

2018 年山西省吕梁市孝义市高考一模试卷物理

一、选择题（共 8 小题，每小题 6 分，满分 48 分）

1. (6 分) 了解物理规律的发现过程，学会像科学家那样观察思考，往往比掌握知识本身更重要。针对伽利略对自由落体运动的研究内容及过程，有以下叙述：

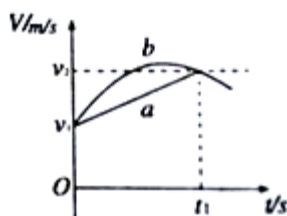
- ①伽利略后来借助数学知识发现，如果速度与位移成正比，将会推导出复杂的结论；
 - ②伽利略相信，自然界的规律是简洁明了的，他猜想自由落体运动一定是一种最简单的变速运动，它的速度应该是均匀变化的；
 - ③亚里士多德认为物体下落的快慢是由它们的重量决定的，伽利略通过逻辑推理和实验证实亚里士多德的结论是错误的；
 - ④伽利略通过斜面实验来证明速度与时间成正比的猜想是正确的，并进行了合理外推：当倾角为 90° 时，运动变为自由落体，其性质不变，而且所有物体下落的加速度都是一样的。
- 根据伽利略研究的真实过程，你认为下列排序科学合理的是()

- A. ①②③④
- B. ③②①④
- C. ②①③④
- D. ②③①④

解析：对于落体运动，最先是亚里士多德认为物体下落的快慢是由它们的重量决定的，伽利略通过逻辑推理和实验证实亚里士多德的结论是错误的，并相信自然界的规律是简洁明了的，速度应该是均匀变化的；最终检验出速度与时间成正比的猜想是正确的，并进行了合理外推，得到落地运动的规律，故 B 正确，ACD 错误。

答案：B

2. (6 分) $t=0$ 时刻汽车 a 和 b 沿两条平直의平行车道以相同速度同时经过同一地点，如图，直线 a 和曲线 b 分别是这两车行驶的速度—时间图象，由图可知()



- A. 在 t_1 时刻，两车运动方向相反
- B. 在 t_1 时刻，两车再次相遇
- C. 在 $0 \sim t_1$ 这段时间内，b 车的速度先增大后减小，但方向不变
- D. 在 $0 \sim t_1$ 这段时间内，b 车的平均速度等于 $\frac{v_1 + v_2}{2}$

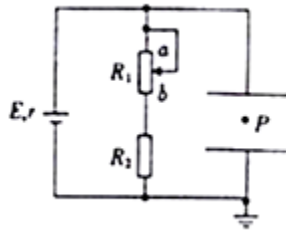
解析：A、b 车的速度先增大后减小，但两车速度方向一直相同，且 $0 \sim t_1$ 这段时间内，b 的位移一直大于 a 的位移，不可能相遇，故 A、B 项错误，C 项正确，

D、在 $0 \sim t_1$ 向这段时间内，a 车做匀变速直线运动，平均速度 $v_a = \frac{x_a}{t} = \frac{v_1 + v_2}{2}$ ，b 车平均

速度 $v_b = \frac{x_b}{t} > \frac{v_1 + v_2}{2}$ ，D 项错误。

答案：C

3. (6 分) 如图所示的电路中，电源电动势 $E=8V$ ，内阻 $r=2\Omega$ ，电阻 $R_2=6\Omega$ ，电容为 $1\mu F$ 的平行板电容器水平放置且下极板接地。当滑动变阻器 R_1 的滑片处于 b 端时，有一带电油滴位于板间正中央 P 点且恰好处于静止状态。下列说法正确的是()



- A. 此时 P 点电势为 6V
 B. 电容器上极板所带电荷量为 $6 \times 10^{-6} \text{C}$
 C. 若仅将电容器上极板缓慢上移少许, 则 P 点电势不变
 D. 若仅将滑片 P 从 b 端向 a 端缓慢移动少许, 则油滴将向下移动

解析: A、由闭合电路的欧姆定律可知: 路端电压 $U = \frac{R_2}{R_2 + r} E = 6V$, 那么, 电容器两极

的电势差为 6V, 又有下端接地, 故电势为零, 那么, P 点电势为 $\frac{1}{2}U = 3V$, 故 A 错误;

B、电容器上极板所带电荷量 $Q = CU = 1 \times 10^{-6} \times 6C = 6 \times 10^{-6} \text{C}$, 故 B 正确;

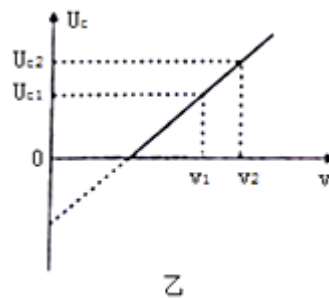
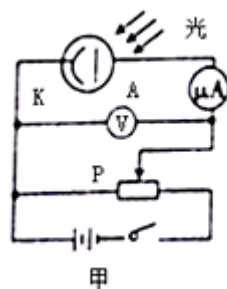
C、移动电容器上极板, 电容器两端电势差不变; 又有两极板间距离增大, 故电场强度减小; 又有 P 点到下极板的距离不变, 故电势差减小, 那么, P 点电势减小, 故 C 错误;

D、滑片 P 从 b 端向 a 端移动, 那么外电路电阻增大, 所以, 路端电压增大, 故两极板电势差增大, 极板间场强增大, 那么, 油滴受到的电场力增大;

油滴受重力和电场力作用, 故有开始时油滴静止可知: 电荷力方向向上, 那么, 移动滑片后油滴合外力向上, 故油滴向上运动, 故 D 错误。

答案: B

4. (6 分) 从 1907 年起, 美国物理学家密立根就开始以精湛的技术测量光电效应中几个重要的物理量。他通过如图甲所示的实验装置测量某金属的遏止电压 U_c 与入射光频率 ν , 作出图乙所示的 $U_c - \nu$ 的图象, 由此算出普朗克常量 h , 并与普朗克根据黑体辐射测出的 h 相比较, 以检验爱因斯坦方程的正确性。已知电子的电荷量 e , 则下列普朗克常量 h 的表达式正确的是()



- A. $h = \frac{e(U_{c2} - U_{c1})}{\nu_2 - \nu_1}$
 B. $h = \frac{U_{c2} - U_{c1}}{e(\nu_2 - \nu_1)}$
 C. $h = \frac{\nu_2 - \nu_1}{e(U_{c2} - U_{c1})}$
 D. $h = \frac{e(\nu_2 - \nu_1)}{U_{c2} - U_{c1}}$

解析: 根据爱因斯坦光电效应方程有: $E_k = h\nu - W_0$ 。

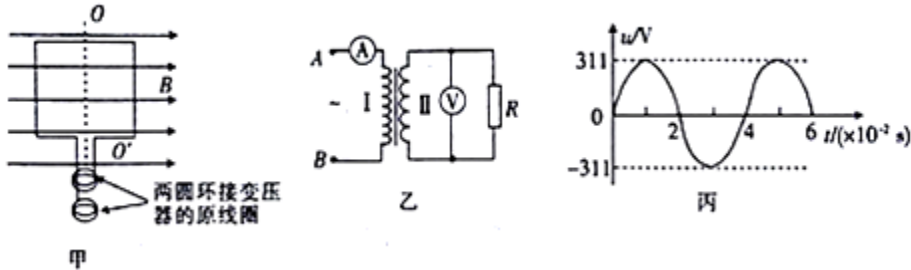
根据动能定理有： $eU_c = E_k$,

得： $U_c = \frac{h}{e}v - \frac{w_0}{e}$,

所以图象的斜率为： $k = \frac{U_{c2} - U_{c1}}{v_2 - v_1} = \frac{h}{e}$ ，故 A 正确，BCD 错误。

答案：A

5. (6分) 图甲所示为一发电机的原理图，发电机产生的交变电流接图乙中理想变压器的原线圈。已知变压器原、副线圈的匝数之比为 22:1，发电机输出电压 u 随时间 t 变化的规律如图丙所示，发电机线圈电阻忽略不计，则()



- A. 电阻两端电压的瞬时值表达式为 $u = 10 \sin 50\pi t$ (V)
- B. 电压表示数为 10V
- C. 若仅使发电机线圈的转速增大一倍，则变压器副线圈输出电压的频率增大一倍，而电压表示数不变
- D. 若仅使电阻 R 增加，则电流表示数不变

解析：A、由题图丙知；原线圈电压的最大值 $U_m = 311V$ ，则其有效值， $U_1 = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 220V$ ，周期 $T = 0.04s$ ，

故频率为 $f = \frac{1}{T} = 25Hz$ ；由 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 知，副线圈电压的有效值 $U_2 = 10V$ ，最大值 $U_{2m} = 14V$ ，故 A 项错

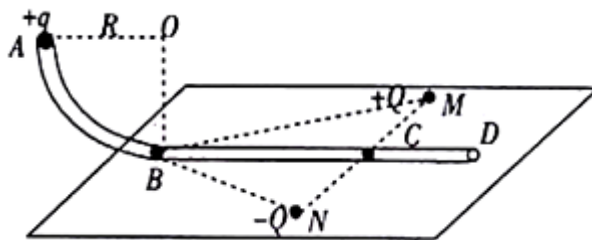
误、B 项正确；

C、若仅使发电机线圈的转速 n 增大一倍，则角速度 ω 增大一倍，根据 $E_m = BS\omega$ 可知，变压器原线圈输入电压（或副线圈输出电压）的频率和最大值都增大一倍，故 C 项错误；

D、电阻增加，电流表示数减小，D 项错误。

答案：B

6. (6分) 图示 ABCD 为竖直放置的光滑绝缘细管道，其中 AB 部分是半径为 R 的圆弧形管道，BCD 部分是固定的水平管道，两部分管道恰好相切于 B 点。水平面内的 M、N、B 三点连线构成边长为 L 的等边三角形，M、N 连线过 C 点且垂直于 BCD。两个带等量异种电荷的点电荷分别固定在 M、N 两点，电荷量分别为 +Q 和 -Q。现把质量为 m、电荷量为 +q 的小球（小球直径略小于管道内径，小球可视为点电荷），由管道的 A 处静止释放，已知静电力常量为 k，重力加速度为 g，则()



- A. 小球运动到 B 点时受到的电场力小于运动到 C 点时受到的电场力

- B. 小球在 B 点时的电势能小于在 C 点时的电势能
 C. 小球在 A 点时的电势能等于在 C 点时的电势能
 D. 小球运动到 C 点时的速度为 \sqrt{gR}

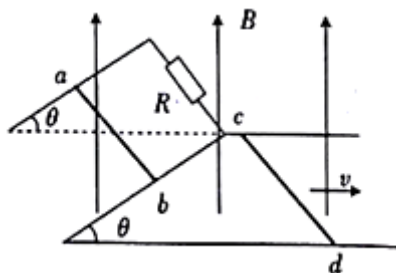
解析：A、在 M、N 两点，电荷量分别为 +Q 和 -Q，根据等量异种点电荷的电场特征，B 点电场强度小于 C 点，小球在 B 点时受到的电场力小于运动到 C 点时受到的电场力。故 A 正确；BC、根据等量异种点电荷的电场特征可知 A、B、C 三点处于同一个等势面上，所以三点的电势相等，小球在三点处的电势能都是相等的，故 B 错误、C 正确；

D、从 A 点到 C 点的运动过程只有重力对小球做功，应用动能定理可得： $\frac{1}{2}mv_c^2 = mgR$ ，

所以小球在 C 点时速度为 $\sqrt{2gR}$ ，故 D 错误。

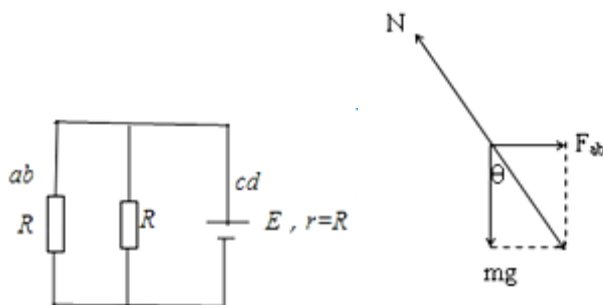
答案：AC

7. (6 分) 如图所示，间距为 L 的光滑平行金属导轨弯成“∠”形，底部导轨面水平，倾斜部分与水平面成 θ 角，导轨上端与阻值为 R 的固定电阻相连，整个装置处于磁感应强度方向竖直向上、大小为 B 的匀强磁场中，导体棒 ab 和 cd 均垂直于导轨放置，且与导轨间接触良好。两导体棒的电阻值均为 R，其余部分电阻不计。当导体棒 cd 沿底部导轨向右以速度 v 匀速滑动时，导体棒 ab 恰好在倾斜导轨上处于静止状态，导体棒 ab 的重力为 mg，则 ()



- A. 导体棒 cd 两端电压为 BLv
 B. t 时间内通过导体棒 cd 横截面的电荷量为 $\frac{2BLvt}{3R}$
 C. 导体棒 ab 所受安培力为 $mg \tan \theta$
 D. cd 棒克服安培力做功的功率为 $\frac{B^2 L^2 v^2}{R}$

解析：根据题意画出等效电路如图所示：



A、导体棒 cd 以速度 v 匀速滑动时，产生的感应电动势 $E=BLv$ ，根据闭合电路可知，cd 两端电压 $U=\frac{1}{3}E=\frac{BLv}{3}$ ，故 A 错误；

B、通过导体棒 cd 的电流 $I=\frac{E}{R+\frac{R}{2}}=\frac{2BLv}{3R}$ ，t 时间内通过导体棒 cd 横截面的电荷量 $q=It=$

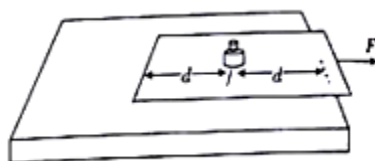
$\frac{2BLvt}{3R}$ ，故 B 正确；

C、导体棒 ab 受重力，支持力和水平方向安培力处于平衡状态，故安培力为 $F_{ab}=mg\tan\theta$ ，故 C 正确；

D、导体棒 cd 克服安培力做功的功率 $P=IE=\frac{2B^2L^2v^2}{3R}$ ，故 D 错误。

答案：BC

8. (6分) 将小砝码置于桌面上的薄纸板上，用水平向右的拉力将纸板迅速抽出，砝码的移动很小。这就是大家熟悉的惯性演示实验。若砝码和纸板的质量分别为 M 和 m ，各接触面间的动摩擦因数均为 μ ，砝码与纸板左端的距离和砝码与桌面右端的距离均为 d ，现用水平向右的恒力 F 拉动纸板，如图所示，则下列说法正确的是()



- A. 要使纸板相对砝码运动， F 一定大于 $2\mu(M+m)g$
- B. 纸板相对砝码运动时，纸板所受摩擦力的大小为 $\mu(M+m)g$
- C. 若砝码与纸板分离时的速度不大于 $\sqrt{2\mu gd}$ ，砝码不会从桌面上掉下
- D. 当 $F=2\mu(M+2m)g$ 时，砝码恰好到达桌面边缘

解析：A、要使纸板相对砝码运动，纸板的加速度 $a_1 = \frac{F - \mu(2M+m)g}{M} > a_2 = \frac{\mu mg}{M}$ ，则

$F > 2\mu(M+m)g$ ，故 A 正确；

B、纸板相对砝码运动时，纸板受桌面的摩擦力为 $F_1 = \mu(M+m)g$ ，受砝码的摩擦力为 μMg ，即摩擦力为 $\mu(2M+m)g$ ，故 B 错误；

C、若砝码与纸板分离时的速度为 v ，设砝码与纸板分离时间为 t ，砝码恰好到达桌面边缘，则砝码位移 $d = \frac{v}{2} \cdot 2t$ ， $t = \frac{v}{\mu g}$ ，解得 $v = \sqrt{\mu gd}$ ，故 C 错误；

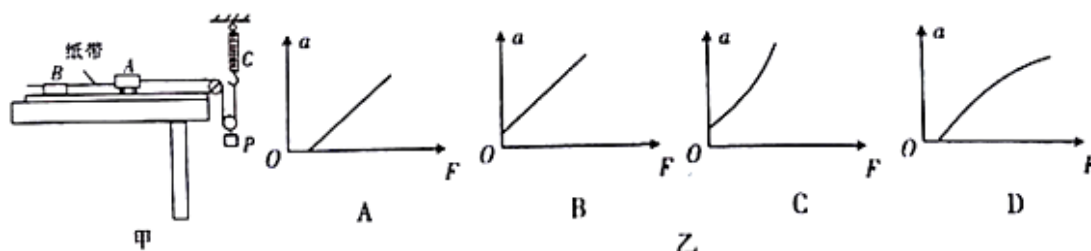
D、当 $F=2\mu(M+2m)g$ 时， $a_{板} = 3\mu g$ ， $a = \mu g$ ，分离时间为 t_1 ，则有 $\frac{1}{2} a_{板} t_1^2 - \frac{1}{2} \mu g t_1^2 = d$ ，

解得砝码与纸板分离时速度 $v = \mu g t_1 = \sqrt{\mu gd}$ ，故砝码恰好到达桌面边缘，故 D 正确。

答案：AD

二、非选择题：包括必考题和选考题两部分。第 9 题~第 12 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 13 题~第 16 题为选考题，考生根据要求作答。(一) 必考题

9. (6分) 图甲所示为“探究加速度与物体所受合力的关系”的实验装置。图中 A 为小车，连接在小车后面的纸带穿过打点计时器 B，它们均置于一端带有定滑轮的足够长的木板上，P 为钩码，C 为弹簧测力计，绳与滑轮间的摩擦可以忽略。



(1) 实验时一定要进行的操作是_____ (填选项前的字母)。

- A. 一端带有定滑轮的长木板必须保持水平
- B. 小车靠近打点计时器, 先接通电源, 再释放小车, 打出一条纸带, 同时记录弹簧测力计的示数
- C. 改变 P 的质量, 打出几条纸带
- D. 为减小误差, 实验中一定要保证 P 的质量远小于小车的质量

解析: A、该实验首先必须要平衡摩擦力, 一端带有定滑轮的长木板要倾斜, 故 A 错误;
 B、为提高打点的个数, 打点计时器的使用都要求先接通电源后释放小车, 故 B 正确;
 C、改变 P 的质量, 打出几条纸带, 得到不同拉力作用下的加速度, 故 C 正确
 D、由于该实验的连接方式, 重物和小车不具有共同的加速度, 小车是在绳的拉力下加速运动, 此拉力可由测力计示数获得, 不需要用重物的重力来代替, 故不要求重物质量远小于小车质量, 故 D 错误。

答案: BC

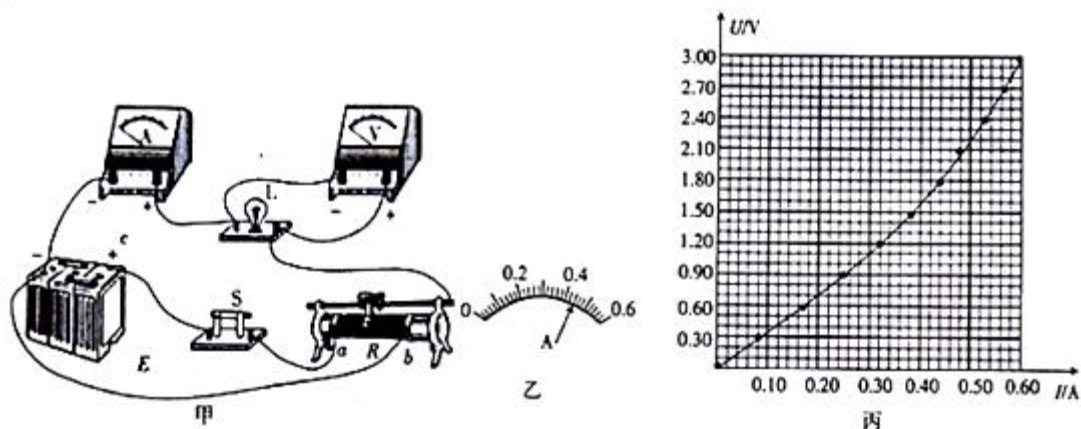
(2) 按图甲装置 (长木板水平放置) 完成实验, 以弹簧测力计的示数 F 为横坐标, 以加速度 a 为纵坐标, 图乙中画出的 $a - F$ 图象可能正确的是_____ (填选项字母)。若测出的 $a - F$ 图象的斜率为 k , 则小车的质量为_____。

解析: 若没有平衡摩擦力, 则当 $F \neq 0$ 时, $a=0$ 。也就是说当绳子上有拉力时小车的加速度还为 0, 所以可能是图中的图线 C。

结合牛顿第二定律 $F - f = ma$, 解得 $\frac{1}{m} = k$, 即 $m = \frac{1}{k}$ 。

答案: A, $\frac{1}{k}$ 。

10. (9 分) 某同学从实验室中找到一只小灯泡, 其额定电压值为 2.5V, 额定功率值已模糊不清, 他想测定其额定功率值, 于是先用欧姆表直接测出该小灯泡的电阻约为 4Ω , 然后再利用实验室相关器材设计一个电路, 测量通过小灯泡的电流和它两端的电压, 并根据测量数据来绘制小灯泡的 $U - I$ 图线, 进而计算出小灯泡的额定功率。



(1) 实验要求灯泡两端电压从零开始变化, 则滑动变阻器应选下列中的_____ (填字母代号)。

- A. 滑动变阻器 (最大阻值 20Ω , 额定电流 1A)
- B. 滑动变阻器 (最大阻值 1750Ω , 额定电流 0.3A)

解析: 若接入的滑动变阻器的阻值较大, 则电流调节变化很快, 还有可能变化范围很小, 所以应选较小的 A。

答案: A。

(2) 该同学已连接如图甲所示的电路, 在连接最后一根导线的 c 端到直流电源正极之前, 请

指出其中仅有的 2 个不当之处，并说明如何改正。

①_____。

②_____。

解析：任何连线必须使开关断开，而图示中开关是闭合的，这是错误之一；其次滑动变阻器的位置就调到使输出的电压最小，就滑到 b 端处。

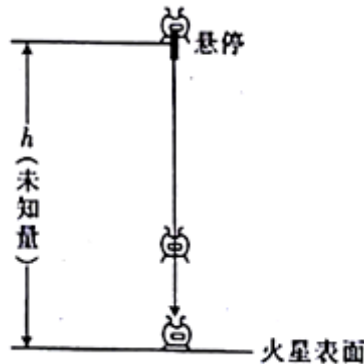
答案：①错误：开关闭合；改正：开关断开。

②错误：滑动变阻器滑片的位置；改正：滑动变阻器滑片应处于 b 端。

(3)改正错误后，该同学某次测量，电流表指针偏转情况如图乙所示，则电流表的示数为_____A；该同学多次测量记录有关数据并描绘出的伏安特性曲线如图丙所示，根据图线求得该小灯泡的额定功率为_____W。

解析：从表盘指示的刻度和量程可以读出 0.44A，小灯泡的额定功率为 $2.5 \times 0.54W = 1.35W$ 。
答案：0.44，1.35。

11. (12 分)所谓“深空探测”是指航天器脱离地球引力场，进入太阳系空间或更远的宇宙空间进行探测，现在世界范围内的深空探测主要包括对月球、金星、火星、木星等太阳系星体的探测。继对月球进行深空探测后，2018 年左右我国将进行第一次火星探测。图示为探测器在火星上着陆最后阶段的模拟示意图。首先在发动机作用下，探测器受到推力作用在距火星表面一定高度处（远小于火星半径）悬停；此后发动机突然关闭，探测器仅受重力下落 $2t_0$ 时间（未着地），然后重新开启发动机使探测器匀减速下降，经过时间 t_0 ，速度为 0 时探测器恰好到达火星表面。已知探测器总质量为 m （不计燃料燃烧引起的质量变化），地球和火星的半径的比值为 k_1 ，质量的比值为 k_2 ，地球表面附近的重力加速度为 g ，求：



(1)探测器悬停时发动机对探测器施加的力。

解析：设地球的质量和半径分别为 M 和 R ，火星的质量、半径和表面重力加速度分别为 M' 、 R' 和 g'

根据重力等于万有引力有： $mg = G \frac{Mm}{R^2}$ 和 $mg' = G \frac{M'm}{R'^2}$ 。

联立解得： $g' = \frac{k_1^2}{k_2} g$ ；

探测器悬停时，根据力的平衡可知，此时发动机对探测器施加的力 $F = mg' = m \frac{k_1^2}{k_2} g$ 。

答案：探测器悬停时发动机对探测器施加的力为 $m \frac{k_1^2}{k_2} g$ 。

(2)探测器悬停时具有的重力势能（火星表面为零势能面）。

解析：设重新开启发动机时探测器速度为 v ，则 $v = 2 g' t_0$ ，

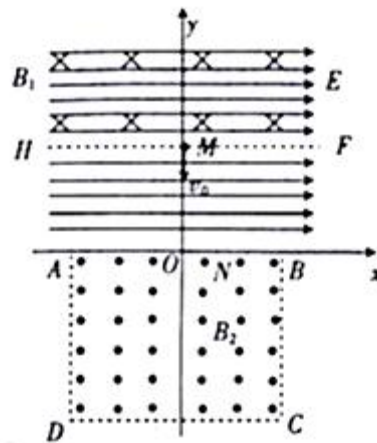
所以探测器悬停时距火星表面高度 $h = \frac{V}{2} \cdot 3 t_0$,

解得: $h = \frac{3k_1^2}{k_2} g t_0^2$,

探测器悬停时具有的重力势能 $E_p = mgh$ $h = \frac{3mk_1^4 g^2 t_0^2}{k_2^4}$ 。

答案: 探测器悬停时具有的重力势能为 $\frac{3mk_1^4 g^2 t_0^2}{k_2^4}$ 。

12. (20分) 如图所示, 在虚线 HF 上方存在着垂直于纸面向里的匀强磁场 B_1 , 在 x 轴上方存在沿 x 轴正方向的匀强电场, 在 x 轴下方的矩形区域 ABCD 内还存在垂直于纸面向外的匀强磁场, 矩形区域的 AB 边与 x 轴重合。M 点是 HF 和 y 轴的交点, 在 M 点有一静止镭核 (${}_{88}^{226}\text{Ra}$), 某时刻发生放射性衰变, 放出某种质量为 m、电荷量为 q 的粒子后变为一氦核 (${}_{86}^{222}\text{Rn}$), 氦核恰好沿 y 轴正向做匀速直线运动, 粒子则以初速度 v_0 沿 y 轴负方向运动, 恰好从 N 点进入磁场, 当粒子第二次经过 x 轴时电场反向, 粒子恰好回到 M 点, 若 $|OM| = 2|ON|$, 核子的质量数与质量成正比, 不计氦核和粒子的重力。



(1) 写出上述过程中镭核的衰变方程。

解析: 镭衰变的核反应方程为 ${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + {}_2^4\text{He}$ 。

答案: 上述过程中镭核的衰变方程是: ${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + {}_2^4\text{He}$ 。

(2) 求电场强度的大小 E。

解析: 设氦核质量为 m_1 , 电荷量为 q_1 , 运动速度为 v_1 , 氦核恰好沿 y 轴正向做匀速直线运动根据力的平衡有: $q_1 v_1 B_1 = q_1 E$

镭核衰变时, 根据动量守恒有: $0 = m_1 v_1 - m_1 v_0$

其中 $m = \frac{111}{2}$

解得: $E = \frac{2v_0 B_1}{111}$ 。

答案: 电场强度的大小 E 是 $\frac{2v_0 B_1}{111}$ 。

(3) 求 N 点的横坐标 x。

解析：粒子从M点到N点做类平抛运动，设运动时间为t，O点到N点的距离为x，则沿y轴负方向有： $2x=v_0t_1$

沿x轴正方向有： $x=\frac{1}{2}at_1^2$

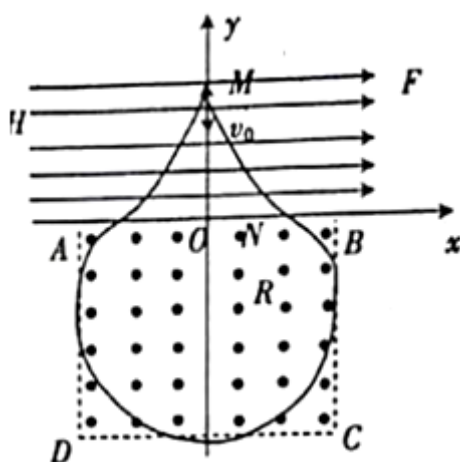
又有： $a=\frac{qE}{m}$

解得： $x=\frac{111mv_0^2}{4qB_1}$ 。

答案：N点的横坐标x为 $\frac{111mv_0^2}{4qB_1}$ 。

(4) 求矩形区域ABCD内匀强磁场的磁感应强度的大小 B_2 及矩形区域的最小面积S。

解析：粒子的运动轨迹如图所示：



粒子经过N点时，在x轴方向有以 $v_0^2=2ax$ ，解得： $v_x=v_0$

粒子进入磁场的速度 $v=\sqrt{v_0^2+v_x^2}=\sqrt{2}v_0$

设粒子进入磁场时速度方向与x轴方向的夹角为 θ ，因为 $\tan\theta=\frac{v_0}{v_x}=1$ ，

所以 $\theta=45^\circ$

由几何关系得粒子在磁场中做周运动的半径 $R=\sqrt{2}x$

由牛顿第二定律得： $qvB_2=m\frac{v^2}{R}$

解得： $B_2=\frac{4B_1}{111}$

矩形区域的最小面积为 $S=2R(R+x)$

解得： $S=\frac{12321(2+\sqrt{2})m^2v_0^2}{8q^2B_1^2}$

答案：矩形区域ABCD内匀强磁场的磁感应强度的大小 B_2 及矩形区域的最小面积S为

$\frac{12321(2+\sqrt{2})m^2v_0^2}{8q^2B_1^2}$ 。

【物理选修3-3】(15分)

13. (5分) 下列说法正确的是()

- A. 若已知汞的摩尔质量为 M ，密度为 ρ ，阿伏伽德罗常数为 N_A ，则可估算出汞原子的直径
- B. 分子间距离增大时，分子间引力和斥力以及分子间作用力的合力均减小
- C. 晶体熔化时要吸热而温度保持不变，说明晶体在熔化过程中分子势能增加
- D. 小昆虫能站在水面上是由于液体表面张力的缘故
- E. 第二类永动机不可能制成，是因为它违背了能量守恒定律

解析：A、若已知汞的摩尔质量 M ，密度为 ρ ，则可求得摩尔体积，再根据阿伏伽德罗常数为 N_A ，则可估算出汞原子的体积，由体积公式可求得对应的直径，故 A 正确；

B、分子间距离达到某一数值 r_0 ， r_0 的数量级为 10^{-10}m ；当分子间距离 $r > r_0$ ，引力 $>$ 斥力，分子力表现为引力；当分子间距离 $r < r_0$ ，引力 $<$ 斥力，分子力表现为斥力；当分子间距离 $r > 10r_0$ 时，分子力忽略不计，故 B 错误；

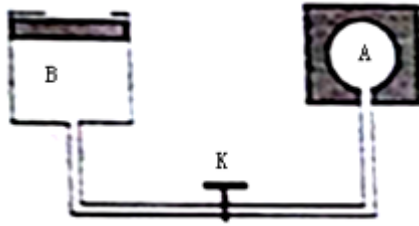
C、晶体熔化时要吸热而温度保持不变，则其分子平均动能不变，但吸热后内能增大，故说明晶体在融化过程中分子势能增加了，故 C 正确；

D、小昆虫能站在水面上是由于液体表面张力的缘故，故 D 正确；

E、第二类永动机不可能制成，是因为它违背了热力学第二定律，故 E 错误。

答案：ACD

14. (10分) 如图所示，容器 A 和汽缸 B 都能导热，均处于 27°C 的环境中，汽缸 B 上方与大气连通，大气压强为 $P_0 = 1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ 。开始时阀门 K 关闭。A 内为真空，其容积 $V_A = 1.2\text{L}$ ，B 内活塞横截面积 $S = 100\text{cm}^2$ 、质量 $m = 1\text{kg}$ ，活塞下方充有理想气体，其体积 $V_B = 4.8\text{L}$ 。活塞上方恰与汽缸上部接触但没有弹力。A 与 B 间连通细管体积不计，打开阀门 K 后使活塞缓慢下移。不计摩擦， g 取 10m/s^2 。



(1) 求稳定后活塞的位置及活塞下移过程中汽缸 B 内气体对活塞做的功。

解析：未打开阀门 K 时有：

$$p_B = \frac{P_0 S + mg}{S} = P_0 + \frac{mg}{S} = 1.01 \times 10^5 \text{Pa}$$

打开阀门后，活塞缓慢下降，如果活塞稳定时停留在汽缸底部，则此时气体体积减小为 1.2L ，压强也小于 p_B ，不符合实际，故最终活塞未与汽缸底部接触，所以气体的温度、压强均未变化，则体积也不变，设最终汽缸 B 中气体体积为 V_1

则有：

$$V_B = V_A + V_1$$

代入数据解得： $V_1 = 3.6\text{L}$ 。

活塞下移距离为：

$$d = \frac{V_B - V_1}{S} = \frac{(4.8 - 3.6) \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-4}} \text{m} = 0.12\text{m}$$

所以稳定后活塞的位置距汽缸顶部为 0.12m 。

气体对活塞的作用力为： $pS = p_0 S + mg = 1 \times 10^5 \times 0.01\text{N} + 10\text{N} = 1010\text{N}$ 。

做功为： $W = -pSd = -1010 \times 0.12\text{J} = -121.2\text{J}$ 。

答案：稳定后活塞的位置距汽缸顶部为 0.12m 。

(2) 稳定后将阀门 K 再次关闭，然后把整个装置放置于 207°C 的恒温槽中。求活塞稳定后汽缸 B 内气体的压强。

解析：阀门K关闭，整个装置放置于207℃的恒温槽中，则活塞将上升，如果气体发生等压变化，设最终体积为 V_2 ，根据查理定律： $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1}$ ，

解得： $V_2 = 5.76\text{L} > V_B = 4.8\text{L}$

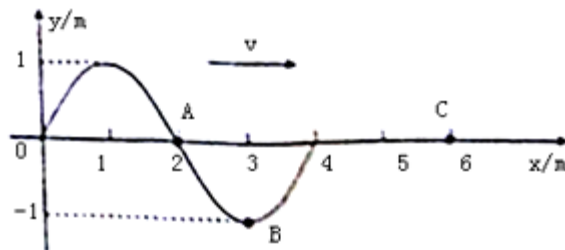
说明活塞最终停在汽缸顶部，根据理想气体状态方程有： $\frac{P_B V_1}{T_1} = \frac{P_B' V_S}{T_2}$ ，

代入数据解得： $p_B' = 1.212 \times 10^5 \text{Pa}$ 。

答案：活塞稳定后汽缸B内气体的压强为 $1.212 \times 10^5 \text{Pa}$ 。

【物理--选修3-4】(15分)

15. (5分) 一列简谐横波沿x轴正方向传播， $t=0$ 时刻的波形如图所示，介质中质点A、B、C分别位于 $x=2\text{m}$ 、 $x=3\text{m}$ 、 $x=6\text{m}$ 处。从 $t=0$ 时刻开始计时，当 $t=9\text{s}$ 时质点A刚好第3次到达波峰，则()



- A. 此列波的波速一定为 1m/s
- B. 如果此列波在传播过程中与频率为 0.5Hz 的横波相遇，一定发生干涉现象
- C. 质点C起振方向沿y轴负向
- D. 如果质点C到达波峰，则质点B一定在平衡位置
- E. 质点A的振动方程可表示为 $y = \sin(0.25\pi t)\text{m}$

解析：A、根据波形图得到波长 $\lambda = 4\text{m}$ ，从 $t=0$ 时刻开始计时，当 $t=9\text{s}$ 时质点A刚好第3次到达波峰，则有 $2\frac{1}{4}T = 9\text{s}$ ，可知该列波周期 $T = 4\text{s}$ ，这列波的波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = 1\text{m/s}$ ，故A正确；

B、该波的频率为 $f = \frac{1}{T} = 0.25\text{Hz}$ ，根据干涉的条件知：如果此列波在传播过程中与频率为 0.5Hz 的横波相遇，一定不发生稳定的干涉现象，故B错误。

C、质点C起振方向与图示时刻 $x=4\text{m}$ 处质点的起振方向相同，沿y轴负向，故C正确。

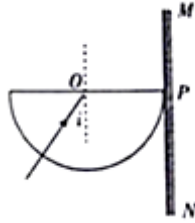
D、B、C两质点平衡位置相距 $\frac{3}{4}$ 波长，则如果质点C到达波峰，则质点B一定在平衡位置，故D正确。

E、 $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4} = 0.5\pi\text{rad/s}$ ，振幅 $A = 1\text{m}$ ，则质点P做简谐运动的表达式为

$y = A \sin \omega t = \sin 0.5\pi t\text{ (m)}$ ，故E错误。

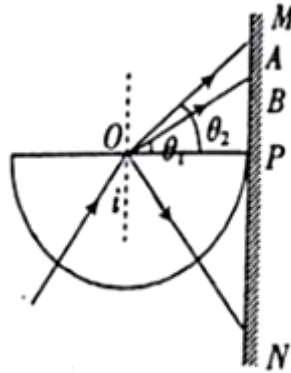
答案：ACD

16. (20分) 图示为半径 $R = 6\text{cm}$ 的某种半圆柱透明介质的截面图，MN为紧靠该介质右侧竖直放置的光屏，与介质相切于P点。由红光和紫光两种单色光组成的复色光射向圆心O。



(1) 当入射角 $i=30^\circ$ 时，在光屏上出现三个亮斑，MP 间两个亮斑到 P 点距离分别为 8cm 和 6cm。则介质对红光和紫光的折射率分别为多少？

解析：由题意画出光路图如图所示，



由几何关系得

$$\tan \theta_1 = \frac{BP}{R} = 1, \text{ 解得: } \theta_1 = 45^\circ$$

$$\tan \theta_2 = \frac{AP}{R} = \frac{4}{3}, \text{ 解得: } \theta_2 = 53^\circ$$

故根据折射定律得：

$$\text{紫光的折射率 } n_1 = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{2}。$$

$$\text{红光折射率 } n_2 = \frac{\sin 53^\circ}{\sin 30^\circ} = 1.2。$$

答案：当入射角 $i=30^\circ$ 时，在光屏上出现三个亮斑，MP 间两个亮斑到 P 点距离分别为 8cm 和 6cm。则介质对红光和紫光的折射率分别为 1.2 和 $\sqrt{2}$ 。

(2) 当入射角 $i=53^\circ$ 时，在光屏上会出现几个亮斑，亮斑分别是什么颜色？

解析：设紫光和红光的临界角分别为 C_1 、 C_2

$$\sin C_1 = \frac{1}{n_1} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\text{解得: } C_1 = 45^\circ < i = 53^\circ$$

$$\text{同理 } \sin C_2 = \frac{1}{n_2} = \frac{5}{6} > \sin 53^\circ$$

$$\text{得 } C_2 > i = 53^\circ$$

所以紫光在 AB 面发生全反射，而红光在 AB 面一部分折射，一部分反射，所以在光屏上出现两个亮斑，MP 间产生的亮斑为红色，PN 间产生的亮斑为红、紫色混合亮斑。

答案：当入射角 $i=53^\circ$ 时，在光屏上出现两个亮斑，MP 间产生的亮斑为红色，PN 间产生的亮斑为红、紫色混合亮斑。