第三部分 自招综合训练-牛顿运动定律专题

牛顿运动定律是高中物理的基础，贯穿于高中物理的各个部分。在高中物理课程中，我们学习了牛顿运动定律的具体内容和基本应用。在这个模块中，我们将进一步研究牛顿第二定律（涉及分解加速度、加速度关联等问题）以及在非惯性系中如何使用牛顿第二定律。

牛顿第二定律拓展

知识点睛

公式

（1）牛顿第二定律的分量式

牛顿第二定律是矢量定律，因此可以分方向使用：$\overrightarrow{F_{合}}=m\vec{a}\Rightarrow\begin{cases}F=ma_x\\F=ma_y\end{cases}$。在常规的高考问题中，一般是将外力沿加速度方向和垂直加速度方向进行正交分解，列出分量方程。在一些复杂问题中，分解加速度列出分量方程可能会使问题更简化。

（2）系统牛顿第二定律

我们先以一个两体系统为例来说明问题。物体1受到的外力可以分为系统外界对它的力$\overrightarrow{F_{外1}}$和物体2对它的力$\overrightarrow{F_{21}}$，同理，物体2受到的外力可以分为系统外界对它的力$\overrightarrow{F_{外2}}$和物体1对它的力$\overrightarrow{F_{12}}$。分别对物体1和物体2应用牛顿第二定律得：$\overrightarrow{F_{外1}}+\overrightarrow{F_{21}}=m_1\overrightarrow{a_1}$，$\overrightarrow{F_{外2}}+\overrightarrow{F_{12}}=m_2\overrightarrow{a_2}$；

两式相加得：$\overrightarrow{F_{外1}}+\overrightarrow{F_{外2}}+\overrightarrow{F_{21}}+\overrightarrow{F_{12}}=m_1\overrightarrow{a_1}+m_2\overrightarrow{a_2}$，其中$\overrightarrow{F_{21}}$和$\overrightarrow{F_{12}}$是一对相互作用力，即：

$$\overrightarrow{F_{21}}+\overrightarrow{F_{12}}=0$$

因此，$\overrightarrow{F_{外1}}+\overrightarrow{F_{外2}}=m_1\overrightarrow{a_1}+m_2\overrightarrow{a_2}$，即$\overrightarrow{F_{合外}}=m_1\overrightarrow{a_1}+m_2\overrightarrow{a_2}$。

上述推导过程对多个物体组成的系统仍然适用，如果系统所受合外力为$\vec{F}$（注意不包括相互作用的内力），组成系统的质量为m_1、m_2、m_3...的各部分加速度分别为a_1、a_2、a_3...，则牛顿第二定律可以写成：$\vec{F}=m_1\overrightarrow{a_1}+m_2\overrightarrow{a_2}+m_3\overrightarrow{a_3}+...$

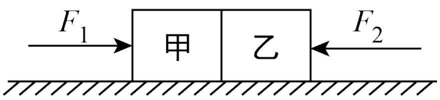
上式称为系统牛顿第二定律，这个式子同样是矢量式，可以分方向使用，即：

$$\begin{cases}F_x=m_1a_{1x}+m_2a_{2x}+m_3a_{3x}+\cdots\\F_y=m_1a_{1y}+m_2a_{2y}+m_3a_{3y}+\cdots\end{cases}$$

在解决连接体问题时，有时会涉及前面运动关联的内容，需要大家综合运用知识，灵活处理问题。对于各个物体加速度不同的情况，有时需要确定加速度之间的联系。

例题精讲

1 如图所示，光滑的水平面上有甲、乙两个物体靠在一起，同时在水平力F_1和F_2的作用下运动．已知$F_1 > F_2$，下列说法中正确的是（　　）



A. 如果撤去F_1，甲的加速度一定会减小

B. 如果撤去F_2，甲的加速度一定会减小

C. 如果撤去F_2，乙的加速度一定会增大

D. 如果撤去F_1，乙对甲的作用力一定减小

答案 C

解析 撤去某个外力之前，根据牛顿第二定律，有

$a = \dfrac{F_1 - F_2}{m_1 + m_2}$．

对甲物体，根据牛顿第二定律，有

$F_1 - F = m_1 a$．

解得

$F = \dfrac{m_2 F_1 + m_1 F_2}{m_1 + m_2}$．

如果撤去F_1，根据牛顿第二定律，有

$a' = \dfrac{F_2}{m_1 + m_2}$．

由于$F_1 - F_2$与F_2的大小关系无法确定，所以甲的加速度不一定减小，A选项错误；

对甲物体，根据牛顿第二定律，有

$F' = m_1 a' = \dfrac{m_1 F_2}{m_1 + m_2}$．

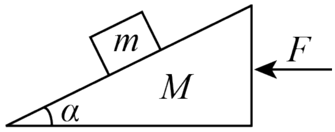
$F' < F$，D选项正确．

如果撤去F_2，根据牛顿第二定律，有$a'' = \dfrac{F_1}{m_1 + m_2}$．

$a'' > a$，B选项错误，C选项正确．

故选C．

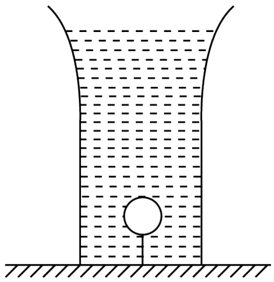
2 如图所示，在光滑水平面上有一斜劈，其斜面倾角为α，一质量为m的物体放在其斜面上，现用水平力F推斜劈，恰使物体m与斜劈间无相对滑动，则斜劈对物块m的弹力大小为______．



答案 $mg\cos\alpha+\dfrac{m}{m+M}F\sin\alpha$

解析 略．

3 如图所示，在置于水平地面上的盛水容器中，用一端固定于容器底部的细线拉住一个空心的塑料球，使之静止地悬浮在深水中，此时容器底部对地面的压力记为N_1；某时刻拉紧球的细线突然断开后，球便在水中先加速后匀速地竖直上升，若球在此加速运动阶段和匀速运动阶段对应着容器底部对地面的压力分别记做N_2和N_3，则（　　）



A. 球加速上升时，$N_1<N_2$

B. 球加速上升时，$N_1>N_2$

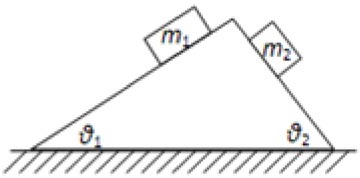
C. 球匀速上升时，$N_1<N_3$

D. 球匀速上升时，$N_1>N_3$

答案 B

解析 略

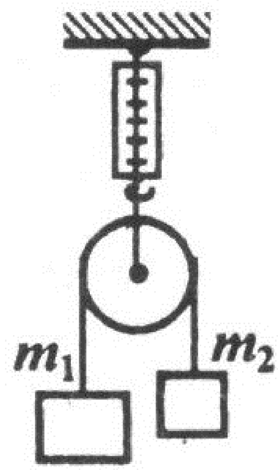
4 如图所示，质量为M的劈块，其左右劈面的倾角分别为$\theta_1=30^\circ$，$\theta_2=45^\circ$，质量分别为$m_1=\sqrt{3}\mathrm{kg}$和$m_2=2.0\mathrm{kg}$的两物块，同时分别从左右劈面的顶端从静止开始下滑，劈块始终与水平面保持相对静止，各相互接触面之间的动摩擦因数均为$\mu=0.20$，求两物块下滑过程中（m_1和m_2均未达到底端）劈块受到地面的摩擦力．（g=10N/kg）



答案 $f \approx 2.1\text{N}$，方向向右．

解析 取向左为正$f = m_1(g\sin\theta_1 - g\cos\theta_1\mu)\cos\theta_1 - m_2(g\sin\theta_2 - g\cos\theta_2\mu)\cos\theta_2 \approx -2.1\text{N}$，方向向右．

5 如图，$m_1 > m_2$，滑轮质量和摩擦不计，则m_1和m_2匀加速运动的过程中，弹簧秤的读数是多少？



答案 $F = \dfrac{4m_1m_2g}{m_1 + m_2}$

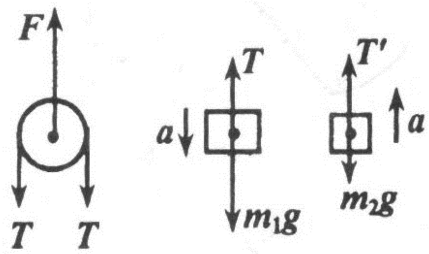
解析 此题实际上涉及三个物体，且滑轮、m_1和m_2的加速度均不相同（滑轮加速度为0，m_1和m_2加速度大小相同，但方向不同），故应用隔离法．弹簧秤的读数实际上就是弹簧秤对定滑轮的向上拉力，先隔离出滑轮进行受力分析，因为滑轮加速度为零，所以$F = 2T$．

欲求绳拉力T，必须隔离两物体进行受力分析

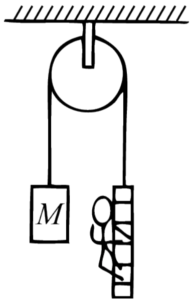
对m_1：$m_1g - T = m_1a$

对m_2:$T' - m_2g = m_2a$，且$T = T'$．

所以，$T = \dfrac{2m_1m_2g}{m_1 + m_2}$，$F = \dfrac{4m_1m_2g}{m_1 + m_2}$．



6 如图所示，一根绳跨过装在天花板上的滑轮，一端接质量为M的物体，另一端吊一载人的梯子而平衡，人的质量为m，若滑轮与绳子的质量均不计，绳绝对柔软，不可伸长，为使滑轮对天花板的作用力为零，求人相对于梯子应按什么规律运动．

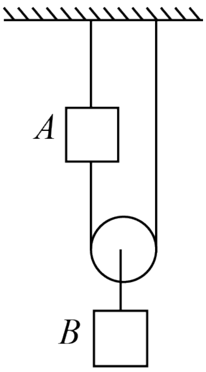


答案 向下以$a_{人对梯子}=\frac{2M}{m}g$做匀加速运动．

解析 由“滑轮对天花板的作用力为零”可知绳上张力为零，则$a_M=g$．因此，梯子的加速度大小也为g，方向向上．对人和梯子整体由牛顿第二定律得：$Mg=ma_{人}-(M-m)g$，解得：$a_{人}=\frac{2M-m}{m}g$，方向向下，则人相对梯子的加速度为$a_{人对梯子}=\frac{2M}{m}g$，方向向下．即人相对梯子向下以$a_{人对梯子}=\frac{2M}{m}g$做匀加速运动．

故答案为：向下以$a_{人对梯子}=\frac{2M}{m}g$做匀加速运动．

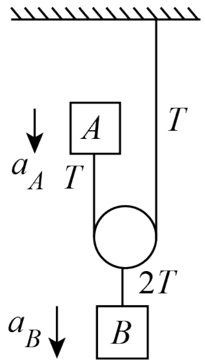
7 如图所示，不计绳和滑轮质量，不计摩擦，A，B质量均为m，剪断A上部的绳子，则B的加速度多大．



答案 $a_B=\frac{3}{5}g$

解析 如图所示，剪断A上部的绳子后，

设与A相连的绳子张力为T，则与B连接的绳子张力为$2T$，



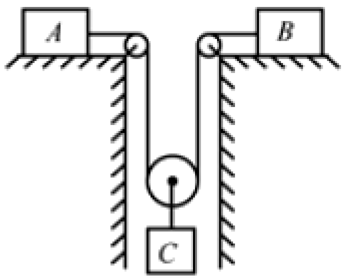
由牛顿第二定律得：$mg-2T=ma_B$，$mg+T=ma_A$，

A、B的加速度关系为$a_A=2a_B$，

联立解得：$a_B=\dfrac{3}{5}g$，$a_A=\dfrac{6}{5}g$．

故答案为：$a_B=\dfrac{3}{5}g$．

8 如图所示，A、B、C三个物体的质量分别为m_1、m_2、m_3，所有接触面的摩擦均不计，绳、滑轮的质量也不计．求A、B、C运动时三个物体加速度的大小．



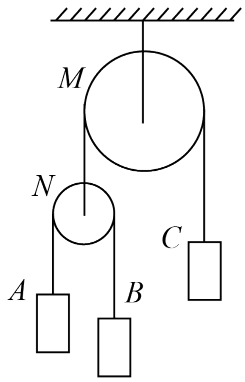
答案 $a_A=\dfrac{2m_2m_3g}{4m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3}$，$a_B=\dfrac{2m_1m_3g}{4m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3}$，$a_C=\dfrac{m_3m_1+m_2g}{4m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3}$

解析 设绳的拉力为T，A、B、C三个物体的加速度大小分别为a_1、a_2、a_3，在时间t内位移分别为x_1、x_2、x_3，各物体运动的位移关系为$2x_3=x_1+x_2$，而$x_1=\dfrac{1}{2}a_1t^2$，$x_2=\dfrac{1}{2}a_2t^2$，$x_3=\dfrac{1}{2}a_3t^2$，故有$2a_3=a_1+a_2$．对A有$T=m_1a_1$，对B有$T=m_2a_2$，对C有$m_3g-2T=m_3a_3$，联立解得：$a_1=\dfrac{2m_2m_3g}{4m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3}$，$a_2=\dfrac{2m_1m_3g}{4m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3}$，$a_3=\dfrac{m_3m_1+m_2g}{4m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3}$．

故答案为：$a_A=\dfrac{2m_2m_3g}{4m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3}$，$a_B=\dfrac{2m_1m_3g}{4m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3}$，$a_C=\dfrac{m_3m_1+m_2g}{4m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3}$．

9

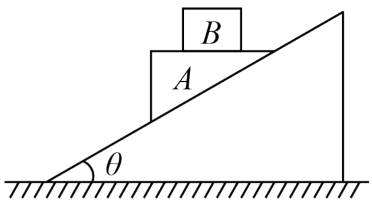
如图所示，三个物体$m_A=1\text{kg}$，$m_B=2\text{kg}$，$m_C=3\text{kg}$，不计滑轮重力与摩擦，求C物体加速度．



答案 $a=\dfrac{g}{17}$

解析 略．

10 如图所示，一个质量为M的小三角形物体A放在倾角为$\theta=30^\circ$的固定斜面上，在此三角形上又放一质量为m的物体B，A与B之间、A与斜面之间均光滑接触，设开始时A和B均静止．当A沿斜面下滑时，A对地面的加速度大小______，方向为______．



答案 1．$\dfrac{2(M+m)g}{4M+m}$

2．沿斜面向下

解析 B受重力mg及A对B竖直向上支承力N_2，合力产生竖直向下加速度a_B，

A受重力Mg，B对A竖直向下压力N_2及斜面对A垂直于斜面向上的支承力N_1，

合力产生沿斜面向下的加速度a_A，由牛顿第二定律有：

$mg-N_2=ma_B$，

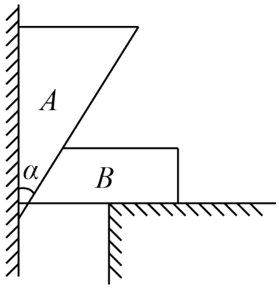
$(Mg+N_2)\sin\theta=Ma_A$，

由加速度关联关系有：$a_B=a_A\sin\theta$（可由位移关系推导，也可以换参考系分析），

联立解得：$a_A=\dfrac{(M+m)g\sin\theta}{M+m\sin^2\theta}=\dfrac{2(M+m)g}{4M+m}$．

故答案为：$\dfrac{2(M+m)g}{4M+m}$；沿斜面向下．

11 如图所示，尖劈A的质量为m_A，一面靠在光滑的竖直墙上，另一面与质量为m_B的光滑棱柱B接触，B可沿光滑水平面滑动，求A、B的加速度a_A和a_B的大小及A对B的压力．



答案 $a_A=\dfrac{m_Ag}{m_A+m_B\tan^2\alpha}$，$a_B=\dfrac{m_Ag\tan\alpha}{m_A+m_B\tan^2\alpha}$，$N=\dfrac{m_Am_Bg\tan\alpha}{(m_A+m_B\tan^2\alpha)\cos\alpha}$

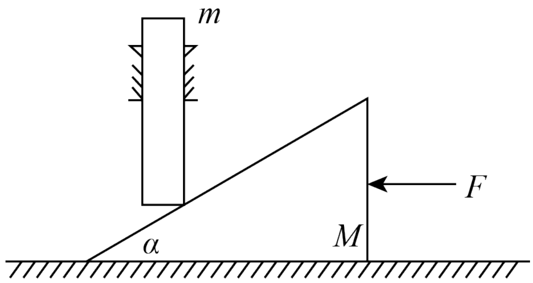
解析 根据A、B在相等时间内的位移关系可得$a_B=a_A\tan\alpha$（也可以换参考系分析）．

设A、B之间的相互作用力为N，对A有$m_Ag-N\sin\alpha=m_Aa_A$，对B有$N\cos\alpha=m_Ba_B$；

联立解得$a_A=\dfrac{m_Ag}{m_A+m_B\tan^2\alpha}$，$a_B=\dfrac{m_Ag\tan\alpha}{m_A+m_B\tan^2\alpha}$，$N=\dfrac{m_Am_Bg\tan\alpha}{(m_A+m_B\tan^2\alpha)\cos\alpha}$

故答案为：$a_A=\dfrac{m_Ag}{m_A+m_B\tan^2\alpha}$，$a_B=\dfrac{m_Ag\tan\alpha}{m_A+m_B\tan^2\alpha}$，$N=\dfrac{m_Am_Bg\tan\alpha}{(m_A+m_B\tan^2\alpha)\cos\alpha}$．

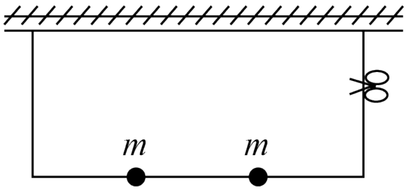
12 如图所示，斜面质量为M，倾角为α；木杆只能沿竖直方向运动，质量为m．一个水平力F作用在斜面上，不记一切摩擦，求斜面的加速度．



答案 $a=\dfrac{F\cos\alpha-mg\sin\alpha}{M\cos\alpha+m\tan\alpha\sin\alpha}=\dfrac{F-mg\tan\alpha}{M+m\tan^2\alpha}$．

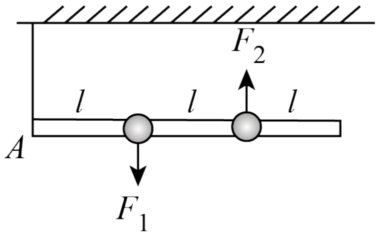
解析 略．

13 如图所示，一根长度为$3l$的轻杆上固定质量均为m的两个重物，它们之间的距离以及它们分别到杆两端的距离相等．用两根竖直的绳子系在杆的两端，使杆水平放置且保持平衡状态．试求当右边绳子被剪断时刻两球的加速度．



答案 $a_1=\frac{3}{5}g$，$a_2=\frac{6}{5}g$．

解析 如图所示，设左球对杆的作用力F_1向下（若$F_1<0$则表示向上），则右球对杆作用力F_2应向上．

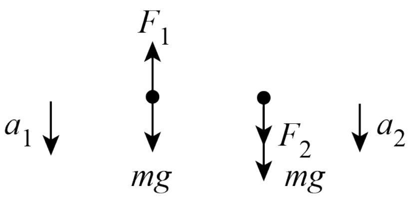


对杆，以A为支点由力矩平衡得：$F_1 l=2l\cdot F_2$，

对左球：$mg-F_1=ma_1$，

对右球：$mg+F_2=ma_2$，

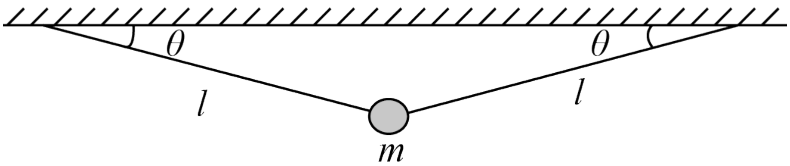
两球的加速度关系为：$a_1:a_2=1:2$，



联立解得$a_1=\frac{3}{5}g$，$a_2=\frac{6}{5}g$．

故答案为：$a_1=\frac{3}{5}g$，$a_2=\frac{6}{5}g$．

14 如图所示，用两根长度均为l的完全相同的细线将一重物悬挂在水平的天花板下，细线与天花板的夹角为θ，整个系统静止，这时每根细线中的张力为T．现在将一根细线剪断，在这一时刻另一根细线中的张力T'为______ ．



答案 $2T\sin^2\theta$

解析 剪断细线前，根据共点力的平衡，有

$2T\sin\theta = mg$.

剪断细线后，根据牛顿第二定律，有

$T' - mg\sin\theta = m\dfrac{v^2}{l} = 0$.

联立式①和式②，得

$T' = 2T\sin^2\theta$.

故答案为：$2T\sin^2\theta$.

知识点睛

公式

（3）质心运动定理

在前面的模块中，我们介绍过质心的概念。用m_1、m_2，…和(x_1,y_1,z_1)、(x_2,y_2,z_2)，…分别表示各小物体（质点）的质量和位置坐标，则系统质心的坐标为：

$$x_c = \frac{x_1m_1 + x_2m_2 + \cdots x_nm_n}{m_1 + m_2 + \cdots m_n} = \frac{\sum m_ix_i}{\sum m_i}$$
$$y_c = \frac{y_1m_1 + y_2m_2 + \cdots y_nm_n}{m_1 + m_2 + \cdots m_n} = \frac{\sum m_iy_i}{\sum m_i}$$
$$z_c = \frac{z_1m_1 + z_2m_2 + \cdots z_nm_n}{m_1 + m_2 + \cdots m_n} = \frac{\sum m_iz_i}{\sum m_i}$$

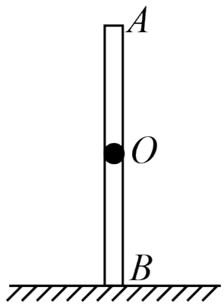
写成矢量式即为：$\vec{r_c} = \dfrac{\vec{r_1}m_1 + \vec{r_2}m_2 + \cdots \vec{r_n}m_n}{m_1 + m_2 + \cdots m_n} = \dfrac{\sum m_i\vec{r_i}}{\sum m_i}$。对应关系对于加速度同样成立，设系统质心加速度为$\vec{a_c}$（即质心位置运动的加速度），系统各部分的加速度分别为$\vec{a_1}$、$\vec{a_2}\cdots$，则有$\vec{a_c} = \dfrac{\vec{a_1}m_1 + \vec{a_2}m_2 + \cdots \vec{a_n}m_n}{m_1 + m_2 + \cdots m_n} = \dfrac{\sum m_i\vec{a_i}}{\sum m_i}$，将此式带入系统牛顿第二运动定律可得：

$$\overrightarrow{F_{合外}} = (m_1 + m_2 + \cdots + m_n)\vec{a_c}$$

上式称为质心运动定理，即系统所受合外力等于系统总质量乘以质心加速度。

例题精讲

15 如图所示，木棒AB质量均匀分布、质量大小为m、长为2，静止于光滑水平地面上．现给A端一微小扰动(近似认为扰动后速度仍为零)，使AB沿逆时针方向倾倒，落地后不弹起．求AB翻倒到最终静止于水平地面的整个过程中，质心O点水平方向的位移．



答案　质心水平方向位移为零．

解析　水平方向受力为0．

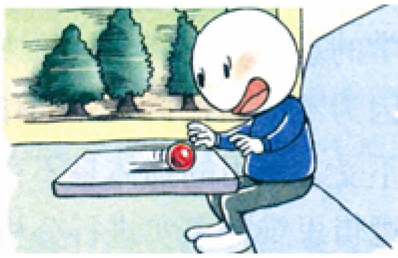
故答案为：质心水平方向位移为零．

惯性力

知识点睛

我们首先回忆一下学习牛顿运动定律时涉及的一些概念。牛顿第一定律成立的参考系称为惯性参考系；例如地面以及相对地面静止或匀速直线运动的参考系都是惯性系；牛顿第二定律只在惯性系中成立，在非惯性系中不成立，例如下面这个情景：

静止的火车车厢内有一水平的光滑桌面，桌面上有一个静止的小球；现在使火车突然（相对地面）向左加速，加速度为a_s（规定向左为正方向），这时小球将如何运动呢？



地面上的观察者发现小球将静止在原地，这是符合牛顿运动定律的；而以车厢为参考系观察会发现小球以$-a_s$相对于车厢做加速运动，小球没有受到水平方向的作用力却产生了加速度，这显然是不符合牛顿运动定律的（实际是牛顿运动定律在这个参考系中不适用）。

定义

假设车厢中的人熟知牛顿运动定律，尤其对加速度一定是由力引起的印象至深，以致在任何场合下，他都强烈地要求保留这一认知。于是车上的人说：小球之所以对小车有加速度$-a_s$，是因为受到了一个指向右方的作用力，且力的大小为ma_s；物理上把人为引入的$-ma_s$这个力命名为**惯性力**。需要注意的是：**惯性力是一种假想的力，不是物体间的真实相互作用，因此没有施力物体，也没有反作用力。**

由于在非惯性系中研究动力学问题有一定难度，因此我们目前只研究平动非惯性系的简单情况，对于转动参考系等复杂情况，暂时不考虑。

假设质量为m的物体相对地面的加速度为$\vec{a}$，所受的合外力为$\vec{F}$，某参考系S相对地面做平动，加速度为$\overrightarrow{a_s}$（即参考系S为非惯性系）。

在地面参考系中，根据牛顿第二定律可得：$\vec{F}=m\vec{a}$。

根据相对运动的定义，物体m相对参考系S的加速度$\overrightarrow{a'}=\vec{a}-\overrightarrow{a_s}$。

两式联立得：$\vec{F}=m\overrightarrow{a'}+m\overrightarrow{a_s}$，

移项得：$\vec{F}-m\overrightarrow{a_s}=m\overrightarrow{a'}$

如果把$-m\overrightarrow{a_s}$看成一个力，（即前面所说的惯性力），我们可以把上式理解成非惯性系中的牛顿第二定律，即在非惯性系中，惯性力与物体所受真实力的合力共同产生物体相对该参考系的加速度。

公式

为了在非惯性系中仍然可以使用牛顿第二定律解决动力学问题，需要对牛顿第二定律做些修正。在非惯性系中，惯性力与物体所受真实力的合力提供物体的加速度，即：

$$\vec{F}+\overrightarrow{f_{惯}}=m\overrightarrow{a'}$$

对于平动非惯性系$\overrightarrow{f_{惯}}=-m\overrightarrow{a_s}$（其中$\overrightarrow{a_s}$是非惯性系相对地面的加速度），惯性力的作用点作用在质心上。

注意：对于转动非惯性系，惯性力会比较复杂，可能不止一项。

例题精讲

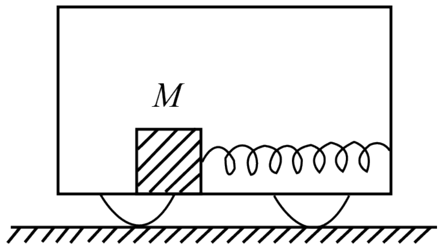
16 若不考虑太阳和其他星体的作用，则地球——月球系统可以看成孤立系统．把地球和月球都看作是质量均匀分布的球体，它们的质量分别为M、m，月心和地心间的距离为R，万有引力常量为G．学生甲以地心为参考系，利用牛顿第二定律和万有引力定律得到月球相对于地心参考系的加速度为$a_m=\dfrac{GM}{R^2}$；学生乙以月心为参考系，同样利用牛顿第二定律和万有引力定律，得到地球相

对于月心参考系的加速度为$a_e=\dfrac{Gm}{R^2}$．两位同学求出的地月之间的相对加速度大小是不同的，这是不合理的，请定性解释原因．

答案 因为地球受到月球的引力作用、月球受到地球的引力作用．它们相对于惯性参考系都有加速度，因此它们都不是惯性参考系．在非惯性系中应用牛顿第二定律时，必须引入惯性力，两位同学都没有引入惯性力，因此算出的结果都是不对的．

解析 略

17 如图所示，被水平拉伸的轻弹簧右端拴在小车壁上，左端拴一质量为$10\mathrm{kg}$的物块M．小车静止不动，弹簧对物块的弹力大小为$5\mathrm{N}$时，物块处于静止状态．当小车向右做加速运动，且加速度逐渐由0增加到$1\mathrm{m/s^2}$的过程中（　　）



A. 物块M相对小车仍静止

B. 物块M受到的摩擦力一直减少

C. 物体M受到的摩擦力一直增大

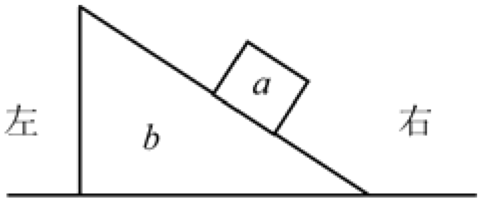
D. 物体M受到的摩擦力先减少后增大

答案 AD

解析 引入惯性力的概念，此时相当于给物体增加了一个水平向左的惯性力，而且此力的大小从0开始逐渐增大到$10\mathrm{N}$，按照题中条件，摩擦力可以达到$5\mathrm{N}$，因此物体始终与小车相对静止．摩擦力先减小再反向增大．

故选AD．

18 如图，水平地面上有一楔形物体b，b的斜面上有一小物块a；a与b之间、b与地面之间均存在摩擦．已知楔形物体b静止时，a静止在b的斜面上．现给a和b一个共同的向左的初速度，与a和b都静止时相比，此时可能（　　）



A. a与b之间的压力减少，且a相对b向下滑动

B. a与b之间的压力增大，且a相对b向上滑动

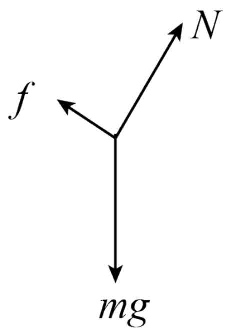
C. a与b之间的压力增大，且a相对b静止不动

D. b与地面之间的压力不变，且a相对b向上滑动

答案 BC

解析 本题同样可以在地面参考系中分析，但由于存在多种可能性，讨论起来比较复杂．下面我们以b为参考系，借助惯性力来分析．

首先，a、b均静止时，在地面参考系中可知a受到重力mg、支持力N、摩擦力f保持平衡，如图所示．

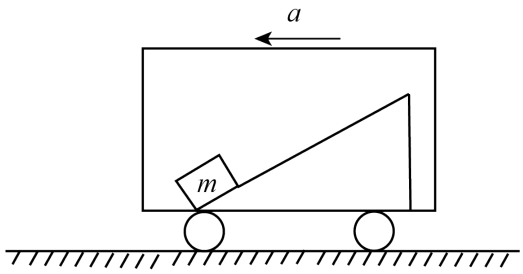


当a、b向左运动时，由于地面存在摩擦力，因此b应有向右的加速度，做减速运动，以b为参考系，物块a的受力应增加一个水平向左的惯性力．在此参考系中，物块a在垂直斜面方向没有加速度，由平衡条件可知，支持力N一定增大．在沿斜面方向分析可知：摩擦力可以减小或反向增大，因此，物块a可能继续保持静止或沿斜面向上滑动，但绝不可能沿斜面向下滑动(因为原来的静摩擦力小于最大静摩擦力)，BC正确．

故选BC．

19 如图所示，汽车内固定有一个倾角为37°的斜面，斜面表面光滑，底部有一个质量为m的小物块，开始时系统静止，某时刻汽车突然开始向左以加速度a做匀加速运动．要使物体沿斜面向上运

动，则a至少多大．



答案　$a>\frac{3}{4}g$．

解析　以斜面为参考系，物块受到水平向右的力$F=ma$作用，要使物块沿斜面向上运动，则沿斜面方向$F\cos\theta-mg\sin\theta>0$，解得$a>\frac{3}{4}g$．

故答案为：$a>\frac{3}{4}g$．

20 质量为M的楔子置于光滑水平面上，给楔子施加水平推力F，要使质量为m的小球沿其倾角α的粗糙斜面向上滚动，则只要F大于（　　）必可实现．

A. $mg\tan\alpha$　　B. $mg\sin\alpha$　　C. $(M+m)g\tan\alpha$　　D. $Mg\sin\alpha$

答案　C

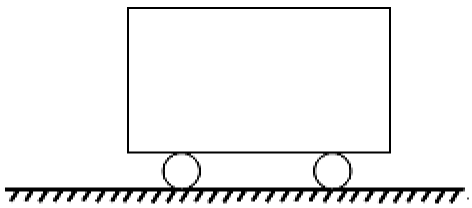
解析　当球刚好要沿斜面向上滚动时F有最小值，此时，对整体有：$F=(M+m)a$．

在斜面参考系中，球刚好能滚动，因此以球和斜面接触点为轴，小球所受力矩平衡，

有：$mar\cos\alpha=mgr\sin\alpha$．联立解得：$F=(M+m)g\tan\alpha$．

故选C．

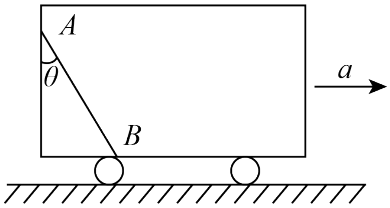
21 一辆汽车质量为m，前后轮相距$2l$，质心在车辆中心、距地面高度为h．初始时车辆在平直路面做匀速直线运动，突然遇到紧急情况急刹车停下，为保证车辆不向前翻到，则刹车过车中加速度最大为多少（地面摩擦因数足够大，不考虑车辆滑动）



答案 $\dfrac{gl}{h}$

解析 略

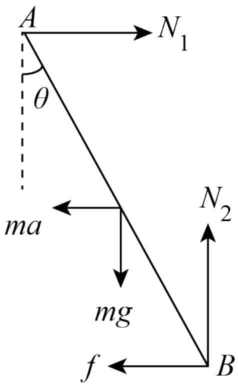
22 如图所示，在以一定加速度a行驶的车厢内，有一长为l，质量为m的棒AB靠在光滑的后壁上，棒与车箱底之间的动摩擦因数为μ．为了使棒不滑动，棒与竖直平面所成的夹角θ应在什么范围内？



答案 $\arctan\dfrac{a-2\mu g}{g}\leqslant\theta\leqslant\arctan\dfrac{a+2\mu g}{g}$

解析 以车厢为参照系，惯性力的作用点在棒的重心处，

当θ取最大值时，棒AB刚好不滑动，受力如图所示，



此时B端所受摩擦力的方向水平向左，且达最大静摩擦力，

以A点为轴，由力矩平衡条件得：$ma\dfrac{l}{2}\cos\theta+fl\cos\theta+mg\dfrac{l}{2}\sin\theta=N_2 l\sin\theta$，①

又由受力平衡条件得：$N_2=mg$，②

$f=\mu N_2$，③

解得$\theta_{\max}=\arctan\dfrac{a+2\mu g}{g}$，

同理，当θ取最小值时，棒的B端所受摩擦力方向水平向右，

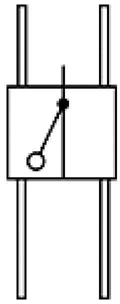
由力矩平衡条件得：$ma\dfrac{l}{2}\cos\theta+mg\dfrac{l}{2}\sin\theta=fl\cos\theta+N_2 l\sin\theta$，④

由②③④式可解得$\theta_{\min}=\arctan\dfrac{a-2\mu g}{g}$，

综上所述，要使棒不滑动，应满足$\arctan\dfrac{a-2\mu g}{g}\leqslant\theta\leqslant\arctan\dfrac{a+2\mu g}{g}$．

故答案为：$\arctan\dfrac{a-2\mu g}{g}\leqslant\theta\leqslant\arctan\dfrac{a+2\mu g}{g}$.

23 一单摆挂在木板上的小钉上，木板质量远大于单摆质量．木板平面在竖直平面内，并可以沿两竖直轨道无摩擦地自由下落．如图所示．现使单摆摆动起来，当单摆离开平衡位置但未达到最高点时木板开始自由下落，则摆球相对于板（　　）



A. 静止

B. 仍做简谐振动

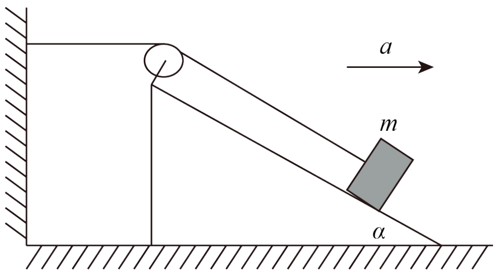
C. 做匀速率圆周运动

D. 做非匀速率圆周运动

答案　C

解析　略

24 如图所示，质量为m的物体放置在倾角为α的斜面上，且用绳连接在墙上，不计一切摩擦当斜面以加速度a向右运动时，求绳上的拉力．



答案　$ma-ma\cos\alpha+mg\sin\alpha$.

解析　本题在地面参考系中研究，m的运动比较复杂，求解有一定难度，因此我们以斜面为参考系考虑这个问题；

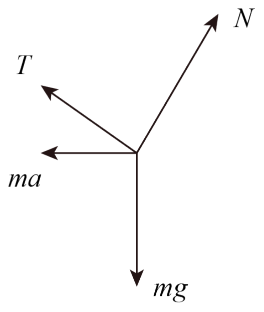
以斜面为参考系，物体受到重力mg、支持力N、拉力T、惯性力ma，如图所示，墙相对斜面以加速度a拉绳子，所以物体沿斜面方向的加速度大小也是a；

沿斜面方向应用牛顿第二定律得:

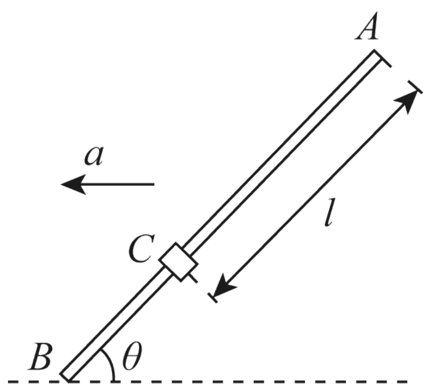
$T + ma\cos\alpha - mg\sin\alpha = ma$

解得：$T = ma - ma\cos\alpha + mg\sin\alpha$.

故答案为：$ma - ma\cos\alpha + mg\sin\alpha$.

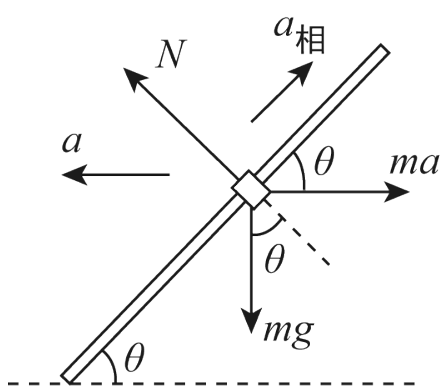


25 如图所示，与水平面成θ角的光滑棒AB上有一滑套C，开始时与棒的A端相距为l，相对棒静止．当棒保持倾角θ不变沿水平面匀加速运动，加速度为$a(a > g\tan\theta)$时，求滑套C从棒的A端滑出所经历的时间．



答案 $\sqrt{\dfrac{2l}{a\cos\theta - g\sin\theta}}$

解析 以棒为参照系，对滑套C受力分析如图所示，



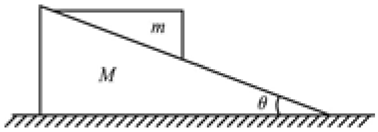
由牛顿第二定律有：$ma\cos\theta - mg\sin\theta = ma_{\text{xiang}}$ ，

滑套相对杆做匀加速直线运动，由运动学公式：$l=\dfrac{1}{2}a_{\text{xiang}}t^2$，

联立解得：$t=\sqrt{\dfrac{2l}{a\cos\theta-g\sin\theta}}$．

故答案为：$\sqrt{\dfrac{2l}{a\cos\theta-g\sin\theta}}$．

26 在光滑的水平面上有一质量为M、倾角为θ的光滑斜面，其上有一质量为m的物块，如图所示．物块在下滑的过程中对斜面压力的大小为（　　）

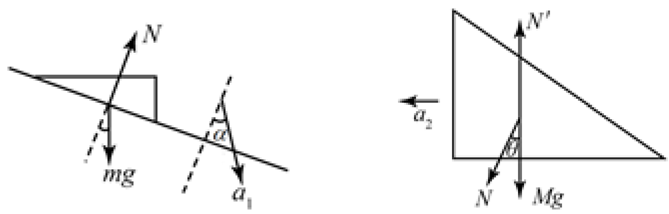


A. $\dfrac{Mmg\cos\theta}{M+m\sin\theta\cos\theta}$　　B. $\dfrac{Mmg\cos\theta}{M-m\sin\theta\cos\theta}$　　C. $\dfrac{Mmg\cos\theta}{M+m\sin^2\theta}$　　D. $\dfrac{Mmg\cos\theta}{M-m\sin^2\theta}$

答案　C

解析　方法一：

设m的加速度大小为a_1，与斜面法线之间的夹角为α， M和m的受力分析如图所示．



对M列出水平方向的方程为：$N\sin\theta=Ma_2$

对m列出垂直斜面方向的方程为：$mg\cos\theta-N=ma_1\cos\alpha$

再列出垂直斜面方向两物体加速度的关联关系：$a_2\sin\theta=a_1\cos\alpha$

联立解得：$N=\dfrac{Mmg\cos\theta}{M+m\sin^2\theta}$，故选C．

方法二：

设物体对斜面的压力为N，物块m相对斜面的加速度为a_1，斜面的加速度为a_2，方向向左；

则物块m相对地面的加速度为：$a_x=a_1\cos\theta-a_2a_y=a_1\sin\theta$

对m沿水平和竖直方向，有：

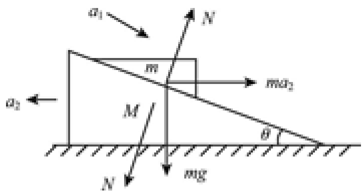
$N\sin\theta=ma_x=m\left(a_1\cos\theta-a_2\right)mg-N\cos\theta=ma_y=ma_1\sin\theta$

对M有：$N\sin\theta=Ma_2$

联立可解得：$N=\dfrac{Mmg\cos\theta}{M+m\sin^2\theta}$

方法三：

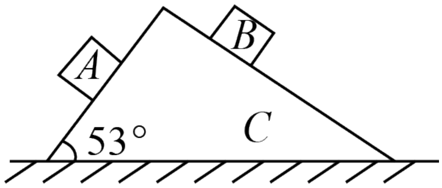
如图所示，对斜面有$N\sin\theta=Ma_2$



以斜面为参考系，考虑惯性力后对物块有：$N+ma_2\sin\theta=mg\cos\theta$

联立求解同样可得结果．

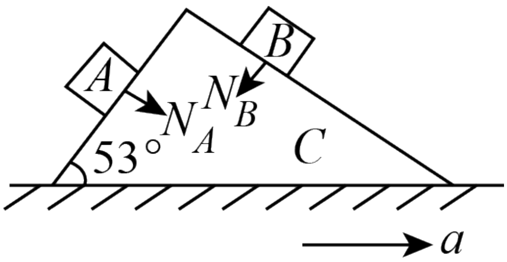
27 如图所示，光滑的直角三角形斜楔C，质量不计，放置在光滑水平地面上，两侧各自放一个质量为m的物块A、B，静止释放，计算释放后C的加速度．



答案 $a=0$．

解析 本题中斜楔C质量为零，因此直接对C进行受力分析、应用牛顿第二定律无法求解．

假设C的加速度为a，方向向右（若a为负值则代表向左）．如图所示，设A对C的压力为N_A，B对C的压力为N_B．



由于C的质量不计，因此，对C水平方向合外力为零，有：

$N_A\sin53^\circ=N_B\cos53^\circ$，

以C为参考系，A、B均沿斜面下滑，在垂直斜面反向受力平衡，可得：

对A：$mg\cos53^\circ-N_A-ma\sin53^\circ=0$，

对B：$N_B-mg\sin53^\circ-ma\cos53^\circ=0$．

联立解得：$a=0$.

故答案为：$a=0$.