

第二单元 相互作用

考点基础巩固卷 I

1. C 必刷知识 ▶ 重心+弹力+摩擦力

【深度解析】重心是重力在物体上的等效作用点,也就是物体各部分所受重力的合力的作用点,并不是物体上最重的一点,物体的重心可能在物体上,也可能在物体外, **A 错误**;放在桌面上的书,受到桌面对它的支持力,是由于桌面发生形变产生的,支持力的方向与桌面发生的形变方向相反, **B 错误**;滑动摩擦力的方向与物体间相对运动的方向相反,当认为最大静摩擦力等于滑动摩擦力时,可以用 $F_f = \mu F_N$ 计算最大静摩擦力, **C 正确**;有弹力不一定有摩擦力,因为即使在接触面粗糙的情况下,物体之间也不一定有相对运动或相对运动趋势, **D 错误**。

2. D 必刷知识 ▶ 力的合成与分解+平衡力

【深度解析】健身者双手缓慢(关键点:“缓慢”说明健身者始终处于平衡状态)向外分开过程中始终处于平衡状态,所受的合力始终为零,由平衡条件知,健身者所受重力和双臂受到的合力是一对平衡力, **D 正确**, **A 错误**;设健身者手臂与单杠夹角为 θ ,健身者手臂所受的拉力 $F = \frac{G}{2\sin \theta}$,夹角 θ 变小,故拉力 F 变大, **B 错误**;健身者手掌与单杠之间的摩擦力(易错点:静摩擦力只能根据平衡条件求解,不能根据 $f = \mu F_N$ 求解) $f = F \cos \theta$,夹角 θ 变小,故摩擦力变大, **C 错误**。

3. D 必刷知识 ▶ 摩擦力+三力平衡

| 选项 | 分析 | 正误 |
|----|--|----|
| A | 杯子处于静止状态,故杯子受到的摩擦力为静摩擦力,不能根据 $f = \mu F_N$ 计算,不一定为 μmg | × |
| B | 设两橡皮筋间的夹角为 θ ,不计橡皮筋与把手间的摩擦,则两水平拉力大小 T 相等,根据平衡条件得 $2T \cos \frac{\theta}{2} = f$,当 $\theta > 120^\circ$ 时 $f < T$ | × |
| C | 杯子始终处于静止状态,只增大拉力,杯子受到桌面的摩擦力一定增大 | × |
| D | 刚好拉动杯子时 f 达到最大静摩擦力,故增大两个水平拉力的夹角,拉动杯子需要的力更大 | √ |

技巧必背

求摩擦力时,先判断摩擦力为静摩擦力还是滑动摩擦力,静摩擦力一般只能根据平衡条件、牛顿第二定律求解;而滑动摩擦力一般根据 $f = \mu F_N$ 、平衡条件、牛顿第二定律求解。

4. C 必刷方法 ▶ 受力分析+物体平衡条件+平行四边形定则

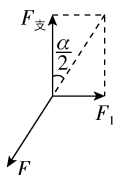
【深度解析】以物体和梯子整体为研究对象,在竖直方向有

$2F_{\text{支}} = mg$, 可得 $F_{\text{支}} = \frac{mg}{2}$, 以左侧梯子底端为研究

对象, 受力分析如图所示, 则有 $\frac{F_1}{F_{\text{支}}} = \tan \frac{\alpha}{2}$, 解得

$F_1 = \frac{1}{2} mg \tan \frac{\alpha}{2}$, 系统静止时地面对左侧梯子的

摩擦力的方向水平向右, 故 **C** 正确。



5. C 必刷知识 ▶ 受力分析+摩擦力的特点

【深度解析】以四块砖整体为研究对象, 进行受力分析, 砖处于平衡状态时, 砖所受到的摩擦力与其重力大小相等, 即 $f_1 + f_2 = 4mg$, 当砖夹对砖施加水平力最小时, 有 $f_1 = f_2 = \mu F$, 联立两式可得 $F = \frac{2mg}{\mu}$, 即右边砖夹对砖施加的水平力最小为 $F = \frac{2mg}{\mu}$, 选项 **C** 正确。

技巧必背

当四块砖整体处于平衡状态时, 其受到的合外力等于零。已知重力方向竖直向下, 其中任意一块砖所受其他砖(或砖夹)对它的静摩擦力的合力方向一定竖直向上, 且大小相等。

6. D 必刷方法 ▶ 力的合成与分解+整体法

【深度解析】在人缓慢(关键点: “缓慢”说明人始终处于平衡状态)搬起重物的过程中, 将人和重物作为整体, 受到竖直向上的弹力 F_N 和重力 G , 由平衡条件知 $F_N = G$, 故 F_N 大小不变, **A** 错误; 设大腿骨、小腿骨对膝关节的作用力大小为 F_1 , 它们之间的夹角为 θ , F 即为这两个作用力的合力, 则

$2F_1 \cos \frac{\theta}{2} = F$, 脚掌所受地面竖直向上的弹力约为 $F_N =$

$F_1 \sin \frac{\theta}{2}$, 联立解得 $F = \frac{2F_N}{\tan \frac{\theta}{2}}$, 人缓慢搬起重物的过程中, 膝

关节弯曲的角度 θ 变大, 故 F 逐渐变小, **B** 错误; 当 $\theta = 60^\circ$

时, $F = 2\sqrt{3}F_N$, 当 $\theta = 120^\circ$ 时, $F = \frac{2\sqrt{3}F_N}{3}$, **C** 错误, **D** 正确。

7. D 必刷模型 ▶ 弹簧连接体模型

【深度解析】当物体的质量为 m 时, 根据平衡条件可得

$k_1 x_1 = mg$, 解得下方弹簧被压缩的长度 $x_1 = \frac{mg}{k_1}$, **A** 错误; 若用

劲度系数为 k_2 的轻质橡皮筋代替上方弹簧, 因为橡皮筋的原长未知, 且原长不一定与原上端弹簧相同, 所以不能计算出质量为 m 的物体平衡时下方弹簧被压缩的长度, **B** 错误; 当物体的质量变为 $2m$ 时, 设该物体与第一次相比平衡位置下降的高度为 x , 则上方弹簧伸长量为 x , 下方弹簧压缩量为 $x_1 + x$, 两弹簧弹力之和等于 $2mg$, 由胡克定律和平衡条件可得 $k_2 x + k_1 (x_1 + x) = 2mg$, 联立解得 $x = \frac{mg}{k_1 + k_2}$, **C** 错误, **D** 正确。

8. (1) 0 (2) 10 cm

必刷知识 ▶ 摩擦力+平衡条件+胡克定律

【深度解析】(1) A 受到地面的最大静摩擦力 $f_{\text{静}} = \mu mg = 10 \text{ N}$,

由于 $F=8\text{ N}<f_{\text{静}}$, 所以 A 静止, 则 A 、 B 间的弹簧弹力为零, 对 B , 由平衡条件知, B 所受摩擦力为 0。

(2) 若 A 、 B 一起在拉力 F 的作用下向右做匀速直线运动, 以 B 为研究对象, B 所受的摩擦力大小 $f=\mu mg=10\text{ N}$,

则 A 、 B 间的弹簧弹力大小为 10 N , 由胡克定律可得弹簧的伸

$$\text{长量 } \Delta L = \frac{f}{k} = \frac{10}{200} \text{ m} = 5 \text{ cm},$$

A 、 B 间的距离 $\Delta x = L_0 + \Delta L = 10 \text{ cm}$ 。

考点基础巩固卷 II

1. C 必刷知识 ▶ 受力分析+牛顿第三定律+平衡条件

【深度解析】吊锅受到重力和细铁链的拉力两个力的作用, **A 错误**; 以整个装置为研究对象, 设地面对每根轻杆的支持力

大小为 N , 根据平衡条件得 $3N=mg$, 解得 $N=\frac{1}{3}mg$, 故减小 h

时, N 不变, 根据牛顿第三定律知, 每根轻杆对地面的压力不变, **B 错误**; 以吊锅和细铁链为研究对象, 设每根轻杆中的弹力

(易错点: 每根轻杆中的弹力并不等于地面对每根轻杆的支持力) 为 F_N , 轻杆与竖直方向夹角为 θ , 由平衡条件得

$3F_N \cos \theta = mg$, 解得 $F_N = \frac{mg}{3 \cos \theta}$, 以一根轻杆为研究对象, 由

平衡条件得地面对轻杆的摩擦力大小为 $f = F_N \sin \theta =$

$\frac{mg}{3 \cos \theta} \sin \theta = \frac{1}{3} mg \tan \theta$, 当减小 h 时, θ 增大, 故 f 增大, 根据

牛顿第三定律知, 每根轻杆对地面的摩擦力均增大, **C 正确**;

以轻杆为研究对象, 每根轻杆受到地面的作用力大小为 $F =$

$F_N = \frac{mg}{3 \cos \theta} > \frac{1}{3} mg$, **D 错误**。

2. D 必刷模型 ▶ 动态平衡

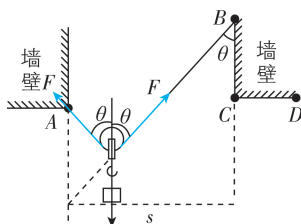
【深度解析】设轻绳的总长为 L , 两竖直墙壁间水平距离为 s , 两段轻绳之间的夹角为 2θ , 因为同一根轻绳上的拉力相等,

所以两侧轻绳与竖直方向的夹角均为 θ , 如图所示, 根据平衡条件可得 $2F \cos \theta = mg$, 由图中几何关系结合数学知识得

$\sin \theta = \frac{s}{L}$, 当轻绳的右端从 B 点移到 C 点时, L 、 s 不变, θ 保

持不变, 则 F 不变; 当轻绳的右端从 C 点移到 D 点时, s 增

大, 则 θ 变大, $\cos \theta$ 变小, F 增大, 所以轻绳拉力变化情况为先不变后增大, 故选 **D**。



技巧必背

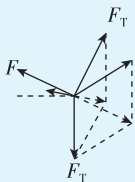
动滑轮和挂衣架模型, 根据 $mg=2F \cos \theta$ 分析力 F 的变化, 若绳端上、下移动, 则两绳间的夹角不变, 力 F 不变; 若绳端左右移动, 则两绳间的夹角变化, 力 F 变化。

3. D 必刷题型 ▶ 动态平衡问题

【深度解析】物体 A 从题图中虚线位置缓慢上升到实线位置过程中,由平衡条件知,绳中张力大小 $F_T = mg$, 故 F_T 保持不变,圆环受到拉力 F 、两侧轻绳的拉力 F_T 的作用,设两侧轻绳间的(关键点:同一条轻绳上拉力大小处处相等)夹角为 α ,由平衡条件得 $F = 2F_T \cos \frac{\alpha}{2}$, α 减小,故拉力 F 逐渐变大,由于两侧轻绳的拉力大小相等,其合力在角平分线上,故合力与竖直方向的夹角减小,故 θ 逐渐增大, D 正确。

一题多解

由平衡条件知,两侧轻绳的拉力大小 $F_T = mg$, 即两侧轻绳的拉力大小不变,对环进行受力分析如图所示,物体 A 从题图中虚线位置缓慢上升到实线位置的过程中, F 逐渐变大, θ 逐渐增大, D 正确。

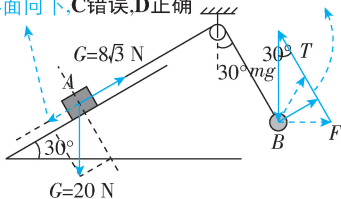


知识拓展

一个物体在三个力作用下保持平衡,若两个力的大小不变,则可作出初、末状态的平行四边形,根据几何知识分析判断第三个力的大小及方向的变化。

4. D 必刷方法 ▶ 最值问题+整体法和隔离法

当拉力 F 方向斜向上且与细线垂直时,拉力最小,有 $F_{\min} = mg \sin 30^\circ \Rightarrow mg = 16 \text{ N}$; 则 $f = T - G \sin 30^\circ = (8\sqrt{3} - 10) \text{ N}$, $T = mg \cos 30^\circ = 8\sqrt{3} \text{ N}$, A、B 错误,方向沿斜面向下, C 错误, D 正确

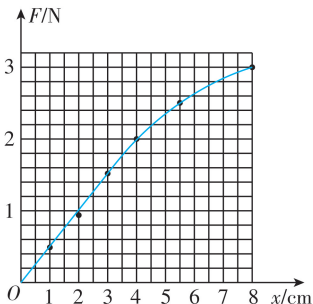


5. (1) CBDAEFG (2) 见解析 (3) 50

必刷知识 ▶ 探究在弹性限度内弹簧弹力与弹簧伸长量的关系

【深度解析】(1) 先组装器材, 然后进行实验, 进行实验时, 先记录不挂钩码时弹簧的长度, 再将钩码从少到多依次逐个增加, 并记录数据。最后根据数据画出图像, 根据图像进行数据处理及整理仪器。故操作的先后顺序为 CBDAEFG。

(2) $F-x$ 图像如图所示。



(3) $F-x$ 图像的斜率表示弹簧的劲度系数, 由图知, 弹簧的劲度系数 $k = \frac{\Delta F}{\Delta x} = 50 \text{ N/m}$ 。

6. (1)4.0 (2)O点 (3) F' F (4)BC

必刷知识 ▶ 验证力的平行四边形定则+实验原理及注意事项

【深度解析】(1)题图(b)中弹簧测力计分度值为0.2 N,左边弹簧测力计的示数为4.0 N。

(2)用一个弹簧测力计时,橡皮条的结点仍应拉到O点,保证和用两个弹簧测力计共同作用的效果相同。

(3) F' 是通过弹簧测力计测出的,由平衡条件可知,其方向一定与AO方向相同,而 F 是由平行四边形定则得出的,其方向不一定与AO方向相同,大小不需要弹簧测力计测量。

(4)为减小实验误差,实验中两个分力的夹角大小应适当大些,并非夹角越大越好,A 错误;为减小实验误差,描点确定拉力方向时,两点之间的距离应尽可能大一些,B 正确;为了减小作图的误差,弹簧测力计的拉力应该适当大一些,C 正确;作图时作图比例应该适当大一些,这样可以减小误差,D 错误。



单元综合提升卷

1. C 必刷题型 ▶ 游客沿钢索匀速下滑

【深度解析】人和环组成的系统沿钢索匀速下滑,系统受到重力、钢索对环的支持力、空气阻力,且三力的合力为零,对人受力分析可知,人受到重力、悬挂绳的拉力和空气阻力,且三个力的合力为零,则悬挂绳的拉力方向应与钢索对环的支持力方向相同,即悬挂绳的拉力方向与钢索垂直,选项 C 正确。

一题多解

在本题中,由于不计滑轮和悬挂绳的重力,对滑轮来说,受到垂直杆向上的弹力和悬挂绳的拉力,因为其做匀速运动,所受合力为零,故悬挂绳只能与杆垂直,选项 C 正确,A、B、D 错误。

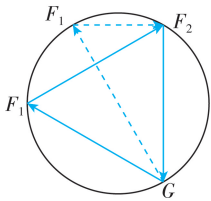
2. C 必刷知识 ▶ 力的合成与分解+牛顿第三定律

| 选项 | 分析 | 正误 |
|----|---|----|
| A | 桥面受到AC、AB的拉力和重力的作用,根据共点力平衡,重力的方向经过 T_{AC} 、 T_{AB} 的交点A,则桥面的重心在D点 | × |
| B | T_{AC} 、 T_{AB} 的合力与桥面的重力等大反向,故 T_{AC} 、 T_{AB} 的合力方向竖直向上,由牛顿第三定律可知,钢索对塔柱的拉力的合力方向竖直向下 | × |
| C | 把 T_{AC} 、 T_{AB} 分别沿水平方向和竖直方向分解,由平衡条件得 $T_{AC}\sin\alpha=T_{AB}\sin\beta$,因为 | √ |
| D | $\alpha<\beta$,故 $T_{AC}>T_{AB}$ | × |

3. B 必刷题型 ▶ 动态平衡问题

【深度解析】设右手对铅球的弹力为 F_1 ,左手对铅球的弹力

为 F_2 , F_1 与 F_2 夹角保持 120° 不变, 由辅助圆法分析如图所示, 可知 F_1 先增大后减小, F_2 一直减小, **B 正确**。



技巧必背

物体在三个力作用下处于平衡状态, 若一个力不变, 另两个力的夹角不变, 则可用辅助圆法分析各力的变化情况。

4. D 必刷知识 ▶ 力的合成+动态平衡

【深度解析】战士拉着轮胎匀速向前的过程中双肩与绳的接触点 A、B 等高 (关键点: 双肩与绳的接触点等高, 两绳上的拉力大小相等), 设绳子拉力大小为 F , 轮胎与地面间的动摩擦因数为 μ , 两绳上的拉力的合力为 $F_{\text{合}} = 2F \cos \frac{\theta}{2}$, 以轮胎为

研究对象, 根据平衡条件得 $F_{\text{合}} \cos \alpha = f$, $mg = N + F_{\text{合}} \sin \alpha$, $f = \mu N$, 联立解得 $F = \frac{\mu mg}{2 \cos \frac{\theta}{2} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha)}$, 若 α 保持不变, θ 越

小, 则 $\cos \frac{\theta}{2}$ 越大, 绳子拉力越小, 若 θ 保持不变, 由于 $(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)$ 存在最大值, 即绳子拉力存在最小值, 所以 α 越小时, 两绳上的拉力并不是越小, **A、B 错误**; 地面对轮胎的

支持力为 $N = mg - F_{\text{合}} \sin \alpha = mg - \frac{\mu mg}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} \sin \alpha =$

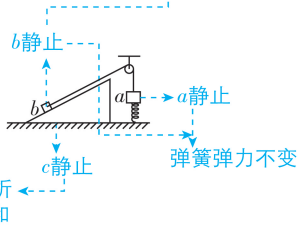
$\frac{mg}{1 + \mu \tan \alpha}$, 则地面对轮胎的支持力与角度 α 有关, 且地面对轮

胎的支持力不可能为零, 即轮胎对地面的压力不可能为零, **C 错误, D 正确**。

5. A 必刷知识 ▶ 静摩擦力+弹簧弹力

【题图剖析】

b 可能不受摩擦力, 可能受沿斜面向上的静摩擦力, 可能受沿斜面向下的静摩擦力

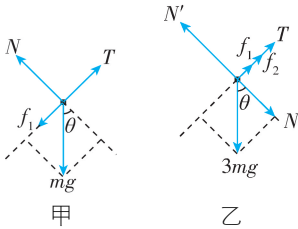


【深度解析】盒子 a 受重力、细绳的拉力和弹簧弹力的作用处于平衡状态, 随着 a 中砂粒质量的增加, a 和砂粒的总重力变大, 而弹簧弹力不变, 则细绳的拉力增大, 由于不知道 b 的重力沿着斜面方向的分力与细绳拉力的大小关系, 故不能确定 c 对 b 的静摩擦力的方向, 静摩擦力的大小可能增大, 可能减小, 也可能先减小后增大, 故 **A 正确**。对 b 与 c 整体分析, 受

重力、支持力、拉力和向左的静摩擦力,由于细绳的拉力变大,则地面对 c 的支持力一定减小,静摩擦力一定变大,故 **B、C、D** 错误。

6. A 必刷知识 ▶ 最大静摩擦力+多物体模型的受力分析

【深度解析】当木板与水平面的夹角为 θ 时,两物块刚好要滑动,对物块 A 受力分析如图甲所示,沿斜面方向, A 、 B 之间的滑动摩擦力 $f_1 = \mu N = \mu mg \cos \theta$, 根据平衡条件可知 $T = mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta$; 对物块 B 受力分析如图乙所示,沿斜面方向, B 与斜面之间的滑动摩擦力 $f_2 = \mu N' = 4\mu mg \cos \theta$, 根据平衡条件可知 $3mg \sin \theta = T + f_1 + f_2 = T + \mu mg \cos \theta + 4\mu mg \cos \theta$, 可得 $\tan \theta = \frac{3}{2}$, **A** 正确。



7. C 必刷方法 ▶ 隔离法+相似三角形法

$\frac{mg}{Oc} = \frac{T_{Oa}}{Oa}, \frac{Mg}{Oc} = \frac{T_{Ob}}{Ob},$
 若 $Oa = Ob$, 则 $\frac{T_{Oa}}{T_{Ob}} = 2,$
 $Oa^2 = ac^2 + Oc^2 - 2ac \cdot Oc \cdot \cos \angle acO, Ob^2 = bc^2 + Oc^2 - 2bc \cdot Oc \cos \angle bcO,$ 则 $Oa = \frac{\sqrt{6}}{2} Oc, T_{Oa} = \frac{\sqrt{6}}{2} mg,$
C 正确, D 错误

$\frac{F}{ac} = \frac{mg}{Oc}, \frac{F}{bc} = \frac{Mg}{Oc} \Rightarrow M = 0.5m, \text{A 错误}$
 $F = 0.5mg, \text{B 错误}$

技巧必背

根据平行四边形定则求力时,若三角形为非直角三角形,则一般采用相似三角形法求解。

8. D 必刷模型 ▶ 动滑轮模型+整体法和隔离法

【深度解析】设每段轻绳拉力大小为 T , 对小球 A , 根据平衡条件得 $N_A = T \sin 60^\circ, m_A g = T \cos 60^\circ$, 对小球 B , 根据平衡条件得

$$N_B = T \sin 30^\circ, m_B g = T \cos 30^\circ, \text{联立解得 } \frac{N_A}{N_B} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}, \frac{m_A}{m_B} =$$

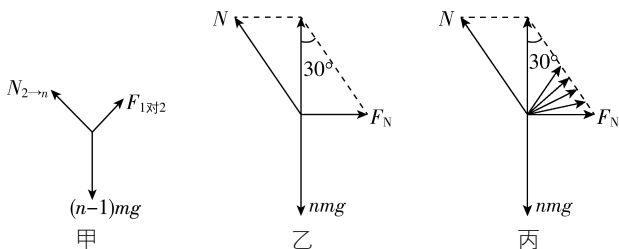
$$\frac{\cos 60^\circ}{\cos 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{3}, \text{A 正确, B 错误; 以轻质滑轮为研究对象, 两轻}$$

绳上的拉力大小相等 (关键点: 同一条绳上拉力大小处处相等, 两分力相等时, 合力在角平分线上), 根据平衡条件知, 外力 F 的方向在两段轻绳的角平分线上, 与竖直方向成 45° 角, **C 错误**; 将小球 A 、小球 B 、轻绳和轻质滑轮作为整体, 根据平衡条件得 $F \cos 45^\circ = (m_A + m_B) g$, 又 $\frac{m_A}{m_B} = \frac{\sqrt{3}}{3}$, 联立解得 $\frac{F}{m_A g} =$

$$\sqrt{6} + \sqrt{2}, \text{D 错误}.$$

9. C 必刷模型 ▶ 多物体系统的受力情况

【深度解析】对每个圆柱体受力分析可知,从圆柱体 2 到圆柱体 n 对斜面的压力不变, **A 错误**;对 2 到 n 共 $(n-1)$ 个圆柱体受力分析,如图甲所示,可知圆柱体 1 对 2 的弹力大小 $F_{1 \rightarrow 2} = (n-1) \cdot mg \sin 30^\circ = \frac{n-1}{2}mg$,由牛顿第三定律可知,圆柱体 2 对圆柱体 1 的压力大小为 $\frac{n-1}{2}mg$, **B 错误**;将 n 个圆柱体作为整体分析,如图乙所示,其中 F_N 为挡板对圆柱体 1 的弹力, N 为斜面对所有圆柱体的支持力的合力,由平衡条件可得 $N = \frac{nmg}{\cos 30^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{3}nmg$,对 2 至 n 圆柱体整体分析可知斜面对它们的支持力 $N_{2 \rightarrow n} = \frac{\sqrt{3}}{2}(n-1)mg$,斜面对圆柱体 1 的支持力 $N_1 = N - N_{2 \rightarrow n} = \frac{(n+3)\sqrt{3}}{6}mg$,由牛顿第三定律可知,圆柱体 1 对斜面的压力大小为 $\frac{(n+3)\sqrt{3}}{6}mg$, **C 正确**;挡板转动过程中弹力变化如图丙所示,可知 F_N 先变小后变大,故挡板受到的压力先变小后变大, **D 错误**。



10. B 必刷模型 ▶ 斜杆上的小球

【深度解析】对小球 P 分析,其受到的重力方向竖直向下,由于小球 P 静止,细线对 P 的拉力一定有竖直向上的分量,则 β 总是大于 α , **A 错误**;对 P 和 Q 整体受力分析,其受到竖直向下的重力 G 、杆 ab 对其水平向左的弹力 T 和杆 ac 对其垂直 ac 斜向右上方的弹力 F , P 和 Q 整体在三力作用下平衡,细线收短后,重力 G 不变,且 F 和 T 方向不变,根据矢量合成可知 F 和 T 都不变,由牛顿第三定律可知, Q 对杆 ac 的弹力不变, **C、D 错误**;对 P 分析,其受到的重力不变,杆 ab 对 P 的弹力方向和大小均不变,根据平衡条件可知细线对 P 的拉力不变,则细线上的张力不变, **B 正确**。

11. (1) 6.04 6.05 (2) 3 (3) 48.6

必刷知识 ▶ 弹簧劲度系数测量的实验

【深度解析】(1) 根据题表可知,压缩量的变化量 $\Delta L_3 = L_6 - L_3 = (18.09 - 12.05) \text{ cm} = 6.04 \text{ cm}$,压缩量的平均值 $\overline{\Delta L} = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3}{3} = \frac{6.03 + 6.08 + 6.04}{3} \text{ cm} = 6.05 \text{ cm}$ 。

(2) 因三个 ΔL 是相差 3 个钢球的压缩量之差,则所求平均值为管中增加 3 个钢球时产生的弹簧平均压缩量。

(3) 对钢球根据平衡条件有 $3mg \sin \theta = k \cdot \overline{\Delta L}$,解得 $k =$

$$\frac{3mgsin\theta}{\Delta L} = \frac{3 \times 0.2 \times 9.8 \times \sin 30^\circ}{6.05 \times 10^{-2}} \text{ N/m} \approx 48.6 \text{ N/m}。$$

12. (1) D (2) CD (3) 4.00 (4) F F' (5) 不会

必刷知识 ▶ 验证力的平行四边形定则

【深度解析】(1) 本实验采用的科学方法是“等效替代法”，其含义是两弹簧测力计共同作用的效果可以用一个弹簧测力计的作用效果替代，故 **D 正确**。

(2) 为了保证效果相同，同一次实验过程中 O 点位置不允许变动，**A 正确**；实验中，弹簧测力计必须与木板平行，读数时视线要正对弹簧测力计刻度，**B 正确**；实验中，若先将其中一个弹簧测力计沿某一方向拉到最大量程，然后只需调节另一弹簧测力计拉力的大小和方向，把橡皮筋另一端拉到 O 点，弹簧测力计可能会超过量程，**C 错误**；该实验是利用力的图示法验证平行四边形定则，而不是利用公式算出合力，并且两弹簧测力计拉力夹角不宜过大，也不宜过小，但不一定取 90° ，**D 错误**。

(3) 由题图乙可知，弹簧测力计的分度值为 0.1 N ，此时橡皮筋的弹力大小为 $F = 4.00 \text{ N}$ 。

(4) 题图丙中 F 是利用平行四边形定则得到的，故 F 是 F_1 、 F_2 合力的理论值； F' 是一根弹簧测力计拉橡皮筋时的拉力，故 F' 的方向一定沿 AO 。

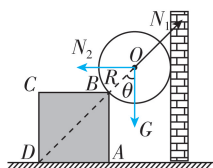
(5) 实验中，如果将细绳换成橡皮筋，不会影响分力的大小和方向， O 点沿 OB 、 OC 方向的拉力仍等于弹簧测力计的读数，所以实验结果不会发生变化。

13. (1) 15 N (2) 1.6 m

必刷知识 ▶ 物体的平衡条件+最大静摩擦力

【深度解析】(1) 设 O 、 B 、 D 连线与竖直方向的夹角为 θ ，由几何关系得 $\tan \theta = 1$ ，

以球为研究对象，受力分析如图所示



示，小球受力平衡，墙壁对球的弹力 $N_2 = mg \tan \theta$ ，

代入数据得 $N_2 = 15 \text{ N}$ 。

(2) 以正方体和球整体为研究对象，竖直方向受重力 $(M+m)g$ 和地面的支持力 F_N ，水平方向受墙壁的弹力 N_2 和地面的摩擦力 F_f ，设此时 OB 连线与竖直方向夹角为 α ，根据平衡条件有

$$F_N = (M+m)g,$$

$$N_2 = mg \tan \alpha \leq F_f,$$

$$F_f = \mu F_N,$$

$$\text{得 } \tan \alpha \leq \frac{\mu(m+M)}{m} = \frac{3(m+M)}{4m},$$

无论球的质量是多少都满足题述条件，则 $\tan \theta \leq \frac{3}{4}$ ，

故正方体的右侧面到墙壁的距离 $L' = R + R \sin \theta \leq 1.6 \text{ m}$ ，即 $L = 1.6 \text{ m}$ 。

14. (1) 30° (2) $\frac{\sqrt{3}}{5}$ (3) $\tan \alpha = \frac{\sqrt{3}}{5}$

必刷知识 ▶ 运动过程中物体的受力分析+临界条件

【深度解析】(1) 对 A、B 进行受力分析如图所示, 设轻绳对 B 的拉力大小为 T , 由平衡条件可得

$$F \cos 30^\circ = T \cos \theta,$$

$$F \sin 30^\circ + T \sin \theta = mg,$$

联立解得 $T = 10\sqrt{3} \text{ N}$, $\tan \theta = \frac{\sqrt{3}}{3}$, 即 $\theta = 30^\circ$ 。

(2) 由平衡条件有 $T' \sin \theta + Mg = F_N$, $T = T'$,

$$T' \cos \theta = \mu F_N, \text{ 解得 } \mu = \frac{\sqrt{3}}{5}.$$

(3) 将 A、B 作为整体, 由平衡条件有

$$F \sin \alpha + F_N = (M+m)g, F \cos \alpha = \mu F_N,$$

$$\text{解得 } F = \frac{\mu(M+m)g}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha},$$

$$\text{令 } \sin \beta = \frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}, \cos \beta = \frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}},$$

$$\text{即 } \tan \beta = \frac{1}{\mu},$$

$$\text{则 } F = \frac{\mu(M+m)g}{\sqrt{1+\mu^2}(\sin \beta \cos \alpha + \cos \beta \sin \alpha)} = \frac{\mu(M+m)g}{\sqrt{1+\mu^2} \sin(\beta + \alpha)}.$$

显然, 当 $\alpha + \beta = 90^\circ$ 时 F 有最小值, 所以 $\tan \alpha = \frac{1}{\tan \beta} = \mu = \frac{\sqrt{3}}{5}$

时拉力 F 的值最小。

