



2023 北京清华附中高一（上）期末

物 理

（清华附中高 22 级）

一、单项选择题（本题共 10 小题，在每小题给出的四个选项中，只有一个选项是符合题意的。每小题 3 分，共 30 分）

1. 下列物理量中，属于标量的是（ ）

- A. 速度 B. 力 C. 加速度 D. 路程

2. 下列与惯性相关的说法，正确的是（ ）

- A. 物体速度越大时惯性越大
B. 惯性只与物体的质量有关，物体的质量越大，物体的惯性就一定越大
C. 在太空中的宇宙飞船内的物体不存在惯性
D. 我们推动静止的箱子比维持正在运动箱子的运动要费力，这说明静止的物体惯性大

3. 光导纤维的结构如图所示，其内芯和外套材料不同，光在内芯中传播。以下关于光导纤维的说法正确的是（ ）



- A. 内芯的折射率比外套大，光传播时在内芯与外套的界面发生全反射
B. 内芯的折射率比外套小，光传播时在内芯与外套的界面发生全反射
C. 内芯的折射率比外套小，光传播时在内芯与外套的界面发生折射
D. 内芯的折射率与外套相同，外套的材料有韧性，可以起保护作用

4. 某次踢毽子的过程中，毽子离开脚后，恰好沿竖直方向向上运动，到达最高点后又向下落回。毽子在运动过程中受到的空气阻力不可忽略。下列说法中正确的是（ ）

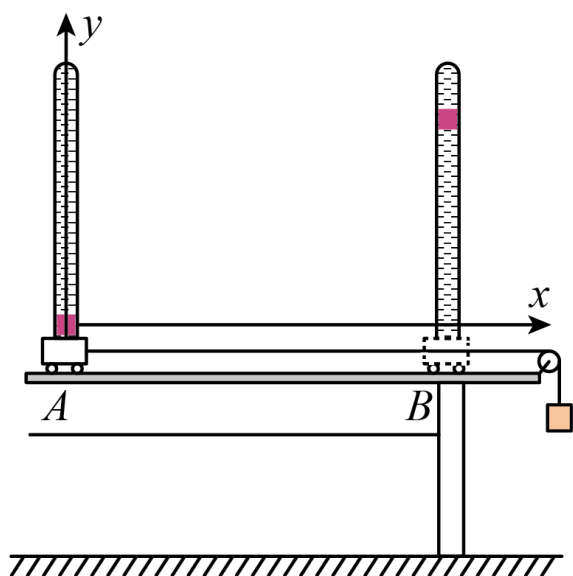


- A. 毽子从最高点下落的过程中做自由落体运动
B. 毽子离开脚后，向上运动的时间比下落的时间短
C. 毽子离开脚后，在向上运动的过程中，它的速度先变大后变小
D. 在毽子与脚相互作用的过程中，毽子对脚的作用力小于脚对毽子的作用力
5. 关于匀速圆周运动的速度、加速度以及速率的变化情况，以下说法中正确的是



- A. 速度不变，加速度改变
- B. 速率不变，加速度不变
- C. 速度不变，加速度不变
- D. 速率不变，加速度改变

6. 在长约 1.0m 的一端封闭的玻璃管中注满清水，水中放一个适当的圆柱形的红蜡块，将玻璃管的开口端用胶塞塞紧，并迅速竖直倒置，红蜡块就沿玻璃管由管口匀速上升到管底。将此玻璃管倒置安装在小车上，并将小车置于水平导轨上。若小车一端连接细线绕过定滑轮悬挂小物体，小车从 A 位置匀速运动，同时红蜡块沿玻璃管匀速上升。经过一段时间后，小车运动到虚线表示的 B 位置，如图所示。按照图建立坐标系，在这一过程中红蜡块实际运动的轨迹可能是图中的（ ）



- A.

B.

C.

D.

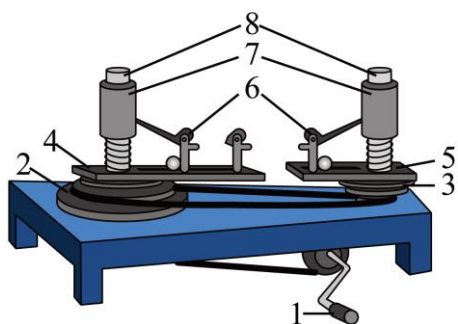
7. 关于物体的加速度，下列说法中正确的是（ ）

- A. 物体的速度变化越快，它的加速度也一定越大
- B. 物体的速度越大，它的加速度一定越大



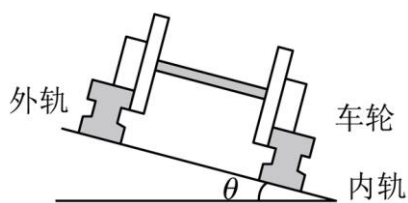
- C. 运动的物体一定有加速度
- D. 物体的速度为零，它的加速度也一定为零

8. 演示向心力的仪器如图所示。转动手柄 1，可使变速塔轮 2 和 3 以及长槽 4 和短槽 5 随之匀速转动。皮带分别套在塔轮 2 和 3 上的不同圆盘上，可使两个槽内的小球分别以几种不同的角速度做匀速圆周运动。小球做圆周运动的向心力由横臂 6 的挡板对小球的压力提供，球对挡板的反作用力，通过横臂的杠杆使弹簧测力套筒 7 下降，从而露出标尺 8，标尺 8 上露出的红白相间等分格子的多少可以显示出两个球所受向心力的大小。现将小球分别放在两边的槽内，为探究小球受到的向心力大小与角速度的关系，下列做法正确的是 ()



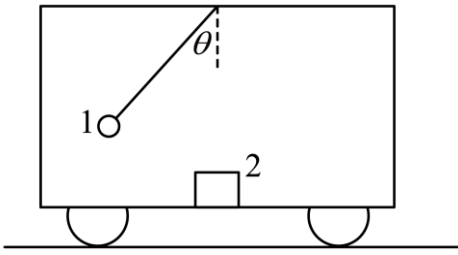
- A. 在小球运动半径不等的情况下，用质量不同的钢球做实验
- B. 在小球运动半径不等的情况下，用质量相同的钢球做实验
- C. 在小球运动半径相等的情况下，用质量相同的钢球做实验
- D. 在小球运动半径相等的情况下，用质量不同的钢球做实验

9. 铁路在弯道处的内外轨道高度是不同的，已知内外轨道平面对水平面倾角为 θ ，如图所示，弯道处的圆弧半径为 R ，若质量为 m 的火车转弯时速度小于 $\sqrt{gR \tan \theta}$ ，则 ()



- A. 内轨对内侧车轮轮缘有挤压
- B. 外轨对外侧车轮轮缘有挤压
- C. 这时铁轨对火车的支持力等于 $\frac{mg}{\cos \theta}$
- D. 这时铁轨对火车的支持力大于 $\frac{mg}{\cos \theta}$

10. 如图所示，质量为 m_1 的球 1 通过轻绳悬挂在车顶，绳与竖直方向成 θ 角，质量为 m_2 的物体 2 放在车厢地板，二者相对车是静止的。下列说法正确的是 ()



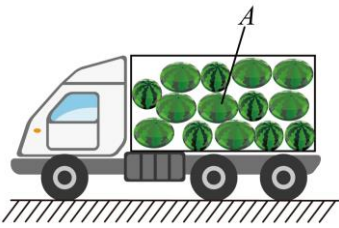
- A. 车具有向右、大小为 $g \sin \theta$ 的加速度
- B. 车具有向左、大小为 $g \tan \theta$ 的加速度
- C. 物体 2 受到大小为 $m_2 g \sin \theta$ 静摩擦力
- D. 物体 2 受到大小为 $m_2 g \tan \theta$ 的静摩擦力

二、多项选择题（本题共 4 小题。在每小题的四个选项中，有多项符合题目要求。每小题 3 分，共 12 分。每小题全选对的得 3 分，选对但不全的得 2 分，只要有选错的该小题不得分）

11. 在国际单位制中，选定了七个物理量为基本物理量，其中力学物理量有三个。下列各物理量单位中属于基本单位的是

- A. N
- B. s
- C. J
- D. kg

12. 如图所示，有一辆满载西瓜的汽车在水平路面向左沿直线做匀加速运动，加速度大小为 a ，其中一质量为 m 的西瓜 A 受到其他西瓜对它的作用力的合力为 F ，则关于 F 的大小和方向的判断正确的是（ ）

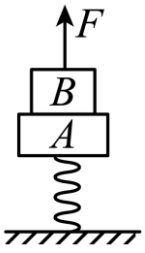


- A. F 的方向向左偏上
- B. F 的方向水平向左
- C. F 的大小为 $m\sqrt{g^2 + a^2}$
- D. F 的大小为 ma

13. 关于曲线运动下列叙述正确的是（ ）

- A. 做曲线运动的物体速度方向在时刻改变，故曲线运动不可能是匀变速运动
- B. 物体受到一个方向不断改变的力，才可能做曲线运动
- C. 物体不受外力时由于惯性而持续的运动不可能是曲线运动
- D. 做曲线运动物体的速度与其加速度不在一条直线上

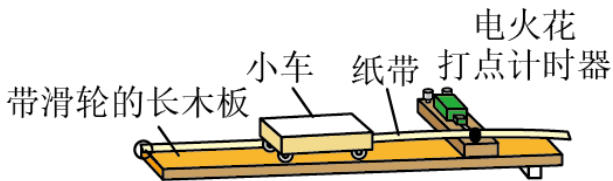
14. 如图所示，质量都为 m 的 A 、 B 两物体叠放在竖直弹簧上并保持静止，现用大小等于 $\frac{mg}{2}$ 的恒力 F 向上拉 B ，当运动距离为 h 时 B 与 A 分离。已知重力加速度为 g 。则下列说法中正确的是（ ）



- A. B 和 A 刚分离时，弹簧弹力大于 mg
- B. B 和 A 刚分离时，它们的加速度方向竖直向下
- C. 弹簧的劲度系数等于 $\frac{3mg}{2h}$
- D. 在 B 与 A 分离之前，它们运动的加速度大小一直在减小

三、填空题（本题共 2 小题，共 18 分）

15. 某同学用如图所示的实验装置验证牛顿第二定律，请回答下列有关此实验的问题：



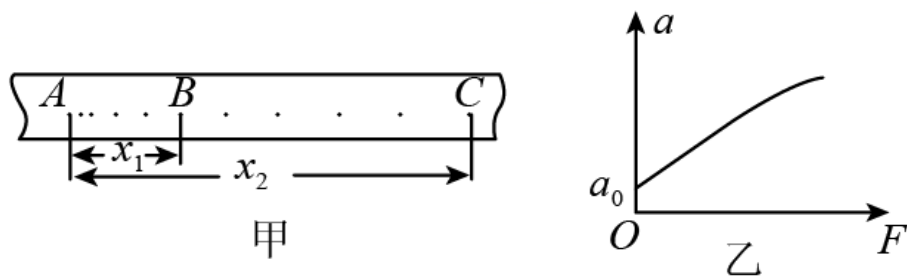
(1) 该同学在实验前准备了图中所示的实验装置及下列辅助器材：

- A. 交流电源、导线
- B. 天平(含配套砝码)
- C. 秒表
- D. 刻度尺
- E. 细线、砂和小砂桶

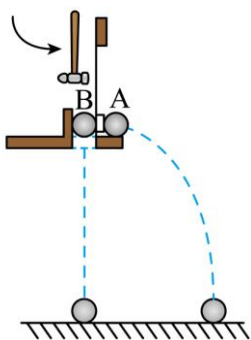
其中不必要的器材是 _____ (填代号).

(2) 打点计时器在小车拖动的纸带上打下一系列点迹，以此记录小车的运动情况。其中一部分纸带上的点迹情况如图甲所示，已知打点计时器打点的时间间隔 $T=0.02s$ ，测得 A 点到 B 、 C 点的距离分别为 $x_1=5.99cm$ 、 $x_2=13.59cm$ ，则在打下点迹 B 时，小车运动的速度 $v_B=$ _____ m/s ；小车做匀加速直线运动的加速度 $a=$ _____ m/s^2 。（结果保留三位有效数字）

(3) 在验证“质量一定，加速度 a 与合外力 F 的关系”时，某学生根据实验数据作出了如图乙所示的 $a-F$ 图象，其中图线不过原点的原因是 _____，图线在末端弯曲的原因是 _____。



16. 在“探究平抛运动的特点”实验中，两个实验小组选用不同的仪器进行实验。



(1) 第一组选用了图所示的装置，实验操作是：在小球 A、B 处于某一高度时，用小锤轻击弹性金属片，使 A 球水平飞出，同时 B 球被松开。观察到的现象是：小球 A、B _____ (选填“同时”或“不同时”) 落地。

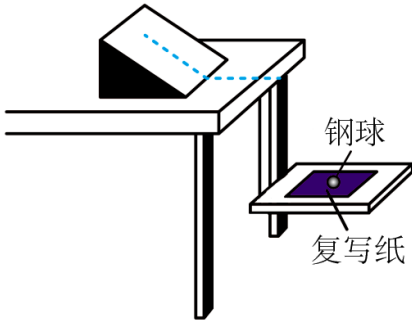
(2) 让 A、B 两球恢复初始状态，高度不变，用较大的力敲击弹性金属片。则 _____。

- A. 小球 A 的运动时间变长
- B. 小球 A 的运动时间不变
- C. 小球 A、B 不同时落地
- D. 小球 A、B 仍同时落地

(3) 改变高度，重复实验。关于实验结论。以下说法正确 是 _____。

- A. 实验说明小球 A 在水平方向的运动特点
- B. 实验说明小球 A 在水平方向做匀速直线运动
- C. 实验说明小球 A 与 B 在竖直方向运动特点相同
- D. 实验说明小球 A 在竖直方向做自由落体运动

(4) 第二小组设计了一个探究平抛运动特点的家庭实验装置，如图所示。在水平桌面上放置一个斜面，每次都让钢球从斜面上的同一位置滚下，滚过桌边后钢球便做平抛运动。在钢球抛出后经过的地方水平放置一块木板 (还有一个用来调节木板高度的支架，图中未画)，木板上放一张白纸，白纸上有复写纸，这样便能记录钢球在白纸上的落点。已知平抛运动在竖直方向上的运动规律与自由落体运动相同，在此前提下，怎样探究钢球水平分速度的特点？请指出需要的器材，说明实验步骤。 _____



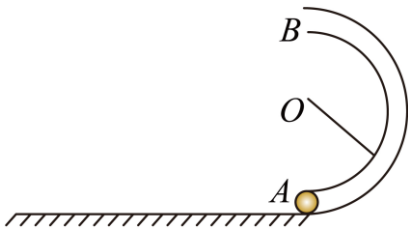
四、论述计算题（本题共 4 小题，共 40 分。要求写出必要的文字说明、方程式、演算步骤和答案。有数值计算的题，答案必须明确写出数值和单位。）

17. 商场工作人员从静止开始推着质量 $m=20\text{kg}$ 货箱沿水平地面加速滑行。已知推力 $F=120\text{N}$ ，摩擦力 $f=100\text{N}$ ， g 取 10m/s^2 ，求：

- (1) 货箱与地面之间的动摩擦因数；
- (2) 货箱运动的加速度大小；
- (3) 货箱运动 4.0s 时的速度和位移的大小。

18. 如图所示，一个固定在竖直平面上的光滑半圆形管道，管道里有一个直径略小于管道内径的小球，小球在管道内做圆周运动，从 B 点脱离管道后做平抛运动，落在管道底端 A 点左侧距离 $s=10\text{m}$ 处。已知半圆形管道的半径 $R=2.5\text{m}$ ，小球可看成质点且其质量 $m=0.5\text{kg}$ ，取重力加速度大小 $g = 10\text{m/s}^2$ 。求：

- (1) 小球在空中做平抛运动的时间；
- (2) 小球经过管道 B 点时的速度大小 v ；
- (3) 小球经过管道 B 点所受弹力的方向和大小。

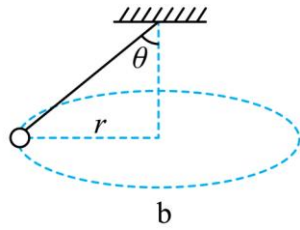
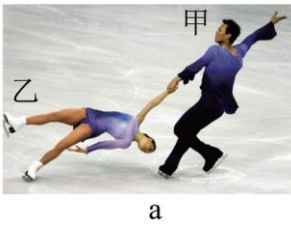


19. 2021 年花滑世锦赛 3 月 22 日至 28 日在瑞典斯德哥尔摩举行，这也是北京冬奥会的资格赛。如图 a 所示为某次训练中甲以自己为轴拉着乙做圆锥摆运动的精彩场面，若乙的质量为 $m=40\text{kg}$ ，伸直的手臂与竖直方向的夹角 $\theta = 53^\circ$ ，转动过程中乙的重心做匀速圆周运动的半径为 $r = 1.2\text{m}$ ，等效为如图 b 所示。忽略乙受到的摩擦力，取重力加速度为 $g = 10\text{m/s}^2$ ， $\pi^2=10$ ， $\sin 53^\circ = 0.8$ ， $\cos 53^\circ = 0.6$ 。求：

- (1) 当乙的角速度为 $\omega_1 = \frac{\pi}{3} \text{rad/s}$ 时，冰面对乙支持力的大小；
- (2) 乙刚要离开冰面时，乙的角速度 ω_2 的大小；

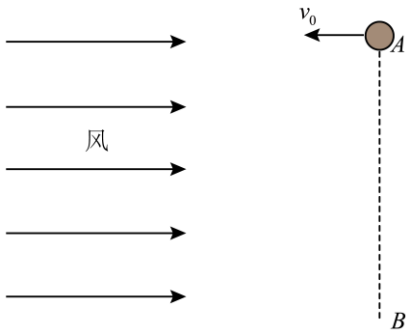


(3) 当乙的角速度为 $\omega_3 = \sqrt{\frac{40}{3}} \text{rad/s}$ 时，甲对乙拉力的大小。



20. 运动的合成与分解是分析复杂运动时常用的方法，可以将复杂运动分解为简单运动。如图所示，在 A 点以水平速度 $v_0=10\text{m/s}$ 向左抛出一个质量为 $m=1.0\text{kg}$ 的小球，小球抛出后始终受到水平向右恒定风力的作用，风力大小 $F=10\text{N}$ 。经过一段时间小球将到达 B 点， B 点位于 A 点正下方，重力加速度为 $g=10\text{m/s}^2$ 。

- (1) 求小球水平方向的速度为零时距 A 点的水平距离 x ；
- (2) 求 A 、 B 两点间的距离 y ；
- (3) 说明从 A 到 B 运动过程中小球速度大小的变化情况，并求出相应的最大值和最小值。





参考答案

一、单项选择题（本题共 10 小题，在每小题给出的四个选项中，只有一个选项是符合题意的。每小题 3 分，共 30 分）

1. 【答案】D

【解析】

【详解】试题分析：速度、和加速度都是既有大小又有方向的物理量，都是矢量；而路程只有大小无方向，故是标量，故选 D.

考点：矢量和标量

2. 【答案】B

【解析】

【详解】AB. 惯性只与物体的质量有关，物体的质量越大，物体的惯性就一定越大，故 A 错误，B 正确；

C. 在太空中的宇宙飞船内的物体仍然具有惯性，故 C 错误；

D. 我们推动静止的箱子比维持正在运动箱子的运动要费力，是因为最大静摩擦力大于滑动摩擦力，故 D 错误。

故选 B。

3. 【答案】A

【解析】

【详解】发生全反射的条件是光由光密介质射入光疏介质，所以内芯的折射率大，且光传播在内芯与外套的界面上发生全反射。

故选 A。

4. 【答案】B

【解析】

【详解】A. 毽子从最高点下落的过程中受到的空气阻力不可忽略，不是自由落体运动，故 A 错误；

B. 毽子离开脚后，向上运动过程中重力和空气阻力均向下，加速度大于 g ，向下运动过程中合外力为重力与空气阻力的差值，加速度小于 g 。位移大小相等，上升过程逆向考虑，根据 $s = \frac{1}{2}at^2$ 可知，毽子向上

运动的时间比下落的时间短，故 B 正确；

运动的比下落的时间短，故 B 正确；

C. 毽子离开脚后，在向上运动的过程中，合外力一直向下，速度一直减小，故 C 错误；

D. 在毽子与脚相互作用的过程中，毽子对脚的作用力和脚对毽子的作用力是作用力和反作用力，大小相



等，故 D 错误；

故选 B。

5. 【答案】D

【解析】

【详解】AB. 匀速圆周运动是曲线运动，速度方向时刻改变，但速度大小不变，所以速度在变，故 AC 错误。BD. 匀速圆周运动的合外力提供向心加速度，方向时刻指向圆心，方向一直在变，故加速度在改变，故 B 错误 D 正确。

6. 【答案】B

【解析】

【详解】红蜡块在水平方向与竖直方向均做匀速直线运动，无加速度，故合运动为匀速直线运动。故选 B。

7. 【答案】A

【解析】

【详解】A. 根据加速度的物理意义，加速度大的，速度变化快，加速度小的，速度变化慢，故 A 正确；BD. 根据加速度的定义 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ，速度的大小，与加速度的大小没有必然联系，速度大，加速度可能为零，速度为零，加速度可能很大，故 BD 错误；

C. 根据加速度的定义 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ，说明，有速度的变化就必然有加速度，运动的物体并不能说明有速度变化，比如匀速直线运动的物体，就没有加速度，故 C 错误。

故选 A。

8. 【答案】C

【解析】

【详解】根据

$$F = m\omega^2 r$$

可知要研究小球受到的向心力大小与角速度的关系，需控制小球的质量和半径不变。

故选 C。

9. 【答案】A

【解析】

【详解】AB. 当火车的重力和轨道对火车的支持力的合力恰好等于需要的向心力时，有



$$mg \tan \theta = m \frac{v^2}{R}$$

可得火车的速度为 $v = \sqrt{gR \tan \theta}$ ，当火车转弯的速度小于 $\sqrt{gR \tan \theta}$ 时，火车所需要的向心力减小，而重力与支持力的合力不变，所以合力大于所需要的向心力，内轨就要对火车产生一个向外的侧压力来抵消多余的力，所以此时内轨对内侧车轮轮缘有挤压，故 A 正确，B 错误；

CD. 当内外轨没有挤压力时，受重力和支持力，则有

$$N = \frac{mg}{\cos \theta}$$

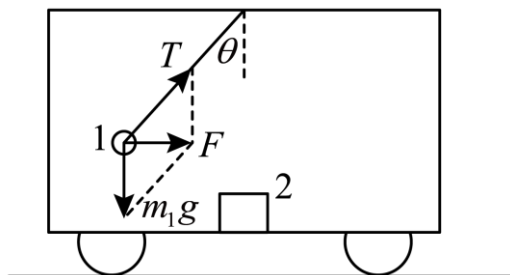
由于内轨对火车的作用力沿着轨道平面，可以把这个力分解为水平和竖直向上两个分力，由于竖直向上的分力的作用，使支持力变小，故 CD 错误。

故选 A。

10. 【答案】D

【解析】

【详解】AB. 小球 1 受力如图所示，由牛顿第二定律可得



$$m_1 g \tan \theta = m_1 a_1$$

$$a_1 = g \tan \theta$$

方向水平向右。

AB 错误；

CD. 球 1 与物体 2 相对静止，加速度相等， $a_1 = a_2$ ，对物体 2 则有

$$F_f = m_2 a_2 = m_2 g \tan \theta$$

C 错误，D 正确。

故选 D。

二、多项选择题（本题共 4 小题。在每小题的四个选项中，有多项符合题目要求。每小题 3 分，共 12 分。每小题全选对的得 3 分，选对但不全的得 2 分，只要有选错的该小题不得分）

11. 【答案】BD

【解析】



【详解】力学中的基本物理量有质量、时间、长度，所以对应基本单位是 kg, s, m.

A. 由 $F=ma$ 推导知 $1\text{N}=1\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ ，所以 N 是导出单位，故 A 错误.

BD.根据以上分析可知，s、kg 是基本单位，故 BD 正确.

C.由 $W = F \cdot S$ 可知， $1\text{J}=1\text{N}\cdot\text{m}$ ，所以 J 是导出单位，故 C 错误.

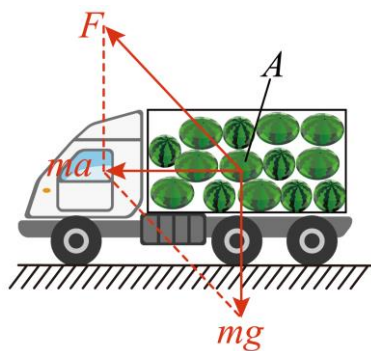
12. 【答案】AC

【解析】

【详解】对西瓜 A 受力分析，由对象上分析，只受到其他西瓜对它作用力的合力为 F 与自身重力作用，根据牛顿第二定律有

$$\vec{F} + \vec{mg} = \vec{ma}$$

如图所示



$$F = m\sqrt{a^2 + g^2} \text{ , 方向向左偏上}$$

所以 AC 正确；BD 错误；

故选 AC。

13. 【答案】CD

【解析】

【详解】A. 做曲线运动的物体速度方向在时刻改变，但加速度可以不变，这时物体做的是匀变速曲线运动，故 A 错误；

B. 只要物体受到与速度方向不共线的力的作用，物体就会做曲线运动，与力的方向是否改变无关，故 B 错误；

C. 物体不受外力由于惯性而持续的运动是匀速直线运动，不可能是曲线运动，故 C 正确；

D. 根据物体做曲线运动的条件：物体的速度与所受的合外力不在同一直线上，可知做曲线运动的物体的速度与其加速度不在一条直线上，故 D 正确。

故选 CD。

14. 【答案】BC



【解析】

【详解】AB. B 和 A 刚分离时，两物体加速度相等，且 AB 之间的弹力为零，则对 B

$$mg - F = ma$$

解得

$$a = \frac{1}{2}g$$

方向竖直向下，此时对 A

$$mg - F_{\text{弹}} = ma$$

解得

$$F_{\text{弹}} = \frac{1}{2}mg$$

即弹簧弹力小于 mg ，选项 A 错误，B 正确；

C. 开始时弹簧的弹力为 $2mg$ ，当向上运动 h 时弹力变为 $\frac{1}{2}mg$ ，则弹簧的劲度系数为

$$k = \frac{2mg - \frac{1}{2}mg}{h} = \frac{3mg}{2h}$$

选项 C 正确；

D. 对 AB 整体，分离之前

$$2mg - \frac{1}{2}mg - F_{\text{弹}} = 2ma$$

其中的 $F_{\text{弹}}$ 由 $2mg$ 减小到 $\frac{1}{2}mg$ 时，加速度先减小后反向增加，选项 D 错误。

故选 BC。

三、填空题（本题共 2 小题，共 18 分）

15. 【答案】 ①. C ②. 0.680 ③. 1.61 ④. 平衡摩擦力过度 ⑤. 砂和小砂桶 总质量 m 远小于小车和砝码的总质量 M

【解析】

【详解】(1) [1] 由于打点计时器就是一个计时装置，所以不需要秒表，选 C；

(2) [2][3] 由图中知 $T=0.1$ s，匀变速直线运动的平均速度等于时间中点的瞬时速度

$$v_B = \frac{x_2}{2T} = 0.680 \text{ m/s}$$

由 $\Delta x = aT^2$ 知

$$(x_2 - x_1) - x_1 = aT^2$$



解得

$$a = \frac{x_2 - 2x_1}{T^2}$$

由题中 $x_1=5.99\text{ cm}$ 、 $x_2=13.59\text{ cm}$ ，代入上式解得 $a=1.61\text{ m/s}^2$ 。

(3) [4][5]由题图乙知，当 $F=0$ 时， $a \neq 0$ ，说明重力的分力产生了加速度，原因是平衡摩擦力过度，所以图线不过原点的原因是平衡摩擦力过度；以小车、砂和小砂桶整体为研究对象得

$$mg = (M + m)a$$

以小车为研究对象得

$$F = Ma$$

联立解得

$$F = \frac{M}{M + m} mg = \frac{1}{1 + \frac{m}{M}} mg$$

当 $M \gg m$ 时 $F \approx mg$ ，在图线中， F 越大， mg 越大，就越不满足 $M \gg m$ 的条件，所以图线在末端弯曲。

16. 【答案】 ①. 同时 ②. BD##DB ③. CD##DC ④. 见解析

【解析】

【详解】(1) [1]第一组选用了图所示的装置，实验操作是：在小球 A、B 处于某一高度时，用小锤轻击弹性金属片，使 A 球水平飞出，同时 B 球被松开。观察到的现象是：小球 A、B 将同时落地。

(2) [2]让 A、B 两球恢复初始状态，高度不变，用较大的力敲击弹性金属片。由于两小球竖直下落的高度仍然相同，竖直方向上的运动规律相同，则小球 A 的运动时间保持不变，小球 A、B 仍同时落地。

故选 BD。

(3) [3]改变高度，重复实验，但由于两球同时开始运动，且在竖直方向初速度为零，下落高度相同，仍然能观察到两小球同时落点，说明小球 A 与 B 在竖直方向运动特点相同，在竖直方向上均做自由落体运动；但该实验不能说明小球在水平方向上的运动特点。

故选 CD。

(4) [4]由图可知，实验中小球离开桌子后做平抛运动，根据平抛运动的规律可知，应测出竖直高度和水平位移，故需要的器材为刻度尺；

实验步骤为：A. 调节木板高度，使木板上表面与小球离开水平桌时的球心的距离为某一确定值 y ，测出水平距离 x ；

B. 让小球从斜面上某一位置无初速度释放；



- C. 测量小球在木板上的落点 P_1 与铅垂线之间的距离 x_1 ；
- D. 调节木板高度，使大板上表面与小球离开水平桌面时的球心的距离为 $4y$ 、 $9y$ 、 $16y$ 等；
- E. 让小球从斜面上同一位置无初速度释放；
- F. 测量小球在木板上的落点 P_2 、 P_3 、 P_4 等与铅垂线之间的距离 x_2 、 x_3 、 x_4 等；
- H. 比较 x_1 ， x_2 、 x_3 、 x_4 等，若 $x_1 : x_2 : x_3 : x_4 = 1 : 2 : 3 : 4$ ，则说明小球在水平方向做匀速直线运动。
- I. 改变释放小球的初位置，重复以上操作，验证上述结论是否成立。

四、论述计算题（本题共 4 小题，共 40 分。要求写出必要的文字说明、方程式、演算步骤和答案。有数值计算的题，答案必须明确写出数值和单位。）

17. 【答案】(1)0.5(2)1m/s²(3)4m/s; 8m

【解析】

【详解】(1)根据摩擦力方程 $f = \mu N = \mu mg$ 可知

$$\mu = \frac{f}{mg} = 0.5$$

(2)根据牛顿第二定律 $F - f = ma$ 可得

$$a = \frac{F - f}{m} = 1\text{m/s}^2$$

(3)根据匀变速速度关系可知 4.0s 时的速度

$$v = at = 4\text{m/s}$$

4.0s 时的位移

$$x = \frac{1}{2}vt = 8\text{m}$$

答：(1)0.5(2)1m/s²(3)4m/s; 8m

18. 【答案】(1) 1s; (2) 10m/s; (3) 15N，方向竖直向下

【解析】

【详解】(1) 由题意知小球做平抛运动，竖直方向有

$$2R = \frac{1}{2}gt^2$$

解得

$$t=1\text{s}$$

(2) 水平方向做匀速直线运动，有

$$s=vt$$



解得 B 点的速度

$$v=10\text{m/s}$$

(3) 设管道对小球的弹力竖直向下, 有

$$N' + mg = m \frac{v^2}{R}$$

解得

$$N' = 15\text{N}$$

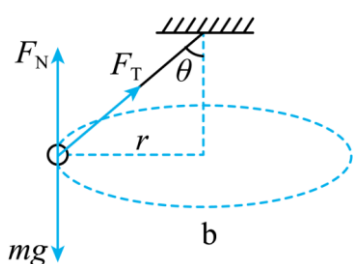
方向竖直向下。

19. 【答案】(1) $F_N = 360\text{N}$; (2) $\omega_2 = \frac{10}{3}\text{rad/s}$; (3) $F' = 800\text{N}$

【解析】

【分析】

【详解】(1)对乙受力分析可知



乙受重力、地面的支持力和甲对乙的拉力。

水平方向

$$F \sin 53^\circ = m\omega_1^2 r$$

竖直方向

$$F \cos 53^\circ + F_N = mg$$

联立解得

$$F_N = 360\text{N}$$

(2)乙刚要离开地面时, 受重力和甲对乙的拉力, 则

$$mg \tan \theta = m\omega_2^2 r$$

解得

$$\omega_2 = \frac{10}{3}\text{rad/s}$$

(3)由 (2) 可知



$$\omega_3 = \sqrt{\frac{40}{3}} \text{ rad/s} > \omega_2 = \frac{10}{3} \text{ rad/s}$$

则乙离开冰面。

乙做圆周运动的摆长为 L ，则

$$L = \frac{r}{\sin 53^\circ} = \frac{1.2}{0.8} = 1.5 \text{ m}$$

设此时手臂与竖直方向的夹角为 α ，则

$$mg \tan \alpha = m\omega_3^2 L \sin \alpha$$

解得

$$\alpha = 60^\circ$$

此时乙受到重力与甲对乙的拉力，则

$$F' \cos \alpha = mg$$

联立解得

$$F' = 800 \text{ N}$$

20. 【答案】(1) 5.0m; (2) 20m; (3) 从 A 到 B ，速度先减小再增大， $10\sqrt{5} \text{ m/s}$ ， $5\sqrt{2} \text{ m/s}$

【解析】

【详解】(1) 设水平方向的加速度大小为 a_x ，根据牛顿第二定律

$$F = ma_x$$

且有

$$2a_x x = v_0^2$$

解得

$$x = 5.0 \text{ m}$$

(2) 水平方向速度减小为零所需时间为 t_1 ，有

$$v_0 = a_x t_1$$

所以从 A 到 B 的时间

$$t = 2t_1$$

竖直方向上 A 、 B 两点间的距离 y

$$y = \frac{1}{2} g t^2 = 20 \text{ m}$$

(3) 从 A 到 B ，速度先减小再增大。对应有极大值和极小值，分别求解如下：



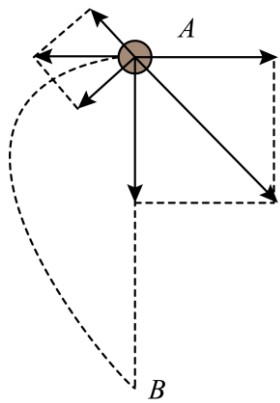
①小球运动到 B 点的速度最大

$$v_x = v_0, \quad v_y = gt$$

解得

$$v_{\max} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 10\sqrt{5} \text{ m/s}$$

②小球运动到速度方向与所受合力方向垂直时速度最小，如图所示



将 v_0 分解为垂直合力方向的 v_1 、与合力反方向的 v_2 ，当 $v_2 = 0$ 时对应速度的最小值，即

$$v_{\min} = v_1 = 5\sqrt{2} \text{ m/s}$$