

2023 北京北大附中高三 10 月月考

物 理（预科部）

本试卷共 8 页，100 分。考试时长 90 分钟。考生务必将答案答在答题卡上，在试卷上作答无效。考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回，

一、本题共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分，每题至少有一个正确选项，全部选对的得 3 分，选对但不全的得 2 分有选错或不答的得 0 分。

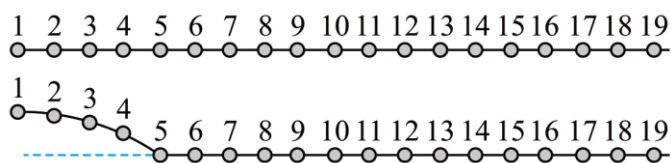
1. 物体静止放在光滑的水平面上，今以恒力 F 沿水平方向推动该物体做直线运动，在相同的时间间隔内，下列说法正确的是（ ）

- A. 物体的位移相等
- B. 物体速度变化量相等
- C. 物体动能的变化量相等
- D. 物体动量的变化量相等

2. 游乐园中，游客乘坐能加速或减速运动的升降机，可以体会超重与失重的感觉。下列描述正确的是（ ）

- A. 当升降机加速上升时，游客是处在失重状态
- B. 当升降机减速下降时，游客是处在超重状态
- C. 当升降机减速上升时，游客是处在失重状态
- D. 当升降机加速下降时，游客是处在超重状态

3. 图是某绳波形成过程的示意图。质点 1 在外力作用下沿竖直方向做简谐运动，带动质点 2, 3, 4, ... 各个质点依次上下振动，把振动从绳的左端传到右端，相邻编号的质点间距离为 2cm。已知 $t=0$ 时，质点 1 开始向上运动； $t=0.4\text{s}$ 时，质点 1 到达上方最大位移处，质点 5 开始向上运动。则（ ）



- A. 这列波传播的速度为 0.5m/s
- B. $t=0.8\text{s}$ 时，振动传到质点 8
- C. $t=1.2\text{s}$ 时，质点 12 加速度方向向下
- D. $t=1.6\text{s}$ 时，质点 16 正在向下运动

4. 筷子，古称箸、筴，通常由竹、木、骨、瓷、象牙、金属、塑料等材料制作，是华夏饮食文化的标志之一，也是世界上常用餐具之一，其发明于中国。如图所示，用筷子夹小球，小球始终处于静止状态，筷子均在竖直平面内，小球质量为 m ，与筷子之间的摩擦不能忽略，则下列说法正确的是（ ）

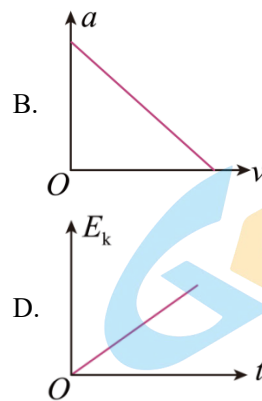
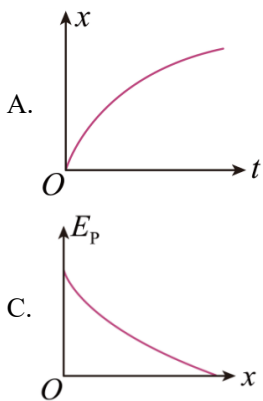


- A. 小球受到筷子的摩擦力一定沿筷子向上
 B. 筷子对小球的作用力的大小为 mg
 C. 当筷子和竖直方向的夹角增大时, 小球的合力增大
 D. 当筷子和竖直方向的夹角不变时, 筷子对小球弹力越大摩擦力也越大

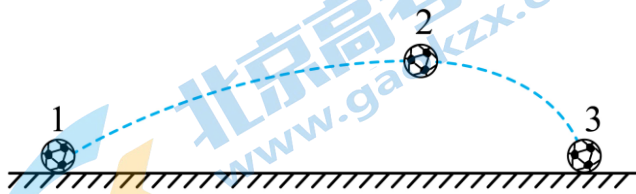
5. 2022年11月30日, 神舟十五号3名航天员顺利进驻中国空间站。已知地球质量为 M , 地球半径为 R , 空间站在距地面高度为 h 的轨道上做匀速圆周运动, 引力常量为 G 。下列说法正确的是 ()

- A. 空间站做匀速圆周运动的线速度为 $\sqrt{\frac{GM}{R+h}}$
 B. 空间站做匀速圆周运动的周期为 $2\pi\sqrt{\frac{GM}{R+h}}$
 C. 空间站的线速度大于第一宇宙速度
 D. 空间站的加速度小于地球表面的重力加速度

6. 在无风天气里, 毽子受到的空气阻力大小与其下落的速度大小成正比。一毽子从高处由静止竖直下落至地面过程中, 位移大小为 x 、速度大小为 v 、加速度大小为 a , 重力势能为 E_p 、动能为 E_k 、下落时间为 t 。取地面为零势能面, 则下列图像正确的是 ()



7. 质量为 m 的足球在地面位置 1 被踢出后落到地面位置 3, 在空中运动的最高点为位置 2, 不考虑足球的旋转。下列说法正确的是 ()

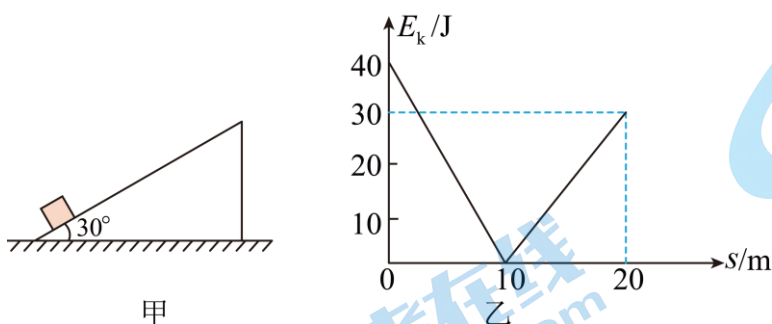


- A. 足球由位置 1 运动到位置 3 的过程中机械能不变
 B. 足球由位置 1 运动到位置 2 的时间大于由位置 2 运动到位置 3 的时间

C. 足球上升过程竖直方向的加速度大于足球下降过程竖直方向的加速度

D. 足球上升过程到达某一高度的速度大小等于足球下降过程到达同一高度时的速度大小

8. 如图甲所示，物块以一定的初速度冲上倾角为 30° 的斜面，斜面始终静止在水平桌面上。物块在斜面上运动的过程中，其动能 E_k 与运动路程 s 的关系如图乙所示。已知物块所受的摩擦力大小恒定， g 取 10m/s^2 。下列说法正确的是 ()



A. 物块质量为 0.7kg

B. $0\sim 10\text{m}$ 过程中，物块的加速度大小为 1m/s^2

C. $0\sim 20\text{m}$ 过程中，摩擦力对物块做功大小为 5J

D. $0\sim 10\text{m}$ 过程中与 $10\sim 20\text{m}$ 过程中斜面对水平桌面摩擦力大小之比为 $4:3$

9. 如图所示，人们用“打夯”的方式把松散的地面夯实。设某次打夯符合以下模型：两人同时通过轻绳对质量为 m 的重物各施加一个大小为 F 、与竖直方向夹角为 θ 的拉力，重物离开地面上升 H 时两人停止施力，最后重物下落将地面砸下的深变为 h 。重物对地面的冲击力可视为恒力。重力加速度为 g 。不计空气阻力。则 ()



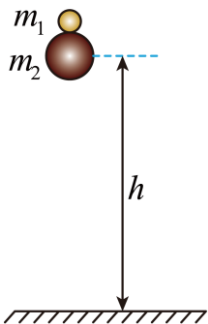
A. 重物上升过程中的最大动能为 $2FH\cos\theta$

B. 重物刚落地时的动能为 $2FH\cos\theta$

C. 仅根据题中信息可以推算出该次打夯过程中重物对地面的冲击力大小

D. 仅根据题中信息无法推算出该次打夯过程中重物所受重力的冲量大小

10. 如图所示，质量分别为 m_1 和 m_2 ($m_2 > 3m_1$) 的两个小球叠放在一起，从高度为 h 处由静止释放，它们一起下落。已知 h 远大于两球半径，碰撞前后小球都沿竖直方向运动，不计空气阻力。下列说法正确的是 ()

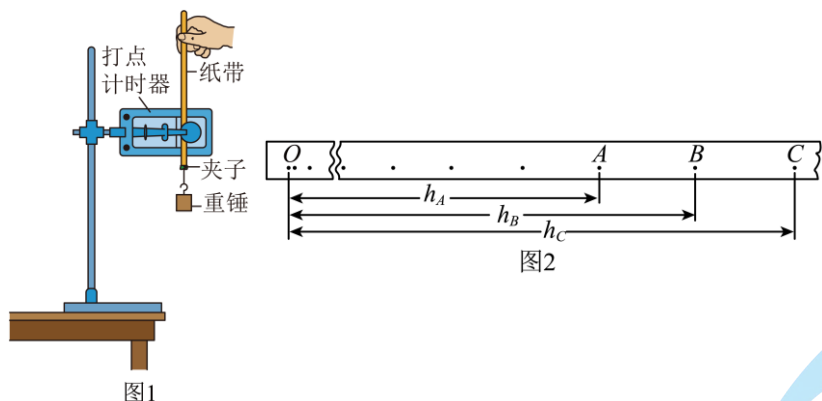


- A. 释放后至弹起的过程中，两小球组成的系统动量守恒
- B. 在下落过程中，小球 m_1 为超重状态，小球 m_2 为失重状态
- C. 若两球接触处涂有粘胶，从地面弹起后两球粘在一起向上运动，则两球弹起的最大高度一定小于 h
- D. 若所有的碰撞都没有机械能损失，且碰撞后 m_2 弹起的最大高度 $h_2 < 0.5h$ ，则碰撞后 m_1 弹起的最大高度 h_1 一定大于 $2.5h$

二、实验题。本题包括 2 小题，共 15 分。

11. 用图 1 所示的装置做“验证机械能守恒定律”实验。图 2 是某组同学从打出的纸带中选出符合要求的一条纸带，图中 O 点是打出的起始点，且速度为零。在纸带上选取三个连续打出的点 A 、 B 、 C ，测出与 O 点的距离分别为 h_A 、 h_B 、 h_C 。设重锤质量为 m ，当地重力加速度大小为 g ，打点计时器打点周期为 T 。

(1) 由上述信息，可计算出打点计时器打下 O 点到打下 B 点的过程中，重锤重力势能的减少量 $\Delta E_p =$ _____，动能的增加量 $\Delta E_k =$ _____ (用题中所给字母表示)。

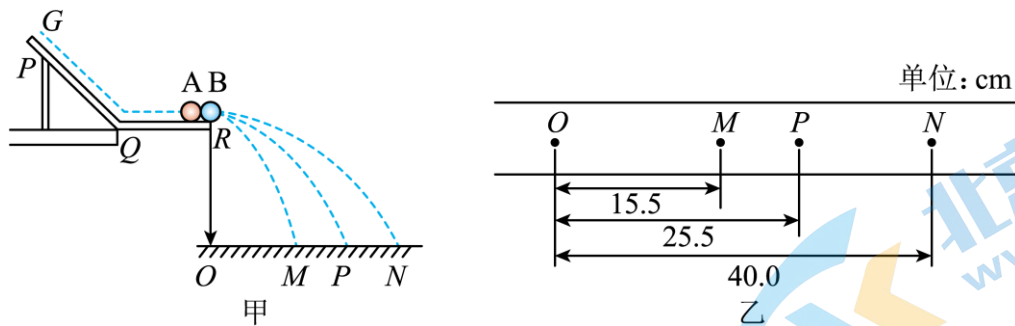


(2) 大多数学生的实验结果显示，重锤重力势能的减少量大于动能的增加量，关于这个误差下列说法正确的是_____。

- A. 是偶然误差，主要由于存在空气阻力和摩擦阻力引起的
- B. 是偶然误差，主要由于没有采用多次实验取平均值的方法造成的
- C. 是系统误差，主要由于存在空气阻力和摩擦阻力引起的
- D. 是系统误差，主要由于没有采用多次实验取平均值的方法造成的

12. 用如图甲所示的装置做“验证动量守恒定律”的实验。图甲中 O 点是小球抛出点在水平地面上的垂直投影。实验时，先让质量为 m_1 的小球 A 多次从斜轨上位置 G 点由静止释放，找到其落点的平均位置 P ，测量平抛射程 OP 。然后，把质量为 m_2 的小球 B 静置于轨道末端的水平部分，再将小球 A 从斜轨上位置 G 由静止释放，与小球 B 碰撞，如此重复多次， M 、 N 为两球碰后的平均落点，并测量 OM 、 ON ，重力加速

度为 g ，回答下列问题：



(1) 为了保证碰撞时小球 A 不反弹，两球的质量必须满足 m_1 _____ m_2 (填 “<” 或 “>”)，为了保证两小球发生对心正碰，两小球的半径 _____ (填 “需相等” 或 “不需相等”)，本实验 _____ (填 “不需要” 或 “需要”) 测量平抛运动的高度和时间。

(2) 在实验误差允许范围内，若满足关系式 _____，则可以认为两球碰撞前后在 OP 方向上的总动量守恒。(用已知量和测量量表示)

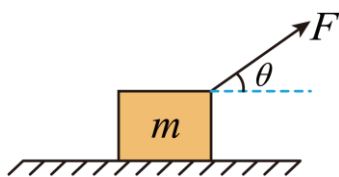
(3) 实验中小球与斜槽之间存在摩擦力，这对实验结果 _____ (选填 “有” 或 “没有”) 影响。

(4) 若实验中得出的落点情况如图乙所示，假设碰撞过程中动量守恒，则入射小球 A 的质量 m_1 与被碰小球 B 的质量 m_2 之比为 _____。

三、本题包括 6 小题，共 55 分。解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。只写出最后答案的不能得分，有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。

13. 如图所示，一质量 $m = 2.0\text{kg}$ 的物体静止在水平地面上，物体与地面间的动摩擦因数 $\mu = 0.5$ 。现用一大小为 10N 、与水平方向成 $\theta = 37^\circ$ 斜向右上方的力 F 拉物体，使物体沿水平地面做匀加速直线运动。已知 $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ ，空气阻力可忽略不计，取重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ 。

- (1) 物体受到摩擦力 f 的大小；
- (2) 物体由静止开始运动 4.0s 时速度 v 的大小；
- (3) 物体由静止开始运动 4.0s 过程中，拉力 F 的冲量 I 的大小。



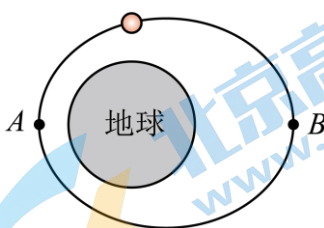
14. 滑雪是人们喜爱的一项冬季户外运动。如图所示，一位滑雪者，人与装备的总质量为 75kg ，沿着倾角 $\theta = 30^\circ$ 的平直山坡直线滑下，当速度达到 2m/s 时他收起雪杖自由下滑，在此后 5s 的时间内滑下的路程为 60m 。将这 5s 内滑雪者的运动看作匀加速直线运动， g 取 10m/s^2 。求这 5s 内

- (1) 滑雪者的加速度大小 a ；
- (2) 滑雪者受到的阻力大小 F ；
- (3) 滑雪者损失的机械能 ΔE 。



15. 北京时间 2023 年 5 月 10 日 21 时 22 分，搭载天舟六号货运飞船的长征七号运载火箭，在我国文昌航天发射场点火发射，发射取得圆满成功。天舟六号货运飞船与在轨运行的空间站组合体进行交会对接。已知地球的质量 M ，地球半径为 R ，引力常量为 G 。忽略地球自转的影响。

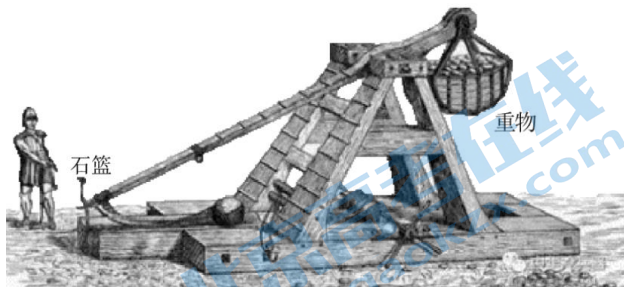
- (1) 空间站的运行轨道可以看作圆轨道，其轨道半径为 r 。求空间站绕地球运动的速度 v 的大小；
- (2) 求地球表面重力加速度 g 的大小；
- (3) 若货运飞船与空间站组合体交会对接前沿如图所示的椭圆轨道运行。关闭动力后的货运飞船由近地点 A 向远地点 B 运动的过程中，速度会逐渐减小，请你从做功与能量变化的关系出发，分析其速度减小的原因。



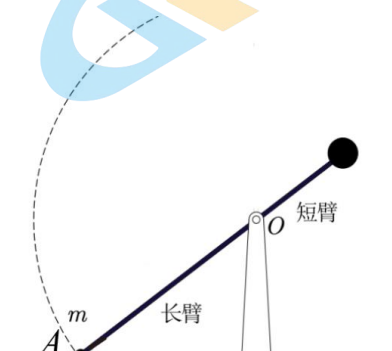
16. 如图甲所示，在公元 1267-~1273 年闻名于世的“襄阳炮”其实是一种大型抛石机。将石块放在长臂一端的石篮中，在短臂端挂上重物。发射前将长臂端往下拉至地面，然后突然松开，石袋中的石块过最高点时就被抛出。现将其简化为图乙所示。将一质量 $m=80\text{kg}$ 的可视为质点的石块装在长 $\frac{40}{3}\text{m}$ 的长臂末端的石

篮中，初始时长臂与水平面成 30° ，松开后，长臂转至竖直位置时石块被水平抛出落在水平地面上。石块落地点与 O 点的水平距离 $s=100\text{m}$ 。忽略长臂、短臂和石袋的质量，不计空气阻力和所有摩擦， $g=10\text{m/s}^2$ ，求：

- (1) 石块水平抛出时的初速度 v_0 ；
- (2) 石块从 A 到最高点的过程中石篮对石块做功 W ；
- (3) 石块圆周运动至最高点时，石块对石篮的作用力 F 。

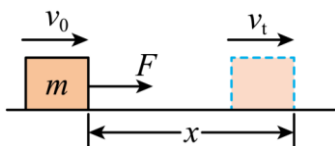


甲图



乙图

17. 动能定理描述了力对物体作用在空间上累积的效果，动量定理则描述了力对物体作用在时间上累积的效果，二者是力学中的重要规律。



(1) 如图所示，一个质量为 m 的物体，初速度为 v_0 ，在水平合外力 F （恒力）的作用下，运动一段距离 x 后，速度变为 v_t 。请根据上述情境，利用牛顿第二定律推导动能定理，并写出动能定理表达式中等号两边物理量的物理意义。

(2) 在一些公共场合有时可以看到，“气功师”平躺在水平地面上，其腹部上平放着一块大石板，有人用铁锤猛击大石板，石板裂开而人没有受伤。现用下述模型分析探究。

若大石板质量为 $M=80\text{kg}$ ，铁锤质量为 $m=5\text{kg}$ 。铁锤从 $h_1=1.8\text{m}$ 高处由静止落下，打在石板上反弹，当反弹达到最大高度 $h_2=0.05\text{m}$ 时被拿开。铁锤与石板的作用时间约为 $t_1=0.01\text{s}$ 。由于缓冲，石板与“气功师”腹部的作用时间较长，约为 $t_2=0.5\text{s}$ ，取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ 。请利用动量定理分析说明石板裂开而人没有受伤的原因。

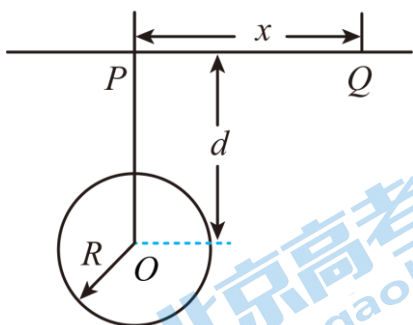
18. 重力探矿是常用的探测黄金矿藏的方法之一，是万有引力定律理论的实际应用，其原理可简述如下：如图， P 、 Q 为某地区水平地面上的两点，在 P 点正下方一球形区域内充满了富含黄金的矿石，假定球形区域周围普通岩石均匀分布且密度为 ρ ，而球形区域内黄金矿石也均匀分布但其密度是普通岩石密度的 $(n+1)$ 倍，如果没有这一球形区域黄金矿石的存在，则该地区重力加速度（正常值）沿竖直方向，当该区域有黄金矿石时，该地区重力加速度的大小和方向会与正常情况有微小偏离，重力加速度在原竖直方向（即 PO 方向）上的投影相对于正常值的偏离叫做“重力加速度反常”，为了探寻黄金矿石区域的位置和储量，常利用 P 点附近重力加速度反常现象，已知引力常量为 G 。

(1) 设球形区域体积为 V ，球心深度为 d （ d 远小于地球半径）， $\overline{PQ}=x$ ，求：

① 球形区域内黄金矿石在 Q 点产生的加速度大小；

② Q 点处的重力加速度反常值；

(2) 若在水平地面上以 P 点为圆心、半径为 L 的范围内发现：重力加速度反常值在 δ 与 $k\delta$ （ $k=2\sqrt{2}$ ）之间变化，且重力加速度反常的最大值出现在 P 点，如果这种反常是由于地下存在某一球形区域黄金矿石造成的，试求此球形区域球心的深度和球形区域的体积。



参考答案

一、本题共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分，每题至少有一个正确选项，全部选对的得 3 分，选对但不全的得 2 分有选错或不答的得 0 分。

1. 【答案】BD

【详解】A. 恒力 F 沿水平方向推动该物体做直线运动，根据牛顿第二定律有

$$a = \frac{F}{m}$$

物体做初速度为 0 的匀变速直线运动，根据

$$s_n - s_{n-1} = aT^2$$

所以物体在相同的时间间隔内位移不相等，则 A 错误；

B. 根据加速度的定义公式

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

可得

$$\Delta v = a\Delta t$$

所以在相同的时间间隔内，物体速度变化量相等，则 B 正确；

C. 根据动能定理有

$$Fs = \Delta E_k$$

由于物体在相同的时间间隔内，位移不相等，所以物体动能的变化量不相等，则 C 错误；

D. 根据动量定理有

$$\Delta p = F\Delta t$$

所以物体在相同的时间间隔内，动量的变化量相等，则 D 正确；

故选 BD。

2. 【答案】BC

【详解】A. 当升降机加速上升时，乘客有向上的加速度，是由重力与升降机对乘客支持力的合力产生的。此时升降机对乘客的支持力大于乘客的重力，所以处于超重状态，A 错误。

B. 当升降机减速下降时，具有向上的加速度，同理此时乘客也处于超重状态，B 正确。

C. 当升降机减速上升时，具有向下的加速度，是由重力与升降机对乘客支持力的合力产生的，所以升降机对乘客的支持力小于乘客的重力，此时失重，C 正确。

D. 当升降机加速下降时，也具有向下的加速度，同理可得此时处于失重状态，D 错误。

故选 BC。

3. 【答案】C

【详解】A. $t = 0.4s$ 时，质点 1 到达上方最大位移处，质点 5 开始向上运动。则振动周期为

$$T = 0.4t = 1.6s$$

相邻编号的质点间距离为 2cm，则波长为

$$\lambda = 4 \times 8\text{cm} = 32\text{cm}$$

这列波传播的速度为

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0.32}{1.6} \text{m/s} = 0.20\text{m/s}$$

故 A 错误；

B. $t = 0.8\text{s}$ 时，波的传播距离为

$$x = vt = 0.20 \times 0.8\text{m} = 0.16\text{m}$$

振动传到质点 9，故 B 错误；

C. $t = 1.2\text{s}$ 时，波的传播距离为

$$x = vt = 0.20 \times 1.2\text{m} = 0.24\text{m}$$

振动传到质点 13，则质点 12 正在向上运动，则其加速度方向向下，故 C 正确；

D. $t = 1.6\text{s}$ 时，波的传播距离为

$$x = vt = 0.20 \times 1.6\text{m} = 0.32\text{m}$$

振动传到质点 17，则质点 16 正在向上运动，故 D 错误。

故选 C。

4. 【答案】B

【详解】A. 对小球进行受力分析，重力使得小球有向下运动的趋势，筷子对小球的弹力使得小球有向上运动的趋势，当弹力的合力大于重力时，小球有向上运动的趋势，摩擦力沿筷子向下，当弹力的合力小于重力时，小球有向下运动的趋势，摩擦力沿筷子向上，当弹力的合力等于重力时，小球所受摩擦力为 0，故 A 错误；

B. 小球处于平衡状态，根据平衡条件可知，筷子对小球的作用力的大小等于小球的重力，即筷子对小球的作用力的大小为 mg ，故 B 正确；

C. 小球处于平衡状态，根据平衡条件可知，当筷子和竖直方向的夹角增大时，小球的合力不变，仍然为 0，故 C 错误；

D. 根据上述，筷子和竖直方向的夹角不变，当弹力的合力小于重力时，小球有向下运动的趋势，摩擦力沿筷子向上，此时筷子对小球弹力越大摩擦力越小，故 D 错误。

故选 B。

5. 【答案】AD

【详解】A. 由人造卫星的速度公式可得

$$G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m \frac{v^2}{R+h}$$

解得

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$

A 正确;

B. 根据万有引力提供向心力可得

$$G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} (R+h)$$

解得

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM}}$$

B 错误;

C. 第一宇宙速度是最快的环绕速度, 其环绕半径为地球半径, 其他轨道的卫星环绕速度都小于第一宇宙速度, C 错误;

D. 根据万有引力提供向心力可得

$$G \frac{Mm}{(R+h)^2} = ma$$

解得

$$a = G \frac{M}{(R+h)^2}$$

而地球上的物体, 如果不考虑地球自转影响的话可得

$$G \frac{Mm}{R^2} = mg$$

解得

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

$$g > a$$

所以空间站的加速度小于地球表面的重力加速度, D 正确。

故选 AD。

6. 【答案】B

【详解】A. 毽子下落过程中, 受空气阻力逐渐变大, 则加速度逐渐减小, 最后加速度可能减小为零, 即速度先增大后不变, 则 $x-t$ 图像的斜率先增加后不变, 选项 A 错误;

B. 根据牛顿第二定律

$$mg - kv = ma$$

则

$$a = g - \frac{k}{m}v$$

选项 B 正确;

C. 重力势能

$$E_p = mg(h - x)$$

则 $E_p - x$ 为线性关系，选项 C 错误；

D. 动能

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}ma^2t^2$$

因加速度随时间逐渐减小（非线性），则动能与时间一定不是线性关系，选项 D 错误。

故选 B。

7. 【答案】C

【详解】A. 足球在空中受到空气阻力作用，空气阻力做负功，因此足球由位置 1 运动到位置 3 的过程中机械能减小，A 错误；

C. 足球由位置 1 运动到位置 2 过程中，空气阻力在竖直方向上的分力向下，与重力方向相同，足球由位置 2 运动到位置 2 过程中，空气阻力在竖直方向上的分力向上，与重力方向相反，且小于重力，则足球由位置 1 运动到位置 2 过程中竖直方向上加速度的平均值大于足球由位置 2 运动到位置 3 过程中竖直方向上加速度的平均值，C 正确；

B. 足球由位置 1 运动到位置 2 的与由位置 2 运动到位置两过程竖直方向上的高度相等，而足球由位置 1 运动到位置 2 过程中竖直方向上加速度的平均值大于足球由位置 2 运动到位置 3 过程中竖直方向上加速度的平均值，根据

$$h = \frac{1}{2}at^2$$

可知，足球由位置 1 运动到位置 2 的时间小于由位置 2 运动到位置 3 的时间，B 错误；

D. 在同一高度，根据动能定理有

$$W_f = \frac{1}{2}mv_{\text{下}}^2 - \frac{1}{2}mv_{\text{上}}^2$$

由于空气阻力做负功，则有

$$v_{\text{下}} < v_{\text{上}}$$

即足球上升过程到达某一高度的速度大小一定大于足球下降过程到达同一高度时的速度大小，D 错误。

故选 C。

8. 【答案】AD

【详解】A. 物块沿斜面上滑过程，由动能定理得

$$-mgs \sin 30^\circ - fs = 0 - E_{k1}$$

下滑过程可得

$$mgs \sin 30^\circ - fs = E_{k2} - 0$$

代入数据联立解得

$$m = 0.7\text{kg}$$

$$f = 0.5N$$

A 正确;

B. 根据牛顿第二定律可得

$$f + mg \sin 30^\circ = ma_1$$

解得

$$a_1 = \frac{40}{7} \text{m/s}^2$$

B 错误;

C. 0~20m 过程中, 摩擦力对物块做功为

$$W = -2fs = -2 \times 0.5 \times 10J = -10J$$

因此大小为 10J;

C 错误;

D. 0~10m 过程中, 对斜面隔离分析可得

$$f \cos 30^\circ + mg \cos 30^\circ \sin 30^\circ = f_1$$

10~20m 过程中, 可得

$$mg \cos 30^\circ \sin 30^\circ - f \cos 30^\circ = f_2$$

联立解得

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{4}{3}$$

D 正确。

故选 AD。

9. 【答案】BC

【详解】A. 当重物上升到高为 H 时动能最大, 根据动能定理得

$$E_{\text{km}} = (2F \cos \theta - mg)H$$

故 A 错误;

B. 重物从开始上升到落回地面, 全过程动能定理有

$$E_k = 2FH \cos \theta$$

故 B 正确;

C. 重物从地面到将地面砸下的深度为 h , 根据动能定理有

$$mgh - F'h = 0 - E_k$$

解得重物对地面的冲击力大小为

$$F' = mg + \frac{2FH \cos \theta}{h}$$

故 C 正确;

D. 对第一次打夯过程中, 根据动量定理有

$$I = 0 - mv$$

而落地时的动能为

$$E_k = 2FH \cos \theta = \frac{1}{2}mv^2$$

联立两式即可求出第一次打夯过程中重物所受重力的冲量大小, 故 D 错误。

故选 BC。

10. 【答案】CD

【详解】A. 释放后至弹起的过程中, 两小球所受合力不为零, 故系统动量不守恒, A 错误;

B. 在下落过程中, 两个小球都做自由落体运动, 两球都处于失重状态, B 错误;

C. 若两球接触处涂有粘胶, 从地面弹起后两球粘在一起向上运动, 属于完全非弹性碰撞, 有一部分机械能转化为内能, 故两球弹起的最大高度应小于 h , C 正确;

D. 整个过程中两小球的机械能守恒, 根据机械能守恒定律

$$(m_1 + m_2)gh = m_1gh_1 + m_2gh_2$$

由题可知

$$m_2 > 3m_1$$

$$h_2 < 0.5h$$

解得

$$h_1 > 2.5h$$

D 正确。

故选 CD。

二、实验题。本题包括 2 小题, 共 15 分。

11. 【答案】 ①. mgh_B ②. $\frac{m(h_C - h_A)^2}{8T}$ ③. C

【详解】(1) [1]打点计时器打下 O 点到打下 B 点的过程中, 重锤重力势能的减少量

$$\Delta E_p = mgh_B$$

[2]打下 B 点的速度大小为

$$v_B = \frac{h_C - h_A}{2T}$$

动能的增加量

$$E_k = \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{m(h_C - h_A)^2}{8T}$$

(2) [3]大多数学生的实验结果显示, 重锤重力势能的减少量大于动能的增加量, 这个误差是系统误差, 主要由于存在空气阻力和摩擦阻力引起的。

故选 C。

12. 【答案】 ①. > ②. 需相等 ③. 不需要 ④. $m_1 \cdot OP = m_1 \cdot OM + m_2 \cdot ON$ ⑤. 没有 ⑥. 4:1

【详解】(1) [1][2][3]为了保证碰撞时小球 A 不反弹，两球的质量必须满足 $m_1 > m_2$ ，为了保证两小球发生对心正碰，两小球的半径需相等，由于小球做平抛运动的高度和时间均相等，在验证动量守恒时可消除高度和时间，所以本实验不需要测量平抛运动的高度和时间。

(2) [4]若在实验误差允许的范围动量守恒，则

$$m_1 v = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

小球离开斜槽轨道做平抛运动，竖直方向位移相等，故运动时间相等；水平方向有

$$OP = vt$$

$$OM = v_1 t$$

$$ON = v_2 t$$

所以

$$m_1 \cdot OP = m_1 \cdot OM + m_2 \cdot ON$$

(3) [5]斜槽不光滑，只要从同一高度释放，两次摩擦力做的负功相同，小球到达轨道末端速度依然相同，所以实验中小球与斜槽之间存在摩擦力，这对实验结果没有影响。

(4) [6]小球下落的时间相等，则可以用水平位移表示速度的大小，代入题中数据由动量守恒可得

$$m_1 \times 25.5 = m_1 \times 15.5 + m_2 \times 40.0$$

得

$$m_1 : m_2 = 4 : 1$$

三、本题包括 6 小题，共 55 分。解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。只写出最后答案的不能得分，有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。

13. 【答案】(1) 7N; (2) 2m/s; (3) 40N·s

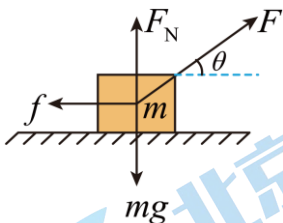
【详解】(1) 物体所受的摩擦力

$$f = \mu(mg - F \sin \theta)$$

代入数据可得

$$f = 7\text{N}$$

(2) 物体受力如图所示



由牛顿第二定律得

$$F \cos \theta - \mu(mg - F \sin \theta) = ma$$

代入数据解得

$$a = 0.5\text{m/s}^2$$

方向水平向右，物体做初速度为零的匀加速直线运动，物体在 4.0s 的速度

$$v = at = 2\text{m/s}$$

(3) 物体由静止开始运动 4.0s 的过程中拉力 F 的冲量大小

$$I = Ft = 10 \times 4.0\text{N} \cdot \text{s} = 40\text{N} \cdot \text{s}$$

14. 【答案】(1) 4m/s^2 ；(2) 75N；(3) 4500J

【详解】(1) 滑雪者做匀加速直线运动，则由位移与时间的关系式可得

$$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

解得

$$a = 4\text{m/s}^2$$

(2) 根据牛顿第二定律，有

$$mg \sin \theta - F = ma$$

解得

$$F = 75\text{N}$$

(3) 滑雪者损失的机械能

$$\Delta E = Fx = 4500\text{J}$$

15. 【答案】(1) $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ；(2) $g = \frac{GM}{R^2}$ ；(3) 见解析

【详解】(1) 设空间站的质量为 m ，根据万有引力提供向心力

$$\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

可得

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

(2) 地球表面万有引力等于重力

$$\frac{GMm}{R^2} = mg$$

可得

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

(3) 关闭动力后的货运飞船由近地点 A 向远地点 B 运动的过程中只受万有引力，在此过程中万有引力对货运飞船做负功，机械能守恒，引力势能增大，动能减小，因此速度减小。

16. 【答案】(1) 50m/s；(2) $1.16 \times 10^5\text{J}$ ；(3) $1.42 \times 10^4\text{N}$

【分析】

【详解】(1) 石块平抛运动的高度

$$h = L + L \sin 30^\circ = \frac{40}{3} \text{ m} + \frac{40}{3} \times \frac{1}{2} \text{ m} = 20 \text{ m}$$

根据

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

解得

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 20}{10}} = 2 \text{ s}$$

则初速度为

$$v_0 = \frac{s}{t} = \frac{100}{2} \text{ m/s} = 50 \text{ m/s}$$

(2) 根据动能定理可得

$$W = \frac{1}{2} m v_0^2 + mgh = \frac{1}{2} \times 80 \times 50^2 \text{ J} + 80 \times 10 \times 20 \text{ J} = 1.16 \times 10^5 \text{ J}$$

(3) 石块圆周运动至最高点时，根据牛顿第二定律有

$$F + mg = m \frac{v_0^2}{L}$$

可得

$$F = m \frac{v_0^2}{L} - mg = 1.42 \times 10^4 \text{ N}$$

方向向上

17. 【答案】见解析

【详解】(1) 根据牛顿第二定律 $F=ma$

运动学规律 $v_t^2 - v_0^2 = 2ax$

解得合外力做功 $W = Fx = \frac{1}{2} m v_t^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$ 即动能定理；

$W=Fx$ 表示物体所受合外力对物体所做的功， $\frac{1}{2} m v_t^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$ 表示该过程中物体动能的变化。

(2) 铁锤打击石板时的速度 $v_1 = \sqrt{2gh_1}$ ，解得 $v_1 = 6 \text{ m/s}$

铁锤反弹时的速度 $v_2 = \sqrt{2gh_2}$ ，解得 $v_2 = 1 \text{ m/s}$

在铁锤与石板的碰撞过程中，取竖直向上为正方向，对铁锤，由动量定理：

$$(F_1 - mg)t_1 = m v_2 - (-m v_1)$$

解得 $F_1 = 3550 \text{ N}$

对石板，由动量定理 $(F_2 - Mg)t_2 - F_1 t_1 = 0$

解得 $F_2 = 871 \text{ N}$

在铁锤与石板的碰撞过程中，铁锤对石板的作用力较大，超过了石板承受的限度，因而石板裂开。在作用前后，石板对人的作用力较小，其变化也较小，没有超过人能承受的限度，因而没有受伤。

18. 【答案】(1) ① $\frac{G(n+1)\rho V}{d^2+x^2}$; ② $\frac{nG\rho Vd}{(d^2+x^2)^{3/2}}$; (2) $\frac{L}{\sqrt{k^{2/3}-1}}$, $\frac{k\delta L^2}{(k^{2/3}-1)nG\rho}$

【详解】(1) ①球形区域黄金矿石的质量为

$$M = (n+1)\rho V$$

设黄金矿石在 Q 点产生的加速度为 a ，根据牛顿第二定律有

$$G \frac{Mm}{r^2} = ma$$

根据几何知识有

$$r = \sqrt{d^2+x^2}$$

联立解得

$$a = \frac{G(n+1)\rho V}{d^2+x^2}$$

②如果将近地表面的球形区域中的黄金矿石换成普通的密度为 ρ 的岩石，则重力加速度反常可理解为在球形区域存在普通岩石的基础上叠加一个密度为 $n\rho$ ，质量为 $M_1 = n\rho V$ 的球引起的。该叠加球对 Q 点一质量为 m 的质点产生的附加加速度 Δg ，则有

$$G \frac{M_1 m}{r^2} = m \cdot \Delta g$$

其中

$$r = \sqrt{d^2+x^2}$$

根据题意可知重力加速度反常 $\Delta g'$ 是上述附加加速度 Δg 在竖直方向上的投影，则有

$$\Delta g' = \Delta g \cos \theta = \frac{d}{r} \Delta g$$

联立可得

$$\Delta g' = \frac{nG\rho Vd}{(d^2+x^2)^{3/2}}$$

(2) 由 $\Delta g'$ 表达式可知，当 $x=0$ 时，重力加速度反常值 $\Delta g'$ 最大，且有

$$\Delta g'_m = \frac{nG\rho V}{d^2} = k\delta$$

当 $x=L$ 时，重力加速度反常值 $\Delta g'$ 最小，且有

$$\Delta g'_{\min} = \frac{nG\rho Vd}{(d^2+x^2)^{3/2}} = \delta$$

联立可得地下球形区域球心的深度和球形区域的体积分别为

$$d = \frac{L}{\sqrt{k^{\frac{2}{3}} - 1}}, \quad V = \frac{k\delta L^2}{(k^{\frac{2}{3}} - 1)nG\rho}$$



关注北京高考在线官方微信：**京考一点通**（微信号:bjgkzx），获取更多试题资料及排名分析信息。

关于我们

北京高考在线创办于 2014 年，隶属于北京太星网络科技有限公司，是北京地区极具影响力的中学升学服务平台。主营业务涵盖：北京新高考、高中生涯规划、志愿填报、强基计划、综合评价招生和学科竞赛等。

北京高考在线旗下拥有网站门户、微信公众平台等全媒体矩阵生态平台。平台活跃用户 50W+，网站年度流量数千万量级。用户群体立足于北京，辐射全国 31 省市。

北京高考在线平台一直秉承“精益求精、专业严谨”的建设理念，不断探索“K12 教育+互联网+大数据”的运营模式，尝试基于大数据理论为广大中学和家长提供新鲜的高考资讯、专业的高考政策解读、科学的升学规划等，为广大高校、中学和教科研单位提供“衔接和桥梁纽带”作用。

平台自创办以来，为众多重点大学发现和推荐优秀生源，和北京近百所中学达成合作关系，累计举办线上线下升学公益讲座数千场，帮助数十万考生顺利通过考入理想大学，在家长、考生、中学和社会各界具有广泛的口碑影响力

未来，北京高考在线平台将立足于北京新高考改革，基于对北京高考政策研究及北京高校资源优势，更好的服务全国高中家长和学生。

推荐大家关注北京高考在线网站官方微信公众号：**京考一点通**，我们会持续为大家整理分享最新的高中升学资讯、政策解读、热门试题答案、招生通知等内容！

