

2020年北京市西城区高三诊断性测试物理试卷逐题解析

第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 下列说法正确的是

- A. 液体中悬浮微粒的无规则运动称为布朗运动
- B. 液体分子的无规则运动称为布朗运动
- C. 物体温度降低，其内能一定增大
- D. 物体温度不变，其内能一定不变

【答案】A

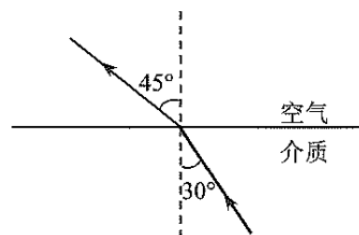
【解析】

A、B 选项中布朗运动是指流体中微小颗粒的无规则运动，A 正确，B 错误。

C、D 选项中温度表征物体平均分子动能的大小，内能还与分子势能有关，故温度大小并不能决定内能大小，C、D 错误。

2. 一束光从某种介质射入空气，折射光路如图所示，则

- A. 该介质的折射率约为0.7
- B. 该介质的折射率约为1.41
- C. 进入空气后这束光的速度变慢，波长变长
- D. 进入空气后这束光的频率增高，波长变短



【答案】B

【解析】

折射率 $n = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = 1.41$ ，A 错误，B 正确。

光在折射率为 n 的介质中的速度 $v = \frac{c}{n}$ ，折射前后频率 f 不变，根据 $v = \lambda f$ 知，进入空气后光的速度变快，波长变长，C、D 错误。

3. 处于 $n = 3$ 能级的大量氢原子，向低能级跃迁时

- A. 能辐射 2 种频率的光，其中从 $n = 3$ 能级跃迁到 $n = 2$ 能级放出的光子频率最大
- B. 能辐射 2 种频率的光，其中从 $n = 3$ 能级跃迁到 $n = 1$ 能级放出的光子频率最大
- C. 能辐射 3 种频率的光，其中从 $n = 3$ 能级跃迁到 $n = 2$ 能级放出的光子波长最长
- D. 能辐射 3 种频率的光，其中从 $n = 3$ 能级跃迁到 $n = 1$ 能级放出的光子波长最长

【答案】C

【解析】

发射光波种类数为 $C_3^2 = 3$ 种，A、B 错误。

从 $n = 3$ 能级跃迁到 $n = 1$ 能级，根据 $\Delta E = E_m - E_n$ ， E_3 与 E_1 能级差最大，对应的光的频率 ν_{31} 最大； E_3 与 E_2 能级差最小，对应的光的频率 ν_{32} 最小，波长最长，C 正确，D 错误

4. 关于气体的压强，下列说法正确的是

- A. 单位体积内的分子数越多，气体的压强就越大
- B. 分子的平均动能越小，气体的压强就越小
- C. 一定质量的理想气体，体积越大，温度越低，气体的压强就越小
- D. 一定质量的理想气体，体积越大，温度越高，气体的压强就越大

【答案】C

【解析】

A 选项，根据 $\rho = \frac{m}{V}$ ，密度 ρ 增大，体积 V 减小， T 的变化趋势不确定， p 变化不能确

定，错误。

B 选项，平均动能越小， T 越小， V 不确定， p 变化不能确定，错误。

C 选项，根据 $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ 知体积 V 越大，温度 T 越低，压强 p 越小，正确。

D 选项， $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ ，体积 V 、温度 T 都增大时，压强 p 无法确定，错误。

5. 一交流电源的输出电压为 $u = U_m \sin \omega t$ ，其中 $U_m = 311\text{V}$ ， $\omega = 100\pi\text{rad/s}$ ，下列表述正确的是

A. 该电源输出的交流电的频率是 100Hz

B. 该电源输出的交流电的周期是 0.05s

C. 若用交流电压表测量这一电源的输出电压，电压表示数为 311V

D. 若将一电阻为 50Ω 的电热器接在这一电源上，电热器的电功率约为 968W

【答案】D

【解析】

$\omega = 100\text{rad/s}$ ， $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{100\pi} = \frac{1}{50} = 0.02\text{s}$ ， $f = \frac{1}{T} = 50\text{Hz}$ ，A、B 错。

电压表测量的是有效值， $U = \frac{311\text{V}}{\sqrt{2}} \approx 220\text{V}$ ，C 错。

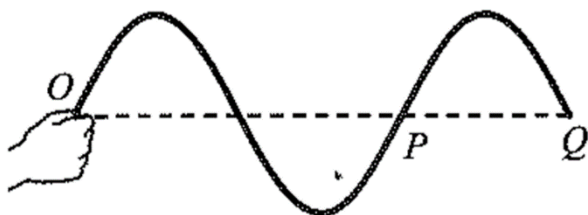
电热器的电功率为 $P = UI = \frac{U^2}{R} = 968\text{W}$ ，D 正确。

6. 手持软绳的一端 O 点在竖直方向上做简谐运动，带动绳上的其他质点振动形成沿绳水平传播的简谐波， P 、 Q 为绳上的两点。 $t = 0$ 时 O 点由平衡位置出发开始振动，至 t_1 时刻恰好完成两次全振动，绳上 OQ 间形成如图所示的波形（ Q 点之后未画出），则

A. t_1 时刻之前 Q 点始终静止

B. t_1 时刻 P 点运动方向向上

C. t_1 时刻 P 点刚好完成一次全振动



D. $t = 0$ 时 O 点运动方向向上

【答案】C

【解析】

至 t_1 时刻 O 点完成两次全振动，波向右传播两个波长， Q 点已经振动，A 错。

波的传播方向向右，根据波向振向同侧， t_1 时刻 P 点运动方向向下，B 错。

波在一个周期内传播一个波长， P 与 O 相差一个波长，故 O 完成两次全振动时， P 完成一次全振动，C 对。

同 C 选项， O 与 P 振动方向相同，故 $t = 0$ 时 O 点运动方向向下，D 错。

7. 1970年4月24日，我国第一颗人造地球卫星“东方红1号”发射成功，经过航天人半个世纪的不懈努力，我国的航天事业取得了辉煌的成绩，实现了载人航天飞行，开展了月球探测工程，即将建成北斗卫星导航系统。关于绕地球做匀速圆周运动的人造地球卫星，下列说法正确的是

A. 根据公式 $v = \omega r$ 可知轨道半径越大，卫星的速度也越大

B. 根据公式 $a = \omega^2 r$ 可知轨道半径越大，卫星的加速度也越大

C. 轨道半径增大到原来的2倍时，卫星需要的向心力减小为原来的 $\frac{1}{2}$

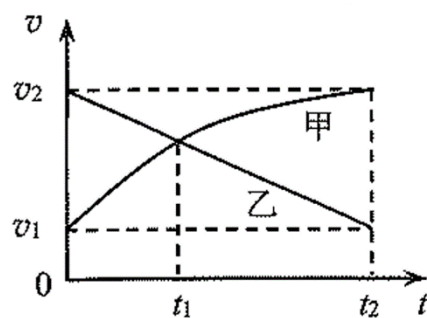
D. 轨道半径增大到原来的2倍时，卫星需要的向心力减小为原来的 $\frac{1}{4}$

【答案】D

【解析】

根据高轨低速大周期，A 错。万有引力提供向心力 $\frac{GMm}{r^2} = F_{\text{向}}$ ，轨道半径越大，加速度越小，B 错。 r 变为原来的2倍，向心力变为原来的 $\frac{1}{4}$ ，D 对 C 错。

8. 甲、乙两辆汽车分别在同一平直公路的两条车道上同向行驶， $t = 0$ 时刻它们恰好经过同一路标。 $0 - t_2$ 时间内，两轿车的 $v - t$ 图像如图所示，则



- A. t_1 时刻甲车追上乙车
- B. t_2 时刻甲车的加速度大小大于乙车的加速度大小
- C. $0 - t_2$ 时间内甲车的平均速度大小为 $\frac{v_1+v_2}{2}$
- D. $0 - t_2$ 时间内甲车的平均速度大于乙车的平均速度

【答案】D

【解析】

A 选项， $v - t$ 图的面积代表位移， $t = 0$ 时辆车在同一位置， $0 - t_1$ 时间内图像与横轴所围的面积不同， $t = t_1$ 时甲乙辆车不会相遇。A 错。

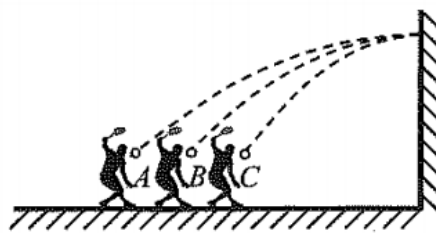
B 选项， $v - t$ 图斜率的绝对值表示加速度大小， $t = t_2$ 时甲的斜率小于乙的斜率，所以甲车的加速度大小小于乙车的加速度大小。B 错。

C 选项，若甲车是匀变速直线运动，则由匀变速运动平均速度公式，有 $\bar{v} = \frac{x}{t} = \frac{v_1+v_2}{2}$ ，但由图像可知，在 $0 - t_2$ 内，甲车的位移大于匀变速直线运动的位移，故有 $\bar{v}_{甲} = \frac{x_{甲}}{t} > \frac{x}{t} = \frac{v_1+v_2}{2}$ 。C 错。

D 选项， $v - t$ 图的面积代表位移。 $\bar{v} = \frac{x}{t}$ ， t 相同，甲的位移大。D 对。

9. 壁球是一种对墙击球的室内运动，如图所示，某同学分别在同一直线上相同高度的 A、B、C 三个位置先后击打壁球，结果都使壁球垂直击中墙壁同一位置。设三次击打球后到达墙壁前在空中飞行的时间分别为 t_1 、 t_2 、 t_3 ，到达墙壁时的速度分别为 v_1 、 v_2 、 v_3 ，不计空气阻力，则

- A. $t_1 > t_2 > t_3, v_1 > v_2 > v_3$
- B. $t_1 > t_2 > t_3, v_1 = v_2 = v_3$
- C. $t_1 = t_2 = t_3, v_1 > v_2 > v_3$
- D. $t_1 = t_2 = t_3, v_1 = v_2 = v_3$

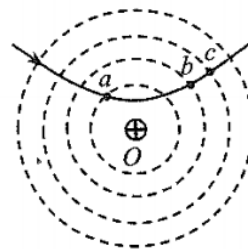


【答案】C

【解析】

因为球垂直击中墙壁，所以击中时球的速度水平，可以看作是反向平抛，高度相同，由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ ， t 相同，水平位移 $x_1 > x_2 > x_3$ ，由 $x = vt$ ，可得 $v_1 > v_2 > v_3$ ，故正确答案为 C

10. 如图所示，一带正电的点电荷固定于 O 点，图中虚线为以 O 为圆心的一组等间距的同心圆。一带电粒子以一定初速度射入点电荷的电场，实线为粒子仅在静电力作用下的运动轨迹， a 、 b 、 c 为运动轨迹的三点。则该粒子



- A. 带负电
- B. 在 c 点受到的电场力最大
- C. 在 a 点的电势能小于在 b 点的电势能
- D. 由 a 点到 b 点的动能变化量大于由 b 点到 c 点的动能变化量

【答案】D

【解析】

A 选项从粒子运动轨迹可以看出粒子与正电荷排斥，所以粒子带正电，错误。

B 选项根据库仑定律 $F = \frac{kQq}{r^2}$ ，距离 O 点正电荷越近，受的静电力越大，错误。

C 选项根据 $E_p = q\phi$ ，离正电荷越近电势越高，且粒子带正电，所以粒子在 a 点的电势能

大于在**b**点的电势能，错误。

D选项虚线是以O为圆心的等距同心圆，所以虚线为等势线，根据正电荷周围电场线分布可知离正电荷越远场强越小，所以 $U_{ab} > U_{bc}$ ，由根据 $W = qU$ ，可知a到b电场力做功大于b到c电场力做功，根据动能定理，该选项正确。

11. 在竖直方向的匀强磁场中，水平放置一圆形导体环。规定导体环中电流的正方向如图1所示，磁场方向向上为正方向。当磁感应强B随时间t按图2变化时，导体环中感应电流随时间变化的图像是

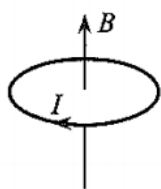


图1

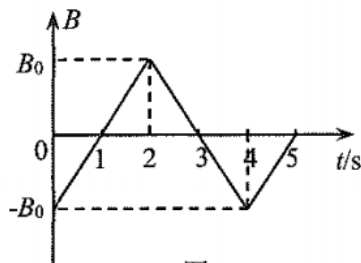
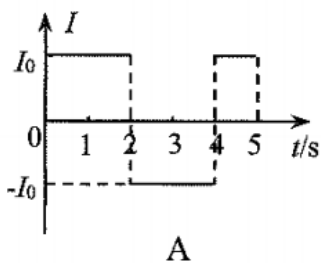
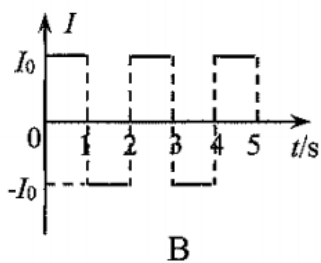


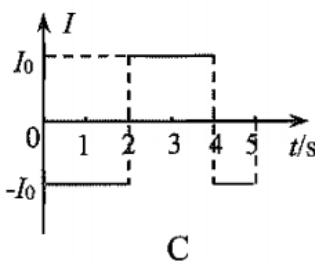
图2



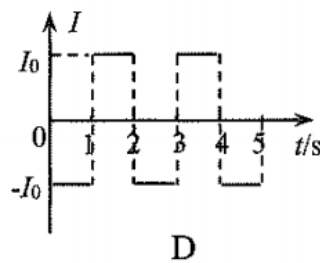
A



B



C



D

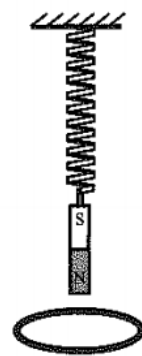
【答案】A

【解析】

根据图2中的磁场变化和楞次定律，0-2s磁场先向下均匀减小再向上均匀增加，感应电流产生的磁场一直向下，感应电流的方向与图1一致且不变，再结合图1给的正方向，只有A选项符合。

12. 如图所示，轻质弹簧上端固定，下端悬挂一个磁铁，在磁铁下端放一个固定的闭合导体线圈，将磁铁托起到一定高度后由静止放开，使磁极上下振动时穿过线圈。有关磁铁由最高点运动到最低点的过程下列说法正确的是

- A. 磁铁克服弹簧弹力做的功等于磁铁重力做的功
- B. 磁铁克服弹簧弹力做的功大于磁铁重力做的功
- C. 弹簧弹性势能的增加量等于磁铁重力势能的减少量
- D. 弹簧弹性势能的增加量小于磁铁重力势能的减少量

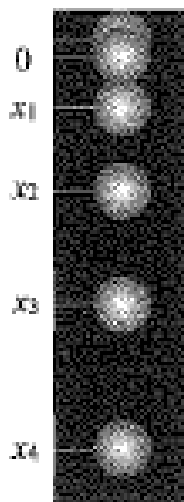


【答案】D

【解析】

克服弹簧弹力做的功即为弹簧弹性势能增加量，重力做的功即为重力势能减少量。由广义楞次定律，来拒去留，磁铁由最高点运动到最低点的过程中，安培力始终做负功，系统机械能减少。其中最高点和最低点磁铁的动能都为零，故弹性势能增加量小于重力势能减少量。根据以上分析，D 正确。

13. 频闪摄影是研究变速运动常用的实验手段。在暗室中，照相机的快门处于常开状态，频闪仪每隔一定时间发出一次短暂的强烈闪光，照亮运动的物体，于是胶片上记录了物体在几个闪光时刻的位置。右图是小球自由下落时的频闪照片示意图，某同学以下落过程中的某一点为原点，竖直向下为正方向建立坐标轴，并测量各时刻的位置坐标 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 。为了利用频闪照片证明自由落体运动是匀加速直线运动，以下几种方案合理的是



- A. 看各位置坐标 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 是否成等差数列
- B. 看各相邻位置坐标差 $(x_1 - 0)$ 、 $(x_2 - x_1)$ 、 $(x_3 - x_2)$ 、 $(x_4 - x_3)$ 是否成等差数列

- C. 作 $x-t$ 图，看图线是否为一条直线
- D. 作 $x-t^2$ 图，看图线是否为一条直线

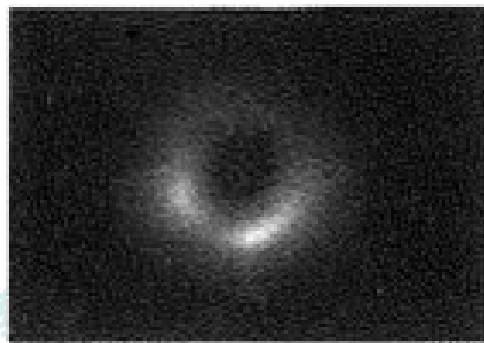
【答案】B

【解析】

根据匀变速直线运动特点，相邻相等时间内位移差 $\Delta x = aT^2$ ，是定值，可以验证相邻位置坐标差也就是相邻相等时间位移是否为等差数列来判断，所以A错误，B正确。

题目中说“以下落过程中的某一点为原点”，可知记录的坐标原点初速度不为零，根据匀变速位移公式 $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ ，位移 x 和时间 t 是二次函数关系，和 t^2 不是一次函数关系。所以CD错误。

14. 北京时间2019年4月10日，人类历史上首张黑洞“照片”（如图）被正式披露，引起世界轰动；2020年4月7日“事件视界望远镜（EHT）”项目组公布了第二张黑洞“照片”，呈现了更多有关黑洞的信息。黑洞是质量极大的天体，引力极强。



一个事件刚好能被观察到的那个时空界面称为视界。例如，发生在黑洞里的事件不会被黑洞外的人所观察到，因此我们可以把黑洞的视界作为黑洞的“边界”。在黑洞视界范围内，连光也不能逃逸。

由于黑洞质量极大，其周围时空严重变形。这样，即使是被黑洞挡着的恒星发出的光，有一部分光会落入黑洞中，但还有另一部分离黑洞较远的光线会绕过黑洞，通过弯曲的路径到达地球。

根据上述材料，结合所学知识判断下列说法正确的是

- A. 黑洞“照片”明亮部分是地球上的观测者捕捉到的黑洞自身所发出的光

- B. 地球观测者看到的黑洞“正后方”的几个恒星之间的距离比实际的远
 C. 视界是真实的物质面，只是外部观测者对它一无所知
 D. 黑洞的第二宇宙速度小于光速 c

【答案】B

【解析】

光不能从黑洞表面逃脱，我们看到的光是由距离黑洞较远的恒星发出的，故 A 错；

由于光绕过黑洞传播时路径是向内弯曲的，可将此情境类比为凸透镜成像，观测者看到的是正立放大的虚像，恒星间距被放大。故 B 正确；

由题意，视界是一个时空界面，C 错误；

黑洞第二宇宙速度即逃逸速度，大于等于光速，故 D 错

第二部分

15. (10 分)

通过实验测量金属丝的电阻率。

- (1) 用螺旋测微器测量金属丝的直径，某次测量示数如图 1 所示，可得金属丝直径的测量值 $d = \underline{\hspace{2cm}}$ mm。

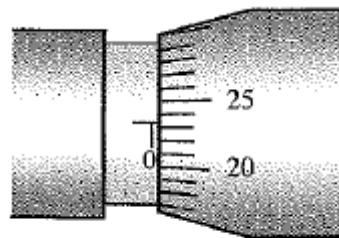


图 1

- (2) 按图 2 所示的电路测量金属丝的电阻 R_x (阻值约为 5Ω)。

实验中除开关、若干导线之外还提供了下列器材：

器材 (代号)	规格
电压表 (V_1)	量程 $0 \sim 3V$, 内阻约 $3k\Omega$
电压表 (V_2)	量程 $0 \sim 15V$, 内阻约 $15k\Omega$
电流表 (A_1)	量程 $0 \sim 3A$, 内阻约 0.01Ω
电流表 (A_2)	量程 $0 \sim 0.6A$, 内阻约 0.1Ω

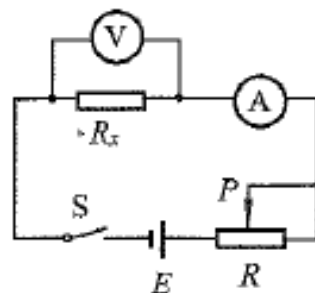


图 2

滑动变阻器 (R_1)	总阻值约 20Ω
滑动变阻器 (R_2)	总阻值约 500Ω
电源 (E)	电动势约为 $3.0V$

从以上器材中选择合适的器材进行测量，电压表应选_____，电流表应选_____，滑动变阻器应选_____（填器材代号）。

(3) 若通过测量获得，金属丝的长度 l 、直径 d 、电阻 R_x ，由此可计算得出金属丝的电阻率 ρ =_____。

(4) 如果将器材中的滑动变阻器 R_1 、 R_2 分别接入图2的电路中，调节滑动变阻器的滑片P的位置，以及表示滑动变阻器可接入电路的最大阻值，以 R_p 表示滑动变阻器接入电路的电阻值，以 U 表示 R_x 两端的电压值。在图3中所示的两条曲线中，表示接入 R_1 时的 U 随变化的图像是_____（选填a或b），并根据图像回答，本实验选择滑动变阻器 R_1 或 R_2 进行实验的理由。

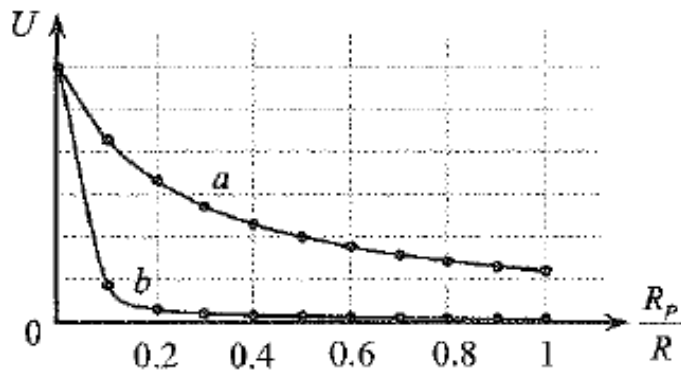


图3

【答案】(1) $0.232\sim 0.234$; (2) V_1, A_2, R_1 ; (3) $\rho = \frac{\pi R_x d^2}{4l}$;

(4) a; 理由：在接入 R_2 时， R_2 远大于 R_x ，导致调节滑片过程中，在大部分的图像中 R_x 两端的电压 U 的值几乎不变且很小，不利于测量多组数据

【解析】

(2) R_x 约为 5Ω ，阻值小，选择小量程， R_2 远大于 R_x ，选小滑动变阻器

$$(3) R = \rho \frac{l}{S}, S = \frac{\pi d^2}{4}, \rho = \frac{\pi R_x d^2}{4l}$$

(4) a; 理由：在接入 R_2 时， R_2 远大于 R_x ，导致调节滑片过程中，在大部分的图像中 R_x 两端的电压 U 的值几乎不变且很小，不利于测量多组数据

16. (8分)

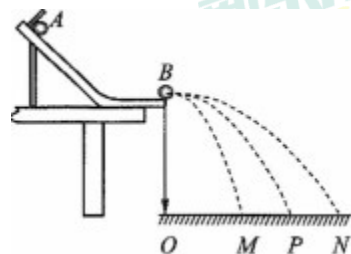
某同学用如图所示的装置，通过 A 、 B 两球的碰撞来验证动量守恒定律。

(1) 在以下测量工具中，本实验必须使用的是_____。

- A. 刻度尺 B. 游标卡尺
C. 秒表 D. 天平

(2) 实验中需要满足的条件是_____。

- A. 斜槽轨道的末端切线必须水平
B. 入射球 A 每次必须从轨道同一位置由静止释放
C. 两球材质必须相同
D. 两球质量应满足 $m_A > m_B$
E. 两球半径应满足 $r_A = r_B$



(3) 实验时，先让入射球 A 从斜槽上的起始位置由静止释放，多次重复，找到其平均落点的位置为 P ；然后，把被碰小球 B 置于水平轨道的末端，再将入射小球 A 按实验要求从斜槽上释放，与小球 B 相撞，多次重复，分别找到球 A 和球 B 相撞后的平均落点 M 、 N 。该同学在用不同的小球多次重复实验时发现， A 球的初始落点 P ，碰后 A 球的落点 M ，被碰球 B 的落点 N ，它们自左向右的排序始终是一样的。对此，他得出结论：若碰撞中不考虑机械能损失，两球的质量只要满足 $m_A > m_B$ ，则 M 、 N 、 P 的排列顺序不变。请通过分析说明他的结论是否成立。

【答案】(1) AD; (2) ABDE; (3) 根据平抛规律知：水平位移 $x = v_0 t = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$, M 、

P 、 N 三点对应的平抛竖直高度相同，故 $x \propto v_0$ ，即 OM 、 OP 、 ON 的长度取决于各自平

抛的初速度。由弹性碰撞知： $v_1 = \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} \cdot v_0$, $v_2 = \frac{2m_A}{m_A + m_B} \cdot v_0$ ，显然，当 $m_A > m_B$ 时，

$v_1 > v_0 > v_2$ ，从而 $OM < OP < ON$ ， M 、 P 、 N 排列顺序不变。

【解析】

(1) AD

A 选项刻度尺用来测量小球的水平位移，所以选项 A 正确。

B 选项保证两球体积相等即可，不需要使用游标卡尺来测量，所以选项 B 错误。

C 选项两个小球都是做平抛运动，通过测量竖直位移即可得到在空中的运动时间，不需要秒表，所以选项 C 错误。

D 选项该实验是为了验证动量守恒定律，原理中包含两小球的质量，所以选项 D 正确。

(2) ABDE

A 选项斜槽末端切线水平是为了保证碰撞过程中小球速度水平，所以选项 A 正确。

B 选项保证小球 A 的碰撞速度不变，所以选项 B 正确。

C、E 选项只要保证 $r_A = r_B$ ，即可认为 A、B 球的体积相同，是对心碰撞，而材质可以不同，所以选项 C 正确，选项 E 正确。

D 选项由 $v_A = \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} \cdot v_0$ 可知， $m_A > m_B$ 时， v_A 与 v_0 同向，即碰后 A 球不会反弹，不会造成多余能量损失，所以选项 D 正确。

(3) 根据平抛规律知：水平位移 $x = v_0 t = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$, M 、 P 、 N 三点对应的平抛竖直高

度相同，故 $x \propto v_0$ ，即 OM 、 OP 、 ON 的长度取决于各自平抛的初速度。由弹性碰撞知：

$v_1 = \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} \cdot v_0$, $v_2 = \frac{2m_A}{m_A + m_B} \cdot v_0$ ，显然，当 $m_A > m_B$ 时， $v_1 > v_0 > v_2$ ，从而 $OM < OP <$

ON ， M 、 P 、 N 排列顺序不变。

17. (8分)

城市进入高楼时代后，高空坠物已成为危害极大的社会安全问题，由物理学知识可知，即使是很小的物体从高处坠落也可能对人造成严重的伤害。

设一个50g的鸡蛋从16楼的窗户自由落下，相邻楼层的高度差约为3m，鸡蛋下落起点距地面的高度约为45m，鸡蛋撞击地面后速度减0。为便于估算，不计空气阻力，不计与地面撞击过程中鸡蛋的重力， g 取 10m/s^2 。

- (1) 求鸡蛋与地面撞击前的速度大小，以及撞击过程中地面对鸡蛋作用的冲量大小；
- (2) 若鸡蛋与地面撞击的时间为 $3 \times 10^{-3}\text{s}$ ，求鸡蛋对地面的平均冲击力的大小。

【答案】 (1) $v = 30\text{m/s}$, $I = 1.5\text{N} \cdot \text{s}$; (2) $\bar{F}' = 500\text{N}$

【解析】

(1) 鸡蛋做自由落体运动，有：

$$v^2 = 2gh$$

得：

$$v = \sqrt{2gh} = 30\text{m/s}$$

根据动量定理，取竖直向上为正方向：

$$I = 0 - (-mv) = mv = 1.5\text{N} \cdot \text{s}$$

(2) 设地面对鸡蛋的平均作用力为 \bar{F} ，不计鸡蛋重力及空气阻力取竖直向上为正方向，根据动量定理：

$$\bar{F}\Delta t = I$$

解得：

$$\bar{F} = \frac{I}{\Delta t} = 500\text{N}$$

根据牛顿第三定律，鸡蛋对地面的平均冲击力：

$$\bar{F}' = \bar{F} = 500\text{N}$$

18. (8分)

斜面是一种简单机械，在我国战国时期，墨子所作的《墨经》一书中就记载了利用斜面来提升重物的方法。

在日常生活中经常会使用斜面，例如卡车装载大型货物时，常会在车尾斜搭一块木板，工人将货物沿木板推入车厢，如图1所示。将这一情境简化为图2所示的模型。已知，货物质量为 m ，货物与斜面间的动摩擦因数为 μ ，重力加速度为 g 。

(1) 若斜面倾角为 θ ，对静止放置于斜面的货物做受力分析，并计算货物受到的摩擦力的大小；

(2) 现用平行于斜面的力将货物沿斜面从底端匀速推到顶端。甲工人认为斜面倾角越小推送货物的过程推力对货物做功越少；乙工人认为斜面倾角越大推送货物的过程推力对货物做功越少。将货物看作质点，请通过计算判断谁的观点是正确的。

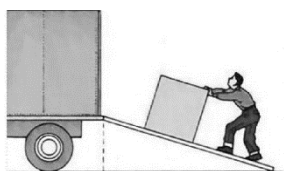


图 1

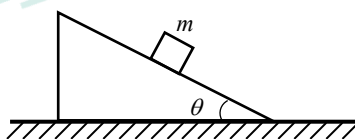


图 2

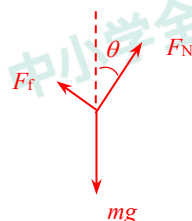
【答案】 (1) $F_f = mg\sin\theta$ ； (2) 正确。

【解析】

(1) 受力分析如答图1所示，由共点力平衡关系可知：

$$F_f = mg\sin\theta$$

(2) 货物匀速上滑的过程受力如答图2所示：



答图 1

由共点力平衡关系可知：

$$F = mg\sin\theta + F_f$$

$$F_N = mg\cos\theta$$

其中

$$F_f = \mu F_N$$

推力 F 做功：

$$W = Fx$$

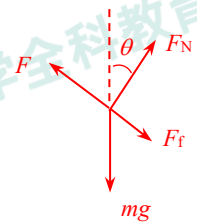
其中

$$x = \frac{h}{\sin\theta}$$

代入得：

$$W = mgh(1 + \mu\cot\theta)$$

由此可知， θ 越大， W 越小，所以乙工人的观点是正确的。



答图 2

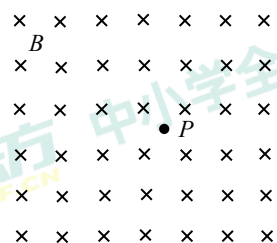
19. (12分)

如图所示，在垂直纸面向里的磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中，一个静止于 P 点的放射性元素氡的原子核发生了一次 α 衰变，变为钋（Po）。放射出的 α 粒子（ ${}^4_2\text{He}$ ）和生成的新核钋（Po）均在与磁场方向垂直的平面内做圆周运动。已知 α 粒子的质量为 m ，电荷量为 q 。

(1) 写出 ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ 发生 α 衰变的核反应方程，并定性画出新核钋（Po）和 α 粒子的运动轨迹。

(2) 新核钋（Po）和 α 粒子的圆周运动均可等效成一个环形电流，求 α 粒子做圆周运动的周期 T 和环形电流大小 I 。

(3) 磁矩是描述环形电流特征的物理量，把粒子做圆周运动形成的环形电流与圆环面积的乘积叫做粒子的回旋磁矩，用符号 μ 表示。设 α 粒子做圆周运动的速率为 v ，试推导 α 粒子回旋磁矩 μ_α 的表达式，并据此比较 α 粒子和新核钋(Po)做圆周运动回旋磁矩的大小关系。



【答案】 (1) ${}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{218}_{84}\text{Po}$; (2) $T = \frac{2\pi m}{Bq}$; $I = \frac{q}{T} = \frac{Bq^2}{2\pi m}$; (3) $\mu_\alpha > \mu_{\text{钋}}$

【解析】

(1) ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ 发生 α 衰变的核反应方程为：



新核钋(Po)和 α 粒子的运动轨迹如答图3所示。

(2) 洛伦兹力提供向心力，根据牛顿第二定律：

$$Bqv = m \frac{v^2}{r}$$

解得：

$$r = \frac{mv}{Bq}$$

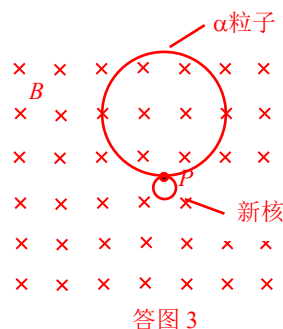
α 粒子做圆周运动的周期：

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{Bq}$$

环形电流大小：

$$I = \frac{q}{T} = \frac{Bq^2}{2\pi m}$$

(3) 由题意可得：



答图 3

$$\mu_{\alpha} = l \cdot \pi r^2$$

解得：

$$\mu_{\alpha} = \frac{mv^2}{2B}$$

根据动量守恒定律可知 ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ 发生 α 衰变生成的 α 粒子和新核钋(Po)动量大小相等，方向相反，即

$$p_{\alpha} = p_{\text{钋}}$$

根据

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}, \quad m_{\alpha} < m_{\text{钋}}$$

故

$$\mu_{\alpha} > \mu_{\text{钋}}$$

20. (12分)

(1) 某实验小组用学过的方法研究玩具电动机的伏安特性曲线，其中待测电动机的额定电压为4.0V。下表为实验小组的实验记录。

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
电压 U/V	0	0.46	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
电流 I/A	0	0.18	0.40	0.61	0.80	0.64	0.75	0.84	0.90
现象	电动机没有转动					电动机转动，且转速随电压增大而增大			

a. 求电动机在额定电压下工作的电功率。

b. 实验小组通过数据分析发现随电压逐渐增大，电压与电流的比值几乎不变，后逐渐增大，他们根据 $R = \frac{U}{I}$ ，认为电动机的电阻是先不变后增大的。请判断以上推理是否

正确并说明理由。

(2) 发电机和电动机在结构上具有相似性，因此电动机也可以作为发电机使用。如图1所示，用 R 表示玩具电动机线圈的等效电阻，将电动机接在一电动势为 E 、内阻不计的电源两端，电动机的转轴上缠有足够长的轻绳，绳下端悬挂一质量为 m 的重物，最终可以使重物匀速上升。如图2所示，若将原电路中的电源去掉，将玩具电动机作为发电机使用，轻绳在轴上的缠绕方向不变，悬挂的重物质最相同，重物最终以速率 v 匀速下落。

为简化问题研究，认为玩具电动机作为发电机使用时，线圈匀速转动产生大小恒定的电动势，不考虑各部分的摩擦阻力的影响，认为电动机或发电机线圈匀速转动时所受安培力大小与所挂重物重力大小成正比，与线周转动速度无关。

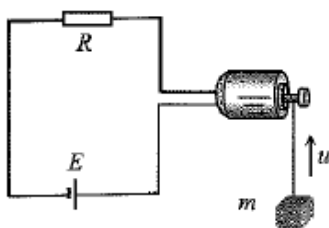


图1

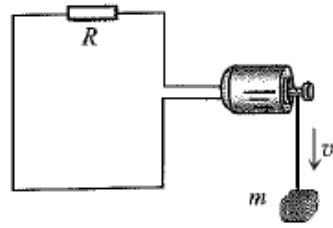


图2

- a. 图1和图2中通过电阻 R 的电流方向_____（选填“相同”或“相反”）。
- b. 已知重力加速度为 g ，求图1中重物匀速上升的速度大小 u 。

【答案】 (1) a. $3.6W$; b. 不正确，理由见解析 (2) a. 相同; b. $E \cdot \sqrt{\frac{v}{mgR}} - v$ 。

【解析】

(1) a. 电动机的额定功率为

$$P = UI = 3.6W$$

b. 推理不正确。电阻 $R = \frac{U}{I}$ 反映了导体对电流的阻碍作用，在不考虑温度变化的情况下，导体的电阻与电压以及电流无关。而电动机转动时为非纯电阻用电器，将电能转化为机械能和内能，即

$$UI = I^2R + P_{\text{机}}$$

可见 $U \neq IR$ ，所以不能根据电压与电流的比值判断电动机电阻的变化。

(2) a. 相同

b. 设图1和图2中通过电阻 R 的电流分别为 I_1 和 I_2 ，根据能量守恒定律，图1中的电动机把电能转化为机械能和内能，有

$$EI_1 = mgu + I_1^2 R$$

图2中的发电机将机械能转化为电能，再转化为内能，有

$$mgv = I_2^2 R$$

得

$$I_2 = \sqrt{\frac{mgv}{R}}$$

由题意可知，两种情况下线圈受安培力大小相等，根据 $F = BIL$ 可知：

$$BI_1 L = BI_2 L$$

得

$$I_1 = I_2$$

代入解得

$$u = E \cdot \sqrt{\frac{v}{mgR}} - v$$