



兼得教育

尽心尽责，为社会输送优秀人民公仆！

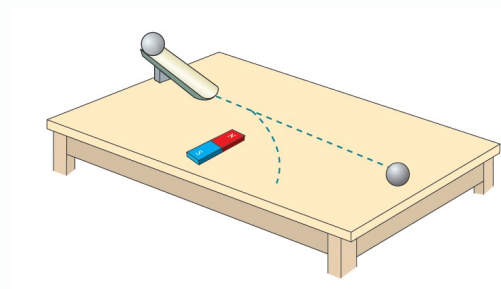
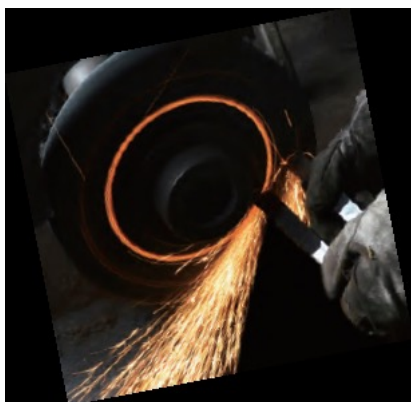
——兼得先生

第十六节 抛体运动

一、曲线运动

(一) 概念

抛出的篮球、公转的地球，它们运动的轨迹都是曲线。我们把轨迹是曲线的运动称为曲线运动。当物体所受合力的方向与它的速度方向不在同一直线上时，物体做曲线运动



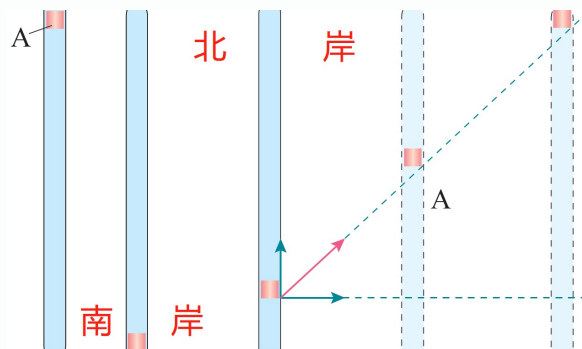


二、运动的合成与分解

思考：若人在河中始终保持头朝正前方游向对岸，你认为他会在对岸的正前方到达，还是会偏向上游或下游？为什么？

（一）实验探究

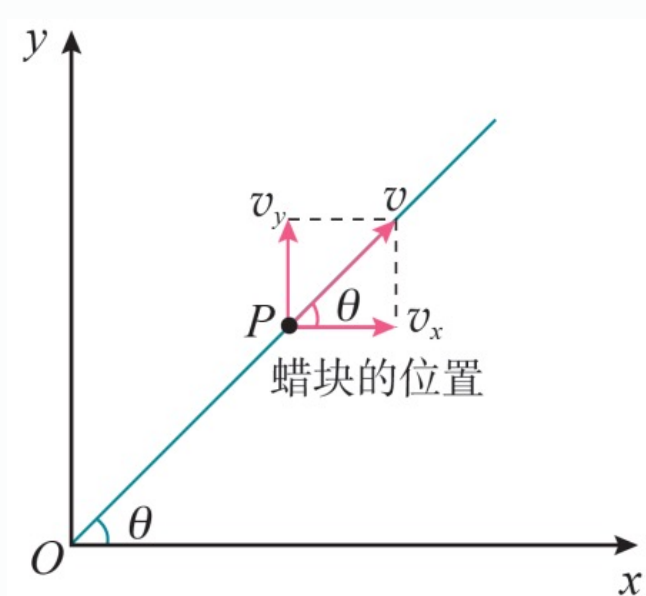
小明由南岸游向北岸；水流速度由西往东。



- 1.东西方向：小明受到由西往东的水流速度，因此，身体会在东的方向产生位移；
- 2.南北方向：小明由南往北游动，人的速度往北方向，因此，身体会在北的方向产生位移；
- 3.小明的实际运动轨迹却是一条东偏北的直线；
- 4.思考：这是为啥？



(二) 实验结论



1. 物体受Y轴和X轴两个方向的速度影响，合成一个速度；

2. X轴方向的运动： $S_X = V_X * T$

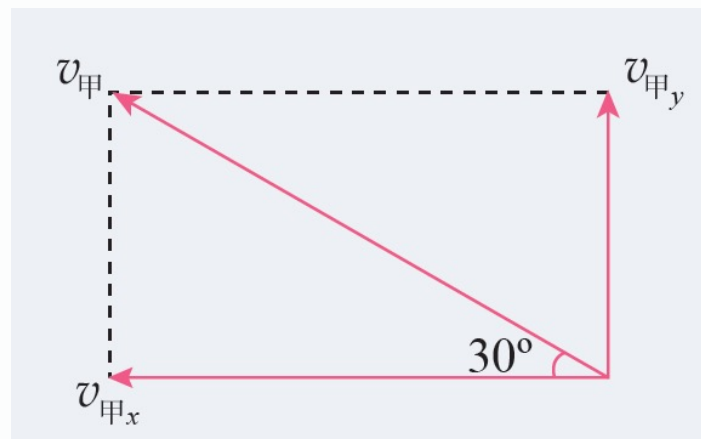
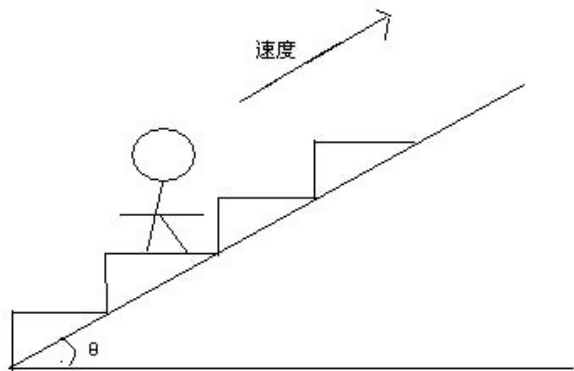
3. Y轴方向的运动： $S_Y = V_Y * T$

4. 合成速度： $V_{\text{合}} = \sqrt{V_X^2 + V_Y^2}$



兼得教育

(三) 实际运用



1. 经典模型：自动扶梯上楼

(1) 水平方向：匀速直线

(2) 垂直方向：匀速直线

(3) 水平和垂直方向互不影响

(4) 水平速度： $V_x = V_{电} \times \cos\theta$

(5) 垂直速度： $V_y = V_{电} \times \sin\theta$

(6) 上楼时间取决于垂直速度： $T = \frac{V_y}{h} = \frac{V_{电} \times \sin\theta}{h}$

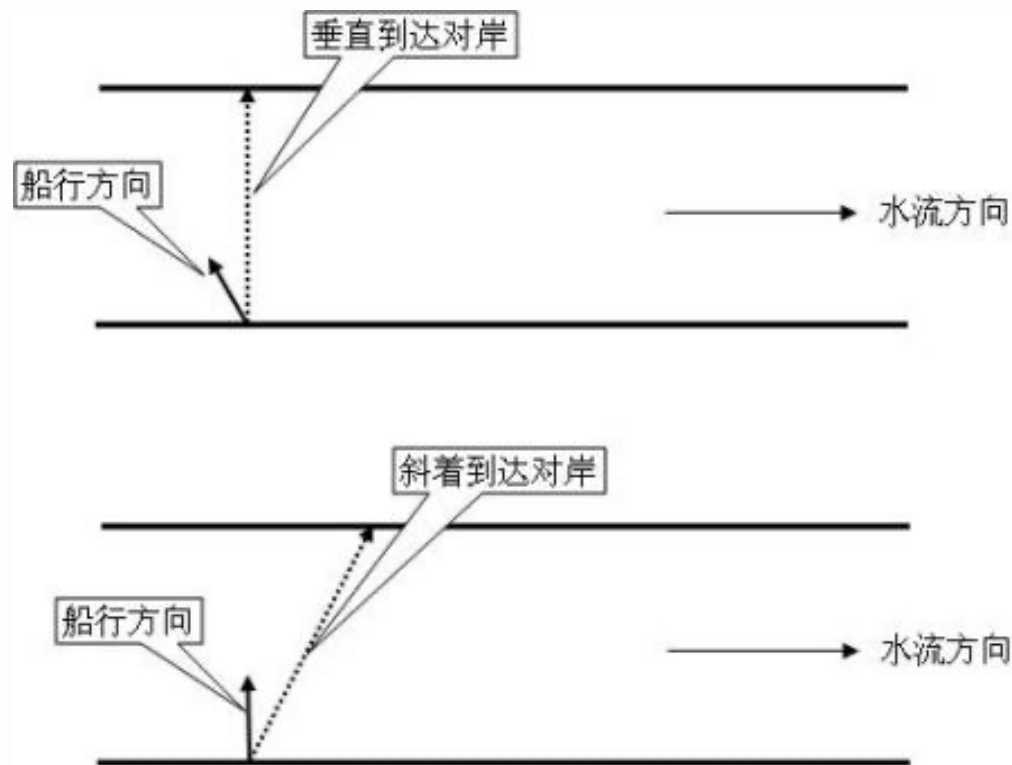


2.经典模型：小船过河

(1) 船驶到对岸用的时间=河宽/船垂直于对岸的速度

(2) 在第一种情况下,船要行驶距离最短,就要垂直到达对岸,这样船的行进方向必须逆流,才能使船和水流的合速度垂直于对岸;但这样一来,船垂直于对岸的速度只是船速的一个分速度,所以用的时间长.

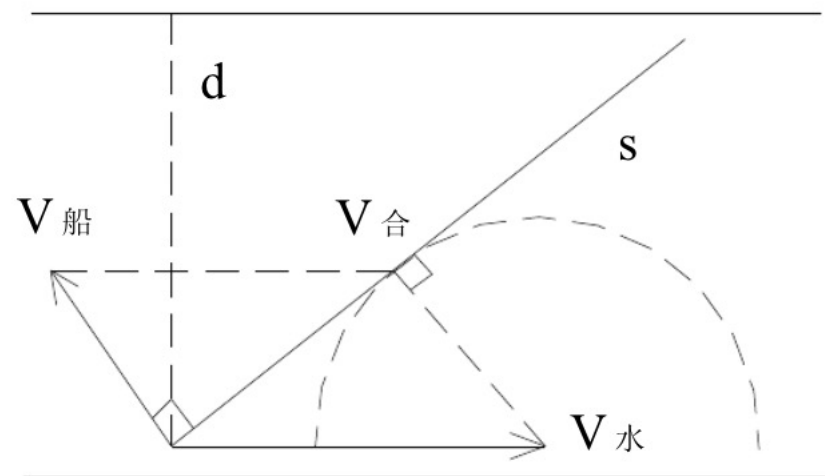
(3) 在第二种情况下,船的行进方向垂直于对岸,船和水流的合速度就会顺流倾斜,船行驶的距离就要长于第一种情况;但船垂直于对岸的速度和船速是一致的,这样用的时间就最短.



当 $V_{\text{船}} > V_{\text{水}}$ 时，最短位移 $s=d$

当 $V_{\text{船}} = V_{\text{水}}$ 时，无限接近但不能到河宽 d

当 $V_{\text{船}} < V_{text{水}}$ 时，最短位移 $s = \frac{V_{\text{水}} * d}{V_{\text{船}}}$



例1（2012 广东）

小船匀速横渡一条河流，若船行驶到河中央时，水流速度突然变快，则：

- A.小船渡河时间减少
- B.小船渡河时间增加
- C.小船渡河时间不变
- D.小船无法到达对岸



例1（2012 广东）

【解析】

小船在匀速横渡河流的时候在竖直方向上的速度（ V ）不会发生变化，到河对岸的距离（ S ）也不会变化，根据公式 $T = S/V$ ，故时间（ T ）不会发生变化。这里值得注意的是，水流的快慢影响的只是小船在河流方向上的行驶距离，水流变快会加大这个距离，但是它并不影响过河的时间。

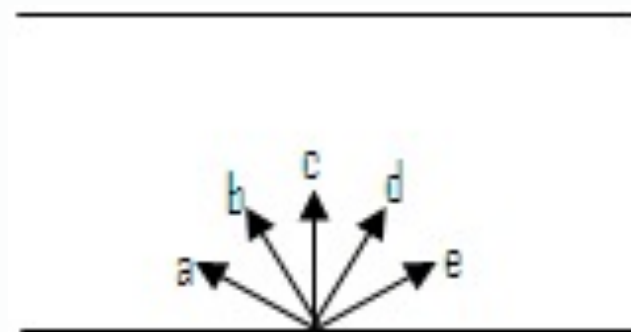
故正确答案为C。



例2

小船在静水中的航行速度为 1m/s ，水流速度为 2m/s ，为了在最短距离内渡河，则小船船头指向应为（图中任意方向间的夹角以及与河岸间的夹角均为 30° ）（ ）

- A.a方向
- B.b方向
- C.c方向
- D.d方向



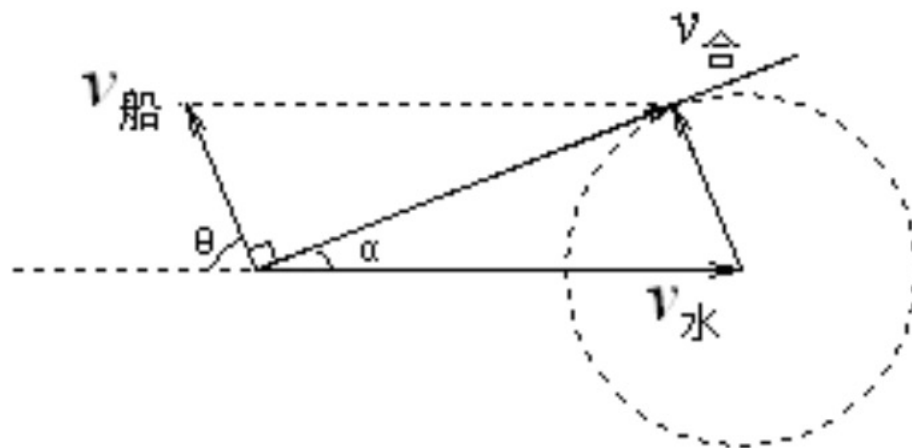
例2

【解析】

当 $V_{\text{船}} < V_{\text{水}}$ 时，最短位移 $s = v_{\text{水}} * d / V_{\text{船}}$

根据学的画圆方法，求出船头与河岸夹角为60度

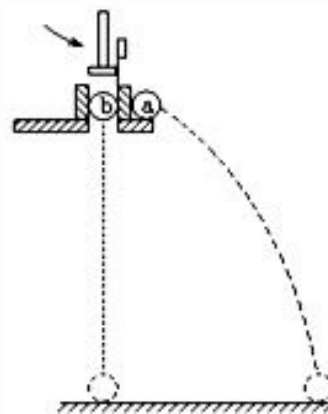
因此选择B选项。



3.经典模型：平抛运动

物体以一定的初速度水平方向抛出，如果物体仅受重力作用，这样的运动叫做平抛运动

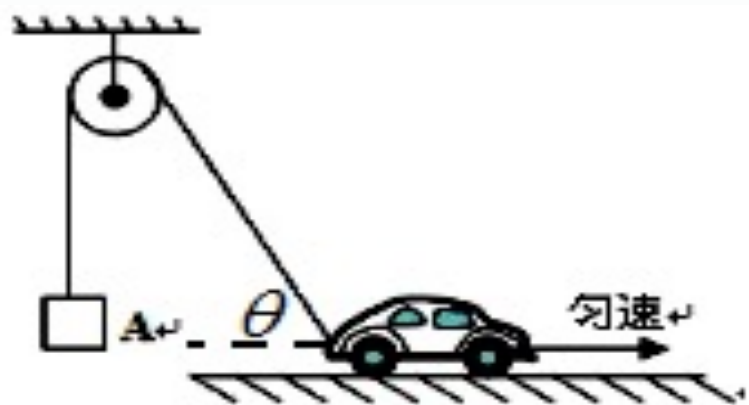
- (1) 水平方向：匀速直线运动 $S=VT$
- (2) 垂直方向：自由落体运动
- (3) 运动时间取决于高度
- (4) 水平距离取决于： V_x 和速度（ T ）



例3

如图，在不计滑轮摩擦和绳子质量的条件下，当小车以速度 V 匀速向右运动当小车运动到与水平面夹角为 θ 时，下列关于物体A说法正确的是

- A．物体A此时的速度大小为 $v \cos \theta$ ，物体A做减速运动，绳子拉力小于物体重力
- B．物体A此时的速度大小为 $v \cos \theta$ ，物体A做加速运动，绳子拉力大于物体重力
- C．物体A此时的速度大小为 $v / \cos \theta$ ，物体A做减速运动，绳子拉力小于物体重力
- D．物体A此时的速度大小为 $v / \cos \theta$ ，物体A做加速运动，绳子拉力大于物体重力



例3

【解析】

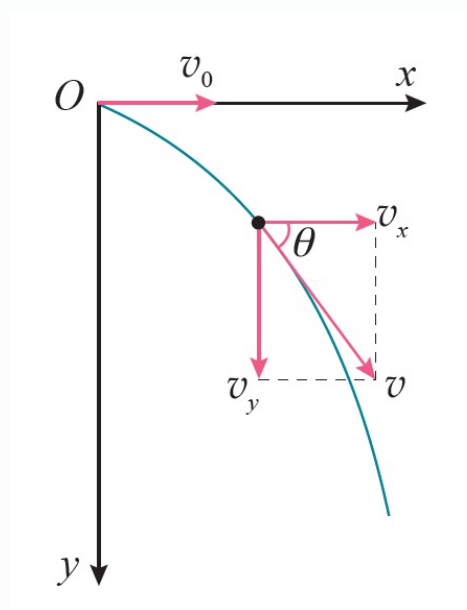
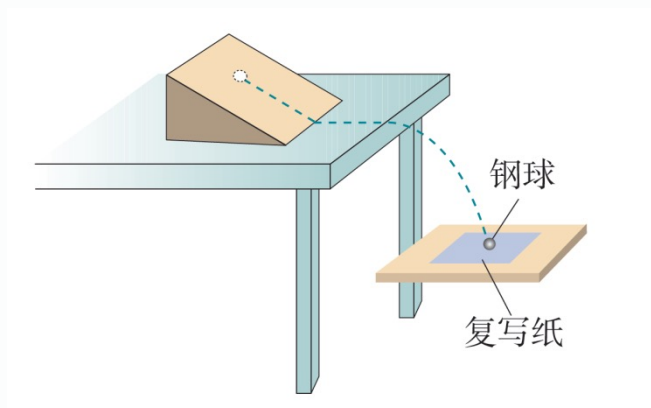
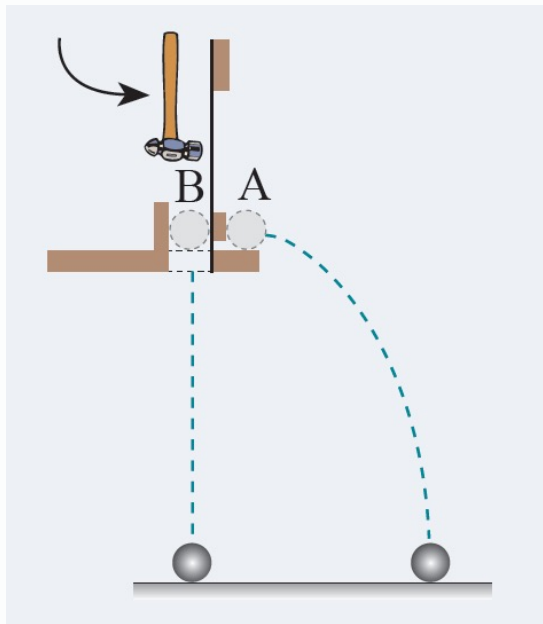
绳子与水平方向的夹角为 θ ，将小车的速度分解为沿绳子方向和垂直于绳子方向，沿绳子方向的速度即A的速度，根据平行四边形定则得， $V_a = V \cos \theta$ 。

随着车前行，夹角变小，则 V_a 变大，所以A做加速运动。

由于A做加速运动，则拉力 $F - G = ma$ 大于0，所以绳子拉力大于物体重力。



三、平抛的规律



(一) 平抛运动的速度

1. 水平方向： $V_x = V \times \cos\theta = V_0$
2. 垂直方向： $V_y = V \times \sin\theta = gt$



(二) 运动的轨迹及位移

1. 水平方向拆分为：匀速直线运动 $S_x = V_0(V_x) \times t$

2. 垂直方向拆分为：匀加速直线运动（自由落体运动） $S_y = \frac{1}{2}gt^2 = h$

3. 实际轨迹：弧线形

4. 位移： $S_{\text{总}} = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$

5. 运动时间取决于高度（H）

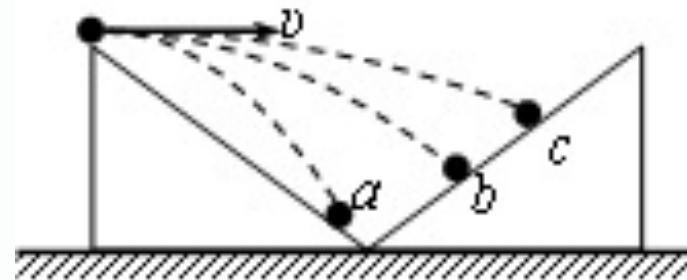
6. 水平距离取决于：Vx和时间t



例4

在水平面上固定两个相互紧靠的三角形斜面，将 a 、 b 、 c 三个小球从左边斜面的顶点以不同的初速度向右水平抛出，落在斜面上时其落点如图所示，小球 a 落点距水平面的高度最低。下列判断正确的是

- A．小球 c 的初速度最小
- B．小球 a 的飞行时间最长
- C．小球 c 的整个飞行过程速度变化量最大
- D．若减小小球 a 的初速度，其整个飞行过程速度变化量增大



例4

【解析】

AB：三个小球做的都是平抛运动，从图中可以发现落在c点的小球下落的高度最小，由 $h=gt^2/2$ ，得出 t ，所以C飞行时间最短

由 $x=v_0t$ 得 $v_0=x/t$ ，知小球c的水平位移最大，飞行时间最短，则小球c的初速度最大，故A正确，B错误

C：小球做的是平抛运动，加速度为 g ，速度的变化量为 $\Delta v=gt$ ，所以c球的速度变化最小，a球的速度变化量最大，故C错误

D：速度变化量减小，D错误。

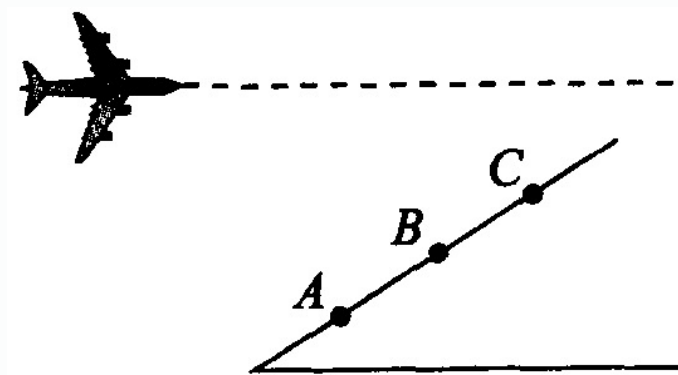
因此选择B。



例5 (2019 上海)

如图所示，战斗机沿水平方向匀速飞行，先后释放三颗炸弹，分别击中山坡上等间距的A、B、C三点。已知击中A、B的时间间隔为 t_1 ，击中B、C的时间间隔为 t_2 ，不计空气阻力，则

- A . $t_1 < t_2$
- B . $t_1 = t_2$
- C . $t_1 > t_2$
- D . 无法确定





例5（2019 上海）

【解析】

炸弹做平抛运动，水平方向上运动规律与飞机相同，炸弹落地前在飞机正下方，且水平方向做匀速直线运动，竖直方向做自由落体运动，由于间距相等，所以AB段运动时间应与BC段时间相等，所以选择B选项。



2.斜抛运动

物体被抛出时的速度 v_0 不沿水平方向，
而是斜向上方或斜向下方（这种情况常称为斜抛），

它的受力情况与平抛运动完全相同：

在水平方向不受力，加速度是0；

在竖直方向只受重力，加速度是 g 。

（1）本质：两个平抛运动合成而来

（2）水平速度： $V_x = V_0 \times \cos \theta$

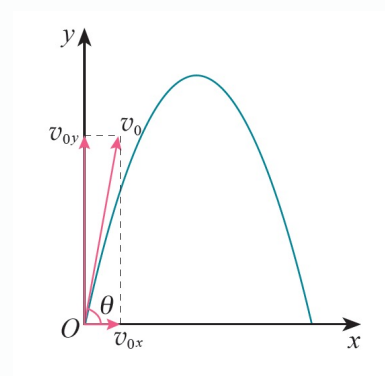
（3）垂直速度： $V_y = V_0 \times \sin \theta - gt$

（4）在空中飞行时间的决定因素：初速度、夹角 $T = 2 \frac{V_0 \times \sin \theta}{g}$

（5）在空中飞行高度的决定因素：初速度、夹角 $H = \frac{(V_0 \times \sin \theta)^2}{2g}$

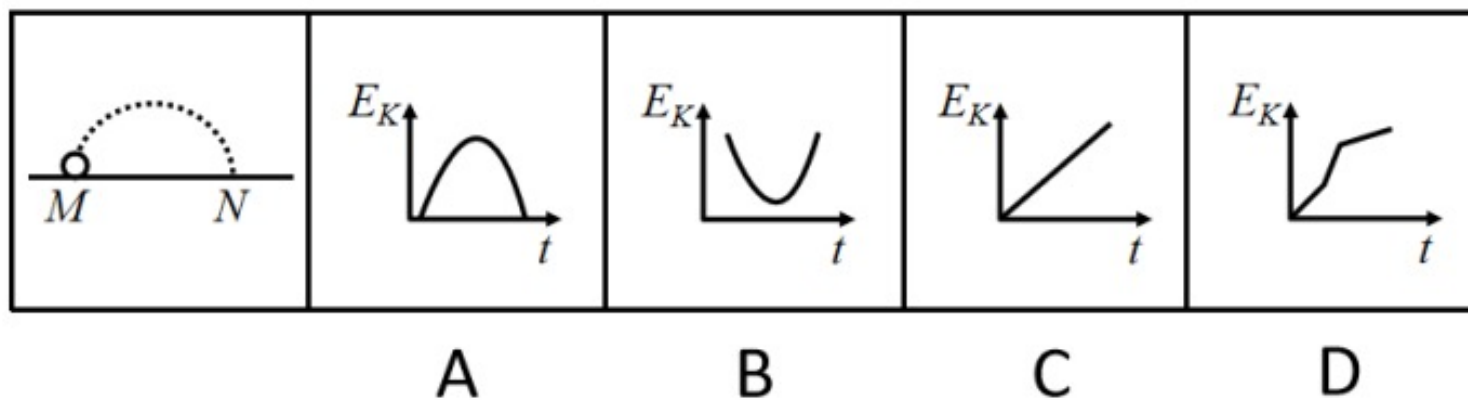
备注：根据 $V_t^2 - V_0^2 = 2aS$ 推导而来

（6）抛出小球先后经过AB两点，如果AB两点离地面高度一致，则AB两点的速度大小一致，机械能一致



例7 (2021 广东)

如图所示，高尔夫球在力的作用下从水平地面的M点飞到N点。忽略高尔夫球在飞行过程中的空气阻力，下列选项能正确表示高尔夫球从M点到达N点前的动能关系的是（ ）。



例7（2021 广东）

【解析】

从题目所给的运动轨迹可知，高尔夫球做斜抛运动，忽略空气阻力的情况下，整个过程只有重力做功，即重力势能和动能相互转化，因此系统机械能守恒。因此可知，从M点到轨迹最高点的过程中，随着球的高度升高，重力势能增大，相应的动能减小；而从最高点到N的过程中，球的高度降低，重力势能减小，相应的动能增大。观察四个选项图形特征可见，只有B项满足动能先减小后增大的趋势，因此B项正确。



3.垂直上抛运动

在只受重力的作用下，物体以一定的初速度，垂直向上抛出的运动，称之为垂直上抛运动。

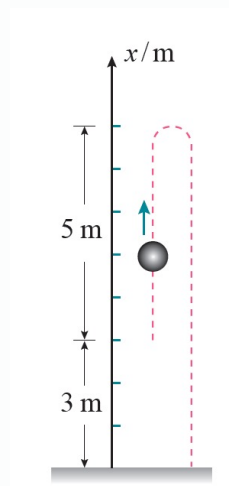
(1) 本质：两个自由落体运动

(2) 水平速度：没有水平速度

(3) 垂直速度： $V_y = V_0 - gt$

(4) 在空中飞行时间的决定因素：初速度

$$T = 2 \frac{V_0}{g}$$



例8（2021 广东）

在匀速直线运动的京广高铁车厢内，竖直向上抛出一个小球。下列说法正确的是（ ）。

- ①小球在最高点时，垂直于地面方向的速度为零
- ②小球在最高点时，垂直于地面方向对地速度最大
- ③小球的落点位置会比时速慢的列车落点位置更近
- ④小球从抛出到落地的时间与列车运行速度无关

A. ①③

B. ③④

C. ②③

D. ①④



例8（2021 广东）

【解析】

竖直向上抛出小球后，小球只受竖直方向上的重力，水平方向上不受力，根据惯性定律（牛顿第一定律），小球在水平方向上仍然做匀速直线运动，与车速一致，因此小球会落回原来的位置，落点位置与列车运行速度大小无关，因此③错误。

在竖直方向上，向上抛出给了小球一个向上的初速度，抛出后，小球在重力作用下，向上做减速运动，直到竖直方向上的速度减小为0，小球到达最高点。也可以反过来想，如果在最高点时，小球竖直方向上的速度不为0，小球就会继续向上运动，那么达到的就不是最高点，而垂直于地面方向的速度就是竖直方向的速度，因此①正确，②错误。

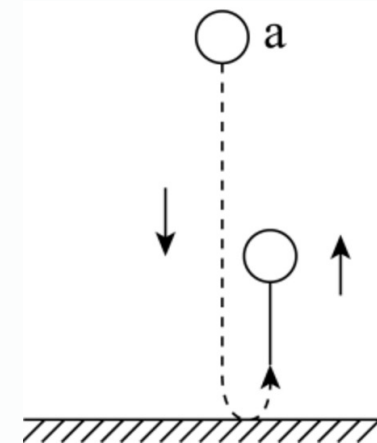
因此选择D选项。



例9（2021 上海）

如图所示，一个弹性小球从a点静止释放，竖直撞击水平地面后反弹，已知空气阻力大小恒定，撞击地面无能量损失。对于小球下落后反弹至最高点的过程中，下列说法正确的是：

- A. 因为空气阻力大小不变，所以下落过程阻力做功等于反弹时阻力做的功
- B. 因为撞击时地面给小球向上的作用力，所以小球反弹的最高点高于a点
- C. 小球下落过程中空气阻力做负功，反弹过程中空气阻力做正功
- D. 小球下落过程和反弹过程均是匀变速直线运动，但加速度不同



例9（2021 上海）

【解析】

A：下落过程和反弹过程空气阻力相等，但是空气阻力一直做负功，下落过程的位移大于反弹时的位移，所以两个过程中空气阻力做的功不相等，错误

B、C：小球在下落过程中所受的空气阻力方向向上，空气阻力方向与运动的方向相反，空气阻力做负功；小球反弹之后，小球向上运动，小球所受的空气阻力向下，空气阻力方向与小球的运动方向相反，空气阻力做负功，无论小球向上还是向下运动，空气阻力始终做负功，空气阻力做负功，使小球的机械能减少，小球反弹之后最高点一定低于a点，均错误；

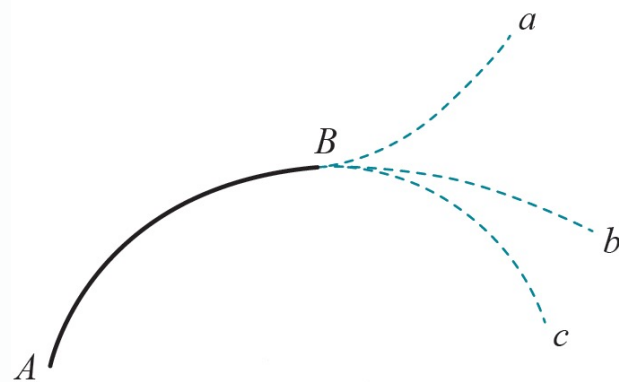
D：小球下落时做匀加速直线运动，反弹后做匀减速直线运动，正确。

因此选D。



例11

某质点从A点沿图中的曲线运动到B点，质点受力的大小为 F 。经过B点后，若力的方向突然变为与原来相反，它从B点开始可能沿图中的哪一条虚线运动？为什么？





例 11

【解析】

向心力朝弧线内部，所以是a。



4.重要拓展：经典变速模型（蹦极与弹簧）

题设：某小球从A点自由落体掉下，在B点与弹簧接触，C点重力等于弹力，D点速度为0。分析图中关键点：A、B、C、D四点（ ）

1.正向加速→速度最大→减速→速度为0→最低点

（1）A→B:正向加速，自由落体，反向弹力为0

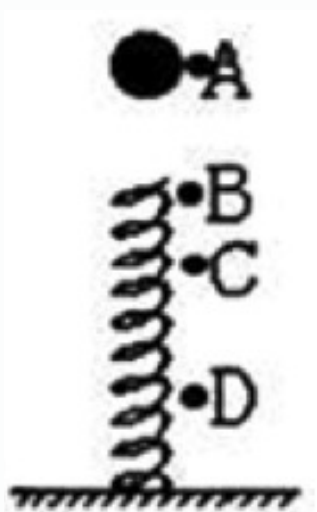
（2）B→C:正向加速，受反向弹力，

重力>反向弹力，合外力减少，加速度逐渐减少

（3）C点：重力=反向弹力，加速度递减为0，速度最大

（4）C→D：重力<反向弹力，减速，速度逐渐减少

（5）D点：最低点，反向弹力最大，速度减至0



2.反向加速→速度最大→减速→速度为0→最高点

3.破题关键：寻找合外力为0的分界点（图C点）

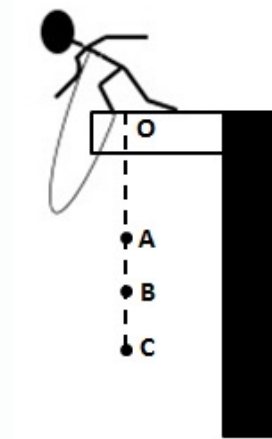
合外力为0，重力=弹力，此时速度有最大值。



例12（2015 广东）

下图是蹦极运动过程的简化示意图，弹性绳一端固定在O点，另一端系住运动员，运动员从O点自由下落，到达A点处弹性绳自然伸直，在B点处运动员受到的重力与弹性绳对运动员的拉力相等，C点是运动员所能到达的最低点，运动员从O点到C点是运动过程中忽略空气阻力，则：

- A. 从O至A过程中运动员速度一直减小
- B. 从A至B过程中运动员速度一直减小
- C. 从B至C过程中运动员速度一直减小
- D. 从C至A过程中运动员速度一直减小



例12 (2015 广东)

【解析】

A选项错误，从O至A过程中，因为运动员从O点自由下落，到达A点处弹性绳自然伸直，运动员只受到向下的重力，O至A的过程为自由落体，速度一直在增加；

B选项错误，从A至B过程中，直至B点处运动员受到的重力与弹性绳对运动员的拉力相等，在A→B的过程中重力仍然大于弹性拉力，则会一直加速，加速度方向竖直向下，直至B点加速度大小为0，因此A→B的过程速度一直增加，O→B的过程速度一直增加，到达B点的速度最大；

C选项正确，B→C的过程，此时受到向上的弹力和向下的重力，弹力不断增加，速度不断减小，到达C点时速度为0，C点是运动员所能到达的最低点；

D选项错误，C→A的过程包括C→B和B→A两个过程，受到的合力大小的方向是不一致，C→B加速，B→A减速。

故正确答案为C。



例13（2016 上海）

蹦床运动员在离开蹦床一定高度后落回蹦床，若不考虑空气阻力，下列说法错误的是（ ）。

- A. 运动员在离开蹦床上升过程中，蹦床对运动员一定不做功
- B. 运动员在最高时，速度为零
- C. 运动员在最高点时，受到的合力为零
- D. 运动员从最高点下落过程中，重力势能减小





例13（2016 上海）

【解析】

A项，运动员离开蹦床上升，蹦床对运动员没有力的作用，则对运动员不做功，即A项正确，故不选A项。

B、C项，运动员在最高点时，速度为零，所受合力竖直向下，所受合力不为零，即B项正确，C项错误，故选择C项。

D项，运动员下落过程中，高度降低，重力势能减小，即D项正确，故不选D项。

本题为选非题，故正确答案为C。

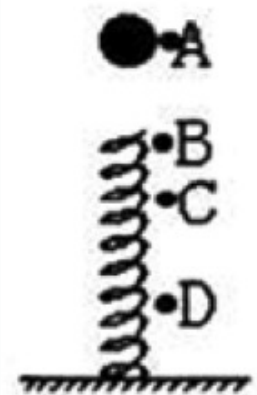


例14

如图所示，一根轻弹簧下端固定，竖立在水平面上。其正上方A位置有一只小球。小球从静止开始下落，在B位置接触弹簧的上端，在C位置小球所受弹力大小等于重力，在D位置小球速度减小到零。

下列对于小球下降阶段的说法中，正确的是：

- A. 在B位置小球动能最大
- B. 在C位置小球动能最小
- C. 从A→D位置小球重力势能的减少小于弹簧弹性势能的增加
- D. 从A→C位置小球重力势能的减少大于小球动能的增加



例14

【解析】

小球接触弹簧后做简谐振动，且振动的平衡位置是受力为零的位置，即C点。由简谐振动的性质可知，做简谐运动的物体在平衡位置时动能最大，因此A、B错误。

由于小球在A、D位置时动能均为零，因此由能量守恒定律可知， $A \rightarrow D$ 过程中所有的重力势能的减少等于弹簧的弹性势能的增加，因此C错误。

由于A点动能为零，C点动能最大，由能量守恒定律，A点的重力势能的减少等于弹簧的弹性势能和小球的动能的增加的总和。

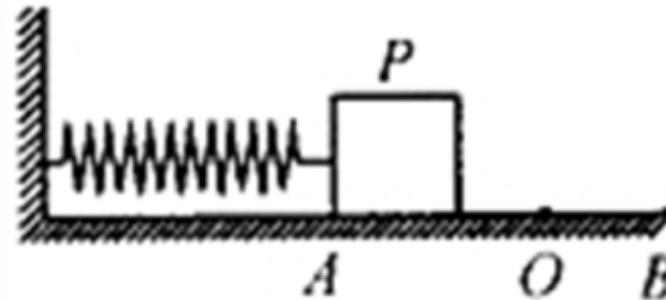
故正确答案为D。



例15

如图所示，轻弹簧一端固定，另一端自由伸长时恰好到达O点，将质量为 m 的物体P与弹簧连接，并将弹簧压缩到A由静止释放物体后，物体将沿水平面运动。若物体与水平面的摩擦力不能忽略，则关于物下列说法中正确的是

- A．A到O速度不断增大
- B．A到O速度先增大后减小
- C．物体运动到O点时速度最大
- D．从A到O的过程中摩擦力逐渐减小



例14

【解析】

AB：从A到O过程中，弹簧的弹力先大于摩擦力，后小于摩擦力，则知物体先加速后减速，从O到B过程，摩擦力和弹簧的弹力方向均向左，物体一直做减速运动．故A错误，B正确

C：是中间的某一点速度最大，不是O点。

D：摩擦力大小不变

因此选择B选项。



课程到此结束，谢谢大家！
如需进一步了解其他课程，
请添加兼得先生微信：87228835



兼得教育