

高三专题复习 07：弹簧模型

1. 弹簧相关物体运动状态分析

此类问题为物体运动状态分析，一般为已知物体运动状态（加速度）求物体受力（或弹簧形变），或已知受力求物体运动状态两类问题，通常利用胡克定律 $F = kx$ 及牛顿第二定律 $F_{\text{合}} = ma$ 求解，求解时需注意：

① 胡克定律中 x 为形变量而非弹簧长度；

② 弹簧弹力不突变：弹簧形变量较大，其两端连接物体其它受力变化瞬间弹簧弹力不变，即弹力按变化前大小分析；

③ 矢量方程规定正方向。

弹簧模型中，连接物体受到恒力作用时，物体做简谐运动，可根据简谐运动规律分析：

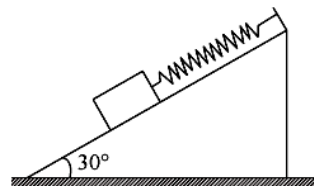
① 平衡位置加速度为零、速度最大；

② 运动关于平衡位置对称，即加速度等大方向、速度大小相等。

除此以外，物体运动位移可以结合弹簧形变分析计算，注意标记好原长位置以免形变大小分析错误。

1.1. 平衡问题

【例1】 质量为 m 的物体系于轻弹簧下端，当弹簧沿竖直方向拉住物体，系统静止时弹簧伸长量为 L_0 ；当弹簧以如图所示方式拉住物体，系统静止时弹簧伸长量也为 L_0 ，此时（ ）



- A. 物体不受静摩擦力
- B. 物体所受静摩擦力大小为 $0.5mg$ ，方向沿斜面向下
- C. 物体所受静摩擦力大小为 mg ，方向沿斜面向下
- D. 物体所受静摩擦力大小为 $1.5mg$ ，方向沿斜面向上

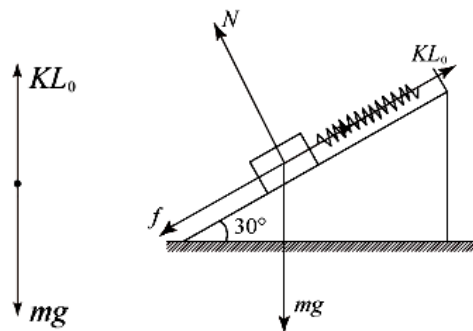
【答案】B

【考点】平衡问题

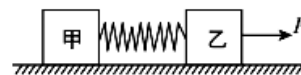
【解析】题目中涉及两次平衡状态，需要分别分析两状态受力平衡：

物体受力分析如下图：弹簧竖直方向时 $kL_0 = mg$ ，图示状态下 $kL_0 = mg\sin\theta + f$ ，解得 $f = 0.5mg$

，方向沿斜面向下，故 B 正确。



【例2】木块甲、乙分别重 50N 和 60N，它们与水平地面之间的动摩擦因数均为 0.25。夹在甲、乙之间的轻弹簧被压缩了 2cm，弹簧的劲度系数为 400N/m。系统置于水平地面上静止不动。现用 $F=1\text{N}$ 的水平拉力作用在木块乙上，如图所示。力 F 作用后木块所受摩擦力情况是（ ）



- A. 木块甲所受摩擦力大小是 12.5N
- B. 木块甲所受摩擦力大小是 11.5N
- C. 木块乙所受摩擦力大小是 9N
- D. 木块乙所受摩擦力大小是 7N

【答案】C

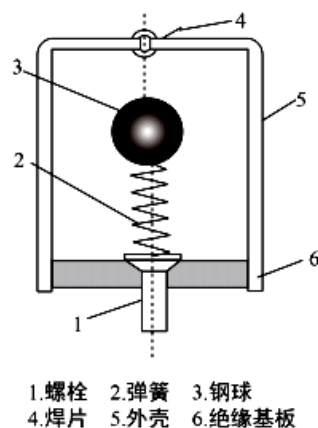
【考点】平衡问题

【解析】物体运动状态不明确时，需要根据最大静摩擦力判断：

根据方程 $f = \mu mg$ 可知：甲和乙所受的地面最大静摩擦力分别为 12.5N 和 15N；根据胡克定律 $F' = kx$ 可知：甲乙之间的弹簧的弹力为 8N。乙此时受向右的拉力和弹簧弹力以及向左的摩擦力，根据 $f = F' + F = 9\text{N}$ ；对甲受力分析， $f' = F' = 8\text{N}$ ，两摩擦力计算值均小于最大静摩擦力，为静摩擦力。故选 C。

1.2. 弹力不突变

【例3】某装置的结构如图所示：在外壳的基板上固定一个螺栓，螺栓上有一顶端焊有钢球的弹等，螺栓、弹策、钢球及外壳都是电的良导体。在静止状态下，钢球和外壳呈断开状态不会导通，当受到冲击，钢球产生运动与外壳接通，便可触发执行电路（未画出），使报警器等元件开始工作。若此装置由静止从高处坠落，重力加速度用 g 表示，以下说法正确的是（ ）



- A. 开始下落的瞬间，钢球的加速度为 g
- B. 开始下落的瞬间，外壳的加速度为 g
- C. 在执行电路被接通前，钢球的加速度方向可能向上
- D. 在执行电路被接通前，外壳的加速度可能小于 g

【答案】D

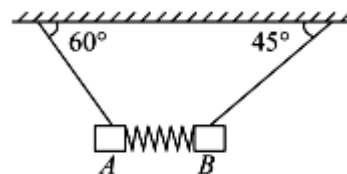
【考点】牛顿运动定律，弹簧弹力不突变

【解析】弹簧两端物体状态变化瞬间，弹簧弹力不变，因此仅与弹簧接触的物体在此刻状态不变：

AB.开始下落时，钢球受重力和弹力二力平衡，加速度为 0 ；外壳除重力外还受向下的弹力，加速度大于 g ，故 A、B 错误；

CD.若要接通电路，弹簧压缩量减小或变为伸长状态，故钢球受到的合力向下，加速度向下；而当弹簧伸长时，外壳受向上弹力，加速度小于 g ，故 D 正确；故选 D.

【例4】 如图所示，A、B 两物体用两根轻质细线分别悬挂在天花板上，两细线与水平方向夹角分别为 80° 和 45° ，A、B 间拴接的轻质弹簧恰好处于水平状态，则下列判断正确的是（ ）



- A. A、B 的质量之比为 $1:\sqrt{3}$
- B. A、B 所受弹簧弹力大小之比为 $\sqrt{3}:\sqrt{2}$
- C. 悬挂 A、B 的细线上拉力大小之比为 $1:\sqrt{2}$
- D. 快速撤去弹簧的瞬间，A、B 的瞬时加速度大小之比为 $1:\sqrt{2}$

【答案】D

【考点】牛顿运动定律，弹簧弹力不突变

【解析】撤去弹簧瞬间，绳上拉力发生变化，此时加速度分析应根据运动状态确定：物体将获得切线方向速度，故加速度方向与绳垂直

B.物体 A、B 与同一弹簧接触，受到弹力 F 大小相等，故 B 错误；

AC.静止时受力平衡，则对 A 物体 $F \cdot \tan 60^\circ = m_A g$ 、 $T_A \cdot \cos 60^\circ = F$ ；同理，B 物体 $F \cdot \tan 45^\circ = m_B g$ 、 $T_B \cdot \cos 45^\circ = F$ ；解得质量之比为 $\sqrt{3} : 1$ 、拉力大小之比为 $\sqrt{2} : 1$ ，故 A、C 错误；

D.快速撤去弹簧的瞬间，物体 A、B 将分别以悬点为圆心做圆周运动，刚撤去弹簧的瞬间，将重力分解为沿半径和沿切线方向，沿半径合力为零，合力沿切线方向，因此，A 物体， $m_A g \cdot \sin 30^\circ = m_A a_A$ ， $m_B g \sin 45^\circ = m_B a_B$ ，解得加速度大小之比为 $1 : \sqrt{2}$ ，故 D 正确；故选 D.

【例5】彩虹圈有很多性质和弹簧相似，在弹性限度内彩虹圈间的弹力随着形变量的增加而增大，但彩虹圈的重力不能忽略.用手拿起彩虹圈的上端，让彩虹圈的下端自由下垂且离地面一定高度，然后由静止释放.设下落过程中彩虹圈始终没有超出弹性限度.则（ ）



- A. 刚释放瞬间彩虹圈上端的加速度大于当地的重力加速度
- B. 刚释放瞬间彩虹圈下端的加速度等于当地的重力加速度
- C. 刚开始下落的一小段时间内彩虹圈的长度变长
- D. 彩虹圈的下端接触地面前彩虹圈的长度不变

【答案】A

【考点】牛顿运动定律，弹簧弹力不突变

【解析】彩虹圈可以类比弹簧分析：

A.刚释放彩虹圈时，可以看成上端与下端的两部分与中间的弹簧相连，用手拿起彩虹圈时，弹簧是伸长的，则上端除了受到重力外，还受到弹簧对它的向下的拉力作用，故上端受到的合力会大于自身的重力，故上端的加速度大于当地的重力加速度，故 A 正确；

B.弹簧下端除受重力外还受到弹簧对它向上的拉力，故它的加速度要小于当地的重力加速度，故 B 错误；

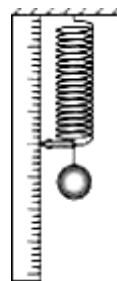
C.刚开始下落的一小段时间内，上端向下，加速度大，下端也向下，但是加速度小，故上、下两端的距离会

减小，即彩虹圈的长度变小，故 C 错误；

D. 又由于彩虹圈与弹簧的性质相似，下落到一定的程度，上下端又会对弹簧施加挤压，弹簧对上、下端的作用力变为排斥力，上端的加速度变得会比下端小，故弹簧会再次被拉长，这样弹簧就会在下落的过程中，变短、变长，再变短、再变长...，彩虹圈下端接触地面前彩虹圈的长度是发生变化的，故 D 错误。故选 A。

1.3. 弹簧相关运动模型

【例6】某同学使用轻弹簧、直尺、钢球等制作了一个“竖直加速度测量仪”。如图所示，弹簧上端固定，在弹簧旁沿弹簧长度方向固定一直尺。不挂钢球时，弹簧下端指针位于直尺 20cm 刻度处；下端悬挂钢球，静止时指针位于直尺 40cm 刻度处。将直尺不同刻度对应的加速度标在直尺上，就可用此装置直接测量竖直方向的加速度。取竖直向上为正方向，重力加速度大小为 g 。下列说法正确的是（ ）



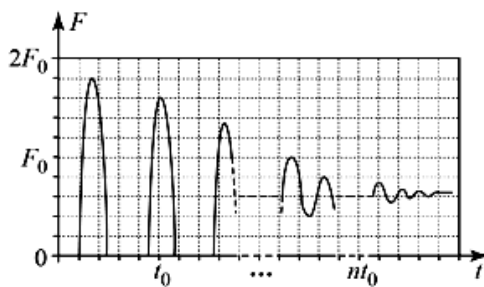
- A. 30cm 刻度对应的加速度为 $-0.5g$
- B. 40cm 刻度对应的加速度为 g
- C. 50cm 刻度对应的加速度为 $2g$
- D. 各刻度对应加速度的值是不均匀的

【答案】A

【考点】牛顿第二定律

【解析】根据题意，钢球静止时，钢球受力平衡： $mg = k(l_1 - l_0)$ ；设钢球加速度为 a 时弹簧下端刻度为 l ，根据牛顿第二定律： $k(l - l_0) - mg = ma$ 。解得 $a = k(l - l_1)/m = 5g(l - 0.4) \text{ (m/s}^2\text{)}$ ，故 30cm 刻度对应加速度为 $-0.5g$ ，A 正确；40cm 刻度对应加速度为 0，B 错误；50cm 刻度对应加速度为 $0.5g$ ，C 错误；加速度与刻度值对应关系为一次函数，即加速度是均匀的，D 错误；故选 A。

【例7】“蹦极”就是跳跃者把一端固定的长弹性绳绑在踝关节等处，从几十米高处跳下的一种极限运动。某人做蹦极运动，所受绳子拉力 F 的大小随时间 t 变化的情况如图所示。将蹦极过程近似为在竖直方向的运动，重力加速度为 g 。据图可知，此人在蹦极过程中最大加速度约为（ ）



A. g

B. $2g$

C. $3g$

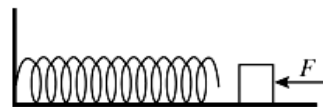
D. $4g$

【答案】B

【考点】牛顿第二定律

【解析】由图可知，绳上拉力 F 最大值为 $1.8F_0$ 、最小值为 0 ，平衡时 $mg = 0.6F_0$ ，根据牛顿第二定律有 $F - mg = ma$ ，因此最大加速度为 $2g$ ，故 B 正确。

【例8】如图所示，一物块在光滑的水平面上受恒力 F 的作用向左运动，其正前方固定一个足够长的轻质弹簧，则关于物块与弹簧接触后的运动，下列说法中正确的是（ ）



A. 物块一直作加速度减小的加速运动

B. 物块一直作加速度增大的减速运动

C. 当物块刚与弹簧接触时加速度最大

D. 当弹簧处于最大压缩量时，物块的加速度最大

【答案】D

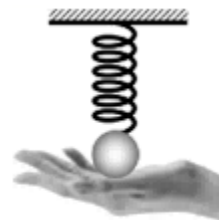
【考点】弹簧模型

【解析】本题为经典弹簧模型，可根据简谐运动特点分析加速度。

AB.物块接触弹簧后弹簧的弹力从零开始逐渐增大，开始阶段，弹力小于水平恒力 F ，物块的合力方向向左，与速度方向相同，物体做加速运动.随着弹力增大，合力减小，加速度减小，所以做加速度逐渐减小的变加速运动.后来弹簧的弹力大于 F ，合力向右，与速度方向相反，物体开始做减速运动.所以物块接触弹簧后先加速后减速，故 AB 错误；

CD.物体的加速度先减小后增大，当速度为零时加速度最大、弹簧压缩量最大，C 错误、D 正确。故选 D。

【例9】 竖直悬挂的轻弹簧下连接一个小球，用手托起小球，使弹簧处于压缩状态，如图所示．则迅速放手后（ ）



- A. 小球开始向下做匀加速运动
- B. 弹簧恢复原长时小球速度最大
- C. 小球运动到最低点时加速度小于 g
- D. 小球运动过程中最大加速度大于 g

【答案】D

【考点】弹簧模型

【解析】本题为经典弹簧模型，可根据简谐运动的对称性分析加速度：

D. 小球刚开始运动，受向下的重力和向下的弹力，故加速度将大于 g ，故 D 正确；

A. 由于运动过程中弹簧弹力一直在改变，故小球受到的合力不是恒力，不能做匀加速直线运动，故 A 错误；

B. 小球加速度为 0 时速度有最大值，即弹力等于重力时，并非是原长位置，故 B 错误；

C. 根据简谐振动对称性，小球在最低点的加速度和在最高点的加速度相同，故 C 错误；故选 D.

2. 弹簧模型能量分析

弹簧弹力为变力，其做功可以通过以下方式求解：

- ① 根据胡克定律做 $F-x$ 图像，图像面积即弹力做功大小（ x 为形变时图像在第一象限、 x 为相对原长的位移时图像过二、四象限）；
- ② 根据保守力做功与势能的关系，弹力做功 $W = -\Delta E_p = E_{p1} - E_{p2}$ （弹性势能 $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ 需证明）；
- ③ 根据动能定理，通过动能的变化和其它力做功间接求解.

弹簧+恒力模型（如弹簧悬挂小球在竖直面内振动）可看做简单弹簧模型，此时 x 为相对平衡位置的位移， W 为弹力和恒力做功之和.

此外，当研究的系统只有重力和系统内弹簧弹力做功时，系统机械能守恒，动能、重力势能和弹性势能相互转化。

【例10】 如图所示，小明在体验蹦极运动时，把一端固定的长弹性绳绑在踝关节处，从高处由静止落下。将小明的蹦极过程近似为在竖直方向的运动，在运动过程中，把小明视作质点，不计空气阻力。下列判断中正确的是（ ）



- A. 下落到弹性绳刚好被拉直时，小明的下落速度最大
- B. 从开始到下落速度最大，小明动能的增加量小于其重力势能的减少量
- C. 从开始到下落至最低点的过程，小明的机械能守恒
- D. 从开始到下落至最低点，小明重力势能的减少量大于弹性绳弹性势能的增加量

【答案】B

【考点】弹簧模型，机械能守恒

【解析】弹簧模型可根据平衡位置特点和运动的对称性分析运动规律，根据机械能守恒分析能量变化：

- A.弹性绳刚好拉直时，绳子拉力近乎为零，小明受重力，仍加速下落，此时速度不是最大，故 A 错误；
- B.从开始到下落速度最大时，小明的重力势能转化为动能和弹性绳的弹力势能，所以动能的增加量小于重力势能减小量，故 B 正确；
- C.从开始到下落到最低点的过程中，弹力绳的弹力做负功，小明的机械能减小，故 C 错误；
- D.从开始到下落到最低点时，动能为零，重力势能转化为弹性绳弹力势能，所以重力势能减小量等于弹性绳弹力势能增加量，故 D 错误。故选 B。

【例11】 图 1 所示，轻弹簧上端固定，下端悬吊一个钢球，把钢球从平衡位置向下拉下一段距离 A，由静止释放。以钢球的平衡位置为坐标原点，竖直向上为正方向建立 x 轴，当钢球在振动过程中某一次经过平衡位置时开始计时，钢球运动的位移—时间图像如图 2 所示。已知钢球振动过程中弹簧始终处于拉伸状态，则（ ）



图 1

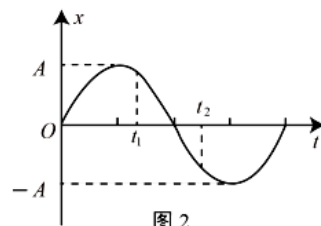


图 2

- A. t_1 时刻钢球处于超重状态
 B. t_2 时刻钢球的速度方向向上
 C. $t_1 \sim t_2$ 时间内钢球的动能逐渐增大
 D. $t_1 \sim t_2$ 时间内钢球的机械能逐渐减小

【答案】D

【考点】弹簧模型，机械能守恒

【解析】弹簧模型可根据平衡位置特点和运动的对称性分析：

- A. 根据简谐运动的 $x-t$ 图像，可知： t_1 时刻，位移为正方向，即钢球在平衡位置上方，加速度指向平衡位置，所以加速度向下，为失重状态，A 不正确；
 B. 根据 $x-t$ 图像可知 t 时刻位移为负且正在增加，所以钢球速度方向向下，B 不正确；
 C. 在 $x-t$ 图像中，每一点切线的斜率代表速度，则由图可知， $t_1 \sim t_2$ 时间内钢球的速度先增大后减小，故动能也是先增大后减小，C 不正确；
 D. 因为整个简谐运动过程中弹簧始终处于拉伸状态，由图可知， $t_1 \sim t_2$ 时间内弹簧伸长量逐渐增大，弹簧弹性势能逐渐增大，又因为弹簧和钢球系统机械能守恒，所以钢球的机械能逐渐减少，故 D 正确；故选 D.

【例12】 如图所示，一根橡皮绳一端固定于天花板上，另一端连接一质量为 m 的小球（可视为质点），小球静止时位于 O 点。现给小球一竖直向下的瞬时速度 v_0 ，小球到达的最低点 A 与 O 点之间的距离为 x 。已知橡皮绳中弹力的大小与其伸长量的关系遵从胡克定律。不计橡皮绳的重力及空气阻力。小球运动过程中不会与地板或天花板碰撞。则（ ）



- A. 球由 O 点运动至 A 点的过程中，天花板对橡皮绳所做的功为 $\frac{1}{2}mv_0^2$
 B. 小球由 O 点运动至 A 点的过程中克服橡皮绳的弹力做功为 $mgx + \frac{1}{2}mv_0^2$

- C. 小球由 O 点运动至 A 点的过程中动能先增大后减小
D. 小球此后上升至最高点的位置与 A 点的间距一定等于 $2x$

【答案】B

【考点】弹簧模型，机械能守恒

【解析】弹簧模型可根据平衡位置特点和运动的对称性分析，求解某位置速度、能量的大小或过程中弹力做功均可以通过动能定理、功能关系、机械能守恒或能量守恒分析：

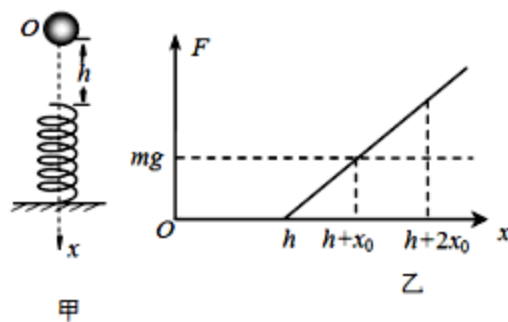
A. 小球从 O 点运动至 A 点的过程中，天花板对橡皮条的作用力无位移，天花板对橡皮条不做功，故 A 错误

B. 由功能关系知，小球从 O 点运动至 A 点的过程中克服橡皮绳弹力做功为 $mgx + \frac{1}{2}mv_0^2$ ，故 B 正确；

C. 由于 O 为平衡位置，速度最大，所以从 O 点至 A 点的过程中，小球的动能一直减小，故 C 错误；

D. 若小球上升最高点时，橡皮绳处于松软状态，则不具有简谐振动的对称性，最高点的位置与 O 点的间距将大于 $2x$ ，只有在最高点橡皮绳处于拉伸或原来状态时，最高点与 O 的间距才等于 $2x$ ，故 D 错误；故选 B.

【例13】如图甲所示，轻弹簧竖直放置，下端固定在水平地面上，一质量为 m 的小球，从离弹簧上端高 h 处由静止释放。某同学在研究小球落到弹簧上后继续向下运动到最低点的过程，他以小球开始下落的位置为原点，沿竖直向下方向建立坐标轴 Ox ，做出小球所受弹力 F 大小随小球下落的位置坐标的变化关系如图乙所示，不计空气阻力，重力加速度为 g 。以下判断不正确的是（ ）



- A. 当 $x = h + x_0$ ，重力势能与弹性势能之和最小
B. 最低点的坐标为 $x = h + 2x_0$
C. 小球受到的弹力最大值大于 $2mg$
D. 小球动能的最大值为 $mgh + 0.5mgx_0$

【答案】B

【考点】弹簧模型，机械能守恒

【解析】弹簧模型可根据平衡位置特点和运动的对称性分析，求解某位置速度、能量的大小或过程中弹力做功均可以通过动能定理、功能关系、机械能守恒或能量守恒分析：

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/147141132130010013>