

# 树德中学高 2025 级高一上学期半期考试物理试题

命题人：张琳蕊 审题人：毛全武、杨明、钟昌权

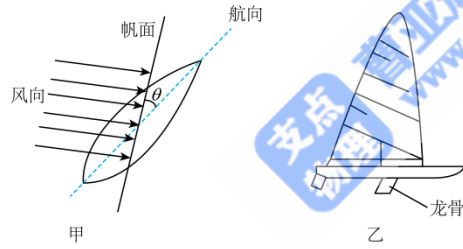
本试卷满分 100 分，考试时间 75 分钟

## 一、单项选择题（每小题 4 分，共 28 分，每个小题只有一个选项符合题目要求）

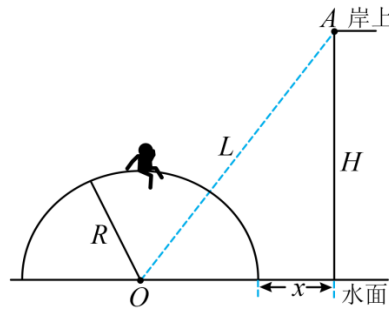
- 2025 年 10 月成都树德中学召开了秋季运动会，以下说法中正确的是（ ）
  - 百米冲刺运动员研究自己用助跑器的姿势时，可以将自己视为质点
  - 志愿者用自行车送纸质成绩单时，自行车驱动轮对地面产生静摩擦力，方向与自行车行驶方向相反
  - 跳高运动员落到海绵垫上受到弹力，是因为运动员发生了形变
  - 拔河比赛中，甲队获胜的原因是甲队对轻绳的作用力大于乙队对轻绳的作用力
- 下列关于牛顿运动定律的说法正确的是（ ）
  - 用力提一个很重的箱子但没有提动，这与牛顿第二定律矛盾
  - 牛顿第一定律是牛顿第二定律在合外力为零情况下的特例
  - 从尾部向外喷气使火箭加速的过程，可用牛顿第二定律和牛顿第三定律解释
  - 用手托着一块砖突然向上加速时，砖受到的支持力大于手受到的压力
- 2025 年 10 月 1 日是中华人民共和国成立 76 周年国庆节，每逢重大节日，人们都喜欢燃放烟花庆祝。我国宋代就已经出现冲天炮这种烟花（如图），也叫“起火”。若冲天炮从地面由静止发射，竖直向上做加速度大小为  $5\text{m/s}^2$  的匀加速直线运动，第 4s 末掉出一可视为质点的碎片，不计碎片受到的空气阻力， $g=10\text{m/s}^2$ 。则（ ）
  - 碎片从地面出发之后一直做匀变速直线运动
  - 碎片在空中的最大速度为  $20\text{m/s}$
  - 碎片从掉出到落回地面用时  $(2+2\sqrt{3})\text{s}$
  - 碎片离地面的最大高度为  $40\text{m}$



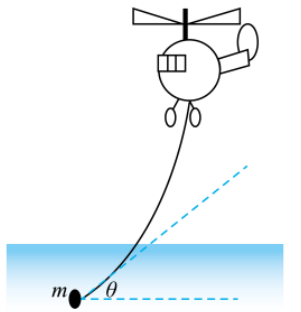
- 无自带动力的帆船在大海中可借助风力航行。如图甲所示为一帆船在某次航行时的俯视图，把帆面张在航向（船头指向）和风向之间，使风向垂直于帆面，风会对帆面产生垂直于帆面的压力  $F$ ，能使得垂直于船体的分力与水对龙骨（如图乙所示）的横向阻力相平衡。已知帆面与航向之间的夹角为  $\theta=30^\circ$ ，船和人的总质量为  $2m$ 。下列说法正确的是（ ）
  - 船受到的横向阻力大小为  $\frac{1}{2}F$
  - 船受到的合力大小为  $\frac{1}{2}F$
  - 若船沿着航向的反方向受到的阻力为  $\frac{1}{5}F$ ，则船的加速度大小为  $\frac{3F}{10m}$
  - 若船头朝向和风向不变，调整帆面使与船体的夹角  $\theta$  略变小时，船不能行驶得更快



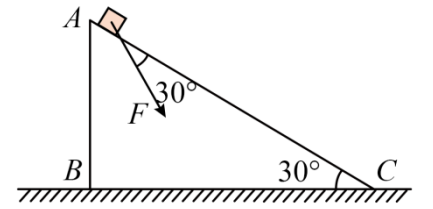
- 某次洪灾紧急救援行动中，江西鹰潭蓝天救援队发现一灾民被困在水中礁石上。如图所示，礁石可看作一半球，其最高点纵截面圆心为  $O$ ，半径为  $R$ ，离礁石最近的岸上有一点  $A$ ，已知  $A$  点距离水面高为  $H$ ， $OA=L$ ，水面上礁石最右端离岸水平距离  $x < H$  ( $x$  未知)，现设计从  $A$  点架设一条倾斜的光滑滑道到礁石上，要求救援队员从滑道顶端由静止下滑到达礁石表面所用时间最短，则最短时间为（ ）
  - $\sqrt{\frac{2(L^2 - R^2)}{g(R+H)}}$
  - $\sqrt{\frac{2(L^2 + R^2)}{g(R+H)}}$
  - $\sqrt{\frac{L^2 - R^2}{g(R+H)}}$
  - $\sqrt{\frac{L^2 + R^2}{g(R+H)}}$



- 直升飞机、无人机行驶时不受地面道路限制，可用于搜寻、救援等任务。如图所示，质量为  $M$  的直升飞机通过质量不可忽略的软绳，打捞河中质量为  $m$  的物体，已知重力加速度大小为  $g$ 。由于河水的水平流动带动物体使软绳偏离竖直方向，当直升飞机悬停在空中且软绳和物体均相对地面静止时，假设与物体相连的绳端切线与水平方向成  $\theta$  角，此时（ ）
  - 绳对物体的拉力一定为  $\frac{mg}{\sin\theta}$
  - 河水对物体的作用力可能小于  $mg \cos\theta$
  - 河水对物体的作用力可能等于  $\frac{mg}{\tan\theta}$
  - 空气对直升机的作用力一定等于  $(M+m)g$

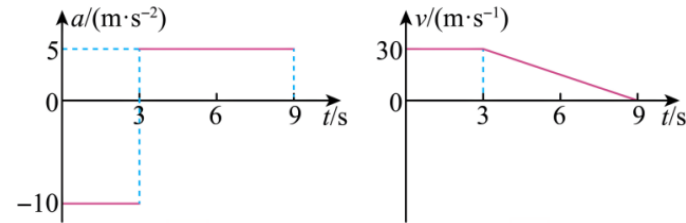


- 如图所示，质量为  $M=2\text{kg}$  的木块  $ABC$  静止在水平地面上， $AC$  的倾角为  $30^\circ$ 。将一质量为  $m=1\text{kg}$  的滑块轻放到  $AC$  上时，滑块恰能保持静止。现给滑块施加一个斜向下，与  $AC$  夹角为  $30^\circ$ ，大小为  $2\text{N}$  的恒力  $F$ ，滑块做匀加速运动，木块仍静止。已知最大静摩擦力等于滑动摩擦力，施加  $F$  后，下列说法正确的是（ ）
  - 水平地面对木块的摩擦力为零
  - 水平地面对木块的摩擦力向左
  - 滑块的加速度大小为  $\sqrt{3}\text{m/s}^2$
  - 水平地面对木块的支持力大小为  $(30+\sqrt{3})\text{N}$

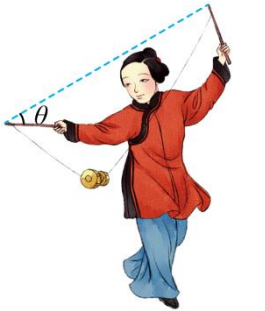


## 二、多项选择题（每小题 6 分，全部选对得 6 分，选对但不全得 3 分，有选错或不答的得 0 分，共 18 分）

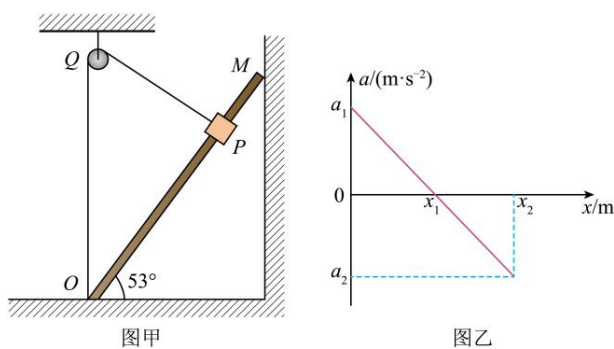
- 物理兴趣小组的同学用两个相同的遥控小车沿直线进行追逐比赛，两小车分别安装不同的传感器并连接到计算机中，A 小车安装加速度传感器，B 小车安装速度传感器，两车初始时刻速度大小均为  $v_0=30\text{m/s}$ ，A 车在前、B 车在后，两车相距  $100\text{m}$ ，其传感器读数与时间的函数关系图像如图所示，规定初始运动方向为正方向。下列说法正确的是（ ）
  - $t=3\text{s}$  时两车间距离为  $25\text{m}$
  - $3\sim 9\text{s}$  内，A 车的加速度大小与 B 车的加速度大小相等
  - $0\sim 9\text{s}$  内两车最近距离为  $10\text{m}$
  - $0\sim 9\text{s}$  内两车必能相遇一次



- 抖空竹是国家非物质文化遗产之一，在某次抖空竹表演时，表演者的左右手所持杆和空竹位置如图所示，此时左手高于右手，轻绳两端位置之间的连线与水平方向成  $\theta$  角，空竹悬挂在轻绳上。现保持右手所持杆水平且位置不动，只人为改变一个条件，始终保持空竹处于平衡状态，不考虑空竹的转动及轻绳与空竹之间的摩擦，下列说法正确的是（ ）
  - 若更换为更长的轻绳，绳子的拉力将变小
  - 若更换为更长的轻绳，绳子的拉力将不变
  - 若使左手持杆缓慢竖直向下移动至  $\theta=0^\circ$  的过程中，绳子拉力逐渐变小
  - 若使左手持杆顺时针缓慢以右杆为圆心画圆弧移动至  $\theta=0^\circ$  的过程中，绳子拉力逐渐变大



10. 如图甲所示，一根粗糙的直杆  $OM$  被固定在墙角，与水平面的夹角为  $53^\circ$ ，其上套着一质量为  $1\text{kg}$  的滑块。弹性轻绳一端固定于  $O$  点，另一端跨过固定在  $Q$  处 ( $O$  点正上方) 的光滑定滑轮与位于直杆上  $P$  点的滑块拴接，弹性轻绳原长为  $OQ$ ， $PQ$  为  $1.6\text{m}$  且垂直于  $OM$ ，以  $P$  点为原点，沿杆向下建立  $x$  轴。现将滑块无初速度释放，已知滑块下滑过程中的加速度与位移的关系图像是一条直线，如图乙所示，图中  $x_1$  大小为  $0.64\text{m}$ ， $x_2$  为滑块刚好减速为零的位置坐标。最大静摩擦力等于滑动摩擦力，弹性轻绳上弹力  $F$  的大小与其伸长量  $l$  满足关系式： $F=kl$ ，其中  $k=10\text{N/m}$ ，重力加速度  $g$  取  $10\text{m/s}^2$ ， $\sin 53^\circ=0.8$ 。下列说法正确的是 ( )

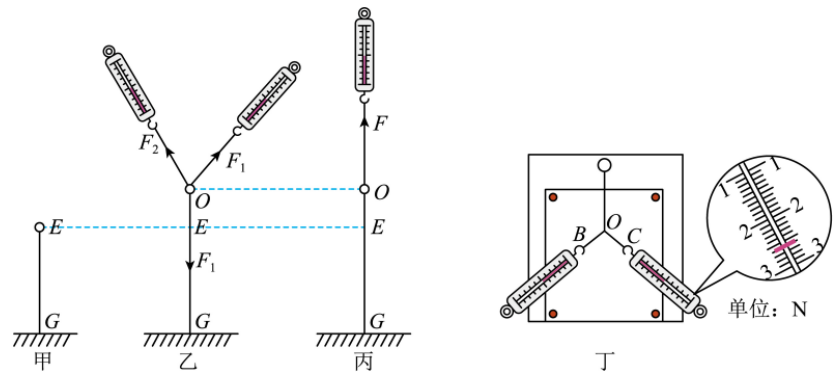


- A. 滑块与直杆间的动摩擦因数为  $\mu = \frac{4}{15}$
- B. 图乙中  $x_2 = 2x_1$
- C. 图乙中  $a_1 = -a_2 = 6.4\text{m/s}^2$
- D. 滑块沿杆上滑过程中速度最大的位置也在  $x_1$  点

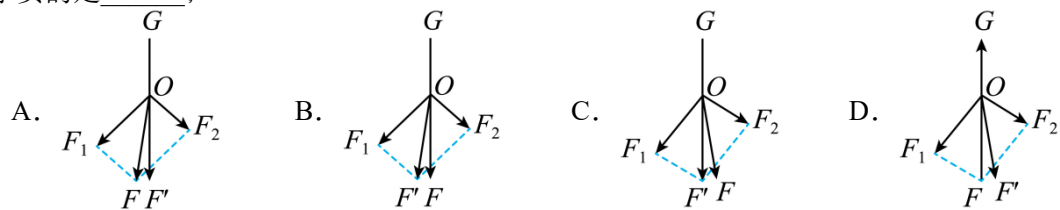
三、实验题 (每空 2 分，本题共 16 分)

11. 某实验小组做“探究两个互成角度的力的合成规律”的实验时，操作有：

- ①将白纸固定在木板上，橡皮条的一端连接轻质小圆环，另一端固定在  $G$  点；用手通过两个弹簧测力计共同拉动小圆环，使小圆环静止于  $O$  点；
- ②记录  $O$  点的位置和两拉线的方向，并读出两弹簧测力计的示数  $F_1$  和  $F_2$ ；
- ③撤去  $F_1$ 、 $F_2$ ，改用一个力单独拉住小圆环，仍使它处于  $O$  点；记录拉线的方向，并读出弹簧测力计的示数  $F'$ ；
- ④用力的图示法画出拉力  $F_1$ 、 $F_2$  及  $F'$  的图示，用虚线把拉力  $F'$  的箭头端分别与  $F_1$ 、 $F_2$  的箭头端连接，围成的形状像是一个平行四边形；
- ⑤用作图工具进行检验，并改变拉力的大小和方向，重做上述实验，检验所围成的图形是不是平行四边形，进而得出实验结论。



- (1) 某次实验中弹簧测力计的示数如图丁所示，则示数为  $\underline{\quad\quad}$  N；
- (2) 用作图工具进行检验时，可以以  $F_1$ 、 $F_2$  为邻边作平行四边形，得出合力的理论值  $F$ 。下图中符合实验事实的是  $\underline{\quad\quad}$ ；

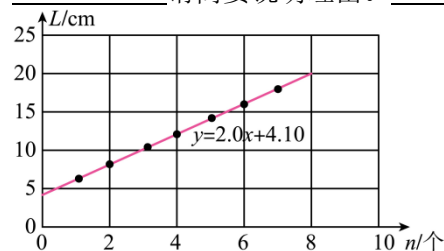


(3) 小明同学将其中一个弹簧测力计拆去面板后悬挂在铁架台上，并用刻度尺测出挂不同钩码后弹簧的长度，已知每个钩码重力为  $0.5\text{N}$ ，得到如下表所示的数据：

$n$ (钩码个数) 个	1	2	3	4	5	6	7	8
$L$ (弹簧长度) /cm	6.10	8.10	10.11	12.10	14.09	16.10	18.09	20.11

小明利用 Excel 作出  $L-n$  图像如图所示。小明依据图线认为弹簧原长为  $4.10\text{cm}$ 。你是否同意他的观点？

请简要说明理由。  $\underline{\hspace{10cm}}$

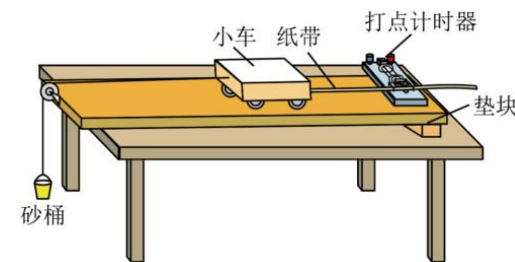
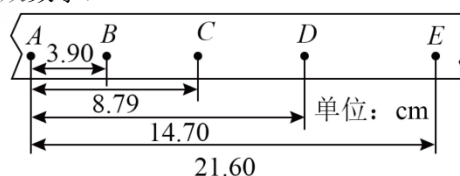


12. 做“探究加速度与力、质量的关系”的实验。

(1) 如图所示的实验装置，在实验中，需要平衡摩擦力和其它阻力，在此过程中，下列说法正确的是  $\underline{\quad\quad}$

- A. 小车后面不能拖纸带
- B. 系在小车的细绳上不能悬挂小桶
- C. 打点计时器必须接通电源

(2) 在上图所示装置中，在纸带上标出了连续的 5 个计数点  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ ，相邻两个计数点之间都有 4 个点迹没有标出，所用交流电源的频率为  $50\text{Hz}$ 。通过测量，小车此次运动的加速度的测量值  $a = \underline{\quad\quad}$   $\text{m/s}^2$ 。(计算结果保留 2 位有效数字)

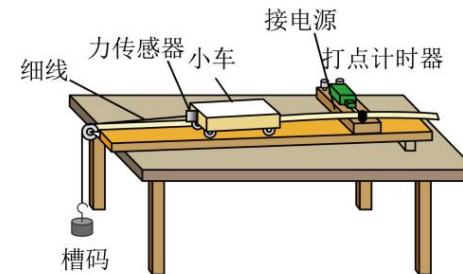
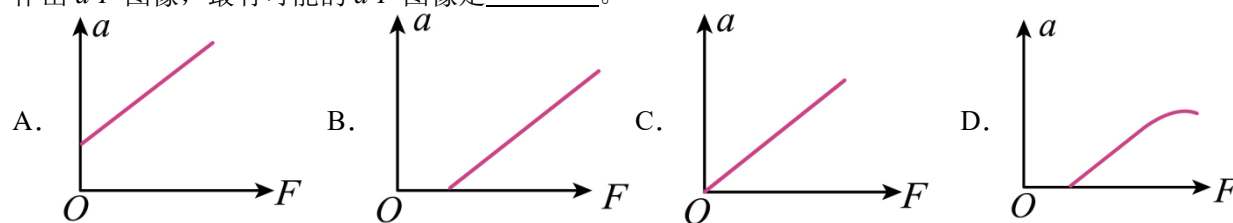


(3) 若采用传感器测量数据进行实验，装置如图所示，在小车前固定一无线式力传感器 (通过无线传输方式在电脑上显示拉力的大小)，细绳系在力传感器上，钩码的总质量用  $m$  表示，小车 (含车内钩码) 和力传感器的总质量用  $M$  表示。

①该实验中，在保持  $M$  一定的前提下，  $\underline{\quad\quad}$

- A. 需要满足  $m$  远小于  $M$ ，且需要平衡摩擦力
- B. 需要满足  $m$  远小于  $M$ ，不需要平衡摩擦力
- C. 不需要满足  $m$  远小于  $M$ ，但需要平衡摩擦力
- D. 不需要满足  $m$  远小于  $M$ ，也不需要平衡摩擦力

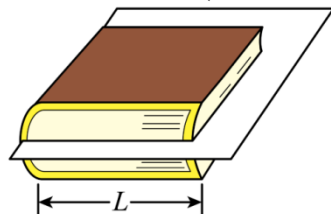
②若一位同学在上面①的两个选择中都选择了“不需要”，之后多次改变槽码的质量，重复实验，测得多组力  $F$  及对应的加速度  $a$ ，作出  $a-F$  图像，最有可能的  $a-F$  图像是  $\underline{\quad\quad}$ 。



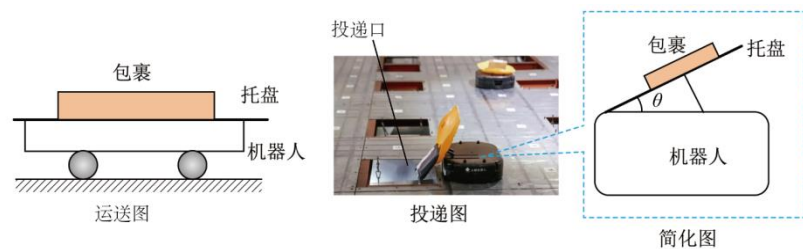
四、解答题（本题3个小题，共38分）

13. (10分) 如图所示，一本大字典置于桌面上，一张A4纸(质量和厚度均可忽略不计)夹在字典最深处。假设字典的质量分布均匀，同一页纸上的压力分布也均匀，字典总质量  $M=3\text{kg}$ ，宽  $L=20\text{cm}$ ，高  $H=6\text{cm}$ ，A4纸上、下表面与书页之间的动摩擦因数均为  $\mu_1=0.5$ ，字典与桌面之间的动摩擦因数为  $\mu_2$ ，各接触面的最大静摩擦力等于滑动摩擦力，水平向右拉动A4纸，当A4纸上方部分字典的高度  $h$  为  $4\text{cm}$  时，字典恰好能被拖动。重力加速度  $g$  取  $10\text{m/s}^2$ ，求：

- (1) (4分) 字典与桌面之间的动摩擦因数  $\mu_2$ ；
- (2) (6分) 若将A4纸夹在字典最深处，A4纸上方部分字典的高度  $h$  为  $3\text{cm}$ ，用水平向右的拉力  $F$  将A4纸从字典中匀速抽出，当A4纸抽出位移为  $x$  时，写出A4纸受到的压力  $F_N$ 、拉力  $F$  与A4纸位移  $x$  的函数表达式。(在抽出A4纸的过程中，只有与A4纸上方重叠部分的字典才对A4纸有压力)。



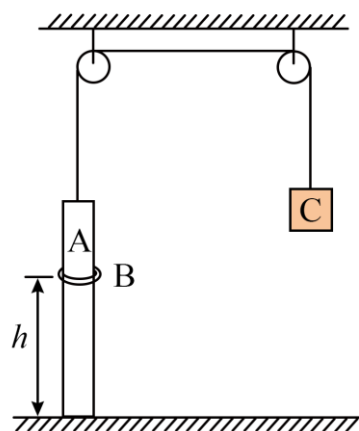
14. (12分) 如图所示为某快递公司利用机器人运送、投递包裹的场景，机器人将其水平托盘上的包裹由静止送至指定投递口，停止运动后缓慢翻起托盘，让包裹滑入投递口。其启动和制动过程可视为匀变速直线运动，当托盘倾角增大到  $37^\circ$  时，包裹恰好开始下滑，如简化图所示。现机器人要把一质量  $m=4\text{kg}$  的包裹沿直线运至相距  $L=45\text{m}$  的投递口处，在运送中包裹与水平托盘始终保持相对静止，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，求：



- (1) (3分) 包裹与水平托盘的动摩擦因数  $\mu$ ；
- (2) (4分) 机器人启动过程中允许的加速度最大值  $a_m$ ，及此时托盘对包裹的作用力  $F$  的大小；
- (3) (5分) 若机器人运行的最大速度为  $v_m=3\text{m/s}$ ，则机器人由静止运行至投递口(恰好静止)所需的最短时间  $t$ 。

15. (16分) 一质量为  $m$  的粗糙直木棒A静置于水平地面上，木棒上端通过一轻绳跨过滑轮与质量为  $m$  的重物C连接，质量为  $2m$  的小环B套在木棒上。  $t=0$  时刻，小环以  $v_0=4\sqrt{2}\text{m/s}$  的速度从距木棒底部  $h=1.925\text{m}$  的位置沿木棒向上滑动，同时由静止释放重物C。当木棒第一次与水平地面相碰时，连接重物C的细绳断裂，且每次木棒与地面碰撞时均原速率反弹。已知木棒与小环间的滑动摩擦力  $f=mg$ ，小环可以看作质点，且整个过程中小环不会从木棒上端滑出。取  $g=10\text{m/s}^2$ ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，忽略空气阻力以及滑轮与轻绳间的摩擦力，求：

- (1) (4分)  $t=0$  时刻，小环和木棒的加速度；
- (2) (6分) 木棒第一次与地面碰撞时的速度大小；
- (3) (6分) 小环从木棒下端滑出前，木棒与地面碰撞的次数  $n$ ，及滑出瞬间小环与水平地面间的距离  $d$ 。



树德中学高 2025 级高一上学期半期考试物理试题参考答案

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	B	C	C	D	A	C	A	BC	AD	BC

11. (1)2.58/2.59/2.60/2.61/2.62/2.63

(2)A

(3)不同意 弹簧原长是不受任何外力（理想失重状态）时的长度；在实际操作中，通常将弹簧水平放置并不受其他外力的方式来近似测量弹簧原长；小明作出的  $L-n$  图像的纵截距是弹簧在自身重力作用下的长度，不是弹簧原长，原长应小于该截距 4.10cm。

【详解】(1)“探究两个互成角度的力的合成规律”实验，首先要进行实验装置的安装与初始操作，即③将白纸固定在木板上，橡皮条一端连小圆环，另一端固定，用两个弹簧测力计拉小圆环至  $O$  点；接着①记录  $O$  点位置、两拉线方向和  $F_1$ 、 $F_2$  示数；然后②撤去  $F_1$ 、 $F_2$ ，用一个力拉小圆环至  $O$  点，记录方向和  $F'$  示数；之后⑤用力的图示法画出  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F'$ ，连接箭头端看形状；最后④用作图工具检验并重复实验。所以合理顺序是③①②⑤④。

(2)由图丁可知，弹簧测力计的分度值是 0.1N，此时指针指向 2.60N 刻度线处，所以示数为 2.60N。

(3)实验中， $F'$  是用一个弹簧测力计拉小圆环时的实际合力（实验值），应与  $GO$  在同一直线上； $F$  是根据平行四边形定则，以  $F_1$ 、 $F_2$  为邻边作出的合力（理论值），应是平行四边形的对角线。观察选项只有 A 符合实验事实。

故选 A。

(4)A. 橡皮条不需要与两拉线夹角的平分线在同一直线上，只要两次拉橡皮条都使小圆环到  $O$  点即可，该措施不能减小误差，故 A 错误；

B. 用两个弹簧测力计拉橡皮条时，弹簧测力计必须与木板平行，这样才能保证力在同一平面内，测量更准确，若不平行会增大误差，故 B 错误；

C. 两个拉线的夹角不需要必须是  $90^\circ$ ，只要合适即可，该要求不是减小误差的措施，故 C 错误；

D. 拉小圆环的拉线适当长一点，记录拉线方向的两点适当远一点，这样能更准确地确定力的方向，减小实验误差，故 D 正确。

故选 D。

(5) [1]不同意小明的观点。

[2]弹簧原长是不受任何外力（理想失重状态）时的长度；在实际操作中，通常将弹簧水平放置并不受其他外力的方式来近似测量弹簧原长；小明作出的  $L-n$  图像的纵截距是弹簧在自身重力作用下的长度，不是弹簧原长，原长应小于该截距 4.10cm。

12. (1)BC

(2)1.0

(3) C B

【详解】(1) A. 平衡摩擦力时研究对象是小车，是让小车所受的滑动摩擦力以及纸带与打点计时器间的摩擦力等于小车所受重力沿斜面的分量，故平衡摩擦力时，应将纸带连接在小车上并穿过打点计时器，以平衡由于纸带与打点计时器之间的摩擦而产生的摩擦阻力，故 A 错误；

B. 平衡摩擦时，小车不受外力作用下做匀速直线运动，所以不挂小桶，故 B 正确；

C. 打点计时器必须接通电源，纸带上打的点均匀，说明小车做匀速运动，刚好平衡摩擦力，故 C 正确。故选 BC。

(2) 相邻两个计数点之间都有 4 个点迹没有标出，则计数点间的间隔为  $T = 5 \times 0.02s = 0.1s$

根据逐差法得小车的加速度  $a = \frac{x_{CE} - x_{AC}}{(2T)^2} = \frac{(21.6 - 8.79 - 8.79) \times 10^{-2}}{4 \times 0.1^2} \approx 1.0m/s^2$

(3) [1]用无线式力传感器来测量小车受到的拉力时，力传感器可以读取绳的拉力，所以不需要满足所挂钩码质量远小于小车质量；但仍要平衡摩擦力；故选 C；

[2]若未平衡摩擦力，由牛顿第二定律有  $F - \mu Mg = Ma$

整理可得  $a = \frac{1}{M}F - \mu g$

因用力传感器测出了绳的拉力，则图像不会弯曲，而  $a-F$  图像为倾斜直线有横截距，故选 B。

13. (1)  $\frac{2}{3}$  (4 分)；(2)  $F = 15 - 75x$  (6 分)

【详解】(1) 当 A4 纸上方部分字典的高度  $h$  为 4cm 时，即高于桌面 2cm，字典恰好能被拖动，则 A4 纸上方部分字典的质量为  $m$ ，则有

$$m = \frac{h}{H}M = 2kg$$

对字典受力平衡，则在竖直方向上有

$$F_N = mg = 20N$$

故根据牛顿第三定律可知，A4 纸受到字典对白纸的正压力为 20N；

在水平方向有，A4 纸对字典的摩擦力

$$f = f_{\text{桌}}$$

而

$$f_{\text{桌}} = \mu_2 Mg, \quad f = 2\mu_1 mg$$

代入数据得

$$\mu_2 = \frac{2}{3}$$

(2) A4 纸夹在离桌面的高度为 3cm 处，高于 2cm，所以字典拖不动，当 A4 纸抽出位移为  $x$  时，纸上方的压力

$$F_N = \frac{Mg(L-x)}{2L}$$

此时 A4 纸受到的拉力大小

$$F = f = 2\mu_1 F_N$$

联立得

$$F = \mu_1 Mg \frac{L-x}{L}$$

代入数据解得

$$F = 15 - 75x$$

14. (1)  $\mu = 0.75$  (3 分)

(2)  $a_m = 7.5m/s^2$ ； $F = 50N$  (4 分)

(3)  $t = 15.4s$  (5 分)

【详解】(1) 包裹恰好下滑时，根据共点力平衡条件有  $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = 0$  解得  $\mu = \tan \theta = 0.75$

(2) 水平以最大加速度启动时  $\mu mg = ma_m$

$$\text{得 } a_m = 7.5m/s^2$$

根据牛顿第二定律可知，水平分力  $F_x = ma = 30N$

竖直分力  $F_y = mg = 40N$

根据力的合成可知，作用力  $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 50N$

(3) 整个运送过程经历匀加速、匀速、匀减速三个过程，匀加速、匀减速过程  $t_{\text{加}} = t_{\text{减}} = \frac{v_m}{a_m} = 0.4s$ ，

$$x_{\text{加}} = \frac{v_m}{2} \cdot t_{\text{加}} = 0.6m$$

匀速过程  $x_{匀} = L - 2x_{加} = 43.8\text{m}$

匀速运动的时间为  $t_{匀} = \frac{x_{匀}}{v_{匀}} = 14.6\text{s}$

最短时间  $t = t_{加} + t_{减} + t_{匀} = 15.4\text{s}$

15. (1)  $15\text{m/s}^2$ , 方向竖直向下,  $5\text{m/s}^2$ , 方向竖直向上; (4 分)

(2)  $2\text{m/s}$ ; (6 分)

(3) 4 次,  $0.1\text{m}$  (6 分)

【详解】(1)  $t = 0$  时刻, 小环相对于木棒向上运动, 小环所受滑动摩擦力向下, 根据牛顿第二定律有

$$f + 2mg = 2ma_1$$

解得

$$a_1 = 15\text{m/s}^2$$

该加速度方向竖直向下。对木棒与重物整体分析, 根据牛顿第二定律有

$$mg + f - mg = (m + m)a_2$$

解得

$$a_2 = 5\text{m/s}^2$$

该加速度方向竖直向上。

(2) 根据上述可知, 小环开始向上做匀减速直线运动, 木棒与重物做匀加速直线运动, 经历时间  $t_0$  达到相等速度, 则有

$$v_{共} = v_0 - a_1 t_0 = a_2 t_0$$

解得

$$t_0 = \frac{\sqrt{2}}{5}\text{s}, \quad v_{共} = \sqrt{2}\text{m/s}$$

此过程木棒的位移

$$x_1 = \frac{v_{共}}{2} t_0$$

解得

$$x_1 = 0.2\text{m}$$

此过程小环的位移

$$x_2 = \frac{v_0 + v_{共}}{2} t_0$$

此过程小环相对于木棒向上运动, 相对位移大小为

$$x_0 = x_2 - x_1$$

解得

$$x_0 = 0.8\text{m}$$

之后小环、木棒与重物以大小相等的加速度做双向匀变速直线运动, 根据牛顿第二定律有

$$mg + 2mg - mg = (m + m + 2m)a_3$$

解得

$$a_3 = 5\text{m/s}^2$$

取向上为正方向, 根据速度与位移的关系式有

$$v_1^2 - v_{共}^2 = -2a_3(-x_1)$$

解得

$$v_1 = 2\text{m/s}$$

(3) 结合上述, 小环、木棒与重物以大小相等的加速度做双向匀变速直线运动到与地面第一次碰撞时,

环与木棒下端间距为

$$L = x_0 + h = 2.725\text{m}$$

碰撞时, 连接重物 C 的细绳断裂, 碰撞后, 小环向下做匀加速直线运动, 根据牛顿第二定律有

$$2mg - f = 2ma_4$$

解得

$$a_4 = 5\text{m/s}^2$$

木棒反弹后向上做匀减速直线运动, 对木棒, 根据根据牛顿第二定律有

$$mg + f = ma_5$$

解得

$$a_5 = 20\text{m/s}^2$$

小环向下做匀加速直线运动, 木棒向上做双向匀变速直线运动, 根据对称性可知, 在木棒与地面再次碰撞之前, 小环速度始终大于木棒速度, 即小环在之后的碰撞过程中始终向下做匀加速直线运动, 木棒一直重复第一次碰撞之后的双向匀变速直线运动, 可知, 每一次木棒上升到最高点的时间为

$$t_1 = \frac{v_1}{a_5} = 0.1\text{s}$$

利用逆向思维, 木棒上升的最大高度为

$$h_0 = \frac{1}{2} a_5 t_1^2 = 0.1\text{m}$$

可知, 环在到达离地面高度为  $h_0$  之前都不会与木棒分离, 对小环有

$$v_1 t_2 + \frac{1}{2} a_4 t_2^2 = L - h_0$$

解得

$$t_2 = 0.7\text{s}$$

则木棒与地面碰撞的次数为

$$n = \frac{0.7 - 0.1}{0.1 \times 2} + 1 = 4$$

且第四次碰撞后, 木棒上升到最高点时恰好与小环分离, 可知, 此时, 小环离地面的高度

$$d = h_0 = 0.1\text{m}$$