

5月高三质量检测

物理

注意事项：1. 考试时间为75分钟，满分100分。

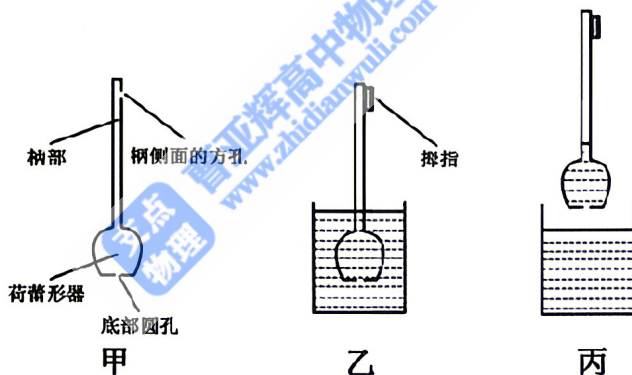
2. 答题前，考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡相应的位置。

一、单选题：本题共7小题，每小题4分，共28分。在每小题给出的四个选项中，只有一项符合题目要求的。

1. 下列关于原子和原子核的说法正确的是

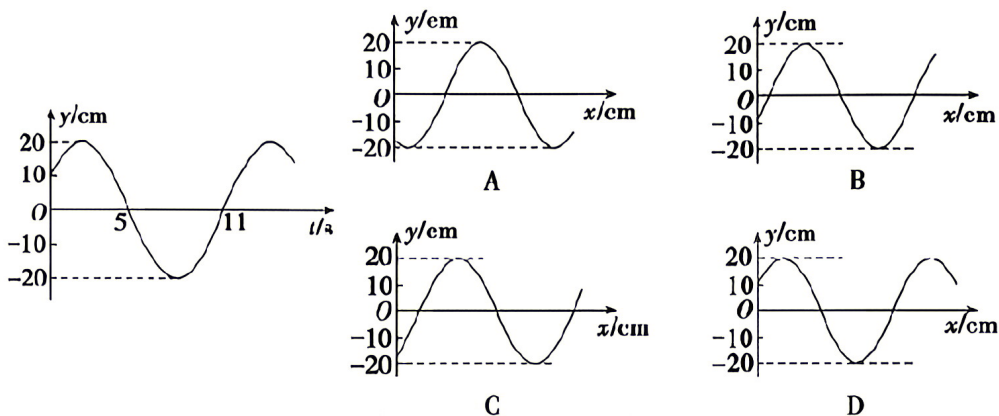
- A. 贝克勒尔发现天然放射现象，其中 β 射线来自原子最外层的电子
- B. 密立根油滴实验表明核外电子的轨道是不连续的
- C. 卢瑟福通过对阴极射线的研究，提出了原子的核式结构模型
- D. 汤姆孙发现电子使人们认识到原子内部是有结构的

2. 如图甲所示是战国时期的竹节柄铜汲酒器。把汲酒器竖直放入酒中，柄部在上、荷蕾形器在下，酒由底部圆孔进入荷蕾形器中后，用拇指压住柄侧面的方孔，将汲酒器内的气体密封，如图乙所示。再把汲酒器缓慢提起并悬停在空中，如此便将酒“汲”起，如图丙所示。汲酒器内封闭的气体视作理想气体，提起过程封闭气体体积不断增大，环境温度保持不变，汲酒器导热性能良好。下列说法正确的是

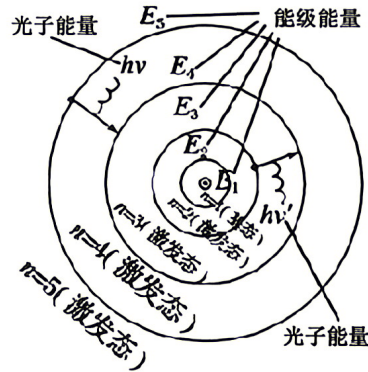


- A. 提起汲酒器的过程中，封闭气体的内能不断增大
- B. 提起汲酒器的过程中，封闭气体单位时间内碰撞单位面积器壁的分子数减少
- C. 提起汲酒器的过程中，外界对封闭气体做正功
- D. 提起汲酒器的过程中，封闭气体向外界放出的热量等于气体对外界做的功

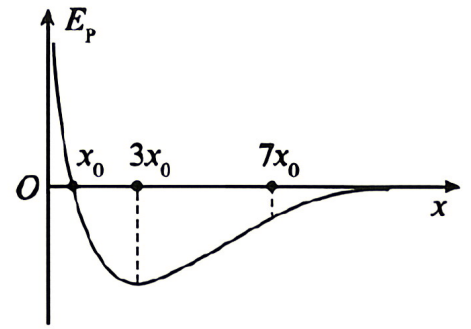
3. 一列简谐横波沿 x 轴正向传播，平衡位置位于坐标原点 O 的质点振动图像如图所示。当 $t=9\text{s}$ 时，简谐波的波动图像应为



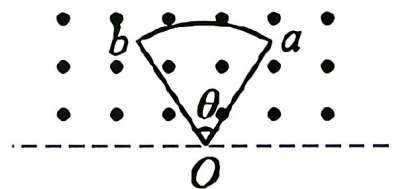
4. 玻尔氢原子电子轨道示意图如图所示，处于 $n=3$ 能级的原子向低能级跃迁，会产生三种频率为 ν_{31} 、 ν_{32} 、 ν_{21} 的光，下标数字表示相应的能级。已知普朗克常量为 h ，光速为 c 。下列说法正确的是



- A. 用同一装置做单缝衍射实验，三种频率为 ν_{31} 、 ν_{32} 、 ν_{21} 的光中频率为 ν_{31} 的光中央亮条纹最宽
- B. 若氢原子从 $n=3$ 能级跃迁至 $n=4$ 能级，辐射出光子的频率 $\nu_{34}' = \frac{E_4 - E_3}{h}$
- C. 频率为 ν_{31} 和 ν_{21} 的两种光分别射入同一光电效应装置，均产生光电子，其最大初动能之差为 $h\nu_{32}$
- D. 频率为 ν_{21} 的光，其动能为 $\frac{(E_2 - E_1)^2}{2mc}$
5. 在某电场中建立 x 坐标轴，一个电子从坐标原点 O 仅在电场力作用下由静止开始沿 x 轴正方向运动，该电子的电势能 E_p 随坐标 x 变化的关系如图所示（其中 $x=3x_0$ 处对应曲线最低点）。下列说法中正确的是



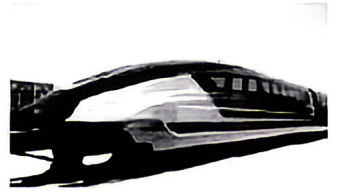
- A. $3x_0$ 处的电势低于 $7x_0$ 处的电势
- B. 电子在 $3x_0$ 处的加速度大于 $7x_0$ 处的加速度
- C. 电子从 x_0 处到 $7x_0$ 处电场力先做正功后做负功
- D. 若具有一定初速度的质子仅在电场力作用下从 O 点沿 x 轴运动到 $3x_0$ ，则质子的动能一直在增加
6. 如图所示，磁感应强度为 B 的匀强磁场垂直纸面向外，虚线表示匀强磁场的边界，一半径为 r 、圆心角为 θ ($\theta < \frac{\pi}{2}$)、电阻为 R 的扇形单匝线框 Oab ，圆心 O 在边界线上。线框围绕圆心 O 在纸面内以角速度 ω 顺时针匀速转动，下列说法正确的是



- A. 线框出磁场过程 O 点电势比 b 点低
- B. 线框出磁场过程 Ob 边所受安培力的大小为 $\frac{B^2 r^3 \omega}{R}$
- C. 线框转动一周外力所做的功为 $\frac{B^2 r^4 \omega^2 \theta}{2R}$
- D. 线框中产生交流电动势的有效值为 $\frac{1}{2} B r^2 \omega \sqrt{\frac{\theta}{\pi}}$

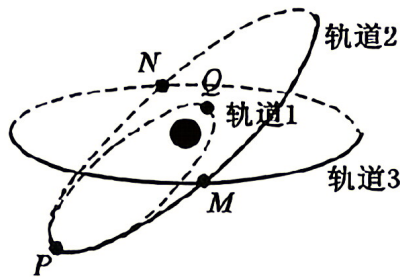
7. 高速磁悬浮列车在水平长直轨道上运行，车头会受到前方空气的阻力，假设列车周围空气静止，车头前方的空气碰到车头后速度变为与车厢速度相同。已知空气密度为 ρ ，车头的迎风面积(垂直运动方向上的投影面积)为 S ，列车质量为 m ，从静止开始以恒定功率 P 启动。若只考虑车头有空气阻力，轨道摩擦等其他阻力不计，下列说法正确的是

- A. 列车先做匀加速直线运动后做匀速直线运动
- B. 列车对空气的作用力与列车速度的关系为 $F = \rho S v^2$
- C. 列车的最大动能为 $\frac{m}{2} \sqrt{\frac{P}{\rho S}}$
- D. 列车受到的最大阻力为 $\sqrt{P \rho S}$



二、多选题：本题共 3 小题，每小题 6 分，共 18 分。在每小题给出的四个选项中，有两个或两个以上正确答案，全部选对得 6 分，漏选得 3 分，错选 0 分。

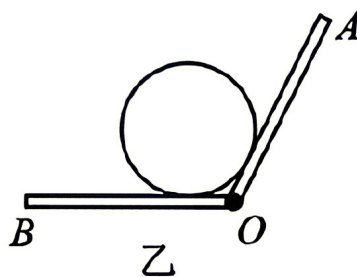
8. 我国现有多款手机支持天通卫星通讯。“天通”卫星发射过程如图：先用火箭将卫星送上椭圆轨道 1 (P 、 Q 是远地点和近地点)，随后变轨至圆轨道 2，再变轨至同步圆轨道 3。轨道 1、2 相切于 P 点，轨道 2、3 相交于 M 、 N 两点。忽略卫星质量变化，下列说法正确的是



- A. 卫星在轨道 3 上运动时处于平衡状态
 - B. 卫星在轨道 2 上和轨道 3 上的运动周期均与地球自转周期相同
 - C. 卫星在轨道 1 上通过 P 点时的加速度小于在轨道 2 上通过 P 点时的加速度
 - D. 卫星在轨道 1 上 P 点的线速度小于在轨道 3 上的线速度
9. 我国的新疆棉以绒长、品质好、产量高著称于世，目前新疆地区的棉田大部分是通过如图甲所示的自动采棉机采收。自动采棉机在采摘棉花的同时将棉花打包成圆柱形棉包，通过采棉机后侧可以旋转的支架平稳将其放下。这个过程可以简化为如图乙所示模型：质量为 m 的圆柱体棉包放在“V”型挡板上，两板间夹角为 120° 且固定不变，“V”型挡板可绕 O 轴在竖直面内转动。已知重力加速度为 g ，忽略“V”型挡板对棉包的摩擦力，在 OB 板由水平位置顺时针缓慢转动 60° 过程中，下列说法正确的是

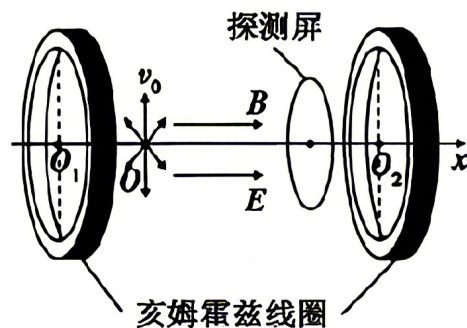


甲



乙

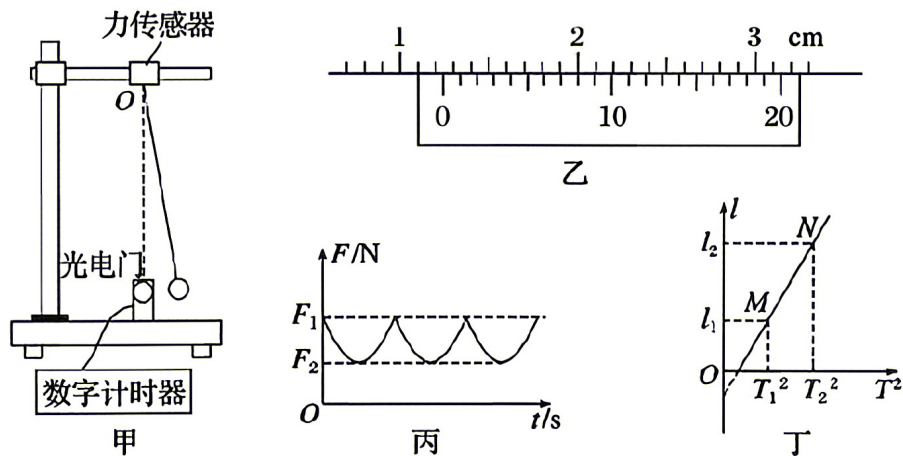
- A. 棉包对 OA 板的压力先减小后增大
 B. 棉包对 OB 板的压力逐渐减小
 C. 当 OB 板转过 30° 时, 棉包对 OB 板的作用力大小为 $\frac{\sqrt{3}}{3}mg$
 D. 当 OB 板转过 30° 时, 棉包对 OB 板的作用力大小为 mg
10. 亥姆霍兹线圈是一种制造小范围均匀磁场的器件。它由一对完全相同的圆形导体线圈组成, 这两个线圈的半径和匝数相同, 且同轴排列。亥姆霍兹线圈能产生标准磁场, 因此在物理实验中经常被使用。如图所示为一对通有相同方向且等大的恒定电流的亥姆霍兹线圈, 形成如图平行于中心轴线 O_1O_2 (x 轴) 向右的匀强磁场, 其磁感应强度 B 大小未知。现有一离子源放置于 O_1O_2 上某位置 O , 持续发射带正电、初速度大小均为 v_0 的粒子, 其方向垂直于轴线向外。在 x 轴线上垂直放置一圆形探测屏, 半径为 R , 其圆心位于 x 轴上的 P 点, 用于接收粒子, 探测屏圆心 P 与粒子源间的距离为 d , 不计粒子重力和粒子间相互作用。若粒子在匀强磁场中做圆周运动的半径恰好等于 $\frac{R}{2}$, 下列说法正确的是



- A. 要产生如图所示方向的磁场, 则从右往左看亥姆霍兹线圈应通逆时针方向的电流
 B. 粒子在匀强磁场中做圆周运动的周期为 $\frac{\pi R}{2v_0}$
 C. 断开亥姆霍兹线圈中电流, 加平行于中心轴线 O_1O_2 向右的匀强电场, 要使得所有粒子恰好打在探测屏边缘, 则粒子在电场中运动的加速度大小为 $\frac{2dv_0^2}{R^2}$
 D. 若该空间同时存在如图所示的磁场和电场(场强与 C 项相同), 沿 x 轴平移探测屏, 使所有粒子恰好打在探测屏的圆心, 探测屏圆心与粒子源间的距离 $d_n = n^2 \pi^2 d$ ($n=1, 2, 3 \dots$)

三、非选择题: 本题共 5 道小题, 共 54 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得分; 有数值计算的, 答案中必须明确写出数值和单位。

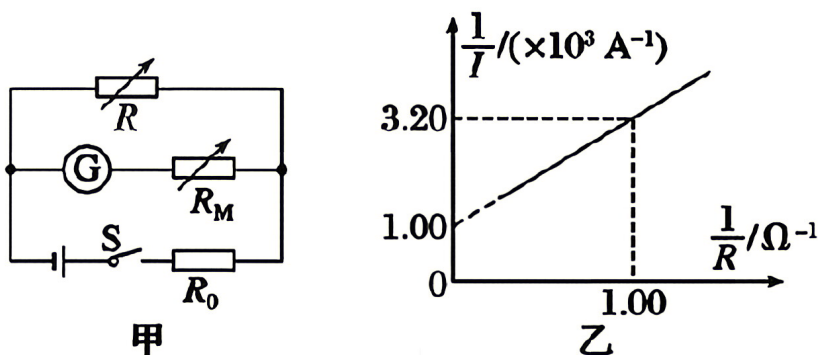
11. (8 分) 某同学用如图甲所示的实验装置做“用单摆测重力加速度”的实验。细线的一端固定在一力传感器触点上, 力传感器与电脑屏幕相连, 能直观显示细线的拉力大小随时间的变化情况, 在摆球的平衡位置处安放一个光电门, 连接数字计时器, 记录小球经过光电门的次数及时间。



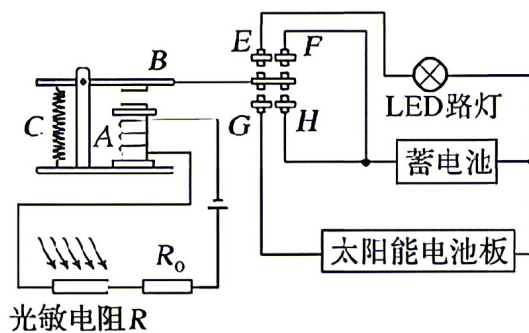
- (1) 用游标卡尺测量摆球直径 d ，结果如图乙所示，则摆球直径 $d = \underline{\quad\quad}$ cm；
- (2) 除了测量摆球直径 d 外，该同学又测得细线长度 l ，将摆球从平衡位置拉开一个合适的角度，由静止释放摆球，摆球在竖直平面内稳定摆动后，计算机屏幕上得到如图丙所示的 $F-t$ 图像，已知图像中两相邻峰值之间的时间间隔为 t 。利用以上数据可得重力加速度表达式 $g = \underline{\quad\quad}$ (用 t, d, l 表示)；
- (3) 若在另一次实验时该同学未测量摆球直径 d ，在测得多组细线长度 l 和对应的周期 T 后，画出 $l-T^2$ 图像。在图线上选取 M, N 两个点，找到两点相应的横、纵坐标。如图丁所示，利用该两点的坐标可得重力加速度表达式 $g = \underline{\quad\quad}$ (用 l_1, l_2, T_1, T_2 表示)；若测得图线在纵轴截距的坐标为 $(0, -l_0)$ ，则摆球直径 $d = \underline{\quad\quad}$ 。

12. (8分) 太阳能电池是一种利用太阳光直接发电的光电半导体薄片，又称为“太阳能芯片”或“光电池”，主要通过光电效应或者光化学效应直接把光能转化成电能。某同学要测量光电池的电动势和内阻，根据实验室提供的器材，设计如图甲所示的实验方案。

- ① 光电池(电动势约为 5.0V，内阻约为 1Ω)
- ② 电压表 V(量程 15V，内阻 R_V 约为 $10k\Omega$)
- ③ 电流计 G(量程 1mA，内阻 $R_G = 20\Omega$)
- ④ 电阻箱 $R(0 \sim 9999.9\Omega)$
- ⑤ 电阻箱 $R_M(0 \sim 9999.9\Omega)$
- ⑥ 定值电阻 $R_0 = 1.2\Omega$
- ⑦ 开关 S 和导线若干

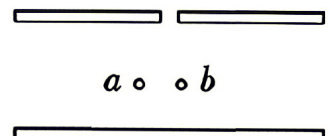


- (1) 因电压表 V 的量程太大，现将电流表 G 改装成量程为 $5V$ 的电压表，电阻箱 R_M 的阻值需要调至 $R_M = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ ；
- (2) 该同学利用上述实验原理图测得电流计示数 I 和电阻箱的示数 R ，并作出相应的 $\frac{1}{I} - \frac{1}{R}$ 图像如图乙所示，根据图像可求出光电池的电动势 $E = \underline{\hspace{2cm}} V$ ，光电池的内阻 $r = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ (结果均保留三位有效数字)；
- (3) 下图是利用太阳能电池给 LED 路灯供电的自动控制电路的示意图。 R 是光敏电阻， R_c 是保护定值电阻，日光充足时，电磁继电器把衔铁吸下， GH 接入电路，太阳能电池板给蓄电池充电，光线不足时，衔铁被弹簧拉起，与 EF 接入电路，蓄电池给 LED 路灯供电，路灯亮起。该光敏电阻阻值随光照强度增大而 (填“增大”或“减小”)；在冬季时为了延长每天路灯照明时间，需换为更 (填“大”或“小”)些的保护电阻。

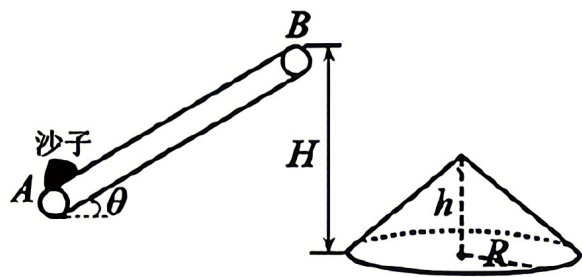


13. (12分) 密立根油滴实验的示意图如图所示。两水平金属平板上下放置且间距固定，可从上板中央的小孔向两板间喷入大小相同、带电量不同、密度不同的小油滴。两板间不加电压时，油滴 a 、 b 在重力和空气阻力的作用下竖直向下匀速运动，速率分别为 v_0 、 $\frac{v_0}{4}$ ；两板间加上电压后(上板为正极)，这两个油滴很快达到相同的速率 $\frac{v_0}{2}$ ，均竖直向下匀速运动。油滴可视为球形，所受空气阻力大小与油滴运动速率成正比，比例系数视为常数。不计空气浮力和油滴间的相互作用。

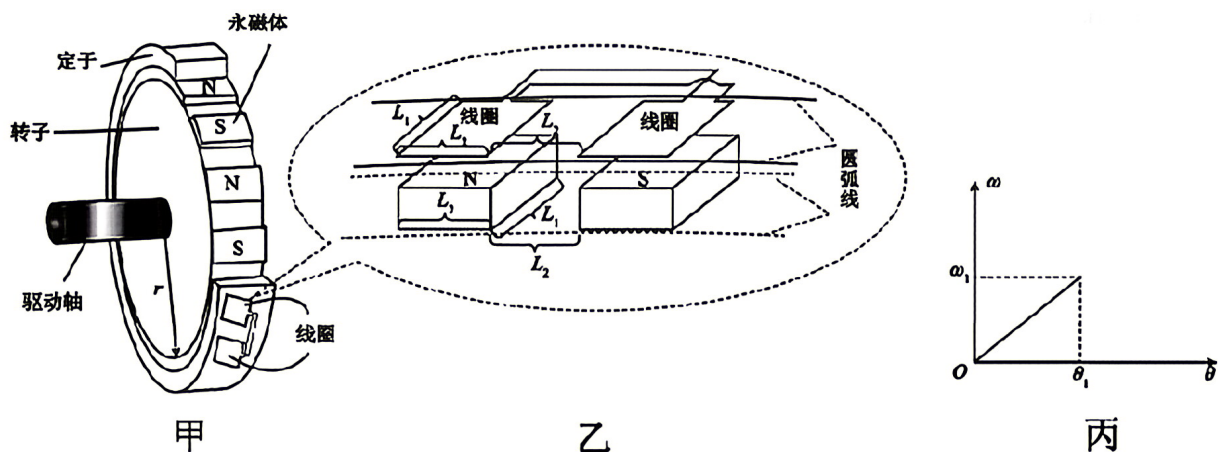
- (1) 求油滴 a 和油滴 b 的密度之比；
- (2) 判断油滴 a 和油滴 b 所带电荷的正负，并求 a 、 b 所带电荷量的绝对值之比。



14. (12分) 如图所示为建筑工地利用传送带输送沙子的示意图, 传送带 AB 长 $L=6\text{m}$, 与水平方向的夹角为 $\theta=30^\circ$, 传送速度 $v=3\text{m/s}$, B 端离水平地面高 $H=3.5\text{m}$ 。将沙子轻放上传送带底端 A , 沙子与传送带间动摩擦因数 $\mu_1=\frac{\sqrt{3}}{2}$, 沙子间动摩擦因数 $\mu_2=0.6$, 沙子离开传送带后落在地面形成圆锥形沙堆, 沙堆底面半径 $R=3\text{m}$ 。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 不计空气阻力, 重力加速度 g 取 10m/s^2 , 求:
- (1) 质量 $m=1\text{kg}$ 的沙子由 A 端传送到 B 端过程, 所受重力的冲量大小 I ;
 - (2) 第一颗沙子离开传送带后落地点与 B 端的水平距离 x ;
 - (3) 沙堆的最大高度 h (不考虑沙子的滚动)。



15. (14分) 如图甲所示为永磁式径向电磁阻尼器，由永磁体、定子、驱动轴和转子组成，永磁体安装在转子上，驱动轴驱动转子转动，定子上的线圈切割“旋转磁场”产生感应电流，从而产生制动力。如图乙所示，单个永磁体的质量为 m ，长为 L_1 、宽为 L_2 (宽度相对于所在处的圆周长度小得多，可近似为一段小圆弧)、厚度很小可忽略不计，永磁体的间距为 L_2 ，永磁体在转子圆周上均匀分布，相邻磁体磁极安装方向相反，靠近磁体表面处的磁场可视为匀强磁场，方向垂直表面向上或向下，磁感应强度大小为 B ，相邻磁体间的磁场互不影响。定子的圆周上固定着多组金属线圈，每组线圈由两个矩形线圈组成，连接方式如图乙所示，每个矩形线圈的匝数为 N 、电阻为 R ，长为 L_1 ，宽为 L_2 ，线圈的间距为 L_2 ，两组相邻线圈的间距也为 L_2 。转子半径为 r ，转轴及转子质量不计，定子和转子之间的缝隙忽略不计。



- (1) 当转子角速度为 ω 时，求每组线圈所受安培力 F 的大小；
- (2) 若转子的初始角速度为 ω_0 ，求转子转过的最大弧长 l_m ；
- (3) 若在外力作用下转子加速，转子角速度 ω 随转过的角度 θ 的图像如图丙所示，求角度转至 θ_1 的过程中产生的焦耳热。

5月高三质量检测

物理答案

1. 【答案】D

【解析】贝克勒尔发现天然放射现象，其中 β 射线是由核内中子转变而来，故A错误；密立根油滴实验测得电子电荷量，表明电荷量是不连续的，故B错误；卢瑟福通过对 α 粒子散射实验的研究，提出了原子核式结构模型，故C错误；汤姆孙对阴极射线研究并发现电子，使人们认识到原子内部是有结构的，故D正确。

2. 【答案】B

【解析】汲酒器内的气体被密封，环境温度保持不变，则该过程为等温变化，封闭气体的温度不变，则封闭气体的分子平均动能不变，故A错误；

提起过程封闭气体体积不断增大，单位时间内碰撞单位面积器壁的分子数减少，故B正确；

提起汲酒器的过程中，气体体积增大，外界对封闭气体做负功，故C错误；

根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ ，由于温度保持不变， $\Delta U = 0$ ，气体对外做功，则 $W < 0$ ，

则 $Q > 0$ ，即气体从外界吸热等于气体对外做功，故D错误。

3. 【答案】A

【解析】由O点的振动图像可知，周期为 $T = 12\text{s}$ 。设原点处的质点的振动方程为

$y = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$ ，则 $10 = 20 \sin \varphi$ ，解得 $\varphi = \frac{\pi}{6}$ 。在 $t = 9\text{s}$ 时刻

$y_2 = 20 \sin\left(\frac{2\pi}{12} \times 9 - \frac{\pi}{6}\right) \text{cm} = -10\sqrt{3} \text{cm} \approx -17.3 \text{cm}$ 。因 $9\text{s} = \frac{3}{4}T$ ，则在 $t = 9\text{s}$ 时刻位于坐标原点的质

点在 y 轴负方向且向上振动。波向右传播，根据“同侧”法可判断，则波形如A所示，故A正确。

4. 【答案】C

【解析】三种频率为 ν_{31} 、 ν_{32} 、 ν_{21} 的光中频率为 ν_{31} 的光频率最大、波长最短，根据单缝衍射实验中，入射光的波长越长，中央亮条纹越宽，故频率为 ν_{31} 的光中央亮条纹最窄，故A错误；

若氢原子从 $n=3$ 能级跃迁至 $n=4$ 能级，需吸收光子，故B错误；根据爱因斯坦光电效应方程，其最大初动能分别为 $E_{km1} = h\nu_{31} - W_0$ ， $E_{km2} = h\nu_{21} - W_0$ ，最大初动能之差为 $\Delta E_{km} = h\nu_{31} - h\nu_{21}$

$= h\nu_{32}$ ，故C正确；根据玻尔理论可知 $h\nu_{21} = E_2 - E_1$ ，则频率为 ν_{21} 的光的动量为 $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu_{21}}{c} =$

$\frac{E_2}{c} \frac{E_1}{c}$, 根据动能和动量的关系 $E_k = \frac{p^2}{2m} = \frac{(E_2 - E_1)^2}{2mc^2}$, 故 D 错误。

5. 【答案】C

【解析】根据 $E_p = q\varphi$, 结合电子的电势能 E_p 随坐标 x 变化的图像可知, $3x_0$ 处的电势高于 $7x_0$ 处的电势, 故 A 错误; 图像斜率的绝对值表示电场力的大小, 由图像可知电子在 $3x_0$ 处的加速度小于 $7x_0$ 处的加速度, 故 B 错误; 根据图像可知电势能先减小后增加, 电场力先做正功后做负功, 故 C 正确; 根据图像可知 O 点到 $3x_0$ 处的电场线沿 x 轴的负方向, 质子受到的电场力做负功, 电势能一直在增加, 动能一直在减小, 故 D 错误。

6. 【答案】D

【解析】线框出磁场过程中 Ob 边切割磁感线, 由右手定则可知电流从 b 点流向 O 点, 故 O 点电势比 b 点高, 故 A 错误; 进、出磁场过程产生的感应电动势的大小为 $E = \frac{1}{2}Br^2\omega$, 由安培力 $F_{安} = BIl = B \frac{E}{R} l = \frac{B^2 r^3 \omega}{2R}$, 故 B 错误; 设线框转动周期为 T , 而线框转动一周中只有进、出磁场过程才产生感应电动势, 因此一周之内产生感应电动势的时间 $t = 2 \times \theta \times \frac{T}{2\pi} = \frac{6T}{\pi}$, 进、出磁场过程产生的感应电动势的大小为 $\frac{1}{2}Br^2\omega$, 根据有效值的定义有 $\frac{(\frac{1}{2}Br^2\omega)^2}{R} t = \frac{E_{有效}^2}{R} T$, 所以感应电动势的有效值为 $E_{有效} = \frac{1}{2}Br^2\omega \sqrt{\frac{2}{\pi}}$, 故 D 正确; 根据 $W = \frac{E^2}{R} t = \frac{B^2 r^4 \omega^2}{2R}$, 故 C 错误。

7. 【答案】B

【解析】根据 $P = Fv$, 随着列车速度增大, 牵引力减小, 列车所受合外力减小, 根据牛顿第二定律可知, 列车先做加速度减小的加速运动, 故 A 错误;

设磁悬浮列车的速度为 v , 列车对空气的作用力为 F , 根据动量定理可得 $Ft = \rho v t S v$, 解得 $F = \rho S v^2$, 故 B 正确;

当牵引力与阻力大小相等时, 列车速度达到最大, 则有 $P = Fv_{max}$, 得 $v_{max} = \sqrt[3]{\frac{P}{\rho S}}$, 列车的最大

动能 $E_{kin} = \frac{1}{2}mv_{max}^2 = \frac{m}{2} \left(\sqrt[3]{\frac{P}{\rho S}} \right)^2$, 故 C 错误;

列车以最大速度运行时, 受到的空气阻力为 $f = \rho S v_{max}^2 = \sqrt[3]{P^2 \rho S}$, 故 D 错误。

8. 【答案】BD

【解析】P 星在轨道 3 上做匀速圆周运动, 不属于平衡状态, 故 A 错误;

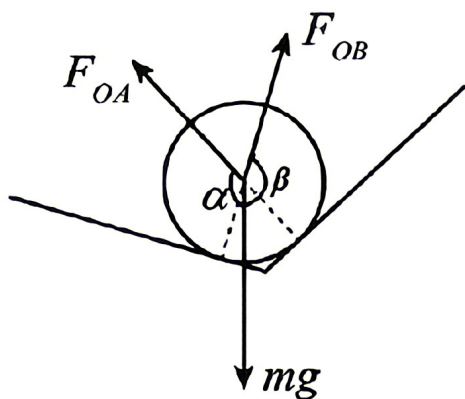
轨道 2、3 都是圆心相同的圆轨道，且能够相交于 M 、 N 点，所以圆轨道 2、3 半径相同，根据 $\frac{GMm}{r^2} = m\frac{4\pi^2}{T^2}r$ ，卫星在轨道 2、3 的周期相同，又因轨道 3 为同步轨道，故卫星在轨道 2 上和轨道 3 上的运动周期均与地球自转周期相同，故 B 正确；

根据牛顿第二定律可得 $G\frac{Mm}{r^2} = ma$ ，所以 $a = G\frac{M}{r^2}$ ，可知卫星在轨道 1 上运动经过 P 点时的加速度等于在轨道 2 上运动经过 P 点时的加速度，故 C 错误；

卫星在轨道 1 上 P 点加速变轨到轨道 2，线速度小于在轨道 2 上 P 点的线速度，故小于轨道 3 上的线速度，故 D 正确。

9. 【答案】BC

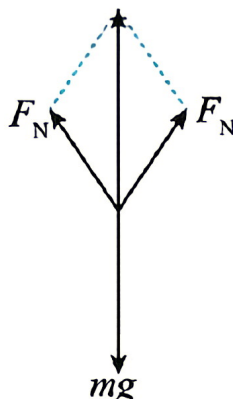
【解析】对物体受力分析如图



由拉密定理可得 $\frac{mg}{\sin 60^\circ} = \frac{F_{OB}}{\sin \alpha} = \frac{F_{OA}}{\sin \beta}$

物体在旋转过程中 α 从 120° 逐渐变大至 180° ， β 从 180° 逐渐减小至 120° ，因此 OB 板由水平位置缓慢转动 60° 过程中，棉包对 OA 板压力逐渐增大，对 OB 板压力逐渐减小，故 A 错误、B 正确；

当 OB 板转过 30° 时，两板与水平方向夹角均为 30° ，如图所示



两板支持力大小相等，与竖直方向夹角为 30° ，可得 $F_N = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$ ，故 C 正确，D 错误。

10. 【答案】ACD

【解析】根据安培定则，要产生题图所示方向的磁场，则从右往左看亥姆霍兹线圈应通逆时针方向的电流，故 A 正确；粒子在磁场中做圆周运动的周期 $T = \frac{2\pi R}{v_c} = \frac{2\pi R}{v_c}$ ，故 B 错误；粒子在电场中做类平抛运动，沿 x 轴方向有 $d = \frac{1}{2}at^2$ ，垂直于 x 轴方向有 $R = v_0 t$ ，联立解得 $a = \frac{2v_0^2}{R^2}$ ，故 C 正确；根据运动的独立性原理，粒子沿 x 轴方向做匀加速直线运动，垂直于 x 轴方向做匀速圆周运动，故粒子回到 x 轴所用的时间为粒子做匀速圆周运动周期的整数倍，即

$t_n = nT = \frac{n\pi R}{v_0} (n=1,2,3\dots)$ ，在 x 轴方向有 $d_n = \frac{1}{2}at_n^2$ ，联立解得 $d_n = n^2\pi^2 d (n=1,2,3\dots)$ ，故 D 正确。

11. 【答案】(1)1.240 (2分); (2) $\frac{\pi^2(d-2l)}{2l^2}$ (2分); (3) $4\pi^2 \frac{l_2 l_1}{T_2^2 - T_1^2}$ (2分); $2l_0$ (2分)

【解析】(1)摆球直径为 $d = 12 \text{ mm} + 8 \times 0.05 \text{ mm} = 12.40 \text{ mm} = 1.240 \text{ cm}$;

(2) $F-t$ 图像的峰值对应小球经过最低点，每个周期小球两次经过该位置，此单摆的周期为 T

$= 2l$ ，根据单摆周期公式 $T = 2\pi \sqrt{\frac{l - \frac{d}{2}}{g}}$ ，可得 $g = \frac{\pi^2(d-2l)}{2l^2}$;

(3)可得 $l = \frac{g}{4\pi^2} T^2 - \frac{d}{2}$ ，

可知， $l-T^2$ 图像的斜率 $k = \frac{g}{4\pi^2}$ ，

由题图丁可知 $k = \frac{l_2 - l_1}{T_2^2 - T_1^2}$ ，

可得重力加速度表达式为 $g = 4\pi^2 \frac{l_2 - l_1}{T_2^2 - T_1^2}$ ，

根据前面式子可知理论上图线在纵轴截距的绝对值等于摆球半径，则摆球直径 $d = 2l_0$ 。

12. 【答案】(1)4980.0 (2分); (2)5.00 (2分), 1.00 (2分); (3)减小(1分), 大(1分)

【解析】(1)根据电压表改装原理 $U = I_G(R_G + R_M) = 5 \text{ V}$ ，

故电阻箱的阻值需要调至 $R_K = 4980.0 \Omega$ ；

(2)根据闭合电路的欧姆定律 $E = U + \frac{U}{R}(R_0 + r)$ ，

且 $U = I(R_G + R_M)$ ，

整理得 $\frac{1}{I} = \frac{5000(R_0 + r)}{E} \cdot \frac{1}{R} + \frac{5000}{E}$ ，

$\frac{1}{I} - \frac{1}{R}$ 图像的纵截距为 $b = \frac{5000}{E} = 1.00 \times 10^3$ ，

解得光电池的电动势 $E=5.00\text{ V}$,

$$\frac{\Delta}{\Delta} - \frac{1}{R} \text{图像的斜率为 } k = \frac{5000(R_0 + r)}{R} = \frac{3.20 - 1.00}{1.00 - 0} \times 10^5,$$

解得光电池的内阻 $r=1.00\ \Omega$;

(3)日光充足时,电磁继电器把衔铁吸下,根据闭合电路欧姆定律,控制电路中电阻变小,电流变大,衔铁被吸下,则当日光充足时光敏电阻 R 阻值减小;换为阻值更大些的保护电阻,电流减小,延长照明时间。

13. 【答案】(1)4:1; (2) a 带负电荷、 b 带正电荷, 2:1

【解析】(1)根据题述有 $f=kv$ (1分)

设油滴 a 的质量为 m_1 , 油滴 a 以速率 v_0 向下匀速运动时, 由平衡条件有

$$m_1 g = kv_0, m_1 = \frac{4}{3} \pi r_1^3 \rho_1 \dots\dots\dots (1分)$$

设油滴 b 的质量为 m_2 , 油滴 b 以速率 $\frac{v_0}{4}$ 向下匀速运动时, 由平衡条件有

$$m_2 g = k \cdot \frac{v_0}{4}, m_2 = \frac{4}{3} \pi r_2^3 \rho_2 \dots\dots\dots (1分)$$

联立解得 $m_1 : m_2 = 4 : 1$ (1分)

故 $\rho_1 : \rho_2 = 1 : 1$ (1分)

(2)当在两板间加恒定电压(上板为正)时, 这两个油滴很快以 $\frac{v_0}{2}$ 的速率竖直向下匀速运动, 则油滴 a 速率减小, 说明油滴 a 受到向上的电场力, 油滴 a 带负电荷, 油滴 b 速率增大, 说明油滴 b 受到向下的电场力, 则油滴 b 带正电荷。..... (2分)

当两个油滴均以速率 $\frac{v_0}{2}$ 竖直向下匀速运动时,

由 $f=kv$ 可知所受阻力关系为 $f=f_1$

油滴 b 以速率 $\frac{v_0}{4}$ 竖直向下匀速运动时, 所受阻力为 $f=m_2 g$, 结合 $f=kv$ 可知油滴 b 以速率 $\frac{v_0}{2}$ 竖直向下匀速运动时, 所受阻力为 $f_2=2f=2m_2 g$ (1分)

油滴 a 以速率 $\frac{v_0}{2}$ 竖直向下匀速运动, 所受阻力为 $f=f_2=2m_2 g$ (1分)

设油滴 a 所带电荷量的绝对值为 q_1 , 由平衡条件有

$$m_1 g = q_1 E + f_1 \dots\dots\dots (1分)$$

设油滴 b 所带电荷量的绝对值为 q_2 , 由平衡条件有

$$m_2 g + q_2 E = f_2 \dots\dots\dots (1分)$$

联立解得 $q_1 : q_2 = 2 : 1$ (1分)

14. 【答案】(1) $26\text{N}\cdot\text{s}$; (2) $x = \frac{3\sqrt{3}}{2}\text{m}$; (3) 1.8m

【解析】(1) 沙子放上传送带后, 根据牛顿第二定律有 $\mu mg\cos\theta - mg\sin\theta = ma$ (1分)

解得 $a = 2.5\text{m/s}^2$

沙子加速至与传送带共速所用时间为 $t_1 = \frac{v}{a} = 1.2\text{s}$ (1分)

此过程位移 $x_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = 1.8\text{m}$ (1分)

之后沙子以 v 匀速运动到 B 端历时 $t_2 = \frac{L - x_1}{v} = 1.4\text{s}$ (1分)

由 $I = mg(t_1 + t_2)$ (1分)

解得 $I = 26\text{N}\cdot\text{s}$ (1分)

(2) 沙子离开传送带 B 端后以 v 做斜抛运动, 设经时间 t' 落地

竖直方向, 有 $-H = v\sin\theta \cdot t' - \frac{1}{2}gt'^2$ (1分)

水平方向, 有 $x = v\cos\theta \cdot t'$ (1分)

解得 $x = \frac{3\sqrt{3}}{2}\text{m}$ (1分)

(3) 设沙堆侧面与底面间夹角为 α , 在沙堆表面取一颗沙了, 当它恰好不会沿侧面下滑时沙堆有最大高度。

有 $\mu_2 mg\cos\alpha = mg\sin\alpha$ (1分)

又因为 $\tan\alpha = \frac{h}{R}$ (1分)

解得 $h = \mu_2 R = 1.8\text{m}$ (1分)

15. 【答案】(1) $\frac{2N^2B^2L^2\omega}{R}$; (2) $\frac{m\omega_0 R^2}{N^2 B^2 L^2}$; (3) $\frac{\pi\omega_0^2 N^2 B^2 L^4}{2R}$

【解析】(1) 当转子角速度为 ω 时, 线圈产生的感应电动势为

$E = 2NBL\omega r$ (2分)

感应电流为

$I = \frac{E}{2R} = \frac{NBL\omega r}{R}$ (1分)

线圈所受安培力为

$$F = 2NBIL_1 = \frac{2N^2B^2L_1^2\omega r}{R} \dots\dots\dots(2 \text{分})$$

(2) 根据动量定理

$$\frac{2N^2B^2L_1^2\omega r}{R} \Delta t = 2m\Delta v \dots\dots\dots(2 \text{分})$$

可得转子转过的最大角度 $\theta_m = \frac{m\omega_0 R}{N^2B^2L_1^2} \dots\dots\dots(1 \text{分})$

根据最大弧长 $l_m = \frac{\theta_m}{\omega} \times 2\pi r = \frac{m\omega_0 R r}{N^2B^2L_1^2} \dots\dots\dots(2 \text{分})$

(3) 一组磁铁在转过 $\Delta\theta$ 过程中克服安培力做功为

$$\Delta W = Fr\Delta\theta = \frac{2N^2B^2L_1^2r^2\omega}{R} \Delta\theta \dots\dots\dots(1 \text{分})$$

根据图像的面积可获得一组磁铁转过 θ_1 过程中克服安培力做功

$$W = \frac{N^2B^2L_1^2r^2\omega\theta_1}{R} \dots\dots\dots(1 \text{分})$$

所有磁铁转过 θ_1 过程中克服安培力做功

$$W_{\text{总}} = \frac{2\pi r}{4L_2} W = \frac{3\omega_0\theta_1 N^2B^2L_1^2r^2}{2RL_2} \dots\dots\dots(1 \text{分})$$

转过 θ_1 过程中产生的焦耳热

$$Q = W_{\text{总}} = \frac{\pi\omega_0\theta_1 N^2B^2L_1^2r^2}{2RL_2} \dots\dots\dots(1 \text{分})$$