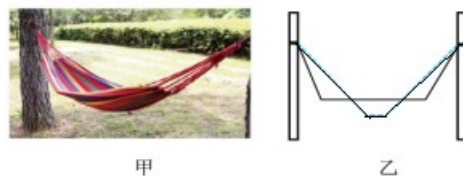


专题强化三 动态平衡 平衡中的临界与极值问题练习

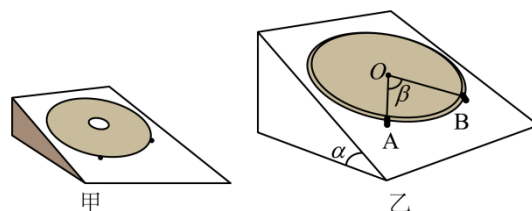
一、单选题

1. (易) 小明在假期中去野营, 如图甲所示, 他将吊床的拉索固定在两棵树等高的位置上, 有时他躺在吊床上休息, 有时又坐在吊床中点处看书。模型简化如图乙所示, 两种状态下吊床的长度视为不变, 小明均处于静止且未与地面接触, 下列说法正确的是 ()



- A. 小明躺着时受到吊床的合力小于坐着时受到吊床的合力
B. 小明躺或坐, 拉索的拉力大小相等
C. 小明坐着时, 拉索的拉力较大
D. 小明躺着时, 拉索的拉力较大

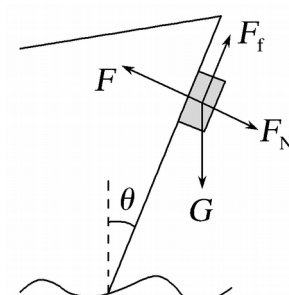
2. (易) 如图甲是国家博物馆馆藏的西汉龙纹玉璧, 可简化为图乙所示情景。承托玉璧的光滑斜面倾角 α , 玉璧底部两个起支撑作用等高的钉子 A、B 与玉璧中心 O 的连线夹角 β , 若将钉子 A、B 向



外移动一小段相同距离, 则 ()

- A. 斜面对玉璧的支持力变小 B. 斜面对玉璧的支持力变大
C. 每个钉子对玉璧的支持力变小 D. 每个钉子对玉璧的支持力变大

3. (中) 如图所示, 可视为质点的机器人通过磁铁吸附在船舷外壁面检测船体。壁面可视为斜面, 与竖直方向夹角为 θ 。船和机器人保持静止时, 机器人仅受重力 G 、支持力 F_N 、摩擦力 F_f 和磁力 F 的作用, 磁力垂直壁面。下列关系式正确的是 ()



- A. $F_f = G$ B. $F = F_N$
C. $F_f = G \cos \theta$ D. $F = G \sin \theta$

4. (易) 如图, 用手拎电脑包, 包水平静止。已知拎带 OA 与 OB 等长、夹角为 60° , A、B 等高, 包的总质量为 3kg 。



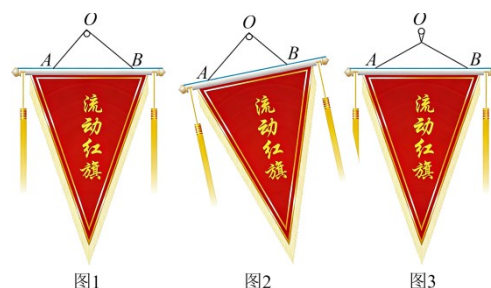
取重力加速度大小 $g = 10\text{m/s}^2$, 忽略拎带的重力, 则拎带 OA 的

拉力大小约为 ()

- A . 15N B . 17N C . 30N D . 60N

5 . (中) 高一年级每月清洁大扫除后会颁发班级卫生流动红旗，通过一根不可伸长的轻绳将其悬挂在光滑钉子上。如图 1 所示，两悬点 AB 处于水平状态且

AB 两点间距离保持不变，某天刮风后 (风已消失) 出现了图 2 的倾斜状态，老师将绳子中间打了一个结，再次挂正，如图 3 所示。则下列情况中说法正确的是 ()



A . 图 1 中若由于滑动导致 AB 间距离变小 (绳长不变)，则绳中张力 T_1 变大

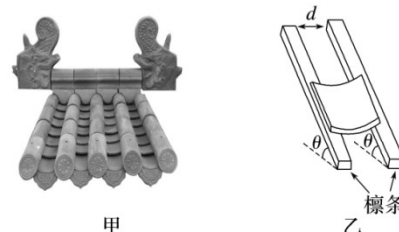
B . 无风情况下图 1、图 2 和图 3 中绳子受钉子的力满足 $F_2 > F_1 = F_3$

C . 无风情况下图 1、图 2 和图 3 中与红旗相连的绳中张力满足 $T_3 > T_1 > T_2$

D . 若仅图 2 中红旗受持续水平向右的风力作用，则图 1、图 2 和图 3 中钉子受绳的合力满足

$F'_2 = F'_1 = F'_3$

6 . (中) 如图甲所示，用瓦片做屋顶是我国建筑的特色之一。铺设瓦片时，屋顶结构可简化为图乙所示，建筑工人将瓦片轻放在两根相互平行的檩条正中间后，瓦片静止在檩条上。已知檩条间距离为 d ，檩条与水平面夹角均为 θ ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力。下列说法正确的是 ()



A. 仅减小 θ 时，瓦片与每根檩条间的摩擦力的合力变大

B. 仅减小 θ 时，瓦片与每根檩条间的弹力的合力变小

C. 仅减小 d 时，瓦片与每根檩条间的弹力变大

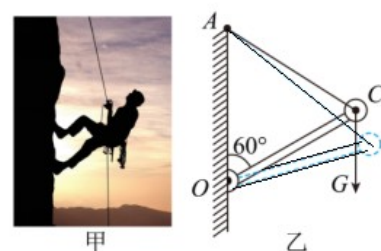
D. 仅减小 d 时，瓦片可能会下滑

7 . (难) 如图甲，登山爱好者正沿崖壁向上攀爬，绳的一端固定在较高处的 A 点，另一端拴在人的腰间 C 点 (重心处)，在人向上攀爬的过程中可以把人简化为图乙的物理模型：

脚与崖壁接触点为 O 点 (可自由转动)，人的重力 G 全部集中在 C 点， O 到 C 点可简化为轻杆， AC 为轻绳，已知 OC 长度不变，人向上攀爬过程中到达某位置后保持 O 点不动，缓慢转动 OC 来调整姿势，某时刻 AOC 构成等边三角形，则 ()

型：脚与崖壁接触点为 O 点 (可自由转动)，人的重力 G 全部集中在 C 点， O 到 C 点可简化为轻杆， AC 为轻绳，已知 OC 长度不变，人向上攀爬过程中到达某位置后保持 O 点不动，缓慢转动 OC 来调整姿势，某时刻 AOC 构成等边三角形，则 ()

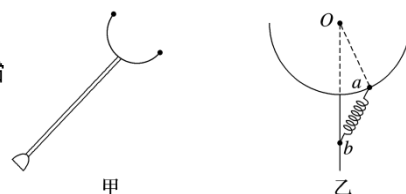
A . 在此时刻，轻绳对人的拉力与人的重力的合力不一定沿杆



- B. AC 绳在虚线位置与实线位置承受的拉力大小相等
 C. 在虚线位置时, OC 段承受的压力比在实线位置时更大
 D. 在此时刻, 轻绳 AC 承受的拉力大小为 T_1 ; 当 OC 水平时, 轻绳 AC 承受的拉力大

小为 T_2 , 则 $\frac{T_1}{T_2} = \frac{\sqrt{2}}{2}$

8. (中) 警用钢叉是一种常用的防暴器械, 其前端为半圆形的叉头, 后端为握柄。现将钢叉竖直放置, 半圆环的圆心为 O , 小球 a 套在半圆环上, 小球 b 套在竖直杆上, 两者之间用一轻弹簧连接。初始时小球 b 在外力作用下静止在竖直杆上, 此时小球 a 静止在离半圆环最低点较远处, 如图所示。现使小球 b 缓慢上移少许, 两小球均可视为质点, 不计一切摩擦, 在移动过程中弹簧始终在弹性限度内, 则半圆环对小球 a 的弹力()



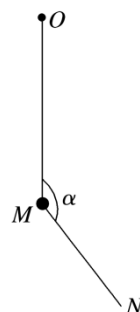
- A. 一直增大
 B. 一直减小
 C. 先增大后减小
 D. 先减小后增大

9. (难) 如图, 柔软轻绳 ON 的一端 O 固定, 其中间某点 M 拴一重物, 用手拉住绳的另一端 N 。初始时, OM 竖直且 MN 被拉直, OM 与 MN 之间的夹角为

$\alpha (\alpha > \frac{\pi}{2})$ 。现将重物向右上方缓慢拉起, 并保持夹角 α 不变。在

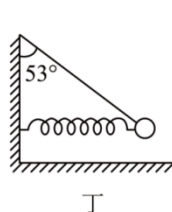
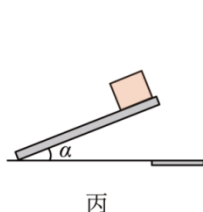
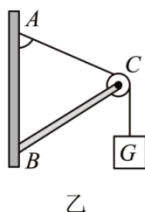
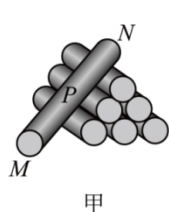
OM 由竖直被拉到水平的过程中()

- A. MN 上的张力逐渐减小
 B. MN 上的张力先增大后减小
 C. OM 上的张力逐渐增大
 D. OM 上的张力先增大后减小

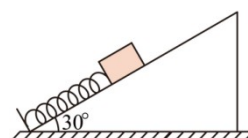


二、多选题

10. (易) 如以下四幅图所示, 关于下列各图受力情况的叙述中正确的是()



- A. 甲图中原木 P 在 M 、 N 两点各受一个弹力, 方向不都是竖直向上
 B. 乙图中 BC 杆对滑轮的弹力一定由 B 指向 C



C. 丙图中静止的铁块只受重力和支持力的作用

D. 丁图中的弹簧一定处于压缩状态

11. (中) 如图所示, 倾角为 30° 的斜面被固定在水平面上, 将一原长为 10cm 、劲度系数为 200N/m 的轻弹簧一端与斜面底端的固定挡板相连, 另一端放上重为 10N 的物体

后, 弹簧被压缩到 8cm 处于静止状态。已知物体与斜面间的动摩擦因数为 $\mu = \frac{\sqrt{3}}{6}$, 最大

静摩擦力等于滑动摩擦力。现在用一力 F 沿斜面向上拉物块, 物块仍保持静止, 则力 F 的取值可能为 ()

A. 2N B. 3N C. 4N D. 5N

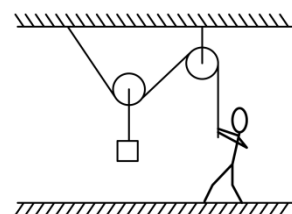
12. (中) 如图所示, 工人利用滑轮组将重物缓慢提起, 下列说法正确的是 ()

A. 工人受到的重力和支持力是一对平衡力

B. 工人对绳的拉力和绳对工人的拉力是一对作用力与反作用力

C. 重物缓慢拉起过程, 绳子拉力变小

D. 重物缓慢拉起过程, 工人受到的地面支持力变小



13 (难) 如图所示, 质量为 M 的楔形物体 ABC 放置在墙角的水平地

板上, BC 面与水平地板间的动摩擦因数为 μ , 楔形物体与地板间的最大静摩擦力等于

滑动摩擦力。在楔形物体 AC 面与竖直墙壁之间, 放置一个质量为 m 的光滑球体, 同时给

楔形物体一个向右的水平力, 楔形物体与球始终处于静止状态。已知 AC 面倾角 $\theta = 53^\circ$,

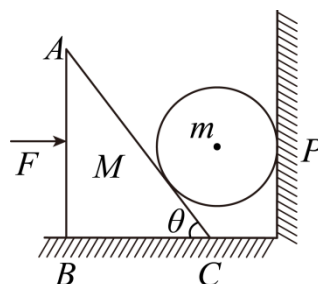
$\sin \theta = 0.8$, 重力加速度为 g , 则 ()

A. 楔形物体对地板的压力大小始终为 $Mg + mg$

B. 向右的水平力 F 的最小值一定是零

C. 当 $F = \frac{4}{3}mg$ 时, 楔形物体与地板间无摩擦力

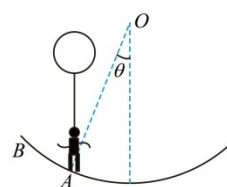
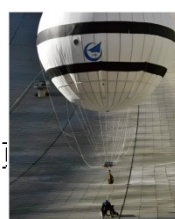
D. 向右的水平力 F 的最大值为 $\frac{4}{3}mg + \mu(m+M)g$



三、解答题

14. (中) 如图甲所示是“中国天眼”500m 口径球面射电望远镜维护时的照片。为不损伤望远镜球面, 质量为 m 的工作人员被悬在空中的氢气球拉着, 当他在离底部有一定高度的

望远镜球面上缓慢移动时, 氢气球对其有大小恒为 $\frac{5}{6}mg$ 、方向竖直向上的拉力作用。将球



面视为半径为 R 的几何球面，球心用 O 表示，如图乙所示，球面上 A 点与球心 O 的连线和 O 点与球面最低点的连线之间的夹角为 θ 。将人视为质点，当工作人员站在图乙中的 A 点处静止时，求：

- (1) 球面对工作人员作用力的大小 F 和作用力的方向；
- (2) 工作人员对球面压力的大小 F_N 和摩擦力的大小 F_f ；
- (3) 为了维修更高处的镜面，工作人员移动到图乙中的 B 处，请说明他静止在 B 处时，第 (1)、(2) 问中提到的 F 、 F_N 及 F_f 各有哪些变化。

专题强化三 动态平衡 平衡中的临界与极值问题参考答案

1. C

【详解】A. 小明在吊床上静止时，处于平衡状态，所受合力为零，因此吊床对小明的作用力大小等于小明的重力 G ，故吊床对小明的合力大小始终相等，故 A 错误；

BCD. 设每条拉索的拉力大小为 T ，拉索与竖直方向的夹角为 θ ，根据竖直方向平衡条件有 $2T\cos\theta = G$ 解得 $T = \frac{G}{2\cos\theta}$

小明坐着时，拉索与竖直方向的夹角 θ 较大， $\cos\theta$ 较小，所以拉力 T 较大；小明躺着时，拉索与竖直方向的夹角 θ 较小， $\cos\theta$ 较大，所以拉力 T 较小，故 C 正确，BD 错误。故选 C。

2. D

【详解】AB. 对玉璧受力分析可知，垂直于斜面方向斜面对玉璧的支持力 $F_N = mg\cos\alpha$ ，则斜面对玉璧的支持力不变，故 AB 错误；

CD. 对玉璧进行受力分析，在斜面平面内，玉璧受到重力沿斜面向下的分力 $F_1 = mg\sin\alpha$

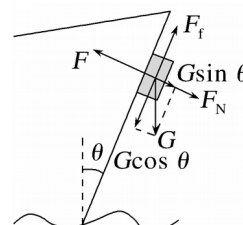
以及两个钉子对玉璧的支持力 F_A 、 F_B 。由对称性可知 $F_A = F_B$ 且两力方向均指向圆心，夹角为 β ，根据平衡条件，两钉子支持力的合力与重力沿斜面向下的分力大小相等、方向相

反，即 $2F_A \cos \frac{\beta}{2} = mg \sin \alpha$

若将钉子 A、B 向外移动一小段相同距离，则夹角 β 增大， F_A 增大，即每个钉子对玉璧的支持力变大，故 C 错误、D 正确。故选 D。

3.C

【详解】如图所示，将重力垂直于斜面方向和沿斜面方向分解，由平衡条件得，沿斜面方向 $F_f = G \cos \theta$ ，垂直斜面方向 $F = G \sin \theta + F_N$ ，故 C 正确，A、B、D 错误。故选 C。



4. B

【详解】已知总质量 $m = 3\text{kg}$ ，OA、OB 等长对称，因此两条拎带拉力大小相等，

设 OA 拉力为 F ，则 OB 拉力也为 F ，每条拎带与竖直方向的夹角为 30° ，有

$$2F \cos 30^\circ = mg$$

$$\text{得 } F = \frac{30}{\sqrt{3}} = 10\sqrt{3} \approx 17\text{N} \quad \text{故选 B。}$$

5. C

【详解】A. 设绳子 OA+OB 总长度为 L ，两悬点 A、B 的水平间距为 d ，绳子与竖直方向的夹角为 θ ，由几何关系得 $\sin \theta = \frac{d}{L}$

图 1 中，由平衡条件可知 $2T_1 \cos \theta = mg$ 可得 $T_1 = \frac{mg}{2 \cos \theta}$

图 1 中 AB 间距变小、绳长不变，由 $\sin \theta = \frac{d}{L}$

可得 d 减小，则 θ 减小， $\cos \theta$ 增大则绳中张力 T_1 减小，A 错误；

B. 无风时，整体重力始终为 mg ，由整体法可知，绳子受到钉子的力等于总重力，因此

$$F_1 = F_2 = F_3 = mg, \quad \text{B 错误；}$$

C. AB 倾斜, AB 本身长度不变, 因此图 2 中 A 、 B 水平间距 $d_2 < d_1$

d_1 为图 1 的水平间距, 绳长 L 不变, 因此 $\sin \theta_2 = \frac{d_2}{L} < \sin \theta_1$

可得 $\theta_2 < \theta_1$ 根据 $T = \frac{mg}{2\cos \theta}$ 可知 $T_1 > T_2$

对图 1 和图 3 比较, 图 3 中细绳因打结变短故与竖直方向的夹角 $\theta_3 > \theta_1$, 可知 $T_3 > T_1$

所以 $T_3 > T_1 > T_2$, 故 C 正确;

D. 图 2 受水平向右风力后, 整体受重力 G 和风力 F , 因此钉子对绳子的合力大小为

$\sqrt{G^2 + F^2} > G$ 所以 $F_2' > F_1' = F_3'$, D 错误。故选 C。

6. D

【详解】檩条给瓦片的支持力如图所示,

两檩条给瓦片的支持力与垂直檩条向上方向的夹角为 α , 则有 $2F\cos$

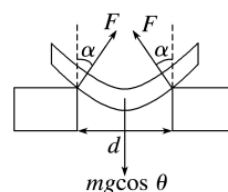
$\alpha = mg\cos \theta$, 若仅减小檩条间的距离 d 时, 夹角 α 变小, 则两檩条给

瓦片的支持力 F 变小, 故瓦片与每根檩条间的弹力变小, 最大静摩擦

力变小, 则瓦片可能会下滑, 故 C 错误, D 正确; 若仅减小 θ 时, 根据 $f = mg\sin \theta$, 可知瓦

片与檩条间的摩擦力的合力变小, 根据 $2F\cos \alpha = mg\cos \theta$, 可知若仅减小 θ 时, 瓦片与

檩条间的弹力的合力变大, 故 A、B 错误。故选 D。



7. D

【详解】A. 在此时刻, 根据平衡条件可知, 轻绳对人的拉力与人的

的重力的合力与杆的弹力大小相等, 方向相反, 则轻绳对人的拉力

与人的重力的合力一定沿杆方向, 故 A 错误;

BC. 对人受力分析, 人受到重力 G 、轻绳的拉力 T 和轻杆的支持

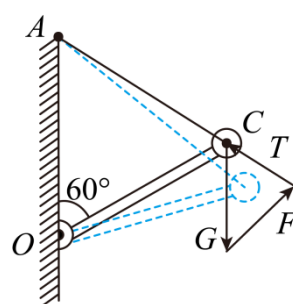
力 F , 构成力的三角形如下图所示

由几何知识可知, 该力的三角形与三角形 AOC 相似, 则有

$$\frac{G}{AO} = \frac{F}{OC} = \frac{T}{AC}$$

则根据上式可知, AC 绳在虚线位置承受的拉力比实线位置承受的拉力大, 轻杆 OC 在虚线

位置与实线位置承受的压力相等, 故 BC 错误;



D. 在此时刻, 由于 AOC 构成等边三角形, 可知轻绳 AC 承受的拉力大小为 $T_1 = G$

当 OC 水平时, AOC 为等腰直角三角形, 则轻绳 AC 承受的拉力大小为 $T_2 = \sqrt{2}G$

则有 $\frac{T_1}{T_2} = \frac{\sqrt{2}}{2}$, 故 D 正确。故选 D。

8. 答案 A

【详解】对 a 球受力分析, 如图所示, 由几何关系可知, 力的矢量三角

形与 $\triangle aOb$ 相似, 则有 $\frac{mg}{Ob} = \frac{F_N}{Oa}$, 在小球 b 缓慢上移过程中, Ob

逐渐减小, Oa 保持不变, 则半圆环对小球 a 的弹力一直增大, 故选 A。

9 答案 D

【详解】方法一 辅助圆法

以重物为研究对象分析受力情况, 受重力 mg 、 OM 绳上拉力

F_2 、 MN 上拉力 F_1 , 由题意知, 三个力的合力始终为零, 矢量三角形

如图所示, F_1 、 F_2 的夹角不变, 在 F_2 转至水平的过程中, 矢量三角

形在同一外接圆上, 由图可知, MN 上的张力 F_1 逐渐增大, OM 上的张力

F_2 先增大后减小, 所以 A、B、C 错误, D 正确。

方法二 正弦定理法

根据正弦定理 $\frac{mg}{\sin \theta_3} = \frac{F_1}{\sin \theta_1} = \frac{F_2}{\sin \theta_2}$, mg 与 $\sin \theta_3$ 保持不

变, $\sin \theta_1$ 变大, F_1 变大, $\sin \theta_2$ 先增大后减小, F_2 先增大后减小, 故选 D。

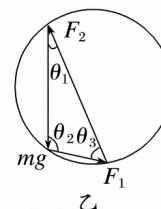
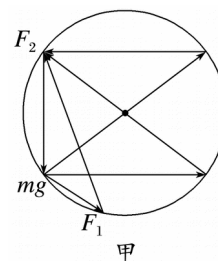
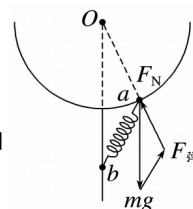
10. AD

【详解】A. 原木 P 在 M 点受到的弹力方向竖直向上, 在 N 点受到的弹力方向垂直于原木间的接触面斜向上, 故 A 正确;

B. 乙图中 BC 杆固定在墙上, 不可转动, 受力分析可得 BC 杆对滑轮的弹力与两侧绳子拉力的合力平衡, 方向不一定由 B 指向 C , 故 B 错误;

C. 铁块静止, 受力分析可得此时除了受重力和支持力的作用外还受到摩擦力的作用, 故 C 错误;

D. 丁图中对小球受力分析, 小球受到斜向上的沿绳子的拉力, 竖直向下的重力, 可得此



时弹簧对小球一定有水平向右的弹力，所以弹簧一定处于压缩状态，故 D 正确。故选 AD。

11. AB

【详解】压缩的弹簧对物体产生向上的推力为 $F_1 = k\Delta x = 4\text{N}$

物体与斜面之间最大静摩擦力大小为 $f = \mu mg \cos \theta = 2.5\text{N}$

重力沿斜面的分力大小为 $G_1 = mg \sin \theta = 5\text{N}$

由于物体在重力，弹簧弹力、斜面的支持力，及摩擦力作用下可以平衡，所以拉力 F 的最

小值为零。当静摩擦力沿斜面向下达到最大时，拉力 F 值有最大值，此时 $F_{\max} + F_1 = G_1 + f$

解得 $F_{\max} = 3.5\text{N}$ 由此可知拉力的取值范围为 $0 \leq F \leq 3.5\text{N}$ 。故选 AB。

12. BD

【详解】A. 工人受到的重力、支持力和细绳的拉力作用而平衡，则重力和支持力不是一对平衡力，A 错误；

B. 工人对绳的拉力和绳对工人的拉力是一对作用力与反作用力，B 正确；

C. 重物缓慢拉起过程，动滑轮两边的细绳与竖直方向的夹角 θ 变大，根据 $2T \cos \theta = mg$ ，可知绳子拉力变大，C 错误；

D. 重物缓慢拉起过程，对工人分析可知 $F_N + T = Mg$

因拉力 T 变大，可知工人受到的地面支持力变小，D 正确。故选 BD。

13. ACD

【详解】A. 将 M 、 m 视为一个整体可知，楔形物体对地板的压力大小为 $(M+m)g$ ，故 A 正确；

B. 斜面体受到的最大静摩擦力 $f_m = \mu(m+M)g$

当水平向右的外力最小（设为 F_n ）时，斜面体可能有向左运动趋势，当 $\mu(m+M)g \geq \frac{4}{3}mg$

时， $F_n = 0$

当 $\mu(m+M)g < \frac{4}{3}mg$ 时, $F_n = \frac{4}{3}mg - \mu(m+M)g$ 故 B 错误;

C. 球体对 AC 面的弹力大小为 $F_{NAC} = \frac{mg}{\cos\theta} = \frac{5}{3}mg$

当 $F = F_{NAC} \sin\theta = \frac{4}{3}mg$ 时, 楔形物体水平方向上受到的合力为零, 没有运动趋势, 摩擦力为零。故 C 正确;

D. 当水平向右的外力最大 (设为 F_m) 时, 斜面体有向右运动趋势, 由平衡条件有

$F_m = F_{NAC} \sin\theta + f_m$ 解得 $F_m = \frac{4}{3}mg + \mu(m+M)g$ 故 D 正确。故选 ACD。

14. (1) $\frac{1}{6}mg$, 力的方向为竖直向上 (2) $\frac{1}{6}mg \cos\theta$, $\frac{1}{6}mg \sin\theta$ (3) F 的大小和方向都不变, F_N 变小, F_f 变大

【详解】(1) 人静止, 所受合力为零, 因此球面对人作用力的大小为

$$F = mg - \frac{5}{6}mg = \frac{1}{6}mg \text{ 力的方向为竖直向上;}$$

(2) 将力 F 沿半径方向和切线方向正交分解, 可得人对球面压力的大小

$$F_N = F \cos\theta = \frac{1}{6}mg \cos\theta, \text{ 对球面摩擦力的大小 } F_f = F \sin\theta = \frac{1}{6}mg \sin\theta$$

(3) 人移动到图乙中的 B 处时, 由于氢气球对其拉力和其自身的重力都不变, 因此力 F 的大小和方向都不变; 由于 B 点位置比 A 点高, 因此 θ 变大, 由第 (2) 问结果可知, F_N 变小, F_f 变大。