。所以，速度恒定，但加速度不为零的运动是不存在的。

1—10 位移和路程这两个概念的区别何在？在什么情况下物体位移的大小等于它走过的路程？

答：位移是物体在空间的位置变更，物体运动过程中，位移可用初始时刻位置指向终止时刻位置的有向线段来表示。路程是指物体运动路径的长度。位移是矢量，路程是标量。只有在运动方向恒定的直线运动中，物体位移的大小才等于它走过的路程。

1—11 一人站在地面上用枪瞄准悬挂在树上的猴子。当击发枪机，子弹从枪口射出时，猴子正好从树上静止自由下落。试说明为什么子弹可以射中此猴？

答：按题意，子弹作斜抛运动，猴子作自由落体运动，它们从不同的位置开始运动。若能证明它们在经过相同的时间以后，两者在同一位置相遇，就说明子弹击中了猴子。证明过程如下：

取坐标如图所示，设在开始时，子弹坐标为 $O(0, 0)$ ，猴子坐标为 $P(x_0, y_0)$ ，经过时间 t 它们相遇时，两者坐标相同为 $A(x, y)$ 。它们的运动方程分别是：

对子弹：

$$x_1 = x_0 = v_0 \cos \theta \cdot t$$

$$y_1 = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

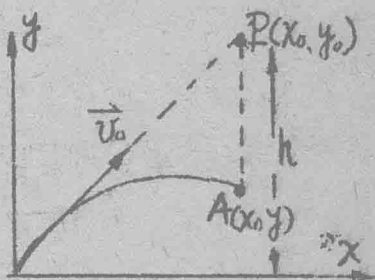
解之得： $y_1 = x_0 \cdot \operatorname{tg} \theta - \frac{1}{2} g t^2$ ①

对猴子：

$$x_2 = x_0$$

$$y_2 = h - \frac{1}{2} g t^2$$

又： $h = x_0 \cdot \operatorname{tg} \theta$



解之得： $y_2 = x_0 \tan \theta - \frac{1}{2} g t^2$ ②

比较① ②，可得 $y_1 = y_2$ ，且 $x_1 = x_2$ ，问题得证。

1—12 一鸟在水平面上沿直线以恒定速率相对地面飞行。

有一辆汽车沿公路行驶，在什么条件下，汽车的观察者观察到鸟是静止不动的？在什么条件下，他观察到小鸟似乎往回飞？

答：按速度相加定理，对本题中三个相对速度的关系可有：

$$\vec{V}_{\text{鸟对车}} = \vec{V}_{\text{鸟对地}} + \vec{V}_{\text{地对车}} = \vec{V}_{\text{鸟对地}} - \vec{V}_{\text{车对地}}$$

(1) 欲有 $\vec{V}_{\text{鸟对车}} = 0$ ，

$$\text{应使 } \vec{V}_{\text{鸟对地}} = \vec{V}_{\text{车对地}}$$

由此可知，当鸟的飞行速度和汽车行驶的速度方向相同、大小相等时，则汽车观察者观察到鸟是静止不动的。

(2) 欲有 $\vec{V}_{\text{鸟对车}} < 0$ (往回飞，表示速度沿x轴正方向为负值)

$$\text{应使 } \vec{V}_{\text{鸟对地}} < \vec{V}_{\text{车对地}}$$

由此可知，当鸟和汽车都沿相同方向运动，且鸟的飞行速率小于汽车行驶速率时，汽车观察者观察到鸟似乎是往回飞的。

1—13 一人在恒定速度运动的火车上笔直向上抛出一石子，此石子是否能落回此人的手中？如果石子抛出后，火车以恒定的加速度前进，情况又如何？

答：(1)能，因人体和石子起初都随火车一起以恒定的速度 V 运动，以后石子虽然脱离人手，但由于惯性在水平方向仍以恒定速度 V 运动，该时人体亦随火车以恒定速度 V 运动，所以，石子能落回到此人手中。

(2)不能。因石子脱离人手后，由于惯性仍以恒定速度 V 运动，但人却随火车匀加速向前运动，在水平方向两者的速度分量和坐标都不再相同，所以不能落回到此人手中。

1—14 在《关于两门新科学的对话》中，加利略写道：“仰角（即抛射角）比 45° 增大或减小一个相等角度的抛体，其射程是相等的。”你能证明吗？

答：取坐标系如图。设两个抛射角分别为 $45^\circ + \vartheta$ 、 $45^\circ - \vartheta$ ，当射角为 $45^\circ + \vartheta$ 时，射程 x_1 应有：

$$0 = V_0 \sin(45^\circ + \vartheta) t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2$$

$$x_1 = V_0 \cos(45^\circ + \vartheta) t_1$$

$$\text{解之得： } x_1 = \frac{V_0^2 \sin(90^\circ + 2\vartheta)}{g} \dots\dots\dots (1)$$

当射角为 $45^\circ - \vartheta$ 时，射程 x_2 应有：

$$0 = V_0 \sin(45^\circ - \vartheta) t_2 - \frac{1}{2} g t_2^2$$

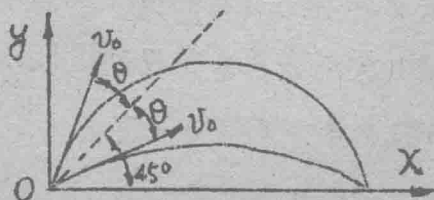
$$x_2 = V_0 \cos(45^\circ - \vartheta) t_2$$

$$\text{解之得： } x_2 = \frac{V_0^2 \sin(90^\circ - 2\vartheta)}{g} \dots\dots\dots (2)$$

以上(1)、(2)式中，

$$\sin(90^\circ + 2\vartheta) = \sin[180^\circ - (90^\circ + 2\vartheta)] = \sin(90^\circ - 2\vartheta)$$

所以： $x_1 = x_2$ 证毕。



第二章 牛顿运动定律

2—1 有人说：“当物体所受的合外力为零时，物体一定处于静止状态。”这种说法对吗？为什么？

答：不对。根据牛顿第一定律，当物体所受合外力为零时，物体都要保持其静止或匀速直线运动状态，而不是一定处于静止状态。

2—2 人在车上推车，车不能前进。但在地下推车，车就前进。为什么？

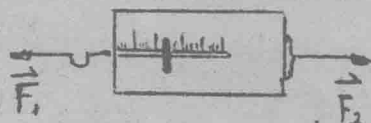
答：对人在车上推车，车为什么不能前进这一情况，我们若取人和车组成的系统为研究对象，这时，人对车的作用是内力，而内力是不能改变系统运动状态的，故人和车都不能前进。

若人在地上推车，有两种情况，一种情况是人推着车一起前进。我们仍取人和车为研究对象。这样，除人和车之间的相互作用内力外，还有地面对人脚的作用力，这是外力。外力可以改变物体的运动状态，故人和车都一起前进。

另一种情况是人不随车一起运动。这时取车子为研究对象，人推车的力为外力，故车子就前进了。

2—3 在测力计的两侧各用 10^3N 的力对拉，测力计上的示数是多少？

答：如附图所示，由于在测力计



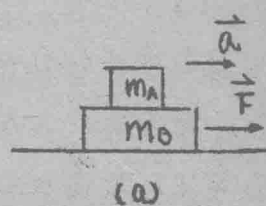
两端所加的力 \vec{F}_1 和 \vec{F}_2 ，大小相等，方向相反，所以，整个测力计处于平衡状态，因为测力计的读数以弹簧的形变 x 表示，即 $F_s = kx$ 。所以测力计的读数就是作用于测力计钩上的力 F_1 ，应是 10^3 牛顿。

2—4 两物体接触面之间摩擦力的方向与物体间的相对运动速度的方向之间有什么关系？摩擦力的方向与物体加速度的方向之间又有什么关系？

答：根据摩擦力的定义：两个相互接触的物体，当它们发生相对运动或有相对运动趋势时，接触面之间就会产生一种阻力，即摩擦力。物体所受摩擦力的方向总是与物体的相对运动方向，或相对运动的趋向相反。

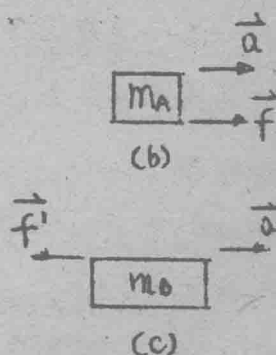
但是，物体所受摩擦力的方向与物体加速度的方向，则应视物体运动时的具体情况而定。有时两者相同，有时两者相反。

在图(a)中，两物体 m_A 和 m_B 以加速度 a 一起向前运动。这时 m_A 相对于 m_B 来说，相对运动趋向向后， m_A 所受摩擦力方向向前，摩擦力方向与加速度方向相同。（如图(b)所示）



在图(a)中，若 m_B 相对于 m_A 来说，相对运动趋向向前，摩擦力方向向后，摩擦力方向与加速度方向相反。

（如图(c)所示）



2—5 在略去空气阻力的情况下，轻重不等的两物体在地球表面附近从同一高度处自由下落，亚里士多德认为：“重的物体应比轻

的物体先落地。”对于亚里士多德的这一观点，你觉得怎样？

答：设有轻重两物体 $m_{轻}$ 和 $m_{重}$ ，它们在地球附近同一高度处所受的重力分别为：

$$P_{轻} = m_{轻}g$$

$$P_{重} = m_{重}g$$

忽略空气阻力，按牛顿第二定律，它们的加速度分别为

$$a_{轻} = \frac{P_{轻}}{m_{轻}} = g$$

$$a_{重} = \frac{P_{重}}{m_{重}} = g$$

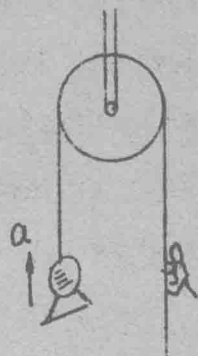
两者加速度相等，由于高度也相同，由 $t = \frac{2h}{g}$ 可知，落地时间相同，不可能重的物体较轻的物体先落地，而应该是同时落地，因此，亚里士多德的观点是错误的。

2—6 将一质量略去不计的轻绳，跨过无摩擦的定滑轮。一只猴抓住绳的一端，绳的另一端悬挂一个质量与猴子相等的镜子。开始时，猴与镜在同一水平面上，猴子为了看不到镜中的猴象，它作了下面三项尝试：

- (1) 向上爬；
- (2) 向下爬；
- (3) 松开绳子自由下落。

这样猴子是否看不到它在镜中的象？

答：上述三项尝试都是失败的。



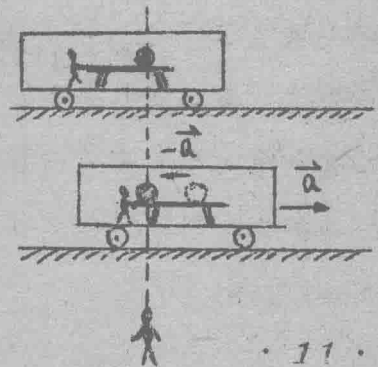
按题意，开始时，猴和镜在同一水平面上，当两者平衡时，它们的质量应该是相等的。在(1)与(2)两种情况下，根据牛顿第三定律，猴子向上或向下爬时，绳子对猴子的拉力应等于绳子对镜子的拉力，又由于两者质量相等，所以在相同的拉力作用下，上升的加速度相等，所以，猴子和镜子在任何一时刻都在同一高度。

在(3)情况下 猴子和镜子都作自由落体运动，所以，在下落过程中的任何一时间，猴子和镜子仍旧在同一高度。

2—7 在火车车厢中的光滑桌面上，放置一个钢制小球。当火车的速率增加时，车厢内的观察者看到小球的运动状态发生怎样改变？如果火车的速率减小，情况又怎样？你能对上述现象加以说明？答：(1)车厢外的观察者甲站在地面上，以地球作为参照系（此为较好的惯性系），甲看小球时，因为小球没有受到外力作用，所以根据牛顿第一定律，观察者甲看到小球仍保持原来的运动状态。

但是，在车厢内的观察者乙以加速度运动的车厢作为参照系（此为非惯性系），乙看小球时，虽然此时小球没有受到外力作用，却发现小球向后作加速度运动，所以，对于作加速度运动的车厢内的观察者乙来说，牛顿运动定律就不适用了。

(2)如果火车的速率减小，即火车的加速度的方向向后，在车厢外的观察者甲，看到小球仍保持原来运动状态。在车厢内的观察者乙，就看到小球相对车厢向前作加速度运动。



(3)为什么同一个钢球运动状态,观察者甲和观察者乙会得出两种不同的结论呢?这是因为两个观察者在观察钢球运动时,所取的参照系不同。前者取地球,是较好的惯性系,后者取火车,是非惯性系。牛顿定律只有对惯性系才适用,对非惯性系不能适用。

要使牛顿第二定律在非惯性系中也能成立,必须引进惯性力的概念进行修正, $\vec{F}_{\text{惯}} = - (m\vec{a})$, 可见当火车加速向前运动时,小球在惯性力作用下产生相对加速度,其方向与火车加速度方向相反。

2—8 一人站在电梯中的磅秤上,在什么情况下,他的视重为零?在什么情况下,他的视重大于在地面上的体重?

答:人站在电梯中的磅秤上,他的受力情况如右图所示。其中P是重力(即人在地面上的体重)。N是磅秤对人的支承力(可以从磅秤的示数中读出,也就是题中所述的视重)设电梯向下运动,取坐标轴正方向竖直向下。

根据牛顿第二定律应有方程:

$$mg - N = ma$$

即: $N = mg - ma$

上式中:

若欲使视重 $N = 0$, 则必使 $a = g$ ①

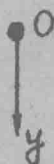
若欲使 $N > mg$, 则必使 $a > 0$ ②

设电梯向上运动,则有方程:

$$N - mg = ma$$

$$N = mg + ma$$

上式中:



若欲有视重 $N = 0$ ，则必使 $a = -g$(3)

若欲有 $N > mg$ ，则必使 $a > 0$(4)

由上述(1)、(3)可知，当电梯以 $a = g$ 的加速度下降时，视重为零。

由上述(2)、(4)可知，当升降机以减速度下降或以加速度上升时视重大于人体的体重。

第三章 功和能

3—1 在煤矿的斜井中，用卷扬机把装满煤炭的矿车沿倾斜的铁轨从井底拉上来。试分析有哪些力作用在矿车上？这些力有没有对矿车做功？是作正功还是作负功？

答：如附图所示。视矿车为质点。

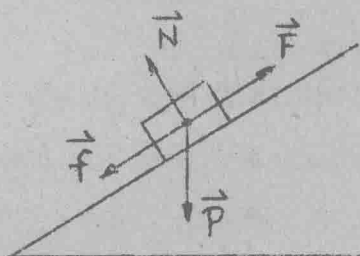
作用在矿车上的力有：

绳子对矿车的拉力 \vec{F} ；

斜面对矿车的支承力 \vec{N} ；

斜面对矿车的摩擦力 \vec{f} ；

矿车的重力 \vec{P} 。



根据功的定义数学表达式： $W = \vec{F} \cdot \vec{S}$ 可知：

拉力 \vec{F} 对矿车作正功；

支承力 \vec{N} 对矿车不作功；

摩擦力 \vec{f} 和重力 \vec{P} 对矿车作负功。

3—2 合外力对物体所作的功等于物体动能的增量。而其中某一个分力作的功，能否大于动能的增量？试举例说明。

答：根据力的合成法则可知，一个分力可以大于几个分力的合力。那么，一个分力所作的功可以大于合外力所作的功，也就可以大于动能的增量。例如在上题中，若矿车上升后的动能增加，拉力（分力）所作的功大于合力（ $\vec{F} + \vec{N} + \vec{f} + \vec{P}$ ）所作的功，也大于矿车动能的增量。

3—3 人通过挂在高处的定滑轮，用绳子分别把物体拉高 h

一次是匀加速拉，另一次是非匀加速拉。但在两次中物体的初速率和末速率都是相同的。问人对物体所作的功是否相同？

答：相同。根据功能原理，按题意可有：

$$W_F + W_{fR} = mgh_2 - mgh_1 + \frac{1}{2}mV_2^2 - \frac{1}{2}mV_1^2$$

在两次把物体拉高的过程中，升高的高度相同，即势能的增量相同，速率的变化相同，即动能的变化相同。所以，做功亦相同。

3—4 在弹性限度内，如果将弹簧的伸长量增加到原来的两倍，那么弹性势能是否也增加为原来的两倍？

答：设弹簧第一次伸长 x_1 ，第二次伸长 $x_2 = 2x_1$ (x_1, x_2 均从自然伸长的位置算起)，根据弹性势能计算式：

$$E_P = \frac{1}{2} KX^2$$

第一次伸长后弹性势能为： $E_{P_1} = \frac{1}{2} Kx_1^2$ ，第二次伸长后弹性势能为： $E_{P_2} = \frac{1}{2} Kx_2^2 = \frac{1}{2} K(2x_1)^2 = \frac{1}{2} Kx_1^2 \cdot 4$ 。显然，弹性势能的增加量，不是两倍，而是四倍。

3—5 有两个同样的物体，处于同一位置，其中一个水平抛出，另一个沿斜面无摩擦地自由滑下，问哪一个物体先到达地面？到达地面时两者速率是否相等？

答：(1) 一物体作平抛运动，到地面的时间应为：

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \dots\dots\dots(1)$$

另一物体沿斜面（与水平面夹角为 θ ）从同一高度 h 自由滑下，将有：

$$S = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} g \sin \theta \cdot t^2 \quad \text{又：} S = \frac{h}{\sin \theta}$$

故达到地面的时间为：

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g \sin^2 \theta}} \dots\dots\dots (2)$$

比较(1)、(2)可见，两者到达地面的时间不同，作平抛运动的物体先到达地面。

(2)水平抛出的物体和沿斜面无摩擦滑下的物体，忽略空气阻力，从开始到终了的过程中，就物体和地球的系统来说，两者所受外力做功均为零。前者无外力作用，后者虽有外力（斜面对物体的支承力 N ）但外力做功为零。所以，机械能守恒定律对它们适用。由于两者高度的变化相同，即势能的变化相同，两者的功能变化相同，亦即到达地面时两者速率相同。均为 $\sqrt{2gh}$ 。

3—6 力对物体不作功，物体一定沿直线运动吗？

答：不一定。按功的定义， $W = \vec{F} \cdot \vec{S} = F S \sin(\vec{F} \cdot \vec{S})$ 。若力的方向与位移方向垂直，则该力不作功。例如，圆锥摆在水平面上作匀速圆周运动，此时，重力和绳子的张力对摆球都不做功。

3—7 在附图中，如斜面是粗糙的。试问把小球沿 ABCA 绕行一周，重力和摩擦力各作了多少功？

答：重力做功：

A → B 过程： $W_1 = mgh$

重力作正功

B → C 过程： $W_2 = 0$ ，重力不作功

C → A 过程： $W_3 = -mg \sin \alpha S = -mgh$ ，重力作负功。

A → B → C → A 过程： $W = W_1 + W_2 + W_3 = 0$ ，即重力不作功

